

JOURNAL

of Applied Economic Research

Vol. **19** No. **1**
2020

Journal of Applied Economic Research

Том 19, № 1

2020

Vol. 19, 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
 Журнал включен в Russian Science Citation Index (RSCI) на платформе Web of Science
 Журнал включен в ядро Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

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

ИВАНОВ Юрий Борисович (д-р экон. наук, проф., Научно-исследовательский центр промышленных проблем развития НАН Украины, г. Харьков, Украина)

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 19, № 1

2020

Vol. 19, 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

Yuri B. IVANOV, Doctor of Economics, Professor, Research Center of Problems of Industrial Development of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine

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

Contents

Impact of Credit Risk on the Performance of Russian Commercial Banks	5
<i>J. H. A. Abu-Alrop, I. A. Kokh</i>	
Methods for Assessing the Fiscal Effectiveness of Indirect Taxation	19
<i>E. V. Balatsky, N. A. Ekimova</i>	
Evaluation of the Level of Competition in Ukraine in Industrial Production Industries	40
<i>A. A. Sennikova, A. A. Pushkarev</i>	
The Influence of the Regional Sectoral Structure On the Socio-Economic Development Of Primorye Region	60
<i>K. G. Sorokozherdyev, K. A. Khodosov</i>	
Econometric Modeling of the Bank's Short-Term Liquidity Dynamics Based on Multi-Factor Regression	79
<i>E. G. Shershneva, H. B. Bakr Hasan, J. Al Hadabi</i>	
Method of Network Economic-Mathematical Modeling of Adaptive Control Optimization Investment Projecting	97
<i>A. F. Shorikov, E. V. Butsenko</i>	

Содержание

Влияние кредитного риска на результаты деятельности российских коммерческих банков	5
<i>Д. Х. А. Абу-Алроп, И. А. Кох</i>	
Методы оценки фискальной эффективности косвенного налогообложения	19
<i>Е. В. Балацкий, Н. А. Екимова</i>	
Оценка уровня конкуренции на Украине в отраслях промышленного производства	40
<i>А. А. Сенникова, А. А. Пушкарев</i>	
Влияние региональной отраслевой структуры на социально-экономическое развитие Приморского края	60
<i>К. Г. Сорокожердьев, К. А. Ходосов</i>	
Эконометрическое моделирование динамики краткосрочной ликвидности банка на основе многофакторной регрессии	79
<i>Е. Г. Шершнева, Х. Б. Бакр Хасан, Д. Аль Хадаби</i>	
Метод сетевого экономико-математического моделирования оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием	97
<i>А. Ф. Шорилов, Е. В. Буценко</i>	

Impact of Credit Risk on the Performance of Russian Commercial Banks

J. H. A. Abu-Alrop ✉, *I. A. Kokh*

Kazan Federal University,

Kazan, Russia

✉ *jalalabualrop@gmail.com*

Abstract. This study examined the effect of credit risk on the performance of 85 Russian commercial banks during the period (2008–2017). This study used multiple regression to measure the effect of credit risk on the performance of Russian banks. The study found that the Performance indicators were affected by credit risk in five years out of ten. Credit risk contributed to the formation of performance indicators by 51% in the case of return on assets and 50% in return on equity. Also, the loan loss provisions to total loans ratio had a negative effect for 4 years because of the decline in credit quality in those years; the effect of total Loan to total assets was only positive in one year. Also, the study found that the effect of the ratio of loan loss provisions to total loans was negative and greater than the positive impact of the ratio of total loans to total assets because the impact of credit quality is greater and more important than the impact of its volume. The study concluded that the effect of credit risk on the performance of Russian banks is not a fixed effect but a changing one from one year to another, but in cases where credit leaves an impact on performance indicators this effect is often negative and significant. The study also concluded that the quality of credit has a significant and negative impact on performance indicators, but the volume of the credit has a limited impact.

Key words: credit risk; loan losses reserves; Russian commercial banks; return on assets; return on equity; multiple regression analysis; provisions loan losses; total loans.

JEL G21

1. Importance of the Subject

Banking performance is a wide concept that encompasses many issues, such as competition, concentration, efficiency, productivity and profitability [1; 2]. The wide range of performance issues has resulted in a wide variety of banking research. However, there is no consensus among researchers on the most appropriate way to measure banks' efficiency. Much of the banking research focuses on bank profitability without taking risks into account that are as important as profitability. The study of banks performance and its relationship to risk is very important because of the impact

of risk factors on profit in the long-term. In recent years, there has been a dramatic proliferation of research concerned with the assessment of risk impact on banks performance. Because of its practical importance, the topic of banks risk assessment has become a matter of great concern. More recently, the study of risk preferences on the efficiencies of banks have developed rapidly and its achievements have become a center of attraction [3].

When looking at profitability, one should also analyze the risks associated with the profitability indicators. Credit risk is one of the oldest and most important forms

of risk faced by banks as financial intermediaries. The topic of credit risk is not a new topic and researchers have written a lot about it. However, this topic cannot be considered an old one and there is no need to write about it because credit is the core of a bank's business and often accounts for 80 % or more of a bank's budget. A large part of the bank's returns comes from interest on loans, as lending is the main activity of banks. On the other hand, lending is the main source of credit risk. Therefore, credit is a serious threat to the profitability of banks [4; 5].

In a situation of high and increasing competition between banks, banks are struggling to survive and maintain an appropriate level of profit. This has led to an increase in banks' tendency to take excessive risk; this increased risk trend has led to the bankruptcy and failure of a large number of banks. On the other hand, risks do not necessarily lead to losses; risks may lead to high returns, too. Banks usually ignore the downside of credit risk if their returns are good and do not consider whether the impact of credit risk is positive or negative on returns. Credit risk may have a negative impact hiding behind profits, banks may be able to achieve higher returns than the returns that have been achieved, but credit risks have reduced these returns, especially because there is no consensus by researchers on the nature and the extent of the impact of credit risks on the performance of banks. Increased bank credit risk may lead to problems with liquidity and solvency. Credit risk is of additional importance because it directly affects the solvency of financial institutions, which is why credit risk poses a very high risk in financial institutions [6]. According to Chijoriga [6], credit risk has an additional significance compared to other risks because it directly affects the solvency of financial institutions so credit risk is considered a very dangerous risk in financial institutions. Credit

risk is very dangerous because it can cause bankruptcy as the failure of a few customers to pay can lead to large losses [7]. The higher the bank's exposure to credit risk, the greater the bank's tendency to fall into a financial crisis (the risk of bankruptcy), and vice versa.

2. Degree of Knowledge and Clarification of The Problem

Banks are defined as financial intermediaries who borrow money from surplus spending units and lend deficit spending units. The nature of this intermediation forces banks face many financial risks, such as liquidity risk, operational risk, credit risk, interest rate risk and foreign currency risk. But credit risk remains the most important for banks because the core of banking is based on credit, which is the largest item in the banks' budget. Credit risk is one of the irregular risks that are determined internally and can be controlled through bank managements and credit policies.

Some studies conducted after the financial crisis [8–10] noted that (credit risk management, excessive credit and credit quality) were major causes of this crisis. Richard et al. [11] think that if credit risk management is weak in the bank, the problem accumulates from the application stage, then increases in the approval, monitoring and control stage. Since more than 85 % of banks liabilities are deposits from depositors and loans are considered the main source of banks' income, this makes the nature of banks 'work very sensitive, therefore non-performing loans are one of the main reasons for the failure of the banking system if credit risk is not analyzed and managed properly [12].

Credit risk is the probability that the borrower or counterpart will fail to meet its obligations under the agreed terms [13], or we can say credit risk is the degree of volatility in the value of debt instruments and derivatives due to changes in the basic credit

quality of borrowers and counterparties [14]. One of the main problems with credit risk is that the book value of net loans must equal the market value of total loans. However, in most cases, there is a discrepancy between the market value and the book value of the loans. This occurs when loan data is distorted by insufficiently reported loans. This distorted data could lead to incorrect results when measuring the performance of banks by traditional performance measures such as ROA, ROE, where banks with excessive credit growth will show high technical efficiency although they carry excessive risks. Thus, it is difficult to know the efficiency of a banking system through its credit growth without taking into account the credit risks.

According to Bobakovia [15], bad operations are no longer the main cause of bank failure, but non-performing loans are, and this is largely related to macroeconomic problems. The bank's ability to continue as a going concern and profitability is highly correlated with its ability to respond positively to losses from nonperforming loans. In the past, banks offering credit focused on loan guarantees. This has changed now: they have started focusing on assessing the borrower's ability to repay the loan. Some researchers believe that the difficult work environment in banks causes high psychological pressure on employees and this increases credit risk.

Credit risk management in banks can have a significant impact on the bank's continuity and existence. Credit risk management is an organized strategy that aims to control and reduce risks by using available resources so that risks are measured and attempted to control and reduce their negative impact. Through effective credit risk management, banks support their business success and profitability as well as contribute to systemic stability and effective allocation of capital in the economy [16, P. 873].

The first step in effective credit risk management is to know the impact, and the strength of the impact of credit risk on the performance of bank. From this point, our study is important as it forms the cornerstone in building effective credit risk management. This paper aims to analyze the impact of credit risk on the performance of Russian banks over a ten-year period (2008–2017) in order to answer two questions:

Is there an impact of credit risk on the performance of Russian banks?

If there is an effect, what is the type of this effect and how much is this effect compared to other factors?

The results of this study can enable Russian bank managers to understand how risk impacts on the performance of Russian banks, the type and strength of such impact. This would help adopt appropriate strategies that increase banks' efficiency in managing credit risk.

3. Literature Review

Risks are uncertainties which result in negative fluctuations in profitability or loss. There are many risks in the banking world that can be divided into two main types in terms of source: the first is systemic risk, which comes from an external source and cannot be controlled by banks; the second is an irregular risk which comes from an internal source and can be controlled [17].

Credit risk can be defined as those risks arising from failure to pay all or part of the services originally provided and their profits, or risks resulting from the inability to return profits from banking investments. In other words, credit risk is the risk arising from the bank not receiving the money it provided (cash flow) at the time of maturity. Credit risk is the first risk in order of importance because failure to meet obligations by many important customers can lead to significant losses that can lead to bankruptcy. The Basel Banking Supervision Commission [18] emphasizes

that loans are the most obvious source of credit risk, and it is mandatory that every bank around the world recognize the need to define, monitor, and control credit risk while determining how credit risk can be reduced. This means that the bank must maintain sufficient capital against such risks and be adequately compensated for the risks incurred.

It is difficult to determine credit risk in advance because this requires an assessment of the probability of default, depending on the context. Credit risk depends on many external and internal virtual events such as:

The internal events: Credit Policy and Loan Portfolio Management, the inability to evaluate the borrower's financial position before lending, excessive dependence on collateral, the bank's inability to follow penalties, etc.

The external events: state of the economy, commodity price fluctuations, exchange rates and interest rates, etc. [15].

4. Empirical Studies

Many researchers studied the impact of credit risk on banks in various ways; the researchers used several ratios to measure credit risk, such as Non-Performing Loan to Total Loans Ratio (NPL/TL), Loan Loss Reserve to Total Loans (LLR/TL), Loan loss reserves to non-performing loan (LLR/NPL), the capital adequacy ratio (CAR) and the ratio of bank loans to assets (TL/TA).

As concerning the impact of credit risk on bank performance, much research does not reach any clear evidence. (10) of previous empirical studies on the subject were reviewed. We found that:

- (7) of the studies found an inverse relationship (Ahmed et al [19]; Wijewardana and Wimalasiri [20]; Epure and Lafuente [21]; Kolapo et al. [22]; [Kodithuwakku [23]; Muriithi et al [24]; Ruziqa [25]).
- (3) of the studies found a positive relationship ([Ben-Naceur

and Omran [26]; [Kurawa and Garba [27]; [Boahene et al [28]).

5. Methods and Approaches and Their Originality (Novelty)

This study used multiple regression to measure the effect of credit risk on the performance of Russian banks. The study uses return on assets (ROA) and return on equity (ROE) as indicators of banking performance; the study also uses the ratio of provisions Loan Losses to total loans (RRL/TL) as an indicator to measure the quality of credit risk and the ratio of total loans to total assets (TL/TA) as an indicator to measure the amount of credit risk. All data in this study were obtained from the website of the Bank of Russia. We think that the originality (novelty) of this study lies in 3 points:

Using two dimensions to measure the impact of credit risk, namely credit volume and quality of credit.

The large study sample which covered 85 Russian banks, whose assets constitute more than 87% of the total assets of Russian banks.

The long period of the study which covered 10 years.

Comparing the ratio of credit risk impact of banks performance with the ratio of other factors impact on the banks' performance.

6. Analysis of The Results

6.1. The Variables

Figure 1 shows the average total credit of the banks included in the study as the credit amounted to 70% of the banks' budget during the study period.

This study includes 85 Russian banks. Return on Assets (ROA) and Return on Equity (ROE) are used as indicators of bank performance, while the ratio of Loan Losses Provisions to Total Loans (RRL/TL) and the ratio of Total Loans to Total Assets (TL/TA) were used as indicators of credit risk.

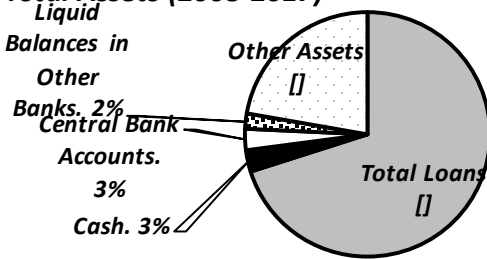
Total Assets (2008-2017)

Figure 1. The Average of Total Credit (2008–2017)

Source: Design and Calculation by Author Using (Excel).

Data Source: Bank of Russia Website.

6.2. Research Hypotheses

The main hypotheses can be formulated as follows:

H_0 : The Credit Risk indicators expressed by [(TL/TA) and (RRL/TL)] do not affect the financial performance indicators (expressed by ROA and ROE) in the Russian banks.

H_1 : At least one of the credit risk indicators expressed by [(TL/TA) and (RRL/TL)] has an effect on at least one of the financial performance indicators (expressed by ROA and ROE) in the Russian banks.

6.2.1. Subset Hypothesis

Model (1)

H_0 : the credit risk indicators expressed by [(TL/TA) and (RRL/TL)] do not affect the financial performance indicator expressed by ROA in the Russian banks.

H_1 : At least one of the credit risk indicators expressed by [(TL/TA) and (RRL/

TL)] has an effect on the financial performance indicator expressed by ROA in the Russian banks.

Model (2)

H_0 : the credit risk indicators expressed by [(TL/TA) and (RRL/TL)] don't affect the financial performance indicator expressed by ROE in the Russian banks.

H_1 : At least one of the credit risk indicators expressed by [(TL/TA) and (RRL/TL)] effect on the financial performance indicator expressed by ROE in the Russian banks.

6.3. Multiple Regression Analysis

A general linear model of Multiple Regression is outlined in equation 1 where Y indicates the dependent variables, α the constant term, β the coefficient of the function and X are the independent factors.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \quad (1)$$

By putting the study variables in the above equation, two equations can be formed where the dependent factors (profitability) which depend on the independent factors (credit risk), where ROA and ROE represent the profitability and (TL/TA) and (RRL/TL) represent the credit risk:

$$ROA = \alpha + \beta_1 (TL/TA) + \beta_2 (RRL/TL) \quad (2)$$

$$ROE = \alpha + \beta_1 (TL/TA) + \beta_2 (RRL/TL) \quad (3)$$

6.3.1. Testing(F) For the Suitability of The Research Models

To examine the suitability of the multiple regression models for analysis, by using

Table 1. Variables Definition & Measurement Units

The Variables	Description	Abbreviation Variables	Proxy
Dependent Variable (Inputs)	Credit Risk	TL/TA	Total Loans / Total assets
		LLR/TL	Loan Losses Reserves / Total Loans
Independent Variables (Outputs)	Bank Performance	ROA	Income After Tax / Total Assets
		ROE	Income After Tax / Total Shareholders' Equity

Source: Design by author

Table 2. ANOVA, F-Statistic (2008–2017)

Years	Model Name	Model #	F-Statistic	Sig. F-Statistic	The Decision	Years	Model Name	Model #	F-Statistic	Sig. F-Statistic	The Decision
2008	ROA	Model (1)	1.31	0.28	<u>Unsuitable</u>	2013	ROA	Model (11)	0.07	0.93	<u>Unsuitable</u>
2008	ROE	Model (2)	0.53	0.59	<u>Unsuitable</u>	2013	ROE	Model (12)	0.06	0.94	<u>Unsuitable</u>
2009	ROA	Model (3)	11.94	0.00	Suitable	2014	ROA	Model (13)	142.19	0.00	Suitable
2009	ROE	Model (4)	11.43	0.00	Suitable	2014	ROE	Model (14)	142.19	0.00	Suitable
2010	ROA	Model (5)	1.22	0.30	<u>Unsuitable</u>	2015	ROA	Model (15)	6.90	0.01	Suitable
2010	ROE	Model (6)	0.00	1.00	<u>Unsuitable</u>	2015	ROE	Model (16)	1.52	0.23	<u>Unsuitable</u>
2011	ROA	Model (7)	1.20	0.31	<u>Unsuitable</u>	2016	ROA	Model (17)	24.73	0.00	Suitable
2011	ROE	Model (8)	0.31	0.74	<u>Unsuitable</u>	2016	ROE	Model (18)	25.26	0.00	Suitable
2012	ROA	Model (9)	1.06	0.35	<u>Unsuitable</u>	2017	ROA	Model (19)	105.65	0.00	Suitable
2012	ROE	Model (10)	0.17	0.85	<u>Unsuitable</u>	2017	ROE	Model (20)	1.76	0.18	<u>Unsuitable</u>

Source: Design and Calculation by Author Using (Excel And SPSS Software).

Data Source: Bank of Russia Website

the distribution (F-statistic) test, one of the following hypotheses will be rejected:

H_0 : The model is unsuitable; when the independent variables don't affect the dependent variables.

H_1 : The model is suitable; when the independent variables do affect the dependent variables.

The decision rule as follows:

Accept H_0 If p-value (Sig. F) > 0.05

Accept H_1 If p-value (Sig. F) ≤ 0.05

From the analysis output in table 2, the results as follows:

Models (1), (2), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (16) and (20): values of p-value (Sig. F) > 0.05, So we shall accept the null hypothesis H_0 , that means At the $\alpha=0.05$ level of significance, there is not enough evidence to conclude that at least one predictor is useful for predicting the ROA or ROE; therefore, the models are unsuitable.

Models (3), (4), (13), (14), (15), (17), (18) and (19): values of p-value (Sig. F) ≤ 0.05, So we shall refuse the null hypothesis H_0 and accept the alternative hypothesis that

means At the $\alpha = 0.05$ level of significance, there is enough evidence to conclude that the predictors are useful for predicting the ROA or ROE; therefore, the models are suitable.

6.3.2. R-Square for The Appropriate Models (3), (4), (13), (14), (15), (17), (18) and (19)

R-square measures the strength of the relationship between the model and the dependent variable. However, it is not a formal test of the relationship. The F test of general importance is to test the hypothesis of this relationship. If the F test is significant, we can conclude that R-squared is not zero and the correlation between the model and dependent variable is statistically significant.

6.3.3. Testing (T) For the Appropriate Models (3), (4), (13), (14), (15), (17), (18) and (19)

To examine the suitability of the multiple regression models for analysis, by using the distribution (T-statistic) test, one of

Table 3. The Total Divergence in The Dependent Variables, (2008–2017)

Years	Model Name	Model #	R ²	Adjusted R ²	Sig.R	The Decision	Years	Model Name	Model #	R ²	Adjusted R ²	Sig.R	The Decision
2009	ROA	Model (3)	0.13	0.12	0.36	Suitable	2015	ROA	Model (15)	0.08	0.07	0.28	Suitable
2009	ROE	Model (4)	0.12	0.11	0.35	Suitable	2016	ROA	Model (17)	0.23	0.22	0.48	Suitable
2014	ROA	Model (13)	0.63	0.63	0.80	Suitable	2016	ROE	Model (18)	0.23	0.22	0.48	Suitable
2014	ROE	Model (14)	0.63	6.63	0.80	Suitable	2017	ROA	Model (19)	0.56	0.555	0.748	Suitable

Source: Design and Calculation by Author Using (Excel And SPSS Software).

Data Source: Bank of Russia Website

the following hypotheses will be rejected:
 Ho: the model is not suitable (when the independent variables don't affect the dependent variables). H1: the model is suitable (the independent variables do affect the dependent variables).

The decision rule as follows:

Accept H_0 If p-value (Sig. T) > 0.05

Accept H_1 If p-value (Sig. T) ≤ 0.05

After excluding the variables whose $p > 0.05$, the alternative hypothesis (H1) is accepted for the remaining variables because of the values of $p \leq 0.05$. at the significance level $\alpha = 0.05$, there is sufficient evidence to conclude that the slope (B) of the remaining variables are not zero, therefore, the variables are useful as a prediction of ROA and ROE in Russian banks.

Table 4 shows all the accepted models in the alternative hypothesis H1. The results of T-test can be divided into 3 groups:

1. Accepted models with the exception of the constant and the variable (TA/TL): Model (18).

2. Accepted models with the exception of the variable (TA/TL): Models (3), (4), (13), (14), (17), (18) and (19).

3. Accepted models with the exception of the variable (LLR/TL): Model (15).

The value of slope B in the table 4 represents the ratio of effect and the type of relationship between the independent

variables and the dependent variable. In order to know the importance of credit risk indicators and its impact on performance indicators, it is necessary to determine its real value compared to all variables. Therefore, we multiply the value B by the mean of the dependent variables, this illustrates the value of its effect as compared to other variables. Table 5 shows the impact of risk indicators on performance indicators as values.

We can observe the following:

- Credit risk affected performance indicators in five out of ten years, this shows the impact of credit risk fluctuating from year to year.
- Credit risk in four years had a negative impact and in one-year negative impact.
- The effect of the ratio (LLR/TL) was negative and greater than the ratio of (TL/TA) which did not affect only in one year limited positive effect. This indicates that the provisions Loan Losses were more influential than the volume of loans in other words that the quality of loans has a greater impact than the volume of loans on performance indicators.

In the Figure 2, it is possible to observe the ratios of the contribution of credit risk indicators in the formation of performance indicators over the ten years of the study, noting that the credit risk contributed to the formation

Table 4. T-Statistic Values (2008–2017)

Years	Outputs	Model #	Inputs	B	T Statistic	Sig. Tstatistic	The Decision	Years	Outputs	Model #	Inputs	B	T Statistic	Sig. Tstatistic	The Decision
2009	ROA	Model (3)	constant	0.01	0.13	0.01	Suitable	2015	ROA	Model (15)	constant	-0.02	-2.57	0.01	Suitable
			LLR/TL	-0.06	-3.46	0.00	Suitable				LLR/TL	-0.02	-0.95	0.35	Unsuitable
			TL/TA	-0.02	-0.81	0.42	Unsuitable				TL/TA	0.02	2.63	0.01	Suitable
	ROE	Model (4)	constant	0.07	2.66	0.01	Suitable	2016	ROA	Model (17)	constant	0.01	2.56	0.01	Suitable
			LLR/TL	-0.34	-3.38	0.00	Suitable				LLR/TL	-0.04	-4.97	0.00	Suitable
			TL/TA	-0.12	-0.83	0.41	Unsuitable				TL/TA	-0.02	-0.90	0.37	Unsuitable
2014	ROA	Model (13)	constant	0.04	5.61	0.00	Suitable	2016	ROE	Model (18)	constant	0.07	1.93	0.06	Unsuitable
			LLR/TL	-0.35	-11.92	0.00	Suitable				LLR/TL	-0.39	-5.03	0.00	Suitable
			TL/TA	-0.08	-1.73	0.09	Unsuitable				TL/TA	-0.16	-0.72	0.48	Unsuitable
	ROE	Model (14)	constant	0.04	5.61	0.00	Suitable	2017	ROA	Model (19)	constant	0.04	2.99	0.00	Suitable
			LLR/TL	-0.35	-11.92	0.00	Suitable				LLR/TL	-0.27	-10.28	0.00	Suitable
			TL/TA	-0.08	-1.73	0.09	Unsuitable				TL/TA	-0.17	-1.92	0.06	Unsuitable

Source: Design and Calculation by Author Using (Excel And SPSS Software).

Data Source: Bank of Russia Website

Table 5. The Impact of Risk Indicators and Other Variables on Performance Indicators. (2008–2017)

Years	ROA	* Impact of Credit Risk Indicators on Performance Indicator (ROA)		** (Other variables) impact on performance indicator (ROA)	ROE	* Impact of Credit Risk Indicators on Performance Indicator (ROE)		** (Other variables) impact on performance indicator (ROE)
		B ×	B ×			B ×	B ×	
		(LLR/TL)	(TL/TA)			(LLR/TL)	(TL/TA)	
2008	0.91%	0	0	0.91%	3.47%	0	0	3.47%
2009	0.36%	-6.20%	-2.00%	8.56%	2.16%	-34.40%	-11.50%	48.06%
2010	1.09%	0	0	1.09%	6.25%	0	0	6.25%
2011	1.12%	0	0	1.12%	11.03%	0	0	11.03%
2012	1.82%	0	0	1.82%	12.08%	0	0	12.08%
2013	1.35%	0	0	1.35%	10.81%	0	0	10.81%
2014	-0.47%	0	0	41.73%	-4.34%	-34.60%	0	37.86%
2015	-0.27%	-2.10%	2.30%	-0.47%	-32.36%	0	0	-32.36%
2016	0.08%	-4.40%	-2.20%	6.68%	-1.48%	-39.30%	-15.50%	53.32%
2017	-2.53%	0	0	40.67%	-10.29%	0	0	-10.29%
Total	3.45%	-74.00%	-26.00%	103.45%	-2.67%	-108.30%	-34.60%	140.23%
Mean	0.35%	-7.40%	-2.60%	10.35%	-0.27%	-10.83%	-3.46%	14.02%

Source: Design and Calculation by Author Using (Excel And SPSS Software).

Data Source: Bank of Russia Website

of ROA and ROE 51 % and 50 %, This reflects how important the impact of credit risk on the performance of Russian banks.

7. Main Results and Conclusion

This study examined the effect of credit risk on the performance of 85 Russian commercial banks between 2008 and 2017. This study used multiple regression to measure

the effect of credit risk on the performance of Russian banks. Return on assets (ROA), return on equity (ROE) were used as indicators of bank performance, the provisions Loan Losses to total Credit Ratio (RRL/TL) was used as an indicator to measure the quality of credit risk and the ratio of total loan to total assets (TL/TA) as an indicator to measure the amount of credit risk.

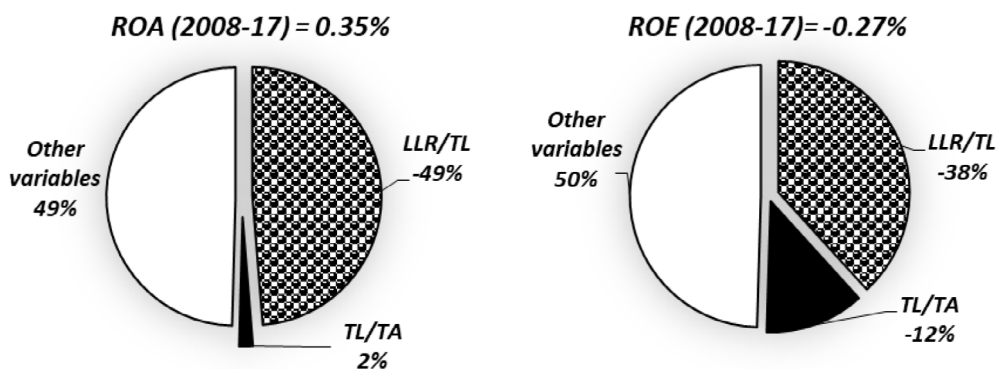


Figure 2. Ratios of The Contribution of Risk Indicators in The Formation of Performance Indicators

*[RRL/TL]: The ratio of loan losses reserves to total loans.

*[TL/TA]: The ratio of total loans to total assets

Source: design and calculation by Author using (Excel and SPSS software).

Data Source: Bank of Russia website.

The study found the following:

1. Performance indicators were affected by credit risk in five out of ten years, as the impact of credit risk on performance indicators in Russian banks was negative in four years and positive in only one year. This indicates that the impact of credit risk fluctuates from year to year. This is logical, as the volume of credit, the quality of credit, the credit policy and all factors affecting credit are not fixed, therefore the effect of credit on performance is variable according to the change in these factors.

2. Credit risk contributed to the formation of performance indicators by 51 % in the (ROA) and 50 % in the (ROE), this reflects the importance of the impact of credit risks on performance indicators, especially credit quality.

3. Loan loss provisions to total loans ratio (LLR/TL) had a negative effect for 4 years, this indicates a decline in credit quality in those years.

4. The effect of Total Loan to Total Assets (TL/TA) was only positive in one year, this indicates that the volume of credit had a positive impact in that year.

5. The effect of the ratio of loan loss provisions to total loans (LLR/TL) was negative and greater than the positive impact of the ratio of total loans to total assets (TL/TA), which means that the impact of loan quality is greater and more important than the impact of its volume.

The study concluded that the effect of credit risk on the performance of Russian banks is not a fixed effect but a changing one from one year to another, sometimes it does not leave an effect, sometimes it leaves an effect, but in cases where credit leaves an impact on performance indicators, this effect is often a negative and significant effect. The study also concluded that the quality of credit has a significant and negative impact on performance indicators, but the volume of the credit has limited impact.

Consequently, the study recommends increasing the interest of Russian banks in the quality of credit through the development of stricter credit policies. It has been proven that credit quality is much more important than the volume of the credit. Increasing credit quality will increase the performance of banks more than the increase in the volume of credit.

References

1. Bikker, J. A., Bos, J. W. B. (2008). *Bank Performance: A Theoretical and Empirical Framework for the Analysis of Profitability, Competition and Efficiency*. London, New York, Routledge International Studies in Money and Banking. 176 p.
2. Heffernan, S. (2005). *Modern Banking*. Chichester, John Wiley & Sons, Ltd. 736 p.
3. Ozdincer, B., Ozyildirim, C. (2008). The Effects of Diversification on Bank Performance from The Perspective of Risk, Return and Cost Efficiency. *21st Australasian Finance and Banking Conference 2008 Paper*. 17 p. Available at: <https://ssrn.Com/abstract=1253223> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1253223>.
4. Li, F., Zou, Y. (2014). The Impact of Credit Risk Management on Profitability of Commercial Banks: A Study of Europe. *Umea School of Business and Economics (USBE), Business Administration, Independent Thesis Advanced Level (Professional Degree), 20 Credits / 30 HE Credits*. 86 p. Available at: <http://www.diva-portal.org>.
5. Kaaya, I., Pastory, D. (2013). Credit Risk and Commercial Banks Performance in Tanzania: A Panel Data Analysis. *Research Journal of Finance and Accounting*, Vol. 4, Issue 16, 55–62.
6. Chijoriga, M.M. (1997). *An Application of Credit Scoring and Financial Distress Prediction Models to Commercial Bank Lending: The Case of Tanzania*. Ph. D. Dissertation. Vienna, Wirtschaftsuniversitat Wien (WU).

7. Bessis, J. (2015). *Risk Management in Banking*. Fourth Edition. Chichester, United Kingdom, John Wiley & Sons, Ltd. 376 p.
8. Chaplinska, A. (2012). Evaluation of The Borrower's Creditworthiness as An Important Condition for Enhancing the Effectiveness of Lending Operations. SHS Web of Conferences, Vol. 2, 6 p. *3rd International Interdisciplinary Scientific Conference SOCIETY. HEALTH. WELFARE – 1st Congress of Rehabilitation Doctors of Latvia*. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20120200009>.
9. Mileris, R. (2012). Macroeconomic Determinants of Loan Portfolio Credit Risk in Banks. *Engineering Economics*, Vol. 23, Issue 5, 496–504.
10. GAO (United States Government Accountability Office). (2013). Financial Institution – Causes and Consequents of Recent Bank Failures. GAO-13–71, *Report to Congressional Committees*. 148 p.
11. Richard, E., Chijoriga, M., Kaijage, E., Peterson, C., Bohman, H. (2008). Credit Risk Management System of a Commercial Bank in Tanzania. *International Journal of Emerging Markets*, Vol. 3, Issue 3, 323–332.
12. Saunders, S., Cornett, T. (2009). *Financial Markets and Institutions: An Introduction to The Risk Management Approach*. 4th CPCU Edition Hardcover. New York, McGraw-Hill. 697 p.
13. Fisher, D.E., Jordan, R.J. (1996). *Security Analysis and Portfolio Management*. 6th Edition. New Delhi, India, Prentice – Hall of India Private Limited, 691 p.
14. Chen, K., Pan, C. (2012). An Empirical Study of Credit Risk Efficiency of Banking Industry in Taiwan. *Web Journal of Chinese Management Review*, Vol. 15, Issue 1, 1–16.
15. Bobakovia, I. (2003). Raising the Profitability of Commercial Banks. *Národná Banka Slovenska (BIATEC)*, Vol. XI, Issue 4/2003, 21–25.
16. Psillaki, M. Tsolas, I.E., Margaritis, D. (2010). Evaluation of Credit Risk Based on Firm Performance. *European Journal of Operational Research*, Vol. 201, No. 3, 873–888.
17. Hasan Eken, M. (2005). On Analysis and Control of Financial Risks and A View of Turkish And European Banks and Financial Markets. *Marmara Journal of European Studies*, Vol. 13, No. 1–2, 129–140.
18. Basel Committee on Banking Supervision [BCBS]. (2000). Principles for The Management of Credit Risk, 26 p.
19. Ahmed, A. S., Takeda, C., Shawn, T. (1999). Bank Loan Loss Provision: A Reexamination of Capital Management and Signaling Effects. *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 28, Issue 1, 1–25.
20. Percy Wijewardana, W., Wimalasiri, P.D. (2017). Impact of Risk Management on The Performance of Commercial Banks in Sri Lanka. *International Journal of Advanced Research (IJAR)*, Vol. 5, Issue 11, 1441–1449. DOI: 10.21474/Ijar01/5919.
21. Epure, M., Lafuente, I. (2014). Monitoring Bank Performance in The Presence of Risk. *Barcelona GSE Working Paper*, No. 613, 30 p.
22. Kolapo, T.F., Ayeni, R.K., Oke, M.O. (2012). Credit Risk and Commercial Banks' Performance in Nigeria: A Panel Model Approach. *Australian Journal of Business and Management Research*, Vol. 2, Issue 2, 31–38.
23. Kodithuwakku, S. (2015). Impact of Credit Risk Management on The Performance of Commercial Banks in Sri Lanka. *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, Vol. 2, Issue 7, 1–6.
24. Muriithi, J.G. Waweru, K.M., Muturi, W.M. (2016). Effect of Credit Risk on Financial Performance of Commercial Banks Kenya. *IOSR Journal of Economics and Finance (IOSR-JEF)*, Vol. 7, Issue 4, 72–83.
25. Ruziq, A. (2013). The Impact of Credit and Liquidity Risk on Bank Financial Performance: The Case of Indonesian Conventional Bank with Total Asset Above 10 Trillion Rupiah. *International Journal of Economic Policy in Emerging Economies*, Vol. 6, Issue 2, 93–106.
26. Ben-Naceur, S., Omran, M. (2008). The Effects of Bank Regulations, Competition, And Financial Reforms on Mena Banks Profitability. *Economic Research Forum*, Working Paper No. 44. 33 p.

27. Kurawa, J. M., Garba, S. (2014). An Evaluation of The Effect of Credit Risk Management (Crm) On the Profitability of Nigerian Banks. *Journal of Modern Accounting and Auditing*, Vol. 10, Issue 1, 104–115.

28. Boahene, S. H., Dasah, J., Agyel, S. K. (2012). Credit Risk and Profitability of Selected Banks in Ghana. *Research Journal of Finance and Accounting*, Vol. 3, No. 7, 6–14.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Abu-Alrop Jalal Hafeth Ahmad

Post-Graduate Student, Institute of Management, Economics and Finance, Kazan Federal University, Kazan, Russia (420008, Russia, Kazan, Kremlyovskaya street, 18); ORCID 0000-0002-6559-1775; e-mail: jalalabualrop@gmail.com.

Kokh Igor Anatolyevich

Doctor of Economics, Professor, Institute of Management, Economics and Finance, Kazan Federal University, Kazan, Russia (420008, Russia, Kazan, Kremlyovskaya street, 18); ORCID 0000-0002-8170-3925; e-mail: koch mail@yandex.ru.

FOR CITATION

Abu-Alrop J. H. A., Kokh I. A. Impact of Credit Risk on the Performance of Russian Commercial Banks. *Journal of Applied Economic Research*, 2020, Vol. 19, No. 1, 5–18. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.001.

ARTICLE INFO

Received December 6, 2019; Revised January 28, 2020; Accepted March 12, 2020.

Влияние кредитного риска на результаты деятельности российских коммерческих банков

Д. Х. А. Абу-Алрон ✉, И. А. Кох

Казанский федеральный университет,
г. Казань, Россия

✉ jatalabualrop@gmail.com

Аннотация. В данном исследовании изучалось влияние кредитного риска на результаты деятельности 85 российских коммерческих банков за период 2008–2017 гг. Нами использовалась множественная регрессия для измерения влияния кредитного риска на результаты деятельности российских банков. Исследование показало, что на показатели эффективности влиял кредитный риск в течение пяти лет из десяти. Кредитный риск способствовал формированию показателей эффективности на 51% в рентабельности активов и 50% в рентабельности собственного капитала. Кроме того, резервы на покрытие убытков по кредитам на общую сумму ссуд имели отрицательный эффект в течение 4 лет, поскольку из-за снижения кредитного качества в те годы влияние общей суммы ссуды на общую сумму активов было только положительным в течение одного года. Кроме того, исследование показало, что влияние отношения резервов на потери по ссудам к общей сумме кредитов было отрицательным и превышало положительное влияние отношения общей суммы ссуд к общей сумме активов, поскольку влияние кредитного качества является более значительным и более важным, чем влияние его размер. В исследовании сделан вывод о том, что влияние кредитного риска на результаты деятельности российских банков не является фиксированным, оно является изменяющимся эффектом от года к году, но в тех случаях, когда кредит оказывает влияние на показатели эффективности, этот эффект часто является отрицательным и значительный эффект. Исследование также пришло к выводу, что качество кредита оказывает существенное и негативное влияние на показатели эффективности, а объем кредита оказывает ограниченное влияние.

Ключевые слова: кредитный риск; резервы кредитных потерь; российские коммерческие банки; рентабельность активов; рентабельность капитала; множественный регрессионный анализ; резервы по кредитам; всего кредитов.

Список использованных источников

1. Bikker J. A., Bos J. W. B. Bank Performance: A Theoretical and Empirical Framework for the Analysis of Profitability, Competition and Efficiency. London, New York: Routledge International Studies in Money and Banking, 2008. 176 p.
2. Heffernan S. Modern Banking. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2005. 736 p.
3. Ozdincer B., Ozyildirim C. The Effects of Diversification on Bank Performance from The Perspective of Risk, Return and Cost Efficiency // 21st Australasian Finance and Banking Conference 2008 Paper. 17 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ssrn.Com/abstract=1253223> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1253223>.
4. Li F., Zou Y. The Impact of Credit Risk Management on Profitability of Commercial Banks: A Study of Europe // Umea School of Business and Economics (USBE), Business Administration,

Independent Thesis Advanced Level (Professional Degree), 20 Credits / 30 HE Credits, 2014. 86 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.diva-portal.org>.

5. *Kaaya I., Pastory D.* Credit Risk and Commercial Banks Performance in Tanzania: A Panel Data Analysis // *Research Journal of Finance and Accounting*. 2013. Vol. 4, Issue 16. Pp. 55–62.

6. *Chijoriga M. M.* An Application of Credit Scoring and Financial Distress Prediction Models to Commercial Bank Lending: The Case of Tanzania. Ph. D. Dissertation. Vienna: Wirtschaftsuniversität Wien (WU), 1997.

7. *Bessis J.* Risk Management in Banking. Fourth Edition. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd, 2015. 376 p.

8. *Chaplinska A.* (2012). Evaluation of The Borrower's Creditworthiness as An Important Condition for Enhancing the Effectiveness of Lending Operations // SHS Web of Conferences. 2012. Vol. 2, 6 p. // 3rd International Interdisciplinary Scientific Conference SOCIETY. HEALTH. WELFARE – 1st Congress of Rehabilitation Doctors of Latvia. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20120200009>.

9. *Mileris R.* Macroeconomic Determinants of Loan Portfolio Credit Risk in Banks // *Engineering Economics*. 2012. Vol. 23, Issue 5. Pp. 496–504.

10. Financial Institution – Causes and Consequents of Recent Bank Failures // GAO-13–71, Report to Congressional Committees. GAO (United States Government Accountability Office, 2013. 148 p.

11. *Richard E., Chijoriga M., Kaijage E., Peterson C., Bohman H.* Credit Risk Management System of a Commercial Bank in Tanzania // *International Journal of Emerging Markets*. 2008. Vol. 3, Issue 3. Pp. 323–332.

12. *Saunders S., Cornett T.* Financial Markets and Institutions: An Introduction to The Risk Management Approach. 4th CPCU Edition Hardcover. New York: Mcgraw-Hill, 2009. 697 p.

13. *Fisher D. E., Jordan R. J.* Security Analysis and Portfolio Management. 6th Edition. New Delhi, India: Prentice–Hall of India Private Limited, 1996. 691 p.

14. *Chen K., Pan C.* An Empirical Study of Credit Risk Efficiency of Banking Industry in Taiwan // *Web Journal of Chinese Management Review*. 2012. Vol. 15, Issue 1. Pp. 1–16.

15. *Bobakovia I.* Raising the Profitability of Commercial Banks // *Národná Banka Slovenska (BIATEC)*. 2003. Vol. XI, Issue 4/2003. Pp. 21–25.

16. *Psillaki M., Tsolas I. E., Margaritis D.* Evaluation of Credit Risk Based on Firm Performance // *European Journal of Operational Research*. 2010. Vol. 201, No. 3. P. 873–888.

17. *Hasan Eken M.* On Analysis and Control of Financial Risks and A View of Turkish And European Banks and Financial Markets // *Marmara Journal of European Studies*. 2005. Vol. 13, No. 1–2. Pp. 129–140.

18. Principles for The Management of Credit Risk. Basel Committee on Banking Supervision [BCBS], 2000. 26 p.

19. *Ahmed A. S., Takeda C., Shawn T.* Bank Loan Loss Provision: A Reexamination of Capital Management and Signaling Effects // *Journal Of Accounting And Economics*. 1999. Vol. 28, Issue 1. Pp. 1–25.

20. *Percy Wijewardana W., Wimalasiri P. D.* Impact of Risk Management on The Performance of Commercial Banks in Sri Lanka // *International Journal of Advanced Research (IJAR)*. 2017. Vol. 5, Issue 11. Pp. 1441–1449. DOI: 10.21474/Ijar01/5919.

21. *Epure M., Lafuente I.* Monitoring Bank Performance in The Presence of Risk // *Barcelona GSE Working Paper*. 2014. No. 613. 30 p.

22. *Kolapo T. F., Ayeni R. K., Oke M. O.* Credit Risk and Commercial Banks' Performance in Nigeria: A Panel Model Approach // *Australian Journal of Business and Management Research*. 2012. Vol. 2, Issue 2. Pp. 31–38.

23. *Kodithuwakku S.* Impact of Credit Risk Management on The Performance of Commercial Banks in Sri Lanka // *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*. 2015. Vol. 2, Issue 7. Pp. 1–6.

24. Muriithi J. G. Waweru K. M., Muturi W. M. Effect of Credit Risk on Financial Performance of Commercial Banks Kenya // IOSR Journal of Economics and Finance (IOSR-JEF). 2016. Vol. 7, Issue 4. Pp. 72–83.

25. Ruziqa A. The Impact of Credit and Liquidity Risk on Bank Financial Performance: The Case of Indonesian Conventional Bank with Total Asset Above 10 Trillion Rupiah // International Journal of Economic Policy in Emerging Economies. 2013. Vol. 6, Issue 2. Pp. 93–106.

26. Ben-Naceur S., Omran M. The Effects of Bank Regulations, Competition, And Financial Reforms on Mena Banks Profitability // Economic Research Forum. 2008. Working Paper No. 44. 33 p.

27. Kurawa J. M., Garba S. An Evaluation of The Effect of Credit Risk Management (Crm) On the Profitability of Nigerian Banks // Journal of Modern Accounting and Auditing. 2014. Vol. 10, Issue 1. Pp. 104–115.

28. Boahene S. H., Dasah J., Agyel S. K. Credit Risk and Profitability of Selected Banks in Ghana // Research Journal of Finance and Accounting. 2012. Vol. 3, No. 7. Pp. 6–14.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Абу-Алроп Джалал Хафз Ахмад

Аспирант Института управления, экономики и финансов Казанского федерального университета, г. Казань, Россия, (420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, 18); ORCID 0000-0002-6559-1775; e-mail: jalalabualrop@gmail.com.

Кох Игорь Анатольевич

Доктор экономических наук, профессор, Институт управления, экономики и финансов Казанского федерального университета, г. Казань, Россия, (420008, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, 18); ORCID 0000-0002-8170-3925; e-mail: koch-mail@yandex.ru.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Абу-Алроп Д. Х. А., Кох И. А. Влияние кредитного риска на результаты деятельности российских коммерческих банков // Journal of Applied Economic Research. 2020. Т. 19, № 1. С. 5–18. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.001.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 6 декабря 2019 г.; дата поступления после рецензирования 28 января 2020 г.; дата принятия к печати 12 марта 2020 г.



Методы оценки фискальной эффективности косвенного налогообложения

Е. В. Балацкий¹ ✉, Н. А. Екимова²

*¹Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Центральный экономико-математический институт РАН,
г. Москва, Россия*

*²Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
г. Москва, Россия*

✉ evbalatsky@inbox.ru

Аннотация. Цель статьи состоит в систематизации разных подходов к оценке фискальной эффективности налогообложения вообще и косвенного налогообложения в частности, а также в выработке предложений, для каких аналитических задач какие методы целесообразно применять. В работе используется сравнительный анализ существующей практики оценки налоговых систем. Результатом исследования являются выявленные авторами четыре разновидности фискальной эффективности. Первая – бюджетная эффективность косвенного налогообложения – характеризует способность того или иного налога обеспечивать поступления в бюджет. Вторая разновидность – магистральная эффективность косвенного налогообложения – предполагает измерители степени выполнения магистрального принципа, в соответствии с которым для эффективно работающей налоговой системы траектории фискальных сборов во времени должны проходить рядом с магистралью, роль которой играет траектория ВВП. Третья разновидность – предельная (маржинальная) эффективность налогообложения – основана на построении производственно-институциональной функции и определении на ее основе предельного налогового бремени для бизнеса (производства) и государства (бюджета), когда превышение указанных пределов приводит к падению ВВП и бюджетных доходов соответственно. Четвертая разновидность – институциональная эффективность налогообложения – основана на построении производственно-институциональной функции и соответствующего ей уравнения искажения равновесных цен макрофакторов, позволяющего оценить правомерность установленного налогового бремени с позиции выполнения государством своих обязательств по формированию и поддержанию эффективных институтов. Основной вывод работы состоит в необходимости комплексной оценки налоговых систем с использованием всех четырех методов; в противном случае получаются однобокие и неполные результаты. Предложенные методические рекомендации могут быть использованы в диагностических и аналитических целях органами управления и исследовательскими коллективами.

Ключевые слова: бюджет; эффективность; налоги; диагностика; институты; косвенное налогообложение; методы оценки; фискальная эффективность.

Введение

Проблеме экономической эффективности налогов посвящено большое количество литературы. На этом фоне оценке фискальной эффективности действующей налоговой системы уделяется

гораздо меньше внимания в силу ее кажущейся очевидности. Между тем к настоящему моменту накопилось несколько методологически совершенно разных подходов к расчету фискальной эффективности налогов.

Немаловажную роль в налоговых доходах играют косвенные налоги. В настоящее время в мировой практике косвенного налогообложения присутствуют индивидуальный акциз (акцизы на отдельные группы товаров), универсальный акциз (НДС, налог с продаж), таможенные пошлины. В России таможенные пошлины выведены из состава налоговых доходов бюджета, а также из системы налогов в 2008 г. Вместе с тем, с точки зрения теории налогов и мировой практики налогообложения, таможенные пошлины кодифицируются как вид косвенных налогов, в связи с чем в данном исследовании мы их также рассмотрим. Для иллюстрации масштаба данного вида регулятора укажем, что суммарная доля косвенных налогов и сборов в доходной части бюджета России в 2018 г. составила 30,3 %.

Цель данного исследования состоит в системном обзоре наиболее перспективных методов оценки фискальной эффективности налогов с акцентом на косвенные налоги. Результатом работы будут рекомендации по поводу того, для каких аналитических задач какие методы оценки фискальной эффективности следует использовать. Для достижения поставленной цели рассмотрим четыре разновидности фискальной эффективности налогообложения: бюджетную, магистральную, маржинальную и институциональную.

Экономическая эффективность налогов: обзор мнений и подходов

Хотя для данной статьи первоочередное место имеет фискальная эффективность налогов, ее рассмотрение невозможно осуществлять без оглядки на существующие подходы к экономической эффективности налоговой политики. Для этого выполним небольшой обзор последних исследований,

позволяющий уяснить основные идеи в этой области.

Значительная часть экономистов, изучающих макроэффекты от налогообложения, склоняется к тому, что косвенные налоги обладают фискальным преимуществом перед прямыми и оказывают больший эффект на экономический рост [1]. Однако полученные исследователями результаты показывают, что эффект от изменения прямых и косвенных налогов сильно зависит от временного интервала и конкретной страны. Положительное влияние косвенных налогов на рост ВВП отмечается в статьях [2, 3]. Параллельно с этим негативное влияние увеличения прямых налогов на доходы (налога на доходы физических лиц – НДФЛ, налога на прибыль, корпоративного подоходного налога и т. п.) на экономический рост отмечается в [4, 5]. В исследовании [6] проанализировано семьдесят стран за период 1980–1997 гг. и установлено, что снижение ставки корпоративного подоходного налога на 10 % способствует росту ВВП на душу населения на 0,7–1,1 %. В работе [7] рассчитано, что уменьшение ставки НДФЛ увеличивает реальный ВВП на душу населения на 1,4–1,8 %.

В отличие от данных точек зрения, в работе [8] показано, что переход от прямого к косвенному налогообложению может негативно отразиться на экономическом росте и усугубить экономический спад, распространившийся по странам Европейского союза (ЕС). Данные выводы получены в результате агрегированного анализа и прогноза для основных категорий налогообложения в странах – членах ЕС за период 2000–2014 гг. Большая экономическая эффективность прямого налогообложения для стран ЕС отмечается и в [9]. Еще в одном исследовании [10] проанализировано влияние косвенного налога с продаж на экономический рост в США

в 1960–2013 гг. и показано, что, несмотря на краткосрочные положительные эффекты, в долгосрочной перспективе экономический рост отрицательно коррелирует с данным налогом. Негативное влияние косвенных налогов отмечается и в [11], где выявлено, что 1 %-й прирост налога на товары и услуги вызывает падение ВВП на 0,6 %. В ряде работ [11, 12] отмечается, что одним из наиболее благоприятных для экономического роста является прямой налог на имущество, в то время как в других исследованиях [13] показана его нейтральность с точки зрения экономического роста.

При анализе связи между налогами и экономическим ростом в Нигерии за периоды 1986–2000 [14] и 1993–2012 гг. [15] получены результаты, демонстрирующие доминирующую роль нефтяных налоговых поступлений в экономическом росте страны. В налоговой структуре Малайзии значительную долю занимают прямые налоги, в частности налоги на доходы, в то время как косвенное налогообложение в указанной стране развито слабо [16].

В российской литературе также уделяется немалое внимание изучению взаимозависимости налогов и экономического роста. В частности, установлено, что на экономический рост в России наибольшее влияние оказывает динамика цен на энергоносители (коэффициент корреляции равен 0,7985), в то время как корреляция между реальным ВВП и косвенными налогами составляет $-0,7937$ [17].

Во многом вопрос положительного или отрицательного влияния косвенных налогов (в основном НДС и акцизов) напрямую связан с проблемой справедливости налогообложения и его социальной эффективностью. Если прямые налоги отражают фактическую платежеспособность налогоплательщика и выполняют в обществе распределительную

функцию, то косвенные налоги имеют регрессивный характер и, как правило, более тяжким бременем ложатся на бедные слои населения [18]. При этом данный эффект в наибольшей степени присущ пропорциональному налогообложению, в то время как прогрессивные налоговые шкалы оказывает положительное влияние на экономический рост [19].

С другой стороны, увеличение отдельных косвенных налогов, например акцизов на сигареты, может способствовать оздоровлению нации, увеличивая при этом государственные доходы. Например, их повышение в Индонезии на 57 % привело к росту государственных доходов на 58 % и уменьшению потребления на 18 % [20]. В Гренаде 17 %-е увеличение акцизов на табак способствовало росту государственных доходов на 8,7 % и снижению потребления на 5 % [21]. В целом разработанные имитационные модели показывают, что для стран с низкими и средними доходами увеличение акцизного налога на 20 % способствует в среднем 14 %-му росту доходов и 5 %-му сокращению потребления нежелательных и вредных продуктов [22].

Анализ налоговой структуры показывает, что косвенное налогообложение в большей степени характерно для развивающихся стран и стран с переходной экономикой [23], в то время как в странах ЕС доля косвенных налогов за последние 100 лет сократилась от 2/3 до 1/3 [24]. Тесную связь между уровнем развития страны и ее фискальной структурой подтвердили результаты исследования [25], согласно которым слаборазвитые страны в значительной степени зависят от налогов на внешнеэкономическую деятельность, тогда как налоги на прибыль важны в основном для развитых стран. Тенденция к снижению косвенного налогообложения наблюдается

и в России, где, по данным Росстата, доля косвенного налогообложения в 2017 г. составила 30,1 % против 38,7 % в 2010-м. Во многом это связано с сокращением поступлений от внешнеэкономической деятельности (таможенные пошлины и прочие доходы) в связи с санкционной политикой и обострением внешнеполитической ситуации, что вопреки расхожему мнению о «надежности» косвенных налогов говорит об их достаточно сильной подверженности воздействию экзогенных факторов.

Разночтение результатов о характере влияния налогов на экономику связано с тем, что они базируются на эконометрических моделях, которые в свою очередь не претендуют на универсальность: в разные периоды времени в странах с разным уровнем развития проявляются разные эффекты. В этом смысле универсальных выводов о роли налогов для национальной экономики де-факто не может быть – все они носят сугубо контекстный характер.

Бюджетная эффективность косвенных налогов

Бюджетная эффективность характеризует способность того или иного налога обеспечивать поступления в бюджет. Подчеркнем, что это и последующие названия разновидностей фискальной эффективности носят условный характер и отражают специфику соответствующего метода.

Бюджетную эффективность можно определить через *статические* показатели, позволяющие оценить текущее положение дел (например, объем налоговых поступлений в бюджет, соотношение плановых и фактических доходов, уровень использования налогового потенциала, доля в ВВП и т. п.), и *динамические*, показывающие эффективность того или иного налога во времени по сравнению с другими экономическими

параметрами (например, с помощью показателей эластичности).

Для оценки статической бюджетной эффективности косвенных налогов (налог на добавленную стоимость – НДС, акцизы) и сборов (таможенные сборы¹ – ТС) в России проанализируем изменение их доли в доходной части бюджета за период 1995–2018 гг. и определим, какой из них оказывал наибольшее влияние на ее формирование. Для сравнения оценим влияние косвенных налогов (налог с продаж – НсП, акцизы, таможенные сборы) на доходную часть бюджета США за аналогичный период (табл. 1).

Данные табл. 1 позволяют сделать ряд важных выводов.

Во-первых, косвенные налоги и сборы в России играют значительно большую роль в формировании доходной части бюджета, чем в США: 39,5 % против 9,6 % соответственно. Этот факт подтверждает то, что косвенное налогообложение больше характерно для развивающихся стран и стран с переходной экономикой, в то время как в развитых странах его роль незначительна в силу действия иных социальных и экономических институтов.

Во-вторых, несмотря на то, что в рассматриваемый период в России прослеживается явная тенденция на снижение доли косвенных налогов в доходной части бюджета (приблизительно на 10 п. п. за рассматриваемый период), ее среднее значение остается достаточно высоким и составляет немногим меньше половины всех поступлений (39,51 %). И это при том, что речь идет о трех косвенных налогах и сборах против гораздо большего количества прямых. В связи

¹В российской статистике таможенные пошлины, таможенные сборы и прочие поступления от внешнеэкономической деятельности объединены в общую группу доходов от внешнеэкономической деятельности, данные по которой использованы при выполнении расчетов.

Таблица 1. Доля косвенных налогов в доходной части бюджета России и США, 1995–2008 гг., %

Годы	Россия				США			
	НДС	Акцизы	ТС	Косвенные налоги	НсП	Акцизы	ТС	Косвенные налоги
1995	21,90	5,49	11,05	38,44	7,86	1,87	0,76	10,49
1996	25,77	9,56	7,11	42,44	7,71	1,65	0,68	10,05
1997	25,69	9,57	5,45	40,71	7,53	1,64	0,61	9,77
1998	24,80	10,51	7,73	43,04	7,33	1,34	0,57	9,24
1999	23,75	8,99	10,10	42,84	7,41	1,21	0,55	9,17
2000	21,80	7,93	12,71	42,44	7,22	1,25	0,54	9,01
2001	23,81	9,07	31,55	64,43	7,66	1,41	0,55	9,63
2002	21,39	7,50	11,05	39,94	8,41	1,18	0,56	10,16
2003	21,31	8,40	12,22	41,94	7,89	1,23	0,59	9,71
2004	19,70	4,55	16,54	40,79	7,93	1,12	0,54	9,59
2005	17,16	2,96	19,59	39,71	7,78	1,02	0,55	9,35
2006	14,22	2,55	21,70	38,47	7,67	0,97	0,53	9,17
2007	16,92	2,35	18,02	37,29	7,37	0,69	0,50	8,56
2008	13,32	2,19	22,40	37,91	8,33	0,88	0,59	9,80
2009	15,08	2,55	19,73	37,36	10,18	1,09	0,61	11,89
2010	15,59	2,94	20,13	38,66	7,93	0,95	0,54	9,41
2011	15,59	3,12	22,37	41,07	7,83	0,94	0,58	9,34
2012	15,13	3,57	21,18	39,88	8,43	1,05	0,62	10,10
2013	14,48	4,16	20,50	39,14	7,73	1,05	0,57	9,35
2014	14,72	4,01	20,41	39,14	7,49	1,09	0,56	9,13
2015	15,73	3,97	12,24	31,94	7,91	1,14	0,58	9,63
2016	16,22	4,81	9,25	30,28	8,16	1,09	0,58	9,83
2017	16,55	5,15	8,38	30,08	7,66	0,83	0,53	9,02
2018	16,12	4,26	9,94	30,32	7,32	0,96	0,61	8,89
В среднем	18,61	5,42	15,47	39,51	7,86	1,15	0,58	9,60

Источник: Росстат, United States Government Revenue.

с повышением в 2019 г. базовой ставки НДС на 2 п. п. есть основания предположить увеличение налоговых поступлений от данного налога и, как следствие, рост доли косвенных налогов

в доходной части бюджета. Все это говорит о том, что налоговая система России пока не имеет возможности поставить социально-экономические интересы выше фискальных и вынуждена использовать

механизмы косвенного налогообложения в качестве приоритетных.

В-третьих, наиболее эффективным, с точки зрения бюджетной составляющей, и в России, и в США является налог на потребление, выраженный в форме НДС (доля в доходной части бюджета России – 15,47%) и НсП (доля в доходной части бюджета США – 7,86%). Это связано с тем, что указанные налоги по сравнению с другими косвенными налогами и сборами имеют более широкую базу обложения и относительно простой механизм контроля за их поступлением в бюджет.

В-четвертых, доля акцизов в доходной части бюджета России более чем в три раза ниже остальных косвенных налогов и сборов (5,42%), что во многом связано с проявлением их регулирующей функции, включающей в том числе и эколого-медицинский аспект. Увеличение акцизной нагрузки ориентировано прежде всего на безопасность и здоровье нации и защиту окружающей среды. В основном это касается таких подакцизных товаров, как алкогольная, спиртосодержащая, табачная продукция, а также нефтепродукты. Например, с 2008 по 2019 г. минимальная ставка акциза на сигареты с фильтром была увеличена более чем в 18 раз, специфическая ставка в 16 раз, а адвалорная ставка – на 9 п. п.; ставки на алкогольную продукцию крепостью свыше 9% выросли в 3 раза, ниже 9% – в 3,8 раза; на вина натуральные – в 7,5 раз; вина игристые – в 72 раза; на пиво – в 8 раз. Такие меры привели к тому, что потребление алкоголя на душу населения в пересчете на чистый спирт снизилось с 2000 по 2018 г. на 22,5% – с 8 до 6,2 литра. Экологическая составляющая регулирующей функции акцизов в России проявляется лишь в отношении бензина, ставки по которому дифференцированы в зависимости от его класса.

В-пятых, принципиально разное значение в структуре доходов бюджета России и США играют таможенные сборы. Их доля в России составляет 15,5%, в то время как в США не достигает и 1%, что связано с внешнеторговой политикой Америки и ее членством в ВТО, предполагающее максимальное устранение импортных и экспортных пошлин.

Таким образом, проведенный анализ показал, что с точки зрения статических показателей бюджетной результативности наиболее эффективным в России является НДС, на долю которого приходится почти пятая часть всех поступлений в бюджет.

Для оценки динамической бюджетной эффективности рассмотрим показатель эластичности налогообложения, который представляет собой отношение изменения налоговых поступлений к изменению ВВП, выступающему в качестве агрегированного показателя налоговой базы:

$$E_i = \frac{\Delta H_i / H_i}{\Delta \text{ВВП} / \text{ВВП}}, \quad (1)$$

где E_i – эластичность рассматриваемого налога по ВВП; ΔH_i – прирост налоговых поступлений от рассматриваемого налога за определенный период (в текущих ценах); $\Delta \text{ВВП}$ – прирост ВВП за аналогичный период (в текущих ценах).

Показатель (1) позволяет оценить, как прирост ВВП на 1% влияет на собираемость того или иного налога. Если $E_i \approx 1$, то речь идет о синхронизации прироста ВВП и налоговых поступлений и о сохранении удельного веса налогов в ВВП. В этом случае можно говорить об *устойчивости* настройки налоговой системы и эффективности того или иного налога. При $E_i < 1$ однопроцентный прирост ВВП вызывает более медленный прирост налоговых поступлений. В противном случае (при $E_i > 1$) речь идет об опережающем росте налоговых

поступлений на фоне однопроцентного роста ВВП. Последние два случая свидетельствуют о неэффективной настройке налоговой системы и о необходимости уменьшения искажающих эффектов.

Значения эластичности налогообложения в России и США за период с 1995 по 2018 г. приведены в табл. 2.

Из данных табл. 2 видно, что российская налоговая система с точки зрения динамической эффективности косвенного налогообложения является более совершенной, чем американская, что, вероятнее всего, связано с большей значимостью косвенных налогов в бюджете России. Среди косвенных налогов и сборов наиболее эффективными являются акцизы и таможенные сборы. В отношении НДС наблюдаются искажения в сторону замедления темпов роста налоговых сборов от НДС при росте ВВП. Это объясняется наличием системы вычетов и пониженных ставок НДС на социально значимые товары и услуги, установленных с целью снижения нагрузки на бизнес и потребителей.

В рассматриваемые годы для России можно выделить два периода, когда действовали разные базовые ставки НДС: с 1995 по 2003 г. – 20%, с 2004 по 2018 г. – 18%. Расчет эластичности НДС для этих периодов показал, что более предпочтительным с точки зрения динамической бюджетной эффективности был период действия ставки в 20%: $E_{1995-2003} = 0,997$, $E_{2004-2018} = 0,907$. Это говорит о том, что в первый период прирост ВВП давал практически синхронный прирост налоговых поступлений в бюджет. Следует

правильно оценивать полученный результат и понимать, что бюджетная эффективность, как было отмечено ранее, отражает именно поступления от налогов в бюджет и, как следствие, интересы государства. С этой точки зрения налоговая система, настроенная на НДС с базовой ставкой налога 20%, проявила себя более эффективно.

Подводя итоги данного раздела, следует отметить достаточно высокую долю косвенных налогов и платежей в доходной части российского бюджета (на 2018 г. она составила 30,3%) и их эффективность с точки зрения согласованности с ростом ВВП ($E = 0,925$). При этом наибольшей бюджетной эффективностью среди косвенных налогов и сборов обладает НДС, который обеспечивает максимальные налоговые поступления в бюджет. Однако данный налог обладает эффектом замедления роста доходов по сравнению с ростом ВВП ($E = 0,863$), что обусловлено его социальной ориентацией.

Магистральная эффективность косвенных налогов

При оценке эффективности налоговой системы необходимо учитывать не только объемы фискальных поступлений, но их устойчивость и «справедливость» по отношению к налоговой базе. В этом случае концепция фискальной эффективности претерпевает определенные изменения: *динамика налоговых сборов должна соответствовать динамике налоговой базы*. В свою очередь, динамика налоговой базы для всей национальной

Таблица 2. Эластичность налогообложения в России и США, 1995–2018 гг.

Страна	НДС/НсП	Акцизы	ТС	Косвенные налоги и сборы
Россия	0,863	0,910	1,057	0,925
США	0,872	0,211	0,677	0,740

Источник: рассчитано авторами по формуле (1).

экономики вполне обосновано может аппроксимироваться динамикой ВВП. Тогда общий методологический тезис уточняется: *темпы роста налоговых сборов должны соответствовать темпам роста ВВП* [26]. В данном случае показатели фискальных сборов и ВВП должны учитываться в текущих ценах. Тогда инфляционный эффект содержится в обоих показателях и при сравнении нивелируется.

Сформулированный методологический принцип получил название *магистрального принципа* (МП) или магистральной гипотезы [26], а измерители степени выполнения МП будем называть показателями магистральной эффективности. Данная терминология связана с тем фактом, что траектория ВВП выступает в качестве *магистралей* развития экономики, ее экономической активности, а траектории всех фискальных сборов должны проходить рядом с магистралью. Степень отклонения фискальных траекторий от магистралей косвенно отражает уровень эффективности или, наоборот, неэффективности настройки фискальной системы на экономическую активность хозяйствующих субъектов. Хотя введенная терминология не имеет прямого отношения к магистральной теории, занимающейся рассмотрением оптимальных траекторий в моделях фон Неймана, однако определенная аналогия между ними имеется. Так, если в моделях фон Неймана рассматриваются оптимальные траектории, проходящие на определенном расстоянии от магистралей или луча фон Неймана, то в нашем случае в зоне внимания оказываются фискальные траектории, проходящие в окрестности траектории экономического роста [26].

В основе магистрального принципа лежит представление о том, что все налоги и сборы должны быть в той или иной степени привязаны

к экономической активности системы, которая в наиболее общем виде измеряется темпом роста ВВП. Даже привязка к налоговой базе, которая напрямую не связана с ВВП, предполагает сохранение МП; вопрос заключается только в том, насколько сильно он нарушается и насколько это может считаться допустимым. Данное допущение сопоставимо с анализом факторов роста налоговых доходов, проведенном в исследовании [27], согласно которому, какие бы факторы ни оказывали влияние на налоговые поступления, в конечном счете все они определяются общим геоэкономическим фоном в стране. Кроме того, магистральная эффективность по своему смыслу очень близка динамической бюджетной эффективности.

МП позволяет построить простую аналитическую схему для анализа магистральных свойств фискальных сборов. Для этого введем в рассмотрение четыре показателя [26]:

$$I_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\mu_{it} - \lambda_t), \quad (2)$$

$$V_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |\mu_{it} - \lambda_t|, \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \lambda_t, \quad (4)$$

$$RI_i = I_i / \lambda, \quad (5)$$

где λ_t и μ_{it} – темпы прироста ВВП и i -го фискального дохода в t -м году соответственно; T – длина ретроспективного ряда; I_i – среднее значение абсолютного избыточного дохода i -го фискального инструмента; RI_i – среднее значение относительного избыточного дохода i -го фискального инструмента; V_i – волатильность i -го фискального дохода.

Если $RI > 0$, то фискальная траектория лежит преимущественно выше траектории экономического роста и имеет

место избыточный фискальный доход; если $RI < 0$, то фискальная траектория лежит преимущественно ниже траектории экономического роста и можно говорить о фискальных потерях.

Введенный показатель (5) позволяет дать классификацию фискальных инструментов по двум магистральным признакам – *бюджет-ориентированности* и *устойчивости*. Под бюджет-ориентированным понимается такой фискальный инструмент, который обеспечивает положительное значение избыточного дохода, т.е. $RI > 0$; в противном случае фискальный инструмент считается *либеральным (ущадящим)*. Иными словами, темпы роста бюджет-ориентированного налога опережают темпы экономического роста. Под устойчивым понимается такой фискальный инструмент, для которого характерна незначительная величина избыточного дохода; в противном случае фискальный инструмент считается *неустойчивым*. Для конкретизации данного критерия будем полагать, что незначительной признается величина $|RI| = 5\%$. Таким образом, устойчивым является налог, который достаточно тесно связан с динамикой экономического роста.

В дополнение к введенной классификации можно сформулировать два критерия «сильной» неустойчивости. Первый признак: налог считается *крайне неустойчивым*, если для него выполняется условие $|RI| > 20\%$. Второй признак:

налог считается крайне неустойчивым, если для него выполняется сильное или слабое условие соответственно: $|RI| > V$ или $|RI| \approx V$; данный критерий является вспомогательным. Указанные критерии являются сугубо эвристическими, однако они полезны для окончательной диагностики фискальных инструментов.

Заметим, что устойчивость фискального инструмента может восприниматься и как проявление социальной справедливости. Например, если рост налогов сильно опережает рост налоговой базы, то это говорит о волюнтарных действиях государства в фискальной сфере, когда правительство страны неправомерно повышает налоговую нагрузку на экономических агентов без учета реальной ситуации. В противном случае имеет место несправедливость иного рода, когда экономические субъекты недоплачивают налоги со своей деятельности и государство недополучает свои законные доходы.

Для иллюстрации магистральной эффективности для экономики России использовались ежегодные данные Росстата за 1995–2018 гг.; агрегаты налоговых поступлений и ВВП исчислялись в текущих ценах. В качестве фискальных инструментов рассмотрим налог на добавленную стоимость, акцизы и таможенные сборы. Результаты расчетов приведены в табл. 3 с учетом функциональной специфики фискальных инструментов.

Таблица 3. Магистральные параметры фискальной системы России

Фискальный инструмент	Показатели магистральной эффективности	
	$RI, \%$	$V, \%$
Налог на добавленную стоимость, НДС	–1,4	9,5
Акцизы	5,6	18,0
Таможенные сборы, ТС	50,9	35,4

Источник: Рассчитано авторами по формулам (1)–(4) на основе данных Росстата.

Полученные количественные оценки позволяют осуществить классификацию фискальных инструментов в матричной форме, из которой наглядно видно, что акцизы и таможенные сборы попадают в категорию бюджет-ориентированных, но неэффективных налогов, в то время как налог на добавленную стоимость попадает в группу щадящих и эффективных (табл. 4; курсивом обозначен фискальный инструмент, являющийся крайне неэффективным).

Для лучшего понимания полученных результатов визуализируем траектории темпов прироста косвенных налогов на фоне динамики экономического роста в России (в текущих ценах). Для этого рассмотрим рис. 1.

Построенная диаграмма наглядно показывает, что, несмотря на сильные деформации российской налоговой системы, степень нарушения магистральных

свойств имеет тенденцию к сокращению. Так, на рис. 1 хорошо просматривается два этапа в формировании фискальной системы – до и после 2008 г.: кризис дал импульс к синхронизации в динамике ВВП и фискальных доходов.

Чтобы лучше понять магистральные свойства налоговых систем, проведем их сравнение для России и США. Для этого рассчитаем магистральные характеристики для косвенных налогов США за период, совпадающий для двух стран, т. е. 1995–2017 гг. Результаты расчетов на основе статистических данных OECD приведены в табл. 5 и 6.

Полученные цифры позволяют сделать следующие выводы.

Во-первых, магистральная устойчивость фискальной системы России (в части косвенных налогов!) в целом выражены сильнее, чем в США. Так, среднее абсолютное значение показателя RI

Таблица 4. Классификация фискальных инструментов России

Критерий либеральности	Критерий устойчивости	
	Устойчивый	Неустойчивый
Бюджет-ориентированный	–	А, ТС
Либеральный	НДС	–

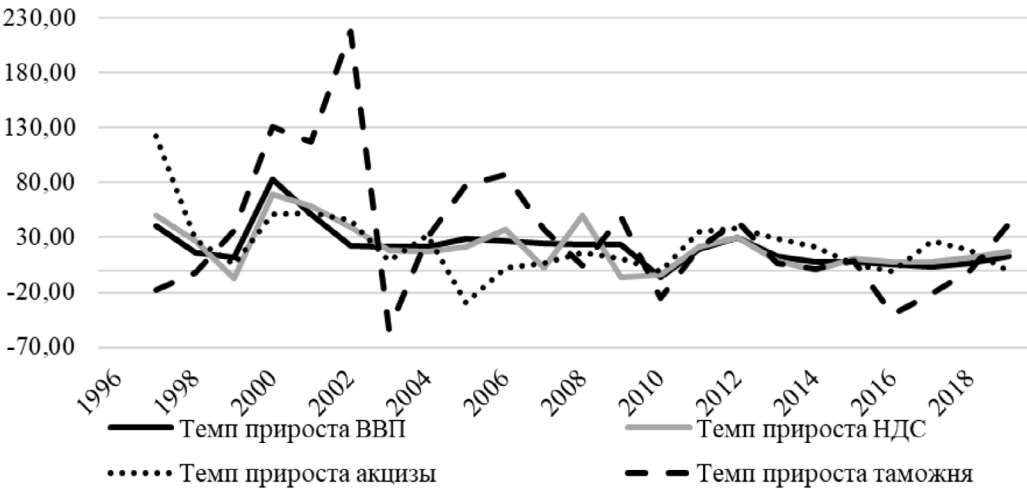


Рис. 1. Траектории темпов прироста косвенных налоговых доходов России

Таблица 5. Магистральные параметры фискальной системы США

Фискальный инструмент	Показатели магистральной эффективности	
	RI , %	I , %
Налог с продаж, НсП	-0,3	1,2
Акцизы	-72,3	2,7
Таможенные пошлины, ТС	-32,6	5,1

Источник: Рассчитано авторами по формулам (1)–(4) на основании данных OECD.

Таблица 6. Классификация фискальных инструментов США

Критерий либеральности	Критерий устойчивости	
	Устойчивый	Неустойчивый
Бюджет-ориентированный	—	—
Либеральный	НсП	А; ТС

по фискальному портфелю табл. 3 составляет 19,3 %, тогда как для США аналогичный показатель для фискального портфеля табл. 5 составляет 35,1 %. Однако усредненный показатель волатильности I для России и США составляет 21 и 3 % соответственно, т. е. хаотичность колебания фискальных показателей относительно магистрали в России в семь раз больше, чем в США.

Во-вторых, показатель RI в США принимает устойчиво отрицательные значения. Это происходит на фоне стабильно положительных показателей RI , характерных для прямого налогообложения в США [26]. Данный факт означает, что государственная политика последних десятилетий в стране была направлена на снижение бремени косвенных налогов с переносом приоритета на взимание прямых налогов, что достаточно ярко демонстрирует отмеченный ранее вывод о предпочтительности прямого налогообложения в развитых странах мира [28].

В-третьих, классификация налогов России (табл. 4) и США (табл. 6) свидетельствует о том, что среди косвенных налогов наибольшей магистральной

эффективностью обладают НДС для России и НсП для США.

В-четвертых, принципиальным отличием российской и американской налоговой политики с точки зрения магистральной эффективности является преимущественно бюджетная ориентация первой и либеральность второй.

Рассмотренные в предыдущих разделах бюджетная и магистральная эффективности налогообложения позволяют оценить результативность того или иного налога. Однако полученные результаты будут не до конца репрезентативными, если не иметь представления об эффективности фискальной системы в целом. Расчет предельной и институциональной эффективности позволяют заполнить данный пробел.

Предельная (маржинальная) эффективность налогов

Для исследования более глубинных фискальных свойств налоговых инструментов воспользуемся ставшей уже традиционной концепцией модифицированной кривой А. Лаффера [29–31]. В основе данной концепции лежит представление о том, что налоговая система эффективно

настроена тогда, когда реакции налогоплательщика (производителя, бизнеса) и бюджета (государства) почти совпадают. Расхождение в реакции двух указанных субъектов оценивается в виде разницы между значениями точек Лаффера 1-го и 2-го рода; чем больше расстояние между этими точками, тем больше антагонизм интересов государства и бизнеса и тем ниже эффективность фискальной системы. Основу данного анализа составляют производственно-институциональные функции, где к традиционным макрофакторам производственной функции (труд, капитал) добавляется институциональная переменная – средняя налоговая нагрузка (доля взимаемых государством налогов в объеме ВВП).

Такой подход представляется вполне обоснованным, поскольку связь между объемом выпуска (ВВП) и макрофакторами во многом определяется институциональным климатом. Налоги, участвуя в формировании системы стимулов экономических агентов, оказывают непосредственное влияние на уровень деловой и, следовательно, производственной активности. Подобный подход позволяет определить значения допустимой налоговой нагрузки и тем самым оценить *предельную (маржинальную) эффективность налогообложения*.

В целях конкретизации данного подхода иногда используют производственно-институциональную функцию следующего вида [29]:

$$Y = \gamma DK^{(a+bq)q} L^{(n+mq)q}, \quad (6)$$

где Y – выпуск (объем ВВП); K – основной капитал; L – труд (численность занятых в экономике работников); q – налоговая нагрузка (относительное налоговое бремя, вычисляемое как доля налоговых поступлений T в ВВП, $q = T/Y$); D – трендовый оператор (функция, зависящая от времени t); γ , a , b , n и m – параметры, оцениваемые статистически на основе

ретроспективных динамических рядов. Переменные Y , K , L и q берутся за соответствующие годы t .

Функция (6) задает производственную кривую, т. е. зависимость между выпуском и налоговой нагрузкой. Тогда фискальная кривая, т. е. зависимость между массой собираемых налогов и относительной налоговой нагрузкой, описывается следующей функцией $T = qY(q)$ или в развернутом виде:

$$T = \gamma q DK^{(a+bq)q} L^{(n+mq)q}, \quad (7)$$

Стержневой идеей фискального анализа на базе функций (6) и (7) является определение взаимного расположения точек Лаффера 1-го и 2-го рода и фактической величины налоговой нагрузки (рис. 2). В соответствии с существующей классификацией [32], фискальной точкой Лаффера 1-го рода (q^*) называется вершина (т. е. точка максимума) производственной кривой (1), а под фискальной точкой Лаффера 2-го рода (q^{**}) понимается вершина (точка максимума) фискальной кривой (2).

Точка Лаффера 1-го рода означает тот предел налогового бремени, который может выдержать производственная система, не срываясь в режим рецессии. Точка Лаффера 2-го рода показывает величину налогового бремени, за пределами которой увеличение массы налоговых поступлений в бюджет становится невозможным (отсюда и само название фискальной эффективности – предельная или маржинальная). Идентификация двух точек Лаффера и их сопоставление с фактическим налоговым бременем позволяет оценить маржинальную эффективность налоговой системы страны.

В идеальном случае фискальная система должна быть настроена таким образом, чтобы расхождение точек Лаффера 1-го и 2-го рода стремилось бы к минимуму, снижая степень разногласий между бизнесом и государством.

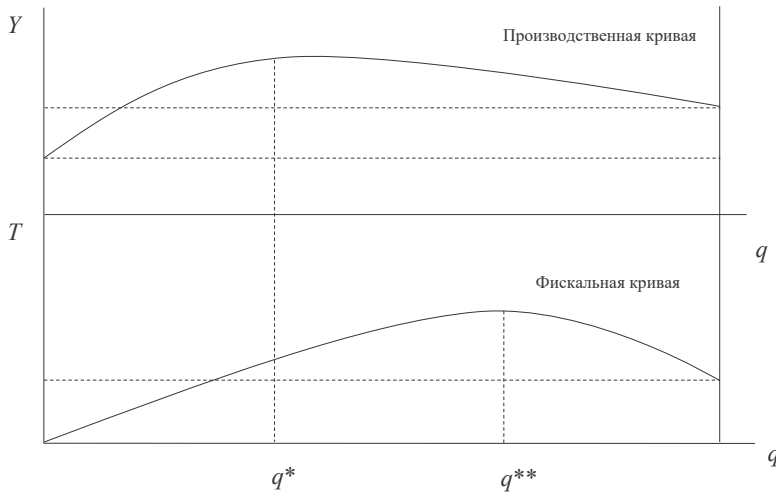


Рис. 2. Взаимное расположение производственной и фискальной кривых

Эмпирический анализ фискальных систем России, США, Великобритании и Швеции за период 1983–2000 гг., проведенный в [30], показал отсутствие общих количественных закономерностей, что говорит о неправомерности переноса фискальных стандартов одних стран на другие. С точки зрения маржинальной эффективности налоговой системы, эмпирические расчеты показали, что реакция бюджета в США почти полностью совпадала с реакцией производителя – «фискальный люфт» ($q^{**} - q^*$) составил приблизительно 1 п. п. Совершенно иная картина была характерна для России: «фискальный зазор» между точками Лаффера 1-го и 2-го рода составлял 10–12 п. п. Тем самым интересы государства (бюджета) и бизнеса (объема ВВП) в США были почти синхронизированы, а в России, наоборот, находились в явном антагонизме.

Заметим, что в представленных построениях используется общее (агрегированное) налоговое бремя. Однако определенную долю в его величине составляют косвенные налоги, в связи с чем при разработке фискальной политики можно рассматривать разные варианты сокращения/увеличения налогового

бремени – за счет некоторых косвенных налогов или за счет прямых.

Таким образом, предельная фискальная эффективность предполагает оценку трех индикаторов q^* , q^{**} и $(q^{**} - q^*)$, что позволяет определить предельно допустимую налоговую нагрузку и степень согласованности интересов налогоплательщиков и бюджета.

Институциональная эффективность налогов

Фискальные индикаторы, рассмотренные в предыдущем разделе, позволяют оценить реакцию производителя и государства, не давая при этом никакого представления о том, как государство выполняет свои обязательства и насколько обоснованы выдвигаемые им налоговые требования. Оценить эффективность работы самого государства по созданию и поддержанию эффективных институтов позволяет концепция равновесного налогового бремени, основанная на эконометрической оценке производственно-функциональной функции следующего типа: $X = X(L, I, Q)$, где L – численность занятых; I – инвестиции в основной капитал; p – объем чистой прибыли (включая доходы с ценных бумаг), полученной предпринимателем

после осуществления всех налоговых платежей; Q – качество действующих в стране институтов; T – сумма всех налоговых выплат в бюджет страны; W – среднегодовая заработная плата наемных работников; X – доход, полученный в результате производства и складывающегося из фонда оплаты труда, массы чистой прибыли и налоговых доходов бюджета: $X = T + \pi + WL$. По своему наполнению показатель X почти совпадает с объемом ВВП.

В основе концепции *институциональной эффективности* лежит уравнение искажения равновесных цен макрофакторов [33]:

$$(W^* - W)L + (r^* - r)I + (q^* - q)Q = 0, \quad (8)$$

где $W^* = (1/v)(\partial X/\partial L)$ – равновесная цена труда (предельная производительность труда); $r = \pi/I$ – среднегодовая норма прибыли на вложенную единицу инвестиционных средств; $r^* = (1/v)(\partial X/\partial I)$ – равновесная цена капитала (предельная производительность капитала); $q = T/Q$ – фискальная «цена» каждой единицы качества институтов, которая может трактоваться в качестве удельных налоговых издержек институтов; $q^* = (1/v)(\partial X/\partial Q)$ – равновесная цена институтов (предельная производительность институтов); v – степень однородности функции дохода X .

Предложенная равновесная схема анализа позволяет получить оценку равновесного налогового бремени $\theta^* = q^*Q/X$, которую можно сравнить с ее фактической величиной $\theta = T/X$. Проведенные в работе [33] расчеты равновесной ставки

налогового бремени для разных стран на интервале 1987–2013 гг.² показали ее высокую стабильность в России и США на фоне заметных колебаний этой величины в указанном интервале времени в Великобритании. Кроме того, усредненные значения оценок θ и θ^* показали, что во всех странах имела место «эксплуатация» государства и его институтов со стороны капитала, однако в Британии данный феномен был явно гипертрофирован (табл. 7). Критерий институциональной эффективности основан на принципе, положенным в основу маржинальной эффективности, а именно: $|q - q^*| \rightarrow 0$. Иными словами, при совпадении фактического и равновесного (справедливого) налогового бремени имеет место высокая институциональная эффективность; расхождения между двумя показателями, наоборот, показывают степень институциональной неэффективности налоговой системы.

Здесь, как и в предыдущем случае, имеется возможность вычленив из общей массы фактического налогового бремени его часть, приходящуюся на косвенные налоги. Тем самым и здесь возникают разные варианты фискального регулирования.

Заключение

Рассмотренные выше методы оценки фискальной эффективности разбросаны по научной литературе и не используются для получения комплексной картины относительно налоговой системы. Между тем каждый из четырех

²Для России анализировался интервал 1993–2013 гг.

Таблица 7. Усредненные фискальные параметры разных стран мира

Индикатор	США	Великобритания	Россия
Средняя равновесная ставка налогового бремени (θ^*), %	32,5	45,3	31,4
Средняя фактическая ставка налогового бремени (θ), %	22,2	14,8	30,8

Источник: [33].

методов позволяет определить функционирование налоговой системы со своей стороны и дать важную и полезную информацию. Например, показатели бюджетной эффективности позволяют уяснить роль каждого налогового инструмента с точки зрения *наполняемости* бюджета. Индикаторы магистральной эффективности нацелены на определение степени *соответствия* динамики налоговых доходов динамике макроэкономической налоговой базы. Аналитические инструменты маржинальной эффективности позволяют оценить те *пределы* налоговой нагрузки, которые могут выдержать бизнес (экономика) и государство (бюджет); одновременно с этим они показывают степень

согласованности интересов бизнеса и государства в налоговой сфере. Показатели институциональной эффективности дают ответ на вопрос о *правомерности* установленного налогового бремени с позиции выполнения государством своих обязательств по построению и поддержанию эффективной социально-экономической среды.

Идеальная налоговая система должна иметь удовлетворительные значения всех четырех видов фискальной эффективности. В противном случае рассмотренные методы позволяют по крайней мере выявить слабые места в налоговой системе, диагностировать масштаб проблем и сосредоточить внимание на их решении.

Список использованных источников

1. Myles G. Economic Growth and the Role of Taxation // OECD Economic Department Working Papers No. 714. OECD, 2009. 63 p. DOI: 10.1787/222781828316.
2. Bazgan R.-M. The impact of direct and indirect taxes on economic growth: An empirical analysis related to Romania // Proceedings of the International Conference on Business Excellence. 2018. Vol. 12, No. 1. Pp. 114–127.
3. Szarowska I. Effects of taxation by economic functions on economic growth in the European Union // Proceedings of the 6th International Scientific Conference: Finance and the Performance of Firms in Science, Education and Practice. 2013. Pp. 746–758.
4. Kneller R., Bleaney M., Gemmell N. Fiscal policy and growth: Evidence from OECD countries // Journal of Public Economics. 1999. Vol. 74, Issue 2. Pp. 171–190. DOI: 10.1016/S0047-2727(99)00022-5.
5. Gemmell N., Kneller R., Sanz I. The Timing and Persistence of Fiscal Policy Impacts on Growth: Evidence from OECD Countries // Economic Journal. 2011. Vol. 121, Issue 550. Pp. F33–F58. DOI: 10.1111/j.1468-0297.2010.02414.x.
6. Lee Y., Gordon R. Tax Structure and Economic Growth // Journal of Public Economics. 2005. Vol. 89, Issue 5–9. Pp. 1027–1043. DOI: 10.1016/j.jpubeco.2004.07.002.
7. Mertens K., Ravn M. The Dynamic Effects of Personal and Corporate Income Tax Changes in the United States // American Economic Review. 2013. Vol. 103, No. 4. Pp. 1212–1247. DOI: 10.1257/aer.103.4.1212.
8. Bernardi L. Recent findings regarding the shift from direct to indirect taxation in the EA-17 // MPRA Paper No. 47877. 2013. 22 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/47877/1/MPRA_paper_47877.pdf.
9. Stoilova D., Patonov N. An Empirical Evidence for the Impact of Taxation on Economy Growth in the European Union // Proceedings of Tourism and Management Studies International Conference Algarve. 2012. Vol. 3. Pp. 1031–1039.
10. Li J. F., Lin Z. X. The Impact of Sales Tax on Economic Growth in the United States: An ARDL Bounds Testing Approach // Applied Economics Letters. 2015. Vol. 22, No. 15. Pp. 1262–1266. DOI: 10.1080/13504851.2015.1023933.

11. Andrasic J., Kalas B., Mirovic V., Milenkovic N., Pjanic M. Econometric Modelling of Tax Impact on Economic Growth: Panel Evidence from OECD Countries // *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*. 2018. Vol. 52, Issue 4. Pp. 211–226. DOI: 10.24818/18423264/52.4.18.14.
12. Arnold J. Do Tax Structures Affect Aggregate Economic Growth? Empirical Evidence from a Panel of OECD Countries // *OECD Economics Department Working Papers* No. 643A. OECD, 2008. 28 p. DOI: 10.1787/236001777843.
13. Stoilova D. Tax structure and economic growth: Evidence from the European Union // *Contaduria y Administracion*. 2017. Vol. 62, No. 3. Pp. 1041–1057. DOI: 10.1016/j.cya.2017.04.006.
14. Ojong C. M., Anthony O., Arikpo O. F. The Impact of Tax Revenue on Economic Growth: Evidence from Nigeria // *IOSR Journal of Economics and Finance (IOSR-JEF)*. 2016. Vol. 7, Issue 1. Pp. 32–38. DOI: 10.9790/5933–07113238.
15. Akwe J. A. Impact of Non-Oil Tax Revenue on Economic Growth: The Nigerian Perspective // *International Journal of Finance and Accounting*. 2014. Vol. 3, No. 5. Pp. 303–309. DOI: 10.5923/j.ijfa.20140305.04.
16. Malaysia. Selected Issues // *IMF Country Report* No. 14/82. International Monetary Fund, Washington, D.C., 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2014/cr1482.pdf>.
17. Зуенко М. Ю. Основы влияния косвенных налогов на экономический рост // *Вектор экономики*. 2017. № 9 (15) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2017/9/economic_theory/Zuyenko.pdf.
18. Майбуров И. А., Соколовская А. М. Теория налогообложения. Продвинутый курс. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2011. 591 с.
19. Tanchev S. The Role of the Proportional Income Tax on Economic Growth of Bulgaria // *Economic Studies Journal*. 2016. Vol. 25, Issue 4. Pp. 66–77.
20. Ahsan A., Wiyono N. H., Kiting A. S., Djutaharta T., Aninditya F. Impact of Increasing Tobacco Tax on Government Revenue and Tobacco Consumption // *SEADI Discussion Paper Series* No. 8. 2013.
21. La Foucade A., Gabriel S., Scott E., Metivier C., Theodore K., Cumberbatch A., Samuels T. A., Unwin N., Laptiste C., Lalta S. Increased taxation on cigarettes in Grenada: potential effects on consumption and revenue // *Pan American Journal of Public Health*. 2018. Vol. 42. Pp. 1–7. DOI: 10.26633/RPSP.2018.195.
22. Van Walbeek C. A simulation model to predict the fiscal and public health impact of a change in cigarette excise taxes // *Tob Control*. 2010. Vol. 19, No. 1. Pp. 31–36. DOI: 10.1136/tc.2008.028779.
23. Соловьева Н. А. Соотношение прямых и косвенных налогов в налоговой системе государства и тенденции его изменения // *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. 2017. Т. 7, № 1А. С. 216–226.
24. Коровкин В. В. Основы теории налогообложения. М.: Экономист, 2006. 576 с.
25. Easterly W., Rebelo S. Fiscal policy and economic growth // *Journal of Monetary Economics*. 1993. Vol. 32, Issue 3. Pp. 417–458. DOI: 10.1016/0304–3932(93)90025-B.
26. Balatsky E. V., Ekimova N. A. The Impact of Tax Reforms on the Behaviour of Economic Agents (Indirect Taxation in Russia and the USA) // *Journal of Tax Reform*. 2019. Vol. 5, No. 2. Pp. 129–147. DOI: 10.15826/jtr.2019.5.2.064.
27. Мишустин М. В. Факторы роста налоговых доходов: макроэкономический подход // *Экономическая политика*. 2016. № 5. С. 8–27. DOI: 10.18288/1994-5124-2016-5-01.
28. Lundeen A. Economic Growth Drives the Level of Tax Revenue // *Tax Foundation*. 2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://taxfoundation.org/economic-growth-drives-level-tax-revenue/>.
29. Балацкий Е. В. Инвариантность фискальных точек Лаффера // *Мировая экономика и международные отношения*. 2003. № 6. С. 62–71.

30. *Balatskii E. V.* Using Production-Institutional Functions to Analyze the Influence of Tax Load on Economic Growth // *Studies on Russian Economic Development*. 2003. Vol. 14, No. 2. Pp. 134–144.

31. *Balatskii E. V.* The Influence of Fiscal Instruments on Economic Growth: An Evaluation // *Studies on Russian Economic Development*. 2004. Vol. 15, No. 4. Pp. 412–419.

32. *Балацкий Е. В.* Эффективность фискальной политики государства // *Проблемы прогнозирования*. 2000. № 5. С. 32–45.

33. *Балацкий Е. В., Екимова Н. А.* Распределительные модели рыночной экономики // *Terra Economicus*. 2016. Т. 14, № 2. С. 48–69. DOI: 10.18522/2073-6606-2016-14-2-48-69.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Балацкий Евгений Всеволодович

Доктор экономических наук, профессор, директор Центра макроэкономических исследований Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия (125993 (ГСП-3), г. Москва, Ленинградский просп., 49) главный научный сотрудник Центрального экономико-математического института РАН, г. Москва, Россия (117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 47); ORCID 0000-0002-3371-2229; e-mail: evbalatsky@inbox.ru.

Екимова Наталья Александровна

Кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Центра макроэкономических исследований Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия (125993 (ГСП-3), г. Москва, Ленинградский просп., 49); ORCID 0000-0001-6873-7146; e-mail: n.ekimova@bk.ru.

БЛАГОДАРНОСТИ

Статья подготовлена в рамках государственного задания Правительства Российской Федерации Финансовому университету на 2020 год по теме «Технологические, структурные и социальные факторы долгосрочного экономического роста» (AAAA-A19–119080990043–0).

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Балацкий Е. В., Екимова Н. А. Методы оценки фискальной эффективности косвенного налогообложения // *Journal of Applied Economic Research*. 2020. Т. 19, № 1. С. 19–39. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.002

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 15 марта 2020 г.; дата поступления после рецензирования 10 апреля 2020 г.; дата принятия к печати 15 апреля 2020 г.

Methods for Assessing the Fiscal Effectiveness of Indirect Taxation

E. V. Balatsky¹ ✉, N. A. Ekimova²

¹The Financial University under the Government of the Russian Federation,
The Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences (CEMI RAS),
Moscow, Russia

²The Financial University under the Government of the Russian Federation,
Moscow, Russia

✉ evbalatsky@inbox.ru

Abstract. The purpose of the article is to systematize different approaches to the assessment of the fiscal effectiveness of taxation in general and indirect taxation in particular. The article also seeks to elaborate proposals as to which methods are applicable to which analytical tasks. Comparative analysis of the existing practice of evaluating tax systems is used in the report. The results of the study are four types of fiscal effectiveness which were identified by the authors. The first type – budget effectiveness of indirect taxation – characterizes the ability of a tax to provide revenue to the budget. The second one – main effectiveness of indirect taxation – implies measuring the degree of the implementation of the main principle, according to which the trajectory of fiscal charges over time for a effectively working tax system must pass next to the main route, the role of which is played by the GDP trajectory. The third method – marginal effectiveness of taxation – is based on the construction of the production and institutional function and on the identification (based on this function) of the maximum tax burden for business (production) and the state (budget), when exceeding these limits leads to a drop in GDP and budget revenues respectively. The fourth one – institutional effectiveness of taxation – is based on the construction of the production and institutional function and the corresponding equation of distortion of equilibrium prices of macrofactors, which allows one to estimate the validity of the established tax burden from the point of view of the state's implementation of its obligations on formation and maintenance of effective institutions. The main conclusion of the article points to the necessity of a comprehensive assessment of tax systems using all four methods; otherwise one-sided and incomplete results would be turned out. The suggested methodological recommendations can be used for diagnostic and analytical purposes by governing bodies and research teams.

Key words: budget; efficiency; taxes; diagnostics; institutions; indirect taxation; valuation methods; fiscal efficiency.

JEL H240

References

1. Myles, G. (2009). Economic Growth and the Role of Taxation. *OECD Economic Department Working Papers* No. 714. OECD, 63 p. DOI: 10.1787/222781828316.
2. Bazgan, R.-M. (2018). The impact of direct and indirect taxes on economic growth: An empirical analysis related to Romania. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, Vol. 12, No. 1, 114–127.
3. Szarowska, I. (2013). Effects of taxation by economic functions on economic growth in the European Union. *Proceedings of the 6th International Scientific Conference: Finance and the Performance of Firms in Science, Education and Practice*, 746–758.

4. Kneller, R., Bleaney, M., Gemmell, N. (1999). Fiscal policy and growth: Evidence from OECD countries. *Journal of Public Economics*, Vol. 74, Issue 2, 171–190. DOI: 10.1016/S0047–2727 (99) 00022-5.
5. Gemmell, N., Kneller, R., Sanz, I. (2011). The Timing and Persistence of Fiscal Policy Impacts on Growth: Evidence from OECD Countries. *Economic Journal*, Vol. 121, Issue 550, F33–F58. DOI: 10.1111/j.1468–0297.2010.02414.x.
6. Lee, Y., Gordon, R. (2005). Tax Structure and Economic Growth. *Journal of Public Economics*, Vol. 89, Issue 5–9, 1027–1043. DOI: 10.1016/j.jpubeco.2004.07.002.
7. Mertens, K., Ravn, M. (2013). The Dynamic Effects of Personal and Corporate Income Tax Changes in the United States. *American Economic Review*, Vol. 103, No. 4, 1212–1247. DOI: 10.1257/aer.103.4.1212.
8. Bernardi, L. (2013). Recent findings regarding the shift from direct to indirect taxation in the EA-17. *MPRA Paper* No. 47877, 22 p. Available at: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/47877/1/MPRA_paper_47877.pdf.
9. Stoilova, D., Patonov, N. (2012). An Empirical Evidence for the Impact of Taxation on Economy Growth in the European Union. *Proceedings of Tourism and Management Studies International Conference Algarve*, Vol. 3, 1031–1039.
10. Li, J.F., Lin, Z.X. (2015). The Impact of Sales Tax on Economic Growth in the United States: An ARDL Bounds Testing Approach. *Applied Economics Letters*, Vol. 22, No. 15, 1262–1266. DOI: 10.1080/13504851.2015.1023933.
11. Andrasic, J., Kalas, B., Mirovic, V., Milenkovic, N., Pjanic, M. (2018). Econometric Modelling of Tax Impact on Economic Growth: Panel Evidence from OECD Countries. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, Vol. 52, Issue 4, 211–226. DOI: 10.24818/18423264/52.4.18.14.
12. Arnold, J. (2008). Do Tax Structures Affect Aggregate Economic Growth? Empirical Evidence from a Panel of OECD Countries. *OECD Economics Department Working Papers* No. 643A. OECD, 28 p. DOI: 10.1787/236001777843.
13. Stoilova, D. (2017). Tax structure and economic growth: Evidence from the European Union. *Contaduria y Administracion*, Vol. 62, No. 3, 1041–1057. DOI: 10.1016/j.cya.2017.04.006.
14. Ojong, C.M., Anthony, O., Arikpo, O.F. (2016). The Impact of Tax Revenue on Economic Growth: Evidence from Nigeria. *IOSR Journal of Economics and Finance (IOSR-JEF)*, Vol. 7, Issue 1, 32–38. DOI: 10.9790/5933–07113238.
15. Akwe, J.A. (2014). Impact of Non-Oil Tax Revenue on Economic Growth: The Nigerian Perspective. *International Journal of Finance and Accounting*, Vol. 3, No. 5, 303–309. DOI: 10.5923/j.ijfa.20140305.04.
16. Malaysia. Selected Issues (2014). *IMF Country Report* No. 14/82. International Monetary Fund, Washington, D. C. Available at: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/scr/2014/cr1482.pdf>.
17. Zuyenko, M. Iu. (2017). Osnovy vliianiia kosvennykh nalogov na ekonomicheskii rost (Basics of effects of indirect prices on economic growth). *Vektor ekonomiki [Vector of Economy]*, No. 9 (15). Available at: http://www.vectoreconomy.ru/images/publications/2017/9/economic_theory/Zuyenko.pdf. (In Russ.).
18. Mayburov, I.A., Sokolovskaya, A.M. (2011). *Teoriia nalogooblozheniia. Prodvintuyi kurs [Theory of Taxation. An Advanced Course]*. Moscow, IuNITI-DANA. (In Russ.).
19. Tanchev, S. (2016). The Role of the Proportional Income Tax on Economic Growth of Bulgaria. *Economic Studies Journal*, Vol. 25, Issue 4, 66–77.
20. Ahsan, A., Wiyono, N.H., Kiting, A.S., Djutaharta, T., Aninditya, F. (2013). Impact of Increasing Tobacco Tax on Government Revenue and Tobacco Consumption. *SEADI Discussion Paper Series* No. 8.
21. La Foucade, A., Gabriel, S., Scott, E., Metivier, C., Theodore, K., Cumberbatch, A., Samuels, T.A., Unwin, N., Laptiste, C., Lalta, S. (2018). Increased taxation on cigarettes in

Grenada: potential effects on consumption and revenue. *Pan American Journal of Public Health*, Vol. 42, 1–7. DOI: 10.26633/RPSP.2018.195.

22. Van Walbeek, C. (2010). A simulation model to predict the fiscal and public health impact of a change in cigarette excise taxes. *Tob Control*, Vol. 19, No. 1, 31–36. DOI: 10.1136/tc.2008.028779.

23. Solovyeva, N.A. (2017). Sootnoshenie priamykh i kosvennykh nalogov v nalogovoi sisteme gosudarstva i tendentsii ego izmeneniia (The ratio of direct and indirect taxes in the tax system of the state and tendencies of its changes). *Ekonomika: vchera, segodnia, zavtra (Economics: Yesterday, Today and Tomorrow)*, Vol. 7, No. 1A, 216–226. (In Russ.).

24. Korovkin, V.V. (2006) *Osnovy teorii nalogooblozheniia [Basics of taxation theory]*. Moscow, Ekonomist. (In Russ.).

25. Easterly, W., Rebelo, S. (1993). Fiscal policy and economic growth. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 32, Issue 3, 417–458. DOI: 10.1016/0304-3932(93)90025-B.

26. Balatsky, E.V., Ekimova, N.A. (2019). The Impact of Tax Reforms on the Behaviour of Economic Agents (Indirect Taxation in Russia and the USA). *Journal of Tax Reform*, Vol. 5, No. 2, 129–147. DOI: 10.15826/jtr.2019.5.2.064.

27. Mishustin, M.V. (2016). Faktory rosta nalogovykh dokhodov: makroekonomicheskii podkhod (Factors of Growth of tax Revenues: A Macroeconomic Approach). *Ekonomicheskaya politika (Economic Policy)*, No. 5, 8–27. (In Russ.).

28. Lundeen, A. (2014). Economic Growth Drives the Level of Tax Revenue. *Tax Foundation*. Available at: <https://taxfoundation.org/economic-growth-drives-level-tax-revenue/>.

29. Balatsky, E.V. (2003). Invariantnost' fiskal'nykh tochek Laffera (Invariability of Laffers' Fiscal Points). *Mirovaia ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniia (World Economy and International Relations)*, No. 6, 62–71. (In Russ.).

30. Balatsky, E.V. (2003). Using Production-Institutional Functions to Analyze the Influence of Tax Load on Economic Growth. *Studies on Russian Economic Development*, Vol. 14, No. 2, 134–144.

31. Balatskii, E.V. (2004). The Influence of Fiscal Instruments on Economic Growth: An Evaluation. *Studies on Russian Economic Development*, Vol. 15, No. 4, 412–419.

32. Balatsky, E.V. (2000). Effektivnost' fiskal'noi politiki gosudarstva [Effectiveness of state fiscal policy]. *Problemy prognozirovaniia [Problems of Forecasting]*, No. 5, 32–45. (In Russ.).

33. Balatsky, E.V., Ekimova, N.A. (2016). Raspredelitelnye modeli rynochnoi ekonomiki (Distribution models of market economy). *Terra Economicus*, Vol. 14, No. 2, 48–69. (In Russ.).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Balatskiy Evgeny Vsevolodovich

Doctor of Economics, Professor, Director of the Center for Macroeconomic Research, The Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia (125993, Moscow, Leningradsky Prospect, 49), Leading Staff Scientist, The Central Economics and Mathematics Institute, Moscow, Russia (125993, Moscow, Leningradsky Prospect, 49); ORCID 0000-0002-3371-2229; e-mail: evbalatsky@inbox.ru.

Ekimova Natalia Aleksandrovna

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Center for Macroeconomic Studies, The Financial University under the Government of the Russian Federation Moscow, Russia (125993, Moscow, Leningradsky Prospect, 49); ORCID 0000-0001-6873-7146; e-mail: n.ekimova@bk.ru.

ACKNOWLEDGMENTS

The research was conducted within the framework of the state assignment of the Government of the Russian Federation given to the Financial University under the Government of the Russian Federation for 2020 (research theme «Technological, structural and social factors of long-term economic growth» (AAAA-A19–119080990043–0)).

FOR CITATION

Balatskiy E. V., Ekimova N. A. Methods for Assessing the Fiscal Effectiveness of Indirect Taxation. *Journal of Applied Economic Research*, 2020, Vol. 19, No. 1, 19–39. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.002.

ARTICLE INFO

Received March 15, 2020; Revised April 10, 2020; Accepted April 15, 2020.



Оценка уровня конкуренции на Украине в отраслях промышленного производства

А. А. Сенникова ✉, А. А. Пушкарев

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

✉ anna.sennikova@urfu.ru

Аннотация. Целью данной работы является исследование рыночной конкуренции на примере украинских компаний по всем отраслям обрабатывающей промышленности за период с 2008 по 2017 год и сравнение результатов с показателями для Российской Федерации. Исследование проводится на основе микроданных по более чем двадцати тысячам украинских компаний. Основными инструментами анализа выступают метод декомпозиции агрегированной производительности труда и эконометрическая оценка взаимосвязи производительности компаний и роста их выручки. Первый метод позволяет выделить долю роста производительности, обеспеченную перераспределением рыночных долей к более производительным фирмам (что олицетворяет процесс конкуренции), и долю, обеспеченную собственным ростом производительности фирм. Второй же метод позволяет проанализировать, как статическая и динамическая компоненты производительности влияют на рост выручки фирм. Проведенный анализ литературы указывает на низкую наблюдаемую роль конкурентного отбора как в развитых странах (США, страны ЕС), так и в развивающихся (Россия и ее регионы). Полученные результаты указывают на ограниченную роль конкуренции в росте отраслевой производительности труда на Украине, а также низкой роли производительности компаний в определении роста их продаж. При этом такие результаты получены как для декомпозиции, так и для эконометрического анализа и являются устойчивыми для разных способов измерения производительности. Сравнивая результаты с оценками, полученными ранее для России, мы делаем вывод о существенно более низкой роли конкуренции для украинских отраслей обрабатывающей промышленности и фирм в этих отраслях. Полученные результаты могут быть полезны при формировании рекомендаций по улучшению промышленной политики, а также при анализе рыночного положения фирм.

Ключевые слова: рыночный отбор; конкуренция; декомпозиция производительности; производительность труда; общая факторная производительность.

1. Введение

По данным Всемирного банка, в 1990 году ВВП Украины составлял 81,46 миллион долларов США, а в расчете на душу населения показатель составлял 1 600 долларов США. Страна отличалась развитыми отраслями ракетостроения, авиационной и станкостроительной промышленности, развитой металлургией, нефтепереработкой и нефтехимией. С момента обретения

независимости в 1991 году Украина пережила одну из самых серьезных рецессий среди стран бывшего СССР, в результате чего страна ощутила быстрый экономический спад и галопирующую инфляцию. Только с 2001 года экономические показатели страны начали восстанавливаться. Однако, несмотря на богатство природными ресурсами, макроэкономические показатели этой страны оставались достаточно низкими.

В современных условиях конкуренция распространяется на все уровни экономических отношений. Успешные показатели конкурентоспособности важны не только для компаний на микроуровне, но и для стран в целом – большое внимание в стратегиях развития экономики уделяется национальной конкурентоспособности на мировых рынках. В 2018 году Украина занимала 83-е место из 140 по индексу глобальной конкурентоспособности (ИГК), рассчитываемому Всемирным экономическим форумом (ВЭФ)¹. 82-е и 84-е места занимают Доминиканская Республика и Республика Македония соответственно. Российская Федерация в данном рейтинге занимает 43-е место. На рис. 1 представлена динамика положения Украины и России в рейтинге ИГК с 2009 по 2018 год. Украина за этот

¹Швейцарская неправительственная организация, ежегодно составляющая рейтинг конкурентоспособности стран при помощи измерения вышеуказанного сводного индекса, в расчет которого включаются различные показатели, отражающие уровень развития страны во всех сферах, оказывающих влияние на ее общее положение в глобальной системе, в том числе конкуренцию компаний на внутреннем рынке.

период испытала несколько небольших взлетов (2012 и 2014 годы) и падений (2010 и 2013 годы), но в целом оставалось примерно на одном и том же уровне, в то время как Россия постепенно поднималась в рейтинге до 2017 года, затем опустившись на пять пунктов. Причиной столь низкого рейтинга Украины Всемирный экономический форум отмечает слабое развитие финансовых институтов, неустойчивость финансовой системы и макроэкономических показателей.

Целью данной работы является исследование рыночной конкуренции, ее вклада в рост отраслевой производительности и роли влияния производительности на рост фирм на примере украинских компаний по всем отраслям промышленности за период с 2008 по 2017 год и сравнение результатов с показателями для Российской Федерации. Основными инструментами анализа выступают метод декомпозиции агрегированной производительности труда на уровне отрасли и эконометрическая оценка взаимосвязи производительности компаний и роста их выручки. При использовании метода декомпозиции производится оценка

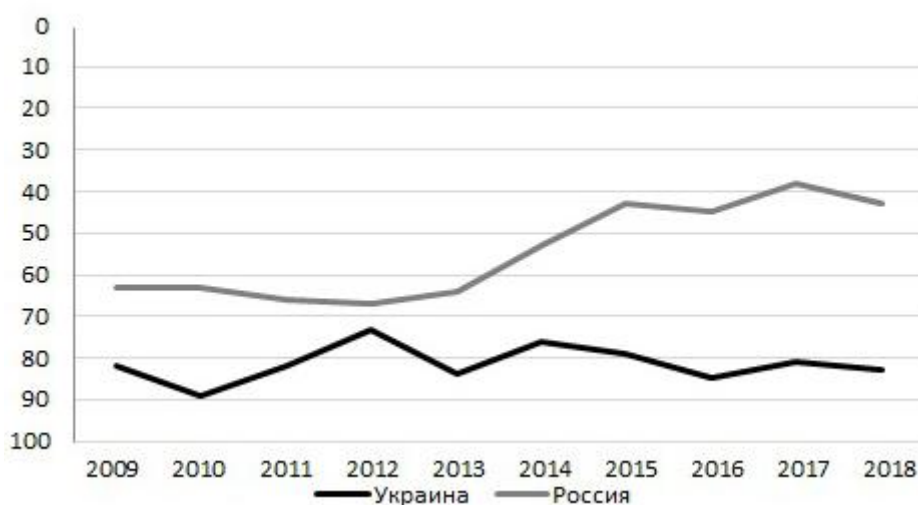


Рис. 1. Динамика положения Украины и Российской Федерации в рейтинге глобальной конкурентоспособности, 2009–2018 гг.

Источник: Всемирный экономический форум, «The Global Competitiveness Report».

вклада двух эффектов в рост производительности на уровне отрасли: изменения производительности отдельных фирм и перераспределения рыночных долей между участниками рынка². Метод декомпозиции имеет важный недостаток, который заключается в том, что доли фирм измеряются через количество занятых, в то время как в действительности может наблюдаться взаимосвязь между конкурентоспособностью и ростом фирм, выраженным в более высоких продажах. По этой причине на втором шаге исследования нами проводится прямой анализ отношения производительности и роста выручки с использованием методов эконометрического анализа на уровне фирмы. Выбору методологии способствовали работы Dosi et al. и Савин и др. [1, 2].

Основная гипотеза, тестируемая в данном исследовании, заключается в том, что конкурентный отбор в украинских отраслях играет слабую роль, то есть конкуренция является неэффективной. Мы также предполагаем, что конкурентный отбор играет большую роль для российских фирм, по сравнению с украинскими.

Работа организована следующим образом. В разделе 2 представлен краткий обзор литературы. В 3-м разделе приводится информация об используемых данных и основные описательные статистики. В разделе 4 представлены используемые методы. В разделе 5 отражены результаты декомпозиции производительности труда и эконометрического анализа взаимосвязи производительности компаний и роста их выручки с точки зрения как производительности труда, так и общей факторной

производительности. Выводы работы отражены в разделе 6.

2. Обзор литературы

Учитывая, что показатели производительности отдельных компаний оказывают влияние на национальную конкурентоспособность и общий уровень развития экономики страны, становится актуальным вопрос исследования степени влияния конкуренции или, как мы его еще будем называть, рыночного отбора, на производительность фирм в различных отраслях экономики страны.

Подтверждено, что увеличение потоков входа и выхода предприятий с рынка под влиянием конкуренции, а также возникающие вследствие этого изменения в динамике и структуре производства вносят важный вклад в динамику отраслевой производительности. Теоретически обозначены два эффекта роста отраслевой производительности: за счет изменения производительности отдельных компаний и рост отраслевой производительности, возникающий как следствие перераспределения долей рынка. Griliches and Regev на примере промышленности Израиля подчеркивают низкую роль перераспределения долей рынка в сторону более продуктивных компаний в росте отраслевой производительности в условиях возрастающей конкуренции, в то время как изменения на микроуровне производят больший вклад в ее динамику [3]. Baily et al. находили, что вклад потоков входа и выхода фирм в рост отраслевой производительности промышленности США незначителен, так как уровень их производительности сопоставим с присутствующими на рынке предприятиями [4]. В то же время отмечено, что увеличение доли выпуска высокоэффективными предприятиями являлось важным источником роста производительности некоторых, но не многих, отраслей. Foster et

²Отраслевой классификатор используется нами (за неимением лучшего) для ограничения круга конкурентов для отдельно взятой фирмы. Данный подход широко применяется в литературе по рыночному отбору и имеет свои недостатки, которые будут рассмотрены далее.

al. [5], несколько модифицировав метод, предложенный [3], пришли к выводу, что вклад перераспределения выпуска и факторов производства от менее производительных предприятий к более производительным играет значительную роль в определении совокупного роста производительности, однако количественная оценка влияния рыночного отбора чувствительна к выбору используемой методологии и рассматриваемому периоду.

Aw et al., Disney et al. на примере промышленности Тайваня и Великобритании подчеркивают низкую роль перераспределения долей рынка в сторону более продуктивных компаний в росте отраслевой производительности в условиях возрастающей конкуренции, в то время как изменения на микроуровне производят больший вклад в ее динамику [6, 7]. Схожий результат наблюдался в работах Hahn, Scarpetta et al.: эффект перераспределения долей рынка варьировался по странам и времени, однако в целом был достаточно низок [8, 9]. Olley and Pakes оценивали узкоспециализированную отрасль по производству телекоммуникационного оборудования в США, где возрастающие потоки входа/выхода с рынка приводили к перераспределению капитала от неэффективных предприятий, что, в свою очередь, способствовало росту отраслевой производительности рассматриваемой отрасли [10]. Martin and Jaumandreu на примере промышленности Испании также подтвердили, что участие фирм в конкурентной борьбе приводит к вытеснению с рынка неэффективных участников и росту производительности [11]. К схожему выводу приходят Baldwin and Gu: большое количество входящих на рынок предприятий, в том числе и иностранных, становятся более эффективными, чем существующие [12].

Существует ряд исследований, затрагивающих специфику рыночного отбора в различных отраслях: Holmes and Schmitz, Syverson рассматривали специфичные рынки и находили, что усиление конкуренции приводило к увеличению отраслевой производительности [13, 14]. Schmitz [15] и Dunne et al. [16] выделяли отрасли, в которых конкуренция со стороны вновь вошедших на рынок иностранных участников способствовала росту производительности местных предприятий. К подобному выводу пришли Olper et al.: изучив отрасль пищевой промышленности европейских стран за период с 1995 по 2008 год, авторы отметили связь роста производительности с увеличением конкуренции среди производителей, возникающей по большей части при участии развитых стран [17]. De Loecker оценил влияние либерализации торговли на рост производительности отрасли и также пришел к выводу, что снятие государством ограничений на торговлю способствует увеличению числа конкурирующих компаний и повышает отраслевую производительность [18]. Подтверждается также, что в случае, когда в условиях конкуренции компании увеличивают расходы на НИОКР, они становятся более эффективными, в то же время технологические различия между фирмами одного сектора увеличиваются [19].

В некоторых исследованиях проводится оценка уровней производительности промышленных предприятий Украины. Huynh et al. подтверждает повышение производительности украинских фирм с 2001 по 2009 год, отмечая существенное различие в отраслевых результатах [20]. Одной из причин таких различий выделяют неэффективное распределение ресурсов, что указывает на существование барьеров, не позволяющих крупным фирмам расширяться на внутреннем и мировом рынках

и недостаточную силу рыночного отбора [21]. Другой причиной вариации отраслевой производительности могут выступать региональные аспекты: исторически наблюдались различия в уровнях экономического развития, степени либерализации торговли и, как следствие, показателях производительности, между фирмами промышленно развитых регионов восточной части страны и направленных на развитие сельского хозяйства западных регионов. Это подтверждается в работах Cieřlik et al. [22, 23]. Существуют работы, объектом исследования которых выступают изменения в экономических показателях фирм, происходящие в период политических колебаний в стране – последствия так называемой «оранжевой революции»: значительный прирост уровня производительности труда в предприятиях регионов с государственной поддержкой и стагнация в других [24].

Теоретически на конкурентном рынке производственные факторы аккумулируются у наиболее эффективных предприятий, что позволяет достигать максимально возможного уровня производительности при заданном технологическом рубеже. Однако предприятия проявляют большую неоднородность даже в узкоспецифичных отраслях промышленности, по-своему реагируя на возникающие в экономике изменения. Kiliñç исследует эффективность распределения факторов производства в промышленности и сфере услуг на Украине за период 2001–2007 годов [25]. Автор подтверждает неэффективность рыночного отбора, наблюдая выход с рынка многих крупных высокопроизводительных предприятий. Отдельно подчеркивается роль государственных предприятий, имеющих большую долю как в различных отраслях промышленности, так и в сфере услуг. Cieřlik et al. также отметили отличия в уровнях производительности

различных секторов промышленности, определяя основные детерминанты общей факторной производительности украинских фирм [26]. Эмпирические результаты позволили выявить положительную связь между общей факторной производительностью, нематериальными активами, капиталоемкостью, размером фирмы, конкуренцией в отрасли, статусом собственности и интернационализацией фирмы (экспорт и импорт).

Эконометрический подход для оценки взаимосвязи роста фирм и их производительности был рассмотрен впервые в работе Bottazzi et al. на данных по Франции и Италии [27]. Авторы проводили эмпирическую оценку, определяющую роль уровня производительности в объяснении динамики роста продаж фирм. Dosi et al. применил схожий подход к данным по Франции, Германии, Великобритании и США [1]. По России подобное исследование проведено в работах Савин и др. [2, 28]. В указанных исследованиях объясняющая способность производительности для успеха фирм колебалась на уровне 3–20 %, что свидетельствует о низкой эффективности механизма рыночного отбора.

Таким образом, большинство существующих исследований указывают на то, что сила рыночного отбора варьируется между отраслями, но, как правило, остается слабой.

3. Данные

Эмпирический анализ основан на показателях украинских фирм во всех производственных отраслях обрабатывающей промышленности с 2008 по 2017 год. Для отраслевой классификации использовался международный классификатор NACE Rev.2. В выборку вошли компании сектора обрабатывающей промышленности с 10 по 32 код вида основной деятельности. Показатели были получены из базы данных «Ruslana»,

предоставленной Bureau van Dijk (BvD). Для целей эмпирического моделирования были наложены несколько ограничений на используемый набор данных. Во-первых, были исключены предприятия с менее чем 20 сотрудниками или без данных о числе работников и выручке. Во-вторых, оставлены были лишь предприятия, имеющие как минимум два года последовательных наблюдений, для расчета темпов изменения производительности. Эти ограничения необходимы для последующего анализа и позволят сравнить полученные результаты с результатами предыдущих исследований. Таким образом, база данных включает 20 624 компаний. Для анализа использовались следующие показатели на микроуровне: выручка, затраты на производство и продажу, общие активы, численность работников, заработные платы. При расчете также учитываются отраслевые индексы

цен производителей, предоставляемые Государственной службой статистики Украины. Все денежные показатели приведены к своим реальным значениям, используя отраслевые индексы цен производителей в качестве дефляторов (базисный год – 2007-й).

В табл. 1 представлены значения стандартных отклонений по росту выручки и логарифму производительности труда, а также число рассматриваемых фирм для каждой из отраслей. Самые крупные отрасли это: пищевая промышленность (19,2 % в общем количестве фирм), производство неметаллической минеральной продукции (9,6 % в общем количестве фирм), производство машин и оборудования (9,2 % в общем количестве фирм), производство металлических изделий (8,1 % в общем количестве фирм), производство резиновых и пластмассовых изделий (6,3 %), производство одежды (6,1 %).

Таблица 1. Стандартное отклонение (SD) роста выручки ($g_{i,t}$) и производительности труда ($\pi_{i,t}$) по секторам, Украина

NACE Rev.2	Все фирмы		
	SD $g_{i,t}$	SD $\pi_{i,t}$	Набл.
Пищевые продукты	0,68	1,64	11 365
Напитки	0,80	1,73	1607
Табак	0,57	1,73	51
Текстиль	0,54	1,58	1103
Одежда	0,57	1,53	3626
Кожа и изделия из нее	0,56	1,60	1025
Обработка древесины	0,66	1,61	2757
Бумага и бумажные изделия	0,57	1,65	1605
Печать и копирование	0,47	1,46	1547
Кокс и нефтепродукты	0,93	1,64	321
Химические продукты	0,69	1,70	2558
Лекарственные средства	0,50	1,53	737
Резиновые и пластмассовые изделия	0,55	1,53	3746
Прочая неметаллическая минеральная продукция	0,64	1,65	5682
Производство металлургическое	0,74	1,67	1832

Окончание табл. 1

NACE Rev.2	Все фирмы		
	SD $g_{i,t}$	SD $\pi_{i,t}$	Набл.
Готовые металлические изделия	0,68	1,56	4794
Компьютеры, электронные изделия	0,65	1,51	1721
Электрическое оборудование	0,64	1,53	2365
Машины и оборудование	0,61	1,41	5422
Автотранспорт и прицепы	0,56	1,42	932
Прочее транспортное оборудование	0,89	1,56	1133
Мебель	0,55	1,58	1901
Прочие готовые изделия	0,50	1,52	1266
Среднее значение	0,63	1,58	
Медианное значение	0,61	1,58	

Источник: оценки авторов на основе данных «Ruslana».

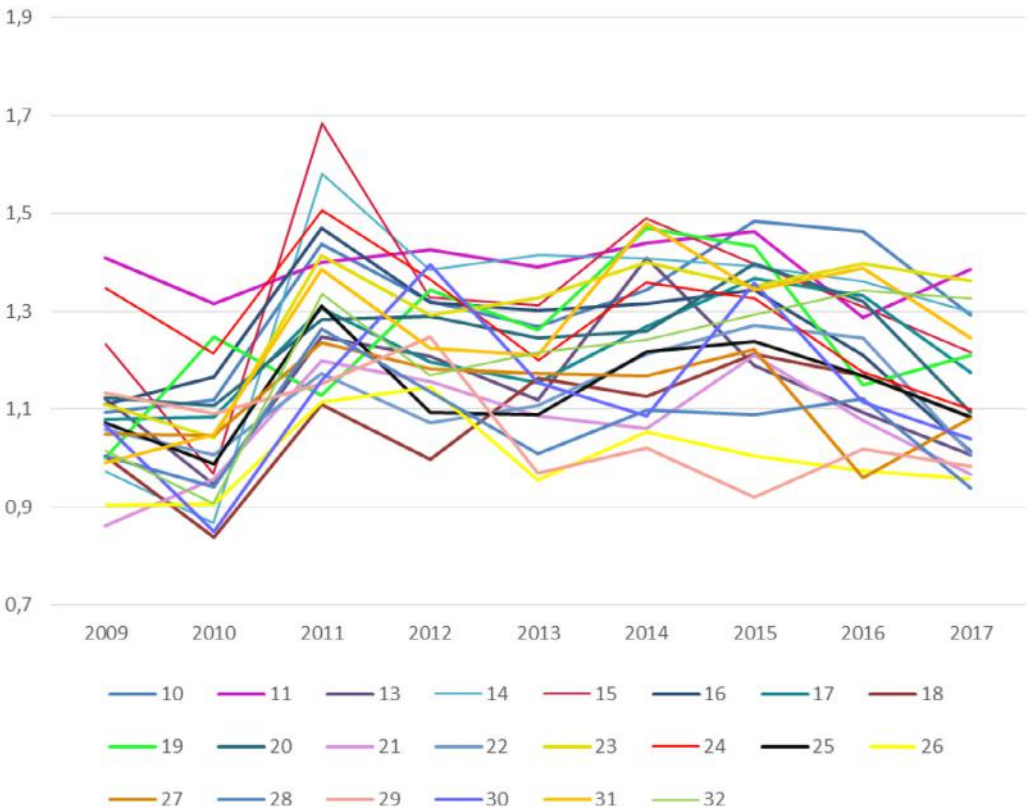


Рис. 2. Динамика стандартных отклонений по отраслям*

Источник: оценки авторов на основе данных «Ruslana»

*Мы не рассматриваем динамику стандартных отклонений в отрасли по производству табачных изделий (12) ввиду чрезвычайно малого количества компаний в выборке.

Среднее стандартное отклонение для роста выручки украинских фирм составляет 0,63, в то время как этот показатель у российских фирм составил 0,78 [2]. Для производительности труда показатель среднего стандартного отклонения достигает значения 1,58 (1,72, по данным российских компаний). Это означает, что фирмы на расстоянии двух стандартных отклонений друг от друга отличаются в производительности в $e^{2 \times 1,58}$, то есть примерно в 20 раз. Таким образом, фирмы в рассматриваемых отраслях являются крайне неоднородными по обоим переменным, разброс значений очень велик. По оценкам Dosi et al., среднее стандартное отклонение роста выручки фирм Франции составило 0,20, Германии – 0,28, Великобритании – 0,40, США – 0,29. Для производительности труда – 0,49 для Германии и Франции, 0,58 и 0,55 для Великобритании и США [1]. То есть степень неоднородности украинских фирм значительно превышает оценки зарубежных стран.

На рис. 2 представлена динамика стандартных отклонений по отраслям с 2009 по 2017 год. С 2010 по 2011 год наблюдался рост разброса значений практически во всех отраслях. Затем с 2011 года в большинстве отраслей стандартные отклонения колебались на прежнем уровне. Можно отметить, что после достижения страной максимальных значений рейтинга по индексу глобальной конкурентоспособности в 2012 и 2014 годах в ряде отраслей наблюдалось незначительное снижение неоднородности фирм. Эта тенденция сохранилась в большинстве отраслей до конца рассматриваемого периода. Учитывая, что рейтинг страны на мировой арене остается на прежнем уровне в настоящее время, становится интересным вопрос дальнейшего изучения динамики степени неоднородности фирм Украины и ее взаимосвязи с положением

страны в рейтинге по индексу глобальной конкурентоспособности, который остается открытым для дальнейших исследований.

4. Методология

Для определения степени влияния рыночного отбора на динамику отраслевых производительностей в данной работе применяется метод декомпозиции, то есть оценка «within»-эффекта (рост отраслевой производительности за счет изменения производительности отдельных компаний) и «between»-эффекта (рост отраслевой производительности, возникающий как следствие перераспределения долей рынка) [3]. Так, декомпозиция роста производительности труда по отраслям за исследуемый период представлена как сумма двух слагаемых, отражающих «within» и «between» эффекты:

$$\sum_t \Delta \tilde{\pi}_{j,t} = \sum_t \sum_{i \in j} \bar{s}_i \Delta \pi_{i,t} + \sum_t \sum_{i \in j} \Delta s_{i,t} \bar{\pi}_i, \quad (1)$$

где $\bar{s}_i$ – среднее значение доли фирмы за двухгодичный период, $\Delta s_{i,t}$ – разность между долями фирмы за двухгодичный период, $\Delta \pi_{i,t}$ – разность между производительностью фирмы i за двухгодичный период, $\bar{\pi}_i$ – среднее значение производительности фирмы i за двухгодичный период. Для оценки степени влияния рыночной конкуренции на рост агрегированной производительности отрасли необходимо проанализировать значения второго слагаемого («between»-эффекта) для каждой рассматриваемой отрасли. В целях более подробного ознакомления с методологией можно обратиться к работе Савин и др. [2].

Для декомпозиции мы используем в качестве формы измерения производительности компаний производительность труда, а не общую факторную производительность (ОФП), так как наличие технологической неоднородности

промышленных предприятий способно искажать оценки при использовании данных по общей факторной производительности [29]. Чтобы убедиться, однако, что наши оценки устойчивы, регрессионный анализ в разделе 5 мы проводим как для производительности труда, так и ОФП.

Метод эконометрической оценки используется с целью определения степени влияния изменения производительности фирм на динамику роста их прибыли. Для оценки основных коэффициентов регрессий используются модели с коррелированными случайными эффектами. Основными объясняющими переменными выступают логарифм разности производительности за два последующих года и средний внутрифирменный уровень производительности за два года. Эконометрическая модель имеет следующий вид:

$$g_{i,t} = a + b_t + \beta_{\Delta} \Delta \pi_{i,t} + \beta_m \bar{\pi}_{i,t} + \beta_{\Delta\Delta} \overline{\Delta \pi_{i,t}} + \beta_{ma} \overline{\pi_i} + c_i + \epsilon_{i,t}, \quad (2)$$

где $\Delta \pi_{i,t}$ – логарифм разности производительности за два следующих друг за другом года (динамическая компонента производительности), $\bar{\pi}_{i,t}$ – средний внутрифирменный уровень производительности для периодов t и $t-1$ (статическая компонента производительности), $\overline{\Delta \pi_{i,t}}$ – средняя динамическая компонента, $\overline{\pi_i}$ – средняя компонента абсолютного уровня (статическая компонента производительности), b_t – дамми-переменная периода, c_i – показатель фиксированных эффектов на уровне фирм.

Мы рассматриваем статическую и динамическую компоненты, учитывая теоретическую предпосылку о том, что фактическими движущими силами роста фирм могут выступать не только относительный уровень производительности в определенный период времени, но и его динамика. В качестве

динамической компоненты выступает среднее значение логарифма разности производительности за два следующих друг за другом года, а статическая компонента рассчитывается как средний внутрифирменный уровень производительности для периодов t и $t-1$. Для учета особенностей компаний, которые потенциально могут влиять на успех компаний, но остаются низменными во времени, используются фиксированные эффекты c_i . Например, такими особенностями можно назвать управленческие практики, ноу-хау, устойчивые связи с поставщиками или потребителями.

Для определения силы рыночного отбора рассчитывается доля полной дисперсии, объясненной факторами производительности ($S^2_{\text{общ}}$ в табл. 3). Детальное описание применяемой методологии представлено в работах Савин и др., Dosi et al. [1, 2].

5. Результаты исследования

Результаты декомпозиции роста по видам экономической деятельности для выборки украинских предприятий представлены в табл. 2. Медианное значение «within»-эффекта составляет 0,97, то есть преобладающим эффектом в росте совокупной производительности труда в большинстве отраслей является изменение производительности отдельных компаний, в то время как силы рыночного отбора составляют лишь малую долю роста производительности (значение коэффициента 0,03). В то же время по данным для российским фирм эти показатели составляют 0,88 и 0,12 соответственно [16]. То есть, хотя и там, и там «within»-эффект преобладает, в России «between»-эффект выражен лучше.

В ряде украинских отраслей наблюдаются отрицательные значения «between»-эффектов. Такой результат указывает на то, что в этих отраслях доли занятости перераспределяются

Таблица 2. Декомпозиция роста производительности труда по секторам NACE Rev.2

NACE Rev.2	«within»	«between»
Пищевые продукты	1,30	-0,30
Напитки	0,99	0,01
Табак*	—	—
Текстиль	0,85	0,15
Одежда	0,92	0,08
Кожа и изделия из нее	0,86	0,14
Обработка древесины	1,02	-0,02
Бумага и бумажные изделия	1,02	-0,02
Печать и копирование	1,09	-0,09
Кокс и нефтепродукты	1,03	-0,03
Химические продукты	2,50	-1,50
Лекарственные средства	0,97	0,03
Резиновые и пластмассовые изделия	0,93	0,07
Прочая неметаллическая минеральная продукция	0,96	0,04
Производство металлургическое	1,17	-0,17
Готовые металлические изделия	0,81	0,19
Компьютеры, электронные изделия	0,82	0,18
Электрическое оборудование	0,98	0,02
Машины и оборудование	1,10	-0,10
Автотранспорт и прицепы	1,74	-0,74
Прочее транспортное оборудование	0,83	0,17
Мебель	0,89	0,11
Прочие готовые изделия	0,82	0,18
Среднее значение	1,07	-0,07
Медианное значение	0,97	0,03

Источник: оценки авторов на основе данных «Ruslana».

*Не представлена в расчете ввиду чрезвычайно малого числа компаний в выборке.

в сторону менее производительных компаний, указывая на неэффективность конкуренции. Стоит отметить, что какой-то явной связи характера отраслей и негативных значений «between»-компоненты не наблюдается.

Проведем сравнительный анализ отраслевых результатов между Украиной и Россией. Значительное отличие полученных оценок наблюдается в отрасли по производству химических продуктов. На Украине в указанной отрасли

наблюдается существенное преобладание эффекта «within», в то время как конкуренция в этой отрасли неэффективна. В России в этой же отрасли перераспределения рыночных долей к неэффективным компаниям не наблюдается, хотя значение коэффициента «within» также преобладает. В отраслях по производству пищевых продуктов, обработке древесины, производству бумаги, печати и копированию, производству кокса и нефтепродуктов, металлургическом производстве, а также такой высокотехнологичной отрасли, как производство машин и оборудования, значения «between»-эффекта для фирм Украины отрицательны, в то время как, по данным российских фирм, в тех же отраслях значения соответствующего коэффициента варьировались от 0,05 до 0,71. И, хотя среди оценок по российским компаниям также наблюдаются отрасли с отрицательным «between»-эффектом, их значительно меньше (6 в России против 9 на Украине). Это свидетельствует о том, что рыночный отбор более эффективен в России.

Стоит отметить ряд недостатков использования метода декомпозиции агрегированной производительности труда, подробно рассмотренных в работе Савин и др. [2]. Во-первых, это недостатки промышленной классификации, то есть специфика взаимодействия компаний в одной укрупненной отрасли – фирмы, относящиеся к одной укрупненной отрасли, не всегда выступают конкурентами и могут не действовать на одном потребительском рынке. Другим важным недостатком использованного в данном разделе анализа является тот факт, что рыночные доли компании измеряются через количество сотрудников, хотя на практике такой подход несет в себе риск упустить взаимосвязь между конкурентоспособностью и реальным ростом фирм, выраженным в более высоких

продажах (связанным, например, с высоким уровнем автоматизации производства). В этой связи на следующем этапе нами проводится эконометрическая оценка для выявления прямой взаимосвязи между производительностью компаний и ростом их продаж.

В табл. 3 представлены результаты эконометрического анализа для производительности труда. Так, объясняющая способность динамической компоненты производительности труда $S^2_{\Delta\pi_{it}}$, оценивающей влияние изменения производительности на рост компаний, значительно превышает значение статической компоненты $S^2_{\pi_{it}}$ и объясняет в среднем до 16 % общего роста продаж фирм. Общая объясняющая способность факторов производительности труда составляет, в свою очередь, 17 %, в то время как в России этот показатель составляет 11 % [28]. Коэффициент детерминации уравнения регрессии $S^2_{\text{общ}}$ в среднем достигает 56 % (29 % для России).

В абсолютном выражении при использовании производительности труда роль рыночного отбора выше на Украине (сопоставимо с оценками Dosi et al. [1, 29] для США и стран ЕС). Тем не менее производительность труда объясняет менее трети вариации зависимой величины, в то время как фиксированные эффекты объясняют 39 % вариации. То есть можно сделать вывод о том, что производительность не является ключевым фактором, объясняющим рост продаж фирм Украины, так как имеются ненаблюдаемые характеристики, определяющие их успех. Для российских компаний роль фиксированных эффектов не превышает в среднем 20 %, то есть производительность труда играет сравнительно большую роль в объяснении успеха российских фирм по сравнению с украинскими.

Далее, эконометрическое моделирование было повторено для общей

Таблица 3. Результаты эконометрической оценки влияния производительности труда на динамику роста продаж

NACE Rev.2	Все фирмы			
	$S^2_{\pi_{it}}$	$S^2_{\Delta\pi_{it}}$	$S^2_{\text{общ}}$	$R^2_{\text{общ}}$
Пищевые продукты	0,00	0,11	0,12	0,44
Напитки	0,01	0,27	0,27	0,47
Табак	0,03	0,02	0,05	0,94
Текстиль	0,00	0,14	0,14	0,63
Одежда	0,00	0,13	0,13	0,61
Кожа и изделия из нее	0,01	0,13	0,14	0,60
Обработка древесины	0,00	0,14	0,15	0,60
Бумага и бумажные изделия	0,00	0,08	0,08	0,52
Печать и копирование	0,01	0,08	0,08	0,61
Кокс и нефтепродукты	0,02	0,28	0,30	0,42
Химические продукты	0,01	0,16	0,17	0,51
Лекарственные средства	0,01	0,08	0,09	0,65
Резиновые и пластмассовые изделия	0,01	0,09	0,10	0,59
Прочая неметаллическая минеральная продукция	0,01	0,15	0,15	0,46
Производство металлургическое	0,01	0,17	0,18	0,46
Готовые металлические изделия	0,03	0,19	0,21	0,46
Компьютеры, электронные изделия	0,00	0,27	0,27	0,56
Электрическое оборудование	0,00	0,19	0,20	0,51
Машины и оборудование	0,01	0,20	0,20	0,52
Автотранспорт и прицепы	0,01	0,12	0,13	0,56
Прочее транспортное оборудование	0,01	0,34	0,35	0,54
Мебель	0,01	0,15	0,16	0,58
Прочие готовые изделия	0,02	0,15	0,17	0,55
Среднее значение	0,01	0,16	0,17	0,56
Медианное значение	0,01	0,15	0,15	0,55

Источник: оценки авторов на основе данных «Ruslana».

факторной производительности, следуя методологии, использованной Савин и др. [28]. Измерение на основе общей факторной производительности может исказить выводы при рассмотрении

фирм, использующих разные технологии, однако при этом показатель ОФП содержит больше информации. Поэтому мы считаем этот подход не менее предпочтительным.

В табл. 4 представлены результаты расчета доли объясненной дисперсии роста продаж фирмы, относящаяся к факторам производительности. Доля объясненной дисперсии для общей факторной производительности составляет 18 %, а ее динамическая и статическая компоненты составили 16 и 2 % соответственно. Большее влияние на рост продаж во всех отраслях оказывает непосредственно динамика общей факторной производительности, а не ее уровень. Для российских компаний оценки объясненной вариации продаж факторами общей факторной производительности были выше, составляя в среднем 25 %, то есть в России отмечается большая роль активов компаний в определении роста их продаж. Значения динамической и статической компоненты по данным российских компаний составили 7 и 18 %, то есть объясняющая способность изменения производительности во времени для украинских фирм составляет большую долю по сравнению с динамической компонентой по данным российских предприятий.

Значительный разброс отраслевых результатов наблюдается как при использовании производительности труда, так и при использовании показателей общей факторной производительности. Однако среднее и медианное значения общей объясняющей способности того и другого фактора разнятся незначительно. Общая объясняющая способность факторов производительности труда составляет 17 %, по показателю ОФП – 18 %, что подтверждает невысокую роль рыночного отбора в объеме выручки предприятий Украины. Объясняющая способность всех ненаблюдаемых факторов для украинских компаний особенно высока (выше, чем для фирм большинства стран ОЭСР и России [1, 2]). Это говорит о низкой роли производительности в объяснении роста продаж украинских

фирм. Сравнивая оценки, представленные в табл. 4, с оценками по России, можно отметить, что в случае использования ОФП доля вариации, объясняемой производительностью, выше для российских фирм. То есть подтверждается наше утверждение о большей роли рыночного отбора для российских фирм по сравнению с украинскими.

Таким образом, нами были получены оригинальные оценки конкурентного отбора на Украине, а также проведен сравнительный анализ этого процесса для украинских отраслей промышленности и для аналогичных российских отраслей.

6. Заключение

С целью исследования рыночной конкуренции и оценки ее вклада в рост отраслевой производительности на Украине в данной работе применялись два инструмента анализа: метод декомпозиции агрегированной производительности труда и эконометрическая оценка взаимосвязи производительности компаний и роста их выручки.

Результаты, полученные при использовании первого метода, показали, что превалирующим эффектом в росте совокупной производительности труда в большинстве отраслей является изменение производительности отдельных компаний, в то время как силы рыночного отбора составляют лишь малую долю роста отраслевой производительности. В ряде отраслей наблюдались отрицательные значения «between»-эффектов. Такой результат указывает на то, что в этих отраслях доли занятости перераспределяются в сторону менее производительных компаний, подтверждая неэффективность конкуренции. Среди оценок по российским компаниям также наблюдаются отрасли с отрицательным «between»-эффектом, но их меньше, а средняя и медианная оценка эффекта

Таблица 4. Результаты эконометрической оценки влияния общей факторной производительности на динамику роста продаж

NACE Rev.2	Все фирмы			
	$S^2_{\pi_{it}}$	$S^2_{\Delta\pi_{it}}$	$S^2_{\text{общ}}$	$R^2_{\text{общ}}$
Пищевые продукты	0,01	0,11	0,12	0,45
Напитки	0,03	0,25	0,28	0,47
Табак	0,04	0,02	0,06	0,96
Текстиль	0,00	0,14	0,14	0,62
Одежда	0,01	0,12	0,13	0,62
Кожа и изделия из нее	0,02	0,12	0,14	0,60
Обработка древесины	0,01	0,14	0,15	0,60
Бумага и бумажные изделия	0,01	0,09	0,09	0,52
Печать и копирование	0,01	0,08	0,09	0,61
Кокс и нефтепродукты	0,06	0,27	0,33	0,42
Химические продукты	0,03	0,16	0,18	0,51
Лекарственные средства	0,01	0,08	0,09	0,65
Резиновые и пластмассовые изделия	0,02	0,09	0,11	0,59
Прочая неметаллическая минеральная продукция	0,01	0,17	0,18	0,47
Производство металлургическое	0,02	0,17	0,19	0,47
Готовые металлические изделия	0,03	0,21	0,24	0,47
Компьютеры, электронные изделия	0,00	0,23	0,23	0,52
Электрическое оборудование	0,01	0,19	0,20	0,50
Машины и оборудование	0,02	0,20	0,21	0,52
Автотранспорт и прицепы	0,01	0,14	0,16	0,58
Прочее транспортное оборудование	0,02	0,32	0,34	0,53
Мебель	0,03	0,16	0,19	0,57
Прочие готовые изделия	0,02	0,16	0,18	0,55
Среднее значение	0,02	0,16	0,18	0,56
Медианное значение	0,02	0,16	0,18	0,53

Источник: оценки авторов на основе данных «Ruslana».

конкуренции для России выше. Это может быть свидетельством того, что рыночный отбор более эффективен в России.

Второй используемый нами метод – эконометрический анализ, проводится

с целью выявления прямой взаимосвязи между производительностью компаний и ростом их продаж. Полученные оценки позволили подтвердить ограниченную роль рыночного отбора на Украине,

что схоже с результатами по России [28]. Производительность труда, равно как и общая факторная производительность, объясняют в среднем 18% роста продаж украинских фирм, в то время как роль фиксированных индивидуальных эффектов в объяснении успеха компаний значительно выше. То есть можно сделать вывод, что производительность не является ключевым фактором, объясняющим рост продаж фирм Украины, так как имеются ненаблюдаемые характеристики, определяющие их успех. Для российских компаний роль фиксированных эффектов не превышает в среднем 20%, то есть производительность труда играет сравнительно большую роль в объяснении успеха российских фирм по сравнению с украинскими. Также столь высокая объясняющая способность всех ненаблюдаемых факторов для украинских компаний (выше, чем

для фирм большинства стран ОЭСР и России [1, 28]) подтверждает вывод о непрозрачности и неэффективности конкуренции на Украине.

В рамках дальнейших исследований остается открытым вопрос о специфике воздействия рыночных сил на украинские компании разного размера, а также оценка вклада конкуренции в производительность государственных и частных предприятий, в том числе в период политических колебаний в стране. Учитывая наличие подтвержденных данных о различиях между экономическими показателями фирм промышленно развитых регионов восточной части страны и направленных на развитие сельского хозяйства и сектора услуг западных регионов, представляется целесообразным провести исследование рыночной конкуренции, разбив базу данных по этому признаку.

Список использованных источников

1. Dosi G., Moschella D., Pugliese E., Tamagni F. Productivity, Market Selection, and Corporate Growth: Comparative Evidence across US and Europe // *Small Business Economics*. 2015. Vol. 45. Pp. 643–672.
2. Савин И. В., Мариев О. С., Пушкарев А. А. Выживает сильнейший? Измерение конкурентного отбора на примере Уральского федерального округа // *Экономический журнал ВШЭ*. 2019. Т. 23, № 1. С. 90–117.
3. Griliches Z., Regev H. Firm Productivity in Israeli Industry 1979–1988 // *Journal of Econometrics*. 1995. Vol. 65, Issue 1. Pp. 175–203.
4. Baily M. N., Hulten C., Campbell D. Productivity Dynamics in Manufacturing Plants // *Brooking Papers on Economic Activity: Microeconomics*. The Brookings Institution, 1992. Pp. 187–267.
5. Foster L., Haltiwanger J., Krizan C. J. Aggregate Productivity Growth: Lessons from Microeconomic Evidence // *New Developments in Productivity Analysis*. National Bureau of Economic Research, 2001. Pp. 303–372.
6. Aw B. Y., Chen X., Roberts M. J. Firm-level evidence on productivity differentials, turnover, and exports in Taiwanese manufacturing // *Journal of Development Economics*. 2001. Vol. 66, Issue 1. Pp. 51–86.
7. Disney R., Haskel J., Heden Y. Exit entry and establishment survival in UK manufacturing // *Journal of Industrial Economics*. 2003. Vol. 51. Pp. 93–115.
8. Hahn C. H. Entry, exit, and Aggregate productivity growth: Micro evidence on Korean manufacturing. Seoul: Korea Development Institute, 2000. 69 p.
9. Scarpetta S., Hemmings P., Tresselt T., Woo J. The role of policy and institutions for productivity and firm dynamics: evidence from micro and industry data // *OECD Economics Department Working Papers*. No. 329. Paris: OECD Publishing, 2002. 64 p.

10. Olley G. S., Pakes A. The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry // *Econometrica*. 1996. Vol. 64, Issue 6. Pp. 1263–1297.
11. Martin A., Jaumandreu J. Entry, exit, and productivity growth in Spanish manufacturing during the eighties // *Spanish Economic Review*. 2004. Vol. 6, Issue 3. Pp. 211–226.
12. Baldwin J., Gu W. Plant turnover and productivity growth in Canadian manufacturing // *Industrial and Corporate Change*. 2006. Vol. 15, Issue 3. Pp. 417–465.
13. Holmes T. J., Schmitz J. A. Competition at work: railroads vs. monopoly in the U.S. shipping industry // *Quarterly Review*, Federal Reserve Bank of Minneapolis. 2001. Vol. 25. Pp. 3–29.
14. Syverson C. Market Structure and Productivity: A Concrete Example // *Journal of Political Economy*. 2004. Vol. 112, Issue 6. Pp. 1181–1222.
15. Schmitz J. A. What determines productivity? Lessons from the dramatic recovery of the U.S. and Canadian iron ore industries following their early 1980's crisis // *Journal of Political Economy*. 2005. Vol. 113. Pp. 582–625.
16. Dunne T., Klimek S., Schmitz J. Does foreign competition spur productivity? Evidence from post WWII U.S. cement manufacturing // Working Paper, Federal Reserve Bank of Minneapolis. 2008. 59 p.
17. Olper A., Pacca L., Curzi D. Trade, import competition and productivity growth in the food industry // *Food Policy*. 2014. Vol. 49, Issue 1. Pp. 71–83.
18. De Loecker J. Product Differentiation, Multiproduct Firms, and Estimating the Impact of Trade Liberalization on Productivity // *Econometrica*. 2011. Vol. 79, Issue 5. Pp. 1407–1451.
19. Inui T., Kawakami A., Miyagawa T. Market competition, differences in technology, and productivity improvement: An empirical analysis based on Japanese manufacturing firm data // *Japan and the World Economy*. 2012. Vol. 24, Issue 3. Pp. 197–206.
20. Huynh K. P., Jacho-Chávez D. T., Kryvtsov O., Shepotylo O., Vakhitov V. The evolution of firm-level distributions for Ukrainian manufacturing firms // *Journal of Comparative Economics*. 2016. Vol. 44, Issue 1. Pp. 148–162.
21. Ryzhenkov M. Resource misallocation and manufacturing productivity: The case of Ukraine // *Journal of Comparative Economics*. 2016. Vol. 44, Issue 1. Pp. 41–55.
22. Cieřlik A., Michalek J. J., Nasadiuk I. The regional heterogeneity of productivity determinants: Evidence from Ukrainian firms // *Miscellanea Geographica – Regional Studies on Development*. 2017. Vol. 21, Issue 1. Pp. 44–50.
23. Cieřlik A., Michalek J. J., Gauger I. Regional dimension of firm level productivity determinants: the case of manufacturing and service firms in Ukraine // *Central European Economic Journal*. 2018. Vol. 5. Pp. 81–95.
24. Earle J. S., Gehlbach S. The Productivity Consequences of Political Turnover: Firm-Level Evidence from Ukraine's Orange Revolution // *American Journal of Political Science*. 2015. Vol. 59, Issue 3. Pp. 708–723.
25. Kiling U. Firm Dynamics and Factor Allocation in Ukraine: The Role of State Ownership // *Procedia Economics and Finance*. 2013. Vol. 5. Pp. 433–442.
26. Cieřlik A., Gauger I., Michalek J. J. Determinants of Productivity of Ukrainian Firms // *Comparative Economic Research*. 2017. Vol. 20, Issue 1. Pp. 5–19.
27. Bottazzi G., Dosi G., Jacoby N., Secchi A., Tamagni F. Corporate Performances and Market Selection: Some Comparative Evidence // *Industrial and Corporate Change*. 2010. Vol. 19. Pp. 1953–1996.
28. Савин И. В., Маруев О. С., Пушкарев А. А. Оценка рыночного отбора в России: Когда размер (фирмы) имеет значение // *Вопросы экономики*. 2020. № 2. С. 101–124.
29. Dosi G., Grazzi M. Technologies as problem-solving procedures and technologies as input-output relations: Some perspectives on the theory of production // *Industrial and Corporate Change*. 2006. Vol. 15, No. 1. Pp. 173–202.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сенникова Анна Андреевна

Аспирант, ассистент кафедры эконометрики и статистики Школы экономики и менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0003-3163-026X; e-mail: anna.sennikova@urfu.ru.

Пушкарев Андрей Александрович

Старший преподаватель кафедры эконометрики и статистики Школы экономики и менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0002-2193-1619; e-mail: a.a.pushkarev@urfu.ru.

БЛАГОДАРНОСТИ

Данное исследование было поддержано в рамках гранта Президента Российской Федерации для молодых докторов наук МД-3196.2019.6. Авторы выражают благодарность Савину И. В. за научное руководство и замечания, позволившие существенно улучшить данную статью.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Сенникова А. А., Пушкарев А. А. Оценка уровня конкуренции на Украине в отраслях промышленного производства // Journal of Applied Economic Research. 2020. Т. 19, № 1. С. 40–59. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.003.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 22 ноября 2019 г.; дата поступления после рецензирования 28 января 2020 г.; дата принятия к печати 25 февраля 2020 г.

Evaluation of the Level of Competition in Ukraine in Industrial Production Industries

A. A. Sennikova ✉, A. A. Pushkarev

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

✉ anna.sennikova@urfu.ru

Abstract. The aim of this work is to study market competition on the example of Ukrainian companies in all manufacturing industries for the period 2008–17 and to compare the results with the similar indicators for the Russian Federation. The study is based on micro-data for more than twenty thousand Ukrainian companies. The main analysis tools are aggregate labor productivity decomposition and econometric assessment of the relationship between the productivity of companies and their revenue growth. The first method makes it possible to single out the share of productivity growth provided by the redistribution of market shares in favor of the more productive firms (which represents competitive process), and the share provided by the firms' own growth of productivity. The second method allows us to analyze how the static and dynamic components of productivity affect the revenue growth of firms. The analysis of the literature indicates a weak role of competitive selection both in developed countries (USA, EU countries) and in developing countries (Russia and its regions). The results of the analysis indicate a limited role of competition in the growth of industrial labor productivity in Ukraine, as well as an insignificant role of companies' own productivity in determining the growth of their sales. Moreover, such results are obtained both for decomposition and for econometric analysis and are robust to different ways of measuring productivity. Comparing the results with the estimates obtained earlier for Russia, we conclude that the role of competition is significantly lower for the Ukrainian manufacturing industries and firms in these industries. The results can be useful when working out recommendations for improving industrial policy, as well as in analyzing the market position of firms.

Key words: market selection; competition; decomposition of productivity; labor productivity; total factor productivity.

JEL L16, L26

References

1. Dosi, G., Moschella, D., Pugliese, E., Tamagni, F. (2015). Productivity, Market Selection, and Corporate Growth: Comparative Evidence across US and Europe. *Small Business Economics*, Vol. 45, 643–672.
2. Savin, I.V., Mariev, O.S., Pushkarev, A.A. (2019). Vyzhivaet sil'neishii? Izmerenie konkurentnogo otbora na primere Ural'skogo federal'nogo okruga (Survival of the Fittest? Measuring the Strength of Market Selection on the Example of the Urals Federal District). *Ekonomicheskii zhurnal VShE (HSE Economic Journal)*, Vol. 23, No. 1, 90–117. (In Russ.).
3. Griliches, Z., Regev, H. (1995). Firm Productivity in Israeli Industry 1979–1988. *Journal of Econometrics*, Vol. 65, Issue 1, 175–203.
4. Baily, M.N., Hulten, C., Campbell, D. (1992). Productivity Dynamics in Manufacturing Plants. *Brooking Papers on Economic Activity: Microeconomics*. The Brookings Institution, 187–267.

5. Foster, L., Haltiwanger, J., Krizan, C.J. (2001). Aggregate Productivity Growth: Lessons from Microeconomic Evidence. *New Developments in Productivity Analysis*. National Bureau of Economic Research, 303–372.
6. Aw, B.Y., Chen, X., Roberts, M.J. (2001). Firm-level evidence on productivity differentials, turnover, and exports in Taiwanese manufacturing. *Journal of Development Economics*, Vol. 66, Issue 1, 51–86.
7. Disney, R., Haskel, J., Heden, Y. (2003). Exit entry and establishment survival in UK manufacturing. *Journal of Industrial Economics*, Vol. 51, 93–115.
8. Hahn, C.H. (2000). *Entry, exit, and Aggregate productivity growth: Micro evidence on Korean manufacturing*. Seoul, Korea Development Institute, 69 p.
9. Scarpetta, S., Hemmings, P., Tressel, T., Woo, J. (2002). The role of policy and institutions for productivity and firm dynamics: evidence from micro and industry data. *OECD Economics Department Working Papers*, No. 329. Paris, OECD Publishing, 64 p.
10. Olley, G.S., Pakes, A. (1996). The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry. *Econometrica*, Vol. 64, Issue 6, 1263–1297.
11. Martin, A., Jaumandreu, J. (2004). Entry, exit, and productivity growth in Spanish manufacturing during the eighties. *Spanish Economic Review*, Vol. 6, Issue 3, 211–226.
12. Baldwin, J., Gu, W. (2006). Plant turnover and productivity growth in Canadian manufacturing. *Industrial and Corporate Change*, Vol. 15, Issue 3, 417–465.
13. Holmes, T.J., Schmitz, J.A. (2001). Competition at work: railroads vs. monopoly in the U.S. shipping industry. *Quarterly Review, Federal Reserve Bank of Minneapolis*, Vol. 25, 3–29.
14. Syverson, C. (2004). Market Structure and Productivity: A Concrete Example. *Journal of Political Economy*, Vol. 112, Issue 6, 1181–1222.
15. Schmitz, J.A. (2005). What determines productivity? Lessons from the dramatic recovery of the U.S. and Canadian iron ore industries following their early 1980's crisis. *Journal of Political Economy*, Vol. 113, 582–625.
16. Dunne, T., Klimek, S., Schmitz, J. (2008). Does foreign competition spur productivity? Evidence from post WWII U.S. cement manufacturing. *Working Paper, Federal Reserve Bank of Minneapolis*, 59 p.
17. Olper, A., Pacca, L., Curzi, D. (2014). Trade, import competition and productivity growth in the food industry. *Food Policy*, Vol. 49, Issue 1, 71–83.
18. De Loecker, J. (2011). Product Differentiation, Multiproduct Firms, and Estimating the Impact of Trade Liberalization on Productivity. *Econometrica*, Vol. 79, Issue 5, 1407–1451.
19. Inui, T., Kawakami, A., Miyagawa, T. (2012). Market competition, differences in technology, and productivity improvement: An empirical analysis based on Japanese manufacturing firm data. *Japan and the World Economy*, Vol. 24, Issue 3, 197–206.
20. Huynh, K.P., Jacho-Chávez, D.T., Kryvtsov, O., Shepotylo, O., Vakhitov, V. (2016). The evolution of firm-level distributions for Ukrainian manufacturing firms. *Journal of Comparative Economics*, Vol. 44, Issue 1, 148–162.
21. Ryzhenkov, M. (2016). Resource misallocation and manufacturing productivity: The case of Ukraine. *Journal of Comparative Economics*, Vol. 44, Issue 1, 41–55.
22. Cieřlik, A., Michałek, J.J., Nasadiuk, I. (2017). The regional heterogeneity of productivity determinants: Evidence from Ukrainian firms. *Miscellanea Geographica – Regional Studies on Development*, Vol. 21, Issue 1, 44–50.
23. Cieřlik, A., Michałek, J.J., Gauger, I. (2018). Regional dimension of firm level productivity determinants: the case of manufacturing and service firms in Ukraine. *Central European Economic Journal*, Vol. 5, 81–95.
24. Earle, J.S., Gehlbach, S. (2015). The Productivity Consequences of Political Turnover: Firm-Level Evidence from Ukraine's Orange Revolution. *American Journal of Political Science*, Vol. 59, Issue 3, 708–723.

25. Kiliç, U. (2013). Firm Dynamics and Factor Allocation in Ukraine: The Role of State Ownership. *Procedia Economics and Finance*, Vol. 5, 433–442.
26. Cieřlik, A., Gauger, I., Michałek, J.J. (2017). Determinants of Productivity of Ukrainian Firms. *Comparative Economic Research*, Vol. 20, Issue 1, 5–19.
27. Bottazzi, G., Dosi, G., Jacoby, N., Secchi, A., Tamagni, F. (2010). Corporate Performances and Market Selection: Some Comparative Evidence. *Industrial and Corporate Change*, Vol. 19, 1953–1996.
28. Savin, I.V., Mariev, O.S., Pushkarev, A.A. (2020). Otsenka rynochnogo otbora v Rossii: Kogda razmer (firmy) imeet znachenie (Measuring the strength of market selection in Russia: When the (firm) size matters). *Voprosy ekonomiki*, No. 2, 101–124. (In Russ.).
29. Dosi, G., Grazzi, M. (2006). Technologies as problem-solving procedures and technologies as input–output relations: Some perspectives on the theory of production. *Industrial and Corporate Change*, Vol. 15, No. 1, 173–202.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sennikova Anna Andreevna

Post-Graduate Student, Department of Econometrics and Statistics, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000–0003–3163–026X; e-mail: anna.sennikova@urfu.ru.

Pushakrev Andrey Alexandrovich

Senior lecturer, Department of Econometrics and Statistics, School of Economics and Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000–0002–2193–1619; e-mail: a.a.pushkarev@urfu.ru.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by a grant of the President of the Russian Federation for young doctors of sciences MD-3196.2019.6. The authors are grateful to I. Savin for the scientific guidance and comments that have made it possible to significantly improve this article.

FOR CITATION

Sennikova A. A., Pushakrev A. A. Evaluation of the Level of Competition in Ukraine in Industrial Production Industries. *Journal of Applied Economic Research*, 2020, Vol. 19, No. 1, 40–59. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.003.

ARTICLE INFO

Received November 22, 2019; Revised January 28, 2020; Accepted February 25, 2020.



Влияние региональной отраслевой структуры на социально-экономическое развитие Приморского края

К. Г. Сорокожердьев ✉, К. А. Ходосов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия

✉ sorokozh_kg@spbstu.ru

Аннотация. В работе анализируется влияние региональной отраслевой структуры на социально-экономическое развитие Приморского края. Предметом исследования является социально-экономическое развитие региона. Цель исследования – анализ роли региональной отраслевой структуры и каждого ее сектора в отдельности в социально-экономическом развитии региона. В исследовании рассматриваются такие отрасли, как сельское хозяйство, добыча полезных ископаемых, обрабатывающая промышленность, строительство, оптовая и розничная торговля, гостиницы и рестораны, а также финансовый сектор. Социально-экономическое развитие региона представлено такими показателями, как среднемесячная заработная плата на одного работника, ВРП региона и коэффициент рождаемости. В работе строится регрессионная модель зависимости показателей социально-экономического развития от долей вышеуказанных секторов региональной экономики в ВРП. В результате получена авторегрессионная модель с распределенным лагом (ADL-модель), отражающая взаимосвязь эндогенных показателей – средней заработной платы, ВРП и рождаемости от экономической активности в тех или иных секторах региональной экономики. Важным моментом является то, что экзогенные показатели в уравнениях могут присутствовать как непосредственно за соответствующий период, так и со сдвигом по времени (лагом), что и является особенностью ADL-модели. На основе результатов исследования возможно проведение прогнозирования социально-экономического развития региона на среднесрочную перспективу, а также исследования могут быть применены в сценарном подходе, моделирующем развитие региона в зависимости от развития того или иного сектора региональной экономики. В целом модель позволяет оценить вклад отраслей в формирование основных показателей социально-экономического развития, что может быть полезным также и при разработке стратегии развития региона.

Ключевые слова: социально-экономическое развитие; отраслевая структура региона; Приморский край.

1. Актуальность темы исследования

Исследования в области экономического роста и социально-экономического развития представляют особый интерес не только для российской экономики в целом, но и для ее регионов. Особую актуальность эта тематика получает на фоне многих негативных внешних экономических и политических событий. Вопрос

о возможных факторах роста, мерах, стимулирующих экономику, поднимается во многих исследованиях. В рассматриваемой работе представлен анализ социально-экономического развития Приморского края, при этом параметры социально-экономического развития региона исследуются как функции от отдельных секторов (отраслей) региональной экономики. В целом анализируемый

регион представляет интерес как один из типичных российских регионов, где отсутствуют какие-то существенные запасы углеводородов, где также нет крупных производственных комплексов или финансовых центров. В силу этого можно сказать, что поиск источников роста экономики для такого рода регионов является крайне актуальной задачей. Данное исследование на основе применяемого статистического подхода пытается ответить на вопрос о взаимосвязи показателей экономического развития и развитости тех или иных сфер деятельности в регионе. На основе полученных в результате исследования уравнений можно сказать достаточно достоверно о том, как стимулирование той или иной отрасли региона скажется на социально-экономических показателях, а в конечном итоге и на качестве жизни населения.

В ходе исследования была проанализирована текущая динамика социально-экономического развития рассматриваемого региона, а также был проведен анализ квартальных данных по всем исследуемым показателям за период 2003–2016 гг.

Объект исследования – Приморский край РФ.

Предметом исследования является социально-экономическое развитие Приморского края.

Цель данного исследования – анализ роли сегментов отраслевой структуры региона в социально-экономическом развитии Приморья. Сам анализ базируется на построении математической модели зависимости социально-экономического развития региона от долей различных отраслей экономики региона в ВРП.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- проведение общего обзора социально-экономического положения региона;

- анализ вклада различных отраслей региона в ВРП;
- разработка модели влияния секторов региональной экономики на социально-экономическое развитие;
- выявление наиболее значимых для социально-экономического развития сегментов экономики региона.

Для решения рассматриваемых задач был использован прикладной программный пакет для эконометрического моделирования Gretl. Ориентация на Gretl обусловлена следующими моментами. Во-первых, это свободно распространяемый, достаточно удобный и универсальный пакет для выполнения эконометрических расчетов. Во-вторых, Gretl предоставляет возможность «почувствовать» все детали и тонкости изучаемых методов при их реализации на основе соответствующих векторно-матричных соотношений, что дает больше возможностей для анализа данных.

2. Степень изученности и проработанности проблемы

Тематика социально-экономического развития в целом довольно часто исследуется авторами. Это может быть как концептуальное исследование, так и исследование, посвященное вопросам прогнозирования, моделирования и анализа процессов экономического роста региональной экономики.

К примеру, в статье Пономарёвой М. А. и др. [1] анализируется вопрос о приоритетах социально-экономического развития при формировании стратегии регионального развития, а также предложены направления совершенствования методологии формирования согласованных приоритетов развития страны и ее регионов.

Аналогично в исследовании Мурашова А. Г. [2] проводится исследование стратегических целей и приоритетов социально-экономического развития

региона и делается вывод о том, что способность реализации стратегии напрямую влияет на конкурентоспособность региональной экономики.

В исследовании [3] проводится анализ понятия социально-экономическое развитие региона и определяется его основная цель как обоснование управленческих решений, принимаемых в регионе и способных в той или иной мере улучшить качество жизни людей.

Ряд исследований по теме сконцентрирован на вопросах прогнозирования. В частности, в статье [4] авторами предлагается методика прогнозирования социально-экономического развития региона на основе применения интегрального показателя развития региона и последующего кластерного анализа. Данная методика позволяет комплексно оценить и спрогнозировать роль и место региона по уровню его социально-экономического развития.

Также вопросам прогнозирования посвящена работа [5], где на основе подхода системной экономической теории разрабатывается методика мониторинга результатов государственного управления. Далее с помощью интегрального показателя социально-экономического развития региона и кластерного анализа возможно определить уровень развития региона по отношению к его потенциалу. В итоге авторы на основе нейросетевого подхода моделируют и прогнозируют социально-экономическое состояние некоторых российских регионов.

В работе [6] прогнозируется социально-экономическое развитие Воронежской области на основе трендовых моделей по основным показателям региона – объему инвестиций, производству, численности населения и другим, что позволяет авторам судить о дальнейшем развитии экономики региона.

В исследовании [7] используется модель эксплораторного факторного

анализа для выявления влияния укрупненных групп факторов на параметры социально-экономического развития. Авторами в исследовании выделяется три группы факторов – основанная на использовании природных ресурсов, группа, препятствующая развитию региона, и группа факторов, стимулирующих деятельность региона, не связанную с природными ресурсами. В итоге для трех федеральных округов РФ авторами определен характер влияния этих обозначенных групп факторов.

Работа [8] посвящена разработке моделей социально-экономического развития регионов с выявлением особенностей каждого из регионов, существующих возможностей и рисков. Данный подход способствует выявлению преимуществ каждого региона и поможет скорректировать государственные меры стимулирования развития.

Еще одно исследование посвящено вопросам оценки социально-экономического развития региона на основе комплексного подхода [9]. При данном подходе авторами предлагается оценивать социально-экономический климат региона на основе средних показателей развития за трехлетний период. Также и в этой работе авторами применяется интегральный показатель, позволяющий оценить дальнейшее развитие региона в среднесрочной перспективе.

Многие работы оценивают развитие региона как функцию от некоторых факторов, таких как, например, человеческий капитал [10], или отдельных отраслей, представляющих собой некие точки роста региональной экономики [11, 12]. Серьезное внимание социально-экономическому развитию регионов уделяется и в зарубежных исследованиях.

Многие зарубежные авторы фокусируют свое внимание на роли тех или иных факторов роста региональной экономики. Например, в работе [13]

исследуется роль мелких и средних компаний в социально-экономическом развитии региона. В работах [14–16] проверяются гипотезы о влиянии на рост старения населения, неравенства доходов и близости региона к промышленным и финансовым центрам соответственно.

Некоторые работы посвящены сравнительно новым концепциям и тенденциям в развитии регионов. В частности, работа [17] исследует преимущества и недостатки формирования так называемых мегарегионов, агломераций крупных городов и прилегающих в них территорий.

3. Общая характеристика социально-экономического развития Приморского края

Приморский край расположен на юге Дальнего Востока, в юго-восточной части России. На севере граничит с Хабаровским краем, на западе с КНР, на юго-западе с КНДР, с юга и востока омывается Японским морем. Крупный залив – Петра Великого. Численность населения края, по данным Росстата, составляет 1 913 037 чел. (2018). Плотность населения – 11,62 чел./км² (2018). Городское население – 77,21 % (2018). По результатам переписи населения в 2010 г.,

в Приморье временно находилось 24 704 иностранца из КНР (12 087 чел.), Узбекистана (4 281 чел.), Вьетнама (1 225 чел.) и других государств. По мнению некоторых исследователей, реальное число мигрантов в несколько раз выше.

В Приморье открыт целый ряд крупных и уникальных месторождений разнообразных полезных ископаемых, на базе которых создана и функционирует самая мощная на Дальнем Востоке горнодобывающая промышленность. В крае производится более 92 % плавикового шпата России, 64 % вольфрамовых концентратов, почти 100 % борных продуктов, 73,6 % свинца в концентрате и 8,4 % свинца рафинированного, добывается 18,2 % олова России.

Структура и динамика ВРП региона. Регион успешно развивается, о чем может свидетельствовать устойчивый рост ВРП (рис. 1) за последние 13 лет. Данные на графике отражают квартальную динамику в тыс. российских рублей.

В 2005 г. ВРП Приморского края составил 186,6 млрд руб., что на 22,5 % превысило показатели предыдущего года, и продолжает стремительно расти с каждым годом. В 2016 г. объем ВРП Приморского края достиг уровня 736,9 млрд руб.

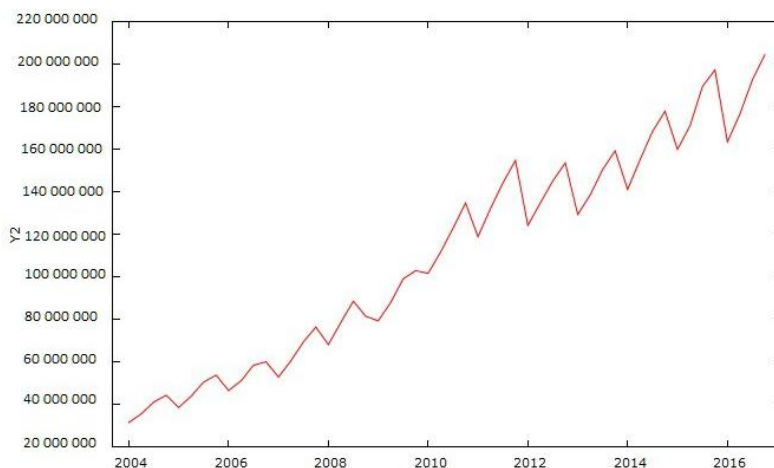


Рис. 1. ВРП Приморского края, тыс. руб. (квартальные данные)

Доля обрабатывающих производств (рис. 2) в ВРП региона росла на протяжении всего рассматриваемого периода. Можно отметить краткосрочные колебания внутри каждого года, вызванные сезонностью, климатическими условиями и другими происшествиями, как тайфуны и т. д.

Доля сельского хозяйства (рис. 3), рыболовства, добычи полезных ископаемых, гостиниц, ресторанов и финансовой деятельности занимают суммарно около 7,5 % ВРП Приморского края.

Приморский край является традиционным местом активного строительства, наряду с Москвой и Санкт-Петербургом, т. к. его административным центром является Владивосток, в который постоянно поступают различные инвестиции на развитие города. По состоянию на 2016 г., доля строительства в ВРП региона составила почти 5 %.

На графике (рис. 4) можно заметить огромный скачок (в 2011 г. более чем в 5 раз относительно 2008 г.) вызванный огромными инвестициями в социально

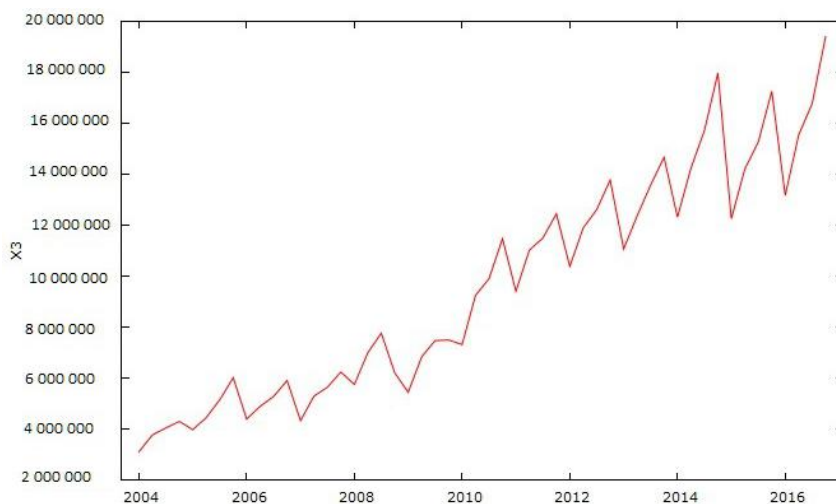


Рис. 2. ВРП, создаваемый обрабатывающим производством в Приморском крае, тыс. руб. (квартальные данные)

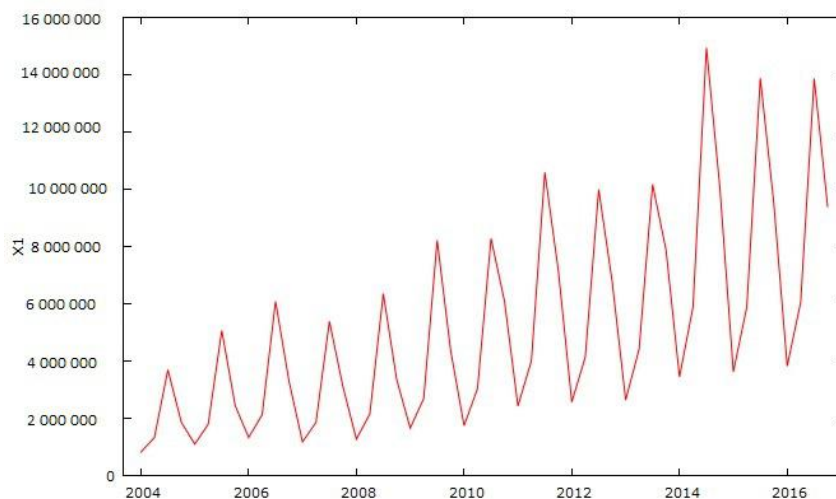


Рис. 3. ВРП, создаваемый сельским хозяйством Приморского края, тыс. руб. (квартальные данные)

значимое строительство в преддверии саммита АТЭС-2012, а также на строительство магистрального газопровода «Сахалин – Хабаровск – Владивосток».

Доля производства и распределения электроэнергии, газа и воды стабильно росла в рассматриваемом периоде 2005–2016 гг. Доля оптовой и розничной торговли ремонта автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования (рис. 5) составляет наибольшую часть от общего ВРП региона, около 20 % (18,5 % в 2016 г.)

и также росла на протяжении всего рассматриваемого периода.

В регионе нет сильно развитого туристического бизнеса (рис. 6), что влечет собой низкую долю ВВП, создаваемого этой сферой деятельности, даже с учетом приличного потока туристов из Азии и Китая в частности, что связано с близким географическим положением. При этом можно заметить довольно хороший рост ВРП, создаваемый гостиницами и ресторанами во время всемирного кризиса 2010–2014 гг.

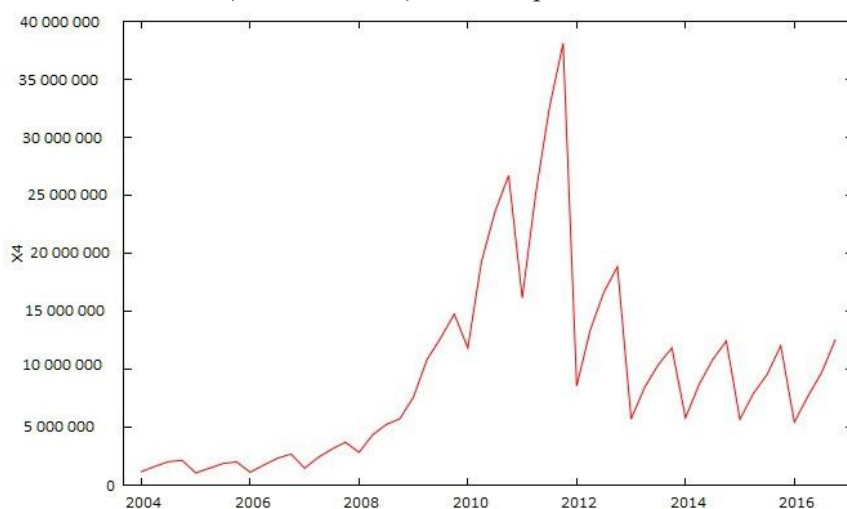


Рис. 4. ВРП, создаваемый строительством в Приморском крае, тыс. руб. (квартальные данные)

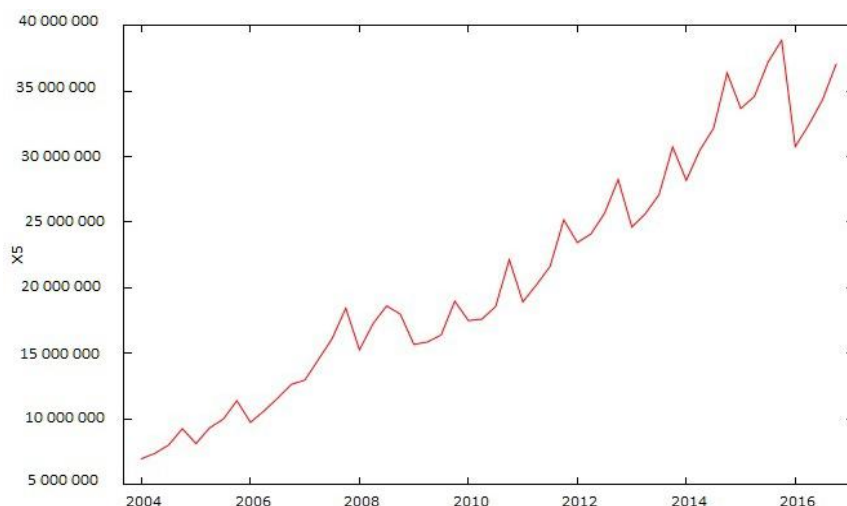


Рис. 5. ВРП, создаваемый розничной торговлей в Приморском крае, тыс. руб. (квартальные данные)

Финансовая деятельность быстро развивалась в регионе в период 2004–2010 гг., но произошло резкое падение, связанное с сильным снижением мировых цен на нефть и соответственно невыгодными условиями инвестиций в основные виды деятельности Приморского края, после чего последовали различные государственные программы финансирования и общая экономическая ситуация стабилизировалась, и можно заметить сильный скачок в конце 2011 – начале 2012 г. на уровень, даже превышающий уровень 2010 г.

Рынок труда Приморского края сбалансирован. При детальном рассмотрении прослеживается лишь качественный перекос спроса и предложений: при нехватке квалифицированных рабочих имеется переизбыток управленцев высокого ранга. Заработные платы в регионе (рис. 7) росли на всем рассматриваемом промежутке.

Самые востребованные профессии в регионе назвал департамент труда и социального развития Приморского края. Специалисты отметили, что в связи с реализацией в крае крупных инвестиционных проектов, сегодня в регионе наиболее востребованы рабочие профессии в сфере строительства. «Также

есть необходимость в специалистах инженерно-технических направлений, работниках туристического, гостиничного и ресторанного бизнеса, нефтегазовой промышленности, энергетической и машиностроительной отраслях, судоремонта. Традиционно в базе вакансий много предложений от бюджетных организаций, предприятий торговли и общественного питания», – рассказали в департаменте труда Приморского края.

Демография региона. За 13 лет количество родившихся увеличивалось каждый год, в то же время смертность сокращалась, но не так сильно, что может означать незначительное улучшение качества предоставляемых медицинских услуг, хотя в последние годы (2014–2016) заметна обратная тенденция и ухудшение ситуации. В тоже время доля пенсионеров в населении Приморского края играет значительную роль, что также негативно влияет на показатель смертности. В 2017 г. крае родились 9 700 детей – на 4,6 % меньше, чем прошлым годом. При этом число умерших превысило число родившихся на 35,4 % и составило 13 100 человек, сообщает Примстат. Значительно выросла смертность от болезни нервной системы – на 44,4 % и от старости – на 10,7 %. Мужская

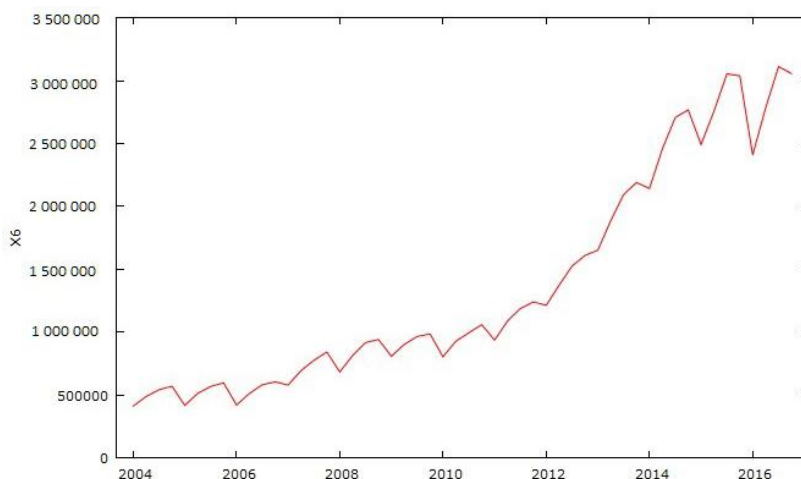


Рис. 6. ВРП, создаваемый гостиницами и ресторанами в Приморском крае, тыс. руб. (квартальные данные)

смертность превысила женскую на 9 % и составила 6 900 человек.

График коэффициента рождаемости представлен на рис. 8.

В целом социально-экономическое развитие Приморского края можно охарактеризовать как стабильное, с позитивной динамикой. В регионе основную роль играют такие секторы экономики, как обрабатывающие производства, оптовая и розничная торговля, строительство и сельское хозяйство. Напротив, такие отрасли, как горнодобывающая, гостиничный бизнес и финансовая деятельность представлены довольно слабо.

4. Предлагаемые методы и подходы и их оригинальность

Основная идея исследования состоит в анализе динамики социально-экономического развития региона. С помощью регрессионной модели показатели социально-экономического развития региона представляются зависимыми от вклада и роли в ВРП различных отраслей региональной экономики. При обнаружении значимых взаимосвязей можно утверждать, что через стимулирование тех или иных секторов региональной экономики можно повлиять на рассматриваемые результирующие

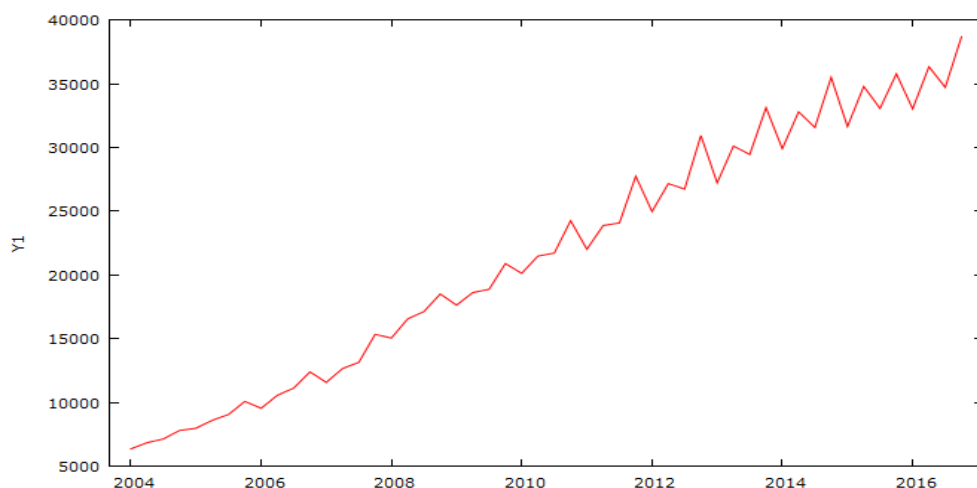


Рис. 7. Средняя заработная плата на одного работника в Приморском крае, руб.

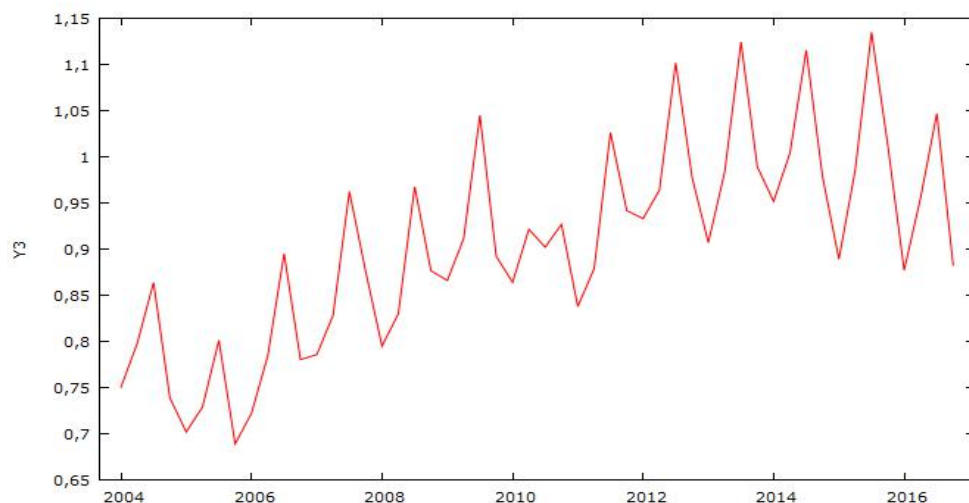


Рис. 8. Коэффициент рождаемости в Приморском крае

показатели развития региона. В исследовании использовались квартальные данные по динамике основных показателей социально-экономического развития региона за период 2004–2016 гг. В исследовании фигурируют эндогенные и экзогенные переменные регрессионной модели.

Эндогенными (результатирующими) переменными выступают следующие показатели социально-экономического развития:

Y_1 – среднемесячная начисленная заработная плата на одного работника, руб.

Y_2 – валовой региональный продукт в основных ценах, тыс. руб.

Y_3 – коэффициент рождаемости.

За экзогенные (влияющие) переменные, определяющие социально-экономическое развитие, были взяты:

X_1 – доля сельского хозяйства, охоты и рыболовства в ВРП региона, тыс. руб.

X_2 – доля добывающего сектора в ВРП региона, тыс. руб.

X_3 – доля обрабатывающих производств в ВРП региона, тыс. руб.

X_4 – доля строительства в ВРП региона, тыс. руб.

X_5 – доля оптовой и розничной торговли в ВРП региона, тыс. руб.

X_6 – доля гостиничного и ресторанного бизнеса в ВРП региона, тыс. руб.

X_7 – доля финансового сектора в ВРП региона, тыс. руб.

Модель, которая оценивает регрессионную зависимость между переменными, включает в себя не только сами факторы, но и те же экзогенные переменные, взятые с лагом по времени, а также и элемент авторегрессии. Данная модель довольно часто применяется в экономических исследованиях и называется авторегрессионной моделью с распределенным лагом или ADL-моделью [18, 19].

Создание ADL-модели включает в себя несколько этапов, первым из которых является проверка стационарности

временных рядов, поскольку временные ряды, составляющие модель, должны быть стационарными. Данная проверка в исследовании проводилась по трем известным критериям – расширенный критерий Дики – Фуллера (ADF-тест), критерий ADF-GLS и критерий KPSS.

Критическим значением по первым двум критериям для показателя «а-1» в уравнении авторегрессии является значение 0,2. Превышение этого порога говорит о стационарности ряда. По тесту KPSS гипотеза о стационарности ряда принимается при p -значении, большем 0,05. Если значения первого лага выходят за доверительный интервал для данной авторегрессионной функции, то мы говорим о том, что этот временной ряд является нестационарным. Будем считать ряд стационарным в том случае, если хотя бы по двум тестам из трех ряд признан стационарным. Результаты тестов приведены в табл. 1.

Как мы видим по результатам тестов, все исходные временные ряды оказываются нестационарными. Для приведения данных к стационарным временным рядам возьмем первые разности, т. е. проведем дифференцирование временных рядов.

Полученные разностные ряда аналогично проверяются на стационарность теми же критериями, по тестам ADF, ADF-GLS, KPSS. Результаты представлены ниже в табл. 2.

Как мы видим по результатам тестов, все ряды оказались стационарными, и, соответственно, дальнейших действий для приведения рядов к стационарному виду не требуется.

Построим модель ADL, для этого установим зависимости между независимыми и зависимыми переменными, которые мы выбрали заранее. В построении модели будут принимать участие только дифференцированные временные ряды.

Таблица 1. Результаты тестов на стационарность по исходным временным рядам

Переменная	Проверка стационарности			Результат
	ADF	ADF-GLS	KPSS	
X_1	-0,01	0,01	<0,01	Нестационан.
X_2	-0,02	0,02	<0,01	Нестационан.
X_3	0,01	-0,002	<0,01	Нестационан.
X_4	-0,11	-0,11	0,041	Нестационан.
X_5	-0,003	0,004	<0,01	Нестационан.
X_6	0,001	-0,02	<0,01	Нестационан.
X_7	-0,21	-0,08	<0,01	Нестационан.
Y_1	-0,006	0,002	<0,01	Нестационан.
Y_2	-0,008	-0,002	<0,01	Нестационан.
Y_3	-0,19	-0,04	<0,01	Нестационан.

Таблица 2. Результаты тестов на стационарность по разностным рядам

Переменная	Проверка стационарности			Результат
	ADF	ADF-GLS	KPSS	
d_X_1	-2,04	-2,04	>0,1	Стационан.
d_X_2	-1,53	-1,34	>0,1	Стационан.
d_X_3	-1,79	-0,25	>0,1	Стационан.
d_X_4	-0,99	-0,93	>0,1	Стационан.
d_X_5	-0,84	-0,81	>0,1	Стационан.
d_X_6	-0,25	-0,24	0,049	Стационан.
d_X_7	-1,09	-1,06	>0,1	Стационан.
d_Y_1	-1,85	-0,33	>0,1	Стационан.
d_Y_2	-1,85	-0,7	>0,1	Стационан.
d_Y_3	-0,94	0,078	>0,1	Стационан.

С помощью построения авторегрессии по соответствующей зависимой переменной выбираются наиболее значимые лаги. Аналогично проходит поиск лагов и для экзогенных переменных путем расчета однофакторных моделей. Незначимые коэффициенты при переменных убираются

из регрессии. В итоге для каждой эндогенной переменной происходит поиск возможных регрессоров уравнения с наиболее значимыми лагами. Формируется общее уравнение со всеми потенциальными значимыми переменными и лагами для каждой эндогенной переменной.

С помощью многофакторной ADL модели были определены значимые лаги для зависимых переменных (Y_1 – Y_3), а также значимые лаги для независимых переменных (X_1 – X_7). Все незначимые переменные были удалены из уравнений. Ниже в табл. 3 приведено уравнение модели для d_Y_1 (Y_1):

Уровень значимости коэффициентов уравнения определяется в таблице крайней колонкой справа. Три звездочки соответствует 1 %-му уровню значимости, две звездочки – 5 %-му уровню значимости. В обозначении переменных d обозначает разностный ряд, первая цифра – номер экзогенной переменной, вторая – лаг. Для построения уравнений брались возможные лаги до 10-го

включительно, однако большинство из них оказались незначимыми.

Аналогично были получены и остальные два уравнения модели для регионального ВРП и для коэффициента рождаемости. В табл. 4 приведено уравнение модель для d_Y_2 – разностный ряд ВРП региона.

Ниже приведено уравнение модели для d_Y_3 – разностный ряд для коэффициента рождаемости (табл. 5).

Итоговая модели ADL будет выглядеть следующим образом (табл. 6).

В табл. 6 нижний коэффициент при переменной соответствует номеру переменной, верхний коэффициент говорит о лаге по этой переменной. Для получения итоговой модели необходимо

Таблица 3. Уравнение модели для d_Y_1

	Коэффициент	Ст. ошибка	t-статистика	p-значение	
Const	540,002	102,911	5,2473	0,00001	***
d_X3	0,000263807	6,89529e-05	3,8259	0,00067	***
d_X3_2	0,000190458	7,17521e-05	2,6544	0,01295	**
d_X3_8	0,000312809	8,97165e-05	3,4866	0,00163	***
d_X4_3	–2,76651e-05	1,15442e-05	–2,3965	0,02348	**
d_X5	0,000153825	4,99728e-05	3,0782	0,00463	***
d_X5_1	–0,0001132	3,96273e-05	–2,8566	0,00798	***
d_X5_4	0,000174464	4,87236e-05	3,5807	0,00128	***
d_X6	–0,00299032	0,000634885	–4,7100	0,00006	***
d_X6_3	0,00243268	0,000724443	3,3580	0,00228	***
d_X6_7	–0,00414581	0,00104879	–3,9530	0,00048	***
$u(–1)$	–0,499835	0,0977963	–5,1110	0,00001	***
$u(–4)$	0,543277	0,105207	5,1639	<0,00001	***
Среднее зав. перемен	615,6132		Ст. откл. зав. перемен	712,0198	
Сумма кв. остатков	3292897		Ст. ошибка модели	342,9336	
R-квадрат	0,983808		Испр. R-квадрат	0,978026	
$F(10, 28)$	13,58127		p-значение (F)	2,78e-08	
Параметр rho	–0,078293		Стат. Дарбина-Вотсона	2,056797	

Таблица 4. Уравнение модели для d_Y_2

	Коэффициент	Ст. ошибка	t-статистика	p-значение	
const	1,5989e+06	266198	6,0064	<0,00001	***
d_X1_6	-0,756176	0,165997	-4,5554	0,00007	***
d_X2	4,41384	1,83394	2,4068	0,02204	**
d_X3	1,73783	0,438405	3,9640	0,00039	***
d_X4	0,688026	0,0754139	9,1233	<0,00001	***
d_X5	1,96725	0,240375	8,1841	<0,00001	***
$u(-1)$	-0,374529	0,149775	-2,5006	0,01709	**
$u(-7)$	-0,341492	0,158211	-2,1585	0,03764	**
Среднее зав. перемен		6147445	Ст. откл. зав. перемен		12287342
Сумма кв. остатков		1,54e+14	Ст. ошибка модели		2191087
R-квадрат		0,977067	Испр. R-квадрат		0,973483
$F(5, 32)$		226,3172	p-значение (F)		5,55e-24
Параметр rho		0,155728	Стат. Дарбина-Вотсона		1,469921

Таблица 5. Уравнение модели для d_Y_3

	Коэффициент	Ст. ошибка	t-статистика	p-значение	
const	0,00147345	0,00529292	0,2784	0,78219	
d_X1	1,88843e-08	1,53478e-09	12,3042	<0,00001	***
d_X2_2	-1,05498e-07	3,34604e-08	-3,1529	0,00311	***
d_X2_7	1,08847e-07	3,49425e-08	3,1150	0,00344	***
Среднее зав. перемен		0,003732	Ст. откл. зав. перемен		0,099039
Сумма кв. остатков		0,060978	Ст. ошибка модели		0,039542
R-квадрат		0,853134	Испр. R-квадрат		0,841836
$F(3, 39)$		72,52509	p-значение (F)		5,22e-16
Параметр rho		-0,083627	Стат. Дарбина-Вотсона		2,123520

снова вернуться к исходным значениям от рядов разности. Преобразовав модель из дифференцированных рядов, получаем итоговую модель (табл. 7).

5. Анализ полученных результатов

Как видно из данных табл. 3–5, во всех уравнениях модели все коэффициенты при переменных значимы

по крайней мере на 5%-м уровне, а также значение R-квадрат >0,85, что свидетельствует о высокой точности модели. Все уравнения также значимы по критерию Фишера, каждое из уравнений показывает статистику, существенно превышающую пороговые табличные значения.

По первому уравнению модели можно сделать вывод о том, что на размер

Таблица 6. ADL-модель по дифференцированным рядам

Показатель	Уравнение модели
d_Y_1	$d_Y_1^0 = 540 + 0,00026d_X_3^0 = 0,00019d_X_3^2 + 0,00031d_X_3^8 -$ $- 2,77 \times 10^{-5}d_X_4^3 + 0,00015d_X_5^0 - 0,00011d_X_5^1 + 0,00017d_X_5^4 -$ $- 0,003d_X_6^0 + 0,0024d_X_6^3 - 0,004d_X_6^7 - 0,5d_Y_1^1 + 0,54d_Y_1^4$
d_Y_2	$d_Y_2^0 = 1,6 \times 10^6 - 0,756d_X_1^6 + 4,41d_X_2^0 + 1,74d_X_3^0 +$ $+ 0,69d_X_4^0 + 1,967d_X_5^0 - 0,37d_Y_2^1 - 0,34d_Y_2^7$
d_Y_3	$d_Y_3^0 = 0,00147 + 1,89d_X_1^0 - 1,055d_X_2^2 + 1,088 \times 10^{-7}d_X_2^7$

Таблица 7. Итоговая ADL-модель после преобразования

Показатель	Уравнение модели
Y_1	$Y_1 = 540 + 0,5Y_1^1 + 0,5Y_1^2 + 0,54Y_1^4 - 0,54Y_1^5 + 0,00026X_3^0 - 0,00026X_3^1 +$ $+ 0,00019X_3^2 - 0,00019X_3^3 + 0,00031X_3^8 - 0,00031X_3^9 - 2,77 \times 10^{-5}X_4^3 +$ $+ 2,77 \times 10^{-5}X_4^4 + 0,00015X_5^0 - 0,00026X_5^1 + 0,00011X_5^2 + 0,00017X_5^4 -$ $- 0,00017X_5^5 - 0,003X_6^0 + 0,003X_6^1 + 0,0024X_6^3 - 0,0024X_6^4 - 0,004X_6^7 + 0,004X_6^8$
Y_2	$Y_2 = 1,6 \times 10^6 + 0,63Y_2^1 - 0,756X_1^6 + 0,756X_1^7 + 4,41X_2^0 - 4,41X_2^1 +$ $+ 1,74X_3^0 - 1,74X_3^1 + 0,69X_4^0 - 0,69X_4^1 + 1,967X_5^0 - 1,967X_5^1 + 0,37Y_2^2 -$ $- 0,34Y_2^7 + 0,34Y_2^8$
Y_3	$Y_3 = 0,00147 + Y_3^1 + 1,89X_1^0 - 1,89X_1^1 - 1,055X_2^2 + 1,055X_2^3 +$ $+ 1,088 \times 10^{-7}X_2^7 - 1,088 \times 10^{-7}X_2^8$

средней заработной платы региона (Y_1) в текущем периоде наибольшее влияние оказывает размер з/п за предыдущие два квартала, а также долей в ВРП, создаваемой обрабатывающими производствами (X_3), строительством (X_4), оптовой и розничной торговлей (X_5), а также гостиничным и ресторанным бизнесом (X_6) данного региона. Можно отметить, что обрабатывающие производства и оптовая и розничная торговля оказывают позитивное влияние на показатель, тогда как строительство и гостиничный бизнес – слабое отрицательное. Такое влияние можно объяснить тем, что строительная отрасль и гостиничный бизнес

региона могут характеризоваться сравнительно небольшими заработными платами, что влечет некое снижение средней зарплаты по региону при развитии этих секторов. Кроме того, отрасль строительства, как уже отмечалось ранее, во многом определяется государственным финансированием, обусловленным нерыночными механизмами.

Уравнение для ВРП региона (Y_2) показывает, что показатель во многом определяется уровнем ВРП за предыдущий период, при этом существенное позитивное влияние оказывается добывающим и обрабатывающим секторами (X_2 , X_3), строительством и оптовой и розничной

торговлей. Это в целом неудивительно, поскольку именно эти секторы экономики и преобладают в структуре ВРП. Однако есть еще и отрицательное влияние сельского хозяйства (X_1), которое можно объяснить фактором сезонности – экономика региона демонстрировала рост в те кварталы, когда сельское хозяйство было в фазе спада (межсезонье). При этом стоит отметить, что негативное влияние на ВРП сельхозсектора можно охарактеризовать как слабое с коэффициентом $-0,756$ в сравнении с другими секторами. Аналогичное слабое, но положительное влияние на ВРП оказывает строительство. Наибольший вклад в ВРП делают именно добывающие отрасли, обрабатывающие производства и торговля.

Третье полученное уравнение характеризует динамику коэффициента рождаемости (Y_3), который во многом зависит от коэффициента рождаемости за предыдущий квартал. Развитие сельского хозяйства, охота и лесное хозяйство за текущий и прошлый период имеют наибольшее влияние на зависимую переменную, по сравнению с остальными. Этот факт можно объяснить более высокой рождаемостью в сельских районах, поэтому развитие сельхозсектора будет стимулировать рост коэффициента рождаемости в Приморском крае. Другие же переменные имеют меньшее влияние на коэффициент рождаемости, но все еще важны для модели в целом. В частности, в уравнении присутствует переменная с долей добывающего сектора (X_2). Ее влияние смешанное, но скорее отрицательное на более поздних лагах, что можно объяснить экологическими факторами, которые в свою очередь сдерживают коэффициент рождаемости.

6. Основные выводы

В результате данного исследования была получена модель, описывающая динамику социально-экономического

развития Приморского края в зависимости от развитости того или иного сектора региональной экономики. В модель были взяты отрасли сельского хозяйства, добывающей и обрабатывающей промышленности, строительства, оптовой и розничной торговли, гостиничного бизнеса и финансовый сектор. В целом можно говорить о том, что на социально-экономическое развитие региона оказывают влияние сельское хозяйство, добывающая и обрабатывающая отрасли, а также оптовая и розничная торговля. Влияние такой сферы, как строительство выявлено, но оказалось весьма слабым. Влияние финансового сектора в целом оказалось несущественным в силу невысоких показателей объемов данного сегмента.

Модель выявила то, что размер среднемесячной заработной платы в регионе определяется в основном такими секторами, как обрабатывающие производства и оптовая и розничная торговля. Это влияние выявлено как существенное и позитивное. Такие секторы, как строительство и гостиничный бизнес оказывают на показатель слабое отрицательное влияние. Такие отрасли, как сельское хозяйство и финансовый сектор вообще не оказывают сколько-нибудь значимого влияния на показатель заработной платы.

На показатель ВРП позитивно влияют прежде всего добывающая отрасль, оптовая и розничная торговля и обрабатывающая промышленность. Слабое отрицательно влияние оказывают сферы сельского хозяйства и строительства. И, наконец, на показатель рождаемости оказывает существенное положительное влияние сектор сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства за текущий и прошлый периоды. Также можно говорить о негативном влиянии добывающего сектора, что может быть обусловлено экологическими факторами.

В целом, опираясь на полученные результаты, можно корректировать стратегическое развитие Приморского края, определяя приоритеты социально-экономического развития, которые, в свою очередь, будут зависеть от развития тех или иных отраслей региона. Таким образом, стимулируя определенные секторы региональной экономики, можно спрогнозировать на кратко- и среднесрочном горизонте влияние этих стимулирующих мер на основные

показатели социально-экономического развития.

В качестве направлений дальнейших исследований можно обозначить анализ особенностей развития регионов в зависимости от отраслевой структуры региональной экономики, проведение сравнительных исследований для ряда регионов, на основании полученных для разных регионов зависимостей при помощи кластерного анализа сгруппировать регионы по различным особенностям развития.

Список использованных источников

1. Пономарёва М. А., Шеховцов Р. В., Хайбуллин Л. Р. Совершенствование методологии формирования системы стратегических приоритетов социально-экономической политики региона // Вестник РГЭУ РИНХ. 2016. № 1 (53). С. 122–129.
2. Мурашов А. Г. О стратегии социально-экономического развития регионов (на примере Центрального федерального округа) // Вестник государственного и муниципального управления. 2016. № 2. С. 44–50.
3. Пономарёва М. А., Кузьменко Н. Б. К вопросу о содержании анализа социально-экономического развития региона // Вестник РГЭУ РИНХ. 2015. № 4 (52). С. 86–91.
4. Нижегородцев Р. М., Пискун Е. И., Кудревич В. В. Прогнозирование показателей социально-экономического развития региона // Экономика региона. 2017. № 1. С. 38–48.
5. Гагарина Г. Ю., Дзюба Е. И., Губарев Р. В., Файзуллин Ф. С. Прогнозирование социально-экономического развития российских регионов // Экономика региона. 2017. № 4. С. 1080–1094.
6. Яковенко Н. В., Канапухин П. А., Мишон Е. В., Ромащенко Т. А., Комов И. В., Тен Р. В. Трендовые модели социально экономического прогнозирования развития воронежской области // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 2. С. 25–30.
7. Пискун Е. И., Хохлов В. В. Экономическое развитие регионов Российской Федерации: факторно-кластерный анализ // Экономика региона. 2019. № 2. С. 363–376.
8. Лапин А. Е., Вуйко М. Б. Модели регионального развития в Российской Федерации и инвестиционные стратегии // Регионоведение. 2019. № 1 (106). С. 10–29.
9. Кислицына В. В., Чеглакова Л. С., Караулов В. М., Чикишева А. Н. Формирование комплексного подхода к оценке социально-экономического развития регионов // Экономика региона. 2017. № 2. С. 369–380.
10. Снурницына М. А. Человеческий капитал как фактор роста эффективности региона (на примере Ярославской области) // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2018. № 4 (36). С. 632–642.
11. Комов И. В., Яковенко Н. В. Агропромышленный комплекс как конкурентное преимущество социально-экономического развития Воронежской области // Вестник евразийской науки. 2016. № 1 (32). С. 18–32.
12. Яковенко Н. В., Комов И. В. Туристические бренды как инструмент социально-экономического развития региона (Воронежская область) // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2019. № 1. С. 24–35.
13. Freshwater D., Garcilazo E., Latto J., Pace J., Simms A., Ward J., Wojan T. Business development and the growth of rural SMEs // OECD Regional Development Working Papers. No. 2019/07. Paris: OECD Publishing, 2019. 33 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/74256611-en>.

14. Daniele F., Honiden T., Lembcke A. C. Ageing and productivity growth in OECD regions: Combatting the economic impact of ageing through productivity growth? // OECD Regional Development Working Papers. No. 2019/08. Paris: OECD Publishing, 2019. 58 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/9dcb3116-en>.
15. Royuela V., Veneri P., Ramos R. Income Inequality, Urban Size and Economic Growth in OECD Regions // OECD Regional Development Working Papers. No. 2014/10. Paris: OECD Publishing, 2014. 33 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/5jxrcmg8818r-en>.
16. Ahrend R., Schumann A. Does Regional Economic Growth Depend on Proximity to Urban Centres? // OECD Regional Development Working Papers. No. 2014/07. Paris: OECD Publishing, 2014. 23 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/5jz0t7fxh7wc-en>.
17. Glocker D. The Rise of Megaregions: Delineating a new scale of economic geography // OECD Regional Development Working Papers. No. 2018/04. Paris: OECD Publishing, 2018. 52 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/f4734bdd-en>.
18. Clements D. H., Michael P. Forecasting with difference-stationary and trend-stationary models // University of Oxford: Discussion Paper Series. No. 5. University of Oxford, Department of Economics, 2000.
19. Stock J. H., Watson M. W. A Comparison of Linear and Nonlinear Univariate Models for Forecasting Macroeconomic Time Series // Journal of Business and Economic Statistics. 1996. Vol. 14, No. 1. Pp. 11–30.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Сорокожердьев Кирилл Геннадьевич

Кандидат экономических наук, доцент Высшей инженерно-экономической школы Института промышленного менеджмента экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия (195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29); ORCID 0000-0002-5489-3989; e-mail: sorokozh_kg@spbstu.ru.

Ходосов Кирилл Александрович

Студент Института промышленного менеджмента экономики и торговли Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Россия (195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29); ORCID 0000-0001-9648-7148; e-mail: k.a.khodosov@bk.ru.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Сорокожердьев К. Г., Ходосов К. А. Влияние региональной отраслевой структуры на социально-экономическое развитие Приморского края // Journal of Applied Economic Research. 2020. Т. 19, № 1. С. 60–78. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.004

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 10 марта 2020 г.; дата поступления после рецензирования 20 марта 2020 г.; дата принятия к печати 27 марта 2020 г.

The Influence of the Regional Sectoral Structure on the Socio-Economic Development of Primorye Region

K. G. Sorokozherdyev ✉, K. A. Khodosov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Saint Petersburg, Russia

✉ sorokozh_kg@spbstu.ru

Abstract. The paper analyzes the influence of the regional sectoral structure on the socio-economic development of the Primorye region. The subject of the research is the socio-economic development of the region. The purpose of the research is to analyze the role of the regional sectoral structure and each of its sectors separately in the socio-economic development of the region. The study examines industries such as agriculture, mining, manufacturing, construction, wholesale and retail trade, hotels and restaurants, as well as the financial sector. The socio-economic development of the region is represented by such metrics as the average monthly wage per employee, the regional GRP and the birth rate. In this work, a regression model of the dependence of indicators of socio-economic development on the shares of the mentioned sectors of the regional economy in GRP is built. As a result, an autoregressive model with distributed lag (ADL-model) was obtained. The model reflects the relationship of endogenous indicators – average wages, GRP and the birth rate from economic activity in certain sectors of the regional economy. An important point is that exogenous indicators in the equations can be taken both directly for the corresponding period and with a time shift (lag), which is a feature of the ADL model. The results of the study make it possible to forecast the socio-economic development of the region for the medium term. The studies can be also applied in a scenario-based approach modeling the development of the region depending on the development of a particular sector of the regional economy. On the whole, the model makes it possible to evaluate the contribution of industries to the main indicators of socio-economic development, which can be useful also in the drafting of a regional development strategy.

Key-words: socio-economic development; regional sectoral structure; Primorye region.

JEL L11

References

1. Ponomareva, M. A., Shekhovtsov, R. V., Khaibullin, L. R. (2016). Sovershenstvovanie metodologii formirovaniia sistemy strategicheskikh prioritetov sotsial'no-ekonomicheskoi politiki regiona (Improvement of methodology of formation of strategic priorities socio-economic policy of region). *Vestnik RGEU RINKh [Vestnik of Rostov State University of Economics]*, No. 1 (53), 122–129. (In Russ.).
2. Murashov, A. G. (2016). O strategii sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia regionov (na primere Tsentral'nogo federal'nogo okruga (On the strategy of social and economic development of regions (On the example of the Central Federal District). *Vestnik gosudarstvennogo i munitsipal'nogo upravleniia [Journal of Public and Municipal Administration]*, No. 2, 44–50. (In Russ.).
3. Ponomareva, M. A., Kuzmenko, N. B. (2015). K voprosu o soderzhanii analiza sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia regiona (Issue of content of analysis of socio-economic development of the region). *Vestnik RGEU RINKh [Vestnik of Rostov State University of Economics]*, No. 4 (52), 86–91. (In Russ.).

4. Nizhegorodtsev, R. M., Piskun, E. I., Kudrevich, V. V. (2017). Prognozirovanie pokazatelei sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia regiona (Forecasting of regional social and economic development). *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, No. 1, 38–48. (In Russ.).
5. Gagarina, G. Iu., Dziuba, E. I., Gubarev, R. V., Faizullin, F. S. (2017). Prognozirovanie sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia rossiiskikh regionov (Forecasting of Socio-Economic Development of the Russian Regions). *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, No. 4, 1080–1094. (In Russ.).
6. Yakovenko, N. V., Kanapukhin, P. A., Mishon, E. V., Romashchenko, T. A., Komov, I. V., Ten, R. V. (2019). Trendovye modeli sotsial'no ekonomicheskogo prognozirovaniia razvitiia voronezhskoi oblasti (Trend models of social and economic forecasting of the Voronezh Region development). *Ekologiya urbanizirovannykh territorii [Ecology of Urban Areas]*, No. 2, 25–30. (In Russ.).
7. Piskun, E. I., Khokhlov, V. V. (2019). Ekonomicheskoe razvitie regionov Rossiiskoi Federatsii: faktorno-klasternyi analiz (Economic development of the Russian Federation's regions: factor-cluster analysis). *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, No. 2, 363–376. (In Russ.).
8. Lapin, A. E., Vuiko, M. B. (2019). Modeli regional'nogo razvitiia v Rossiiskoi Federatsii i investitsionnye strategii (Models of Regional Development in the Russian Federation and Investment Strategies). *Regionologiya [Russian Journal of Regional Studies – Regionology]*, No. 1 (106), 10–29. (In Russ.).
9. Kislitsyna, V. V., Cheglakova, L. S., Karaulov, V. M., Chikisheva, A. N. (2017). Formirovanie kompleksnogo podkhoda k otsenke sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia regionov (Formation of the Integrated Approach to the Assessment of the Socio-Economic Development of Regions). *Ekonomika regiona [Economy of Region]*, No. 2, 369–380. (In Russ.).
10. Snurnitsyna, M. A. (2018). Chelovecheskii kapital kak faktor rosta effektivnosti regiona (na primere Iaroslavskoi oblasti) (Human Capital of the Region as a Factor of Growth of its Efficiency (On the Example of Yaroslavl Region). *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) [World. Modernization. Innovation. Research]*, No. 4 (36), 632–642. (In Russ.).
11. Komov, I. V., Yakovenko, N. V. (2016). Agropromyshlennyi kompleks kak konkurentnoe preimushchestvo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia Voronezhskoi oblasti (Agro-industrial complex as a competitive advantage of social and economic development of the Voronezh region). *Vestnik evraziiskoi nauki [The Eurasian Scientific Journal]*, No. 1 (32), 18–32. (In Russ.).
12. Yakovenko, N. V., Komov, I. V. (2019). Turisticheskie brendy kak instrument sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia regiona (Voronezhskaya oblast) (Tourism brands as a tool of socio-economic development of the region (Voronezh region)). *Nauchnyi rezul'tat. Tekhnologii biznesa i servisa [Research result. Business and Service Technologies]*, No. 1, 24–35. (In Russ.).
13. Freshwater, D., Garcilazo, E., Latto, J., Pace, J., Simms, A., Ward, J., Wojan, T. (2019). Business development and the growth of rural SMEs. *OECD Regional Development Working Papers*, No. 2019/07. Paris, OECD Publishing, 33 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/74256611-en>.
14. Daniele, F., Honiden, T., Lembcke, A. C. (2019). Ageing and productivity growth in OECD regions: Combatting the economic impact of ageing through productivity growth? *OECD Regional Development Working Papers*, No. 2019/08. Paris, OECD Publishing, 58 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/9dcb3116-en>.
15. Royuela, V., Veneri, P., Ramos, R. (2014). Income Inequality, Urban Size and Economic Growth in OECD Regions. *OECD Regional Development Working Papers*, No. 2014/10. Paris, OECD Publishing, 33 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/5jxrcmg8818r-en>.
16. Ahrend, R., Schumann, A. (2014). Does Regional Economic Growth Depend on Proximity to Urban Centres? *OECD Regional Development Working Papers*, No. 2014/07. Paris, OECD Publishing, 23 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/5jz0t7fxh7wc-en>.
17. Glocker, D. (2018). The Rise of Megaregions: Delineating a new scale of economic geography. *OECD Regional Development Working Papers*, No. 2018/04. Paris, OECD Publishing, 52 p. DOI: <https://doi.org/10.1787/f4734bdd-en>.

18. Clements, D.H., Michael, P. (2000). Forecasting with difference-stationary and trend-stationary models. *University of Oxford: Discussion Paper Series*, No. 5. University of Oxford, Department of Economics.

19. Stock, J.H., Watson, M. W. (1996). A Comparison of Linear and Nonlinear Univariate Models for Forecasting Macroeconomic Time Series. *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 14, No. 1, 11–30.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sorokozherdyev Kirill Gennadevich

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Higher School of Economics, Institute of Industrial Management, Industry and Trade in Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia (195251, Saint Petersburg, Polytechnicheskaya street, 29); ORCID 0000-0002-5489-3989; e-mail: sorokozh_kg@spbstu.ru.

Khodosov Kirill Aleksandrovich

Student, Institute of Industrial Management, Industry and Trade in Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia (195251, Saint Petersburg, Polytechnicheskaya street, 29); ORCID 0000-0001-9648-7148; e-mail: k.a.khodosov@bk.ru.

FOR CITATION

Sorokozherdyev K. G., Khodosov K. A. The Influence of the Regional Sectoral Structure on the Socio-Economic Development of Primorye Region. *Journal of Applied Economic Research*, 2020, Vol. 19, No. 1, 60–78. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.004.

ARTICLE INFO

Received March 12, 2020; Revised March 20, 2020; Accepted March 27, 2020.



Econometric Modeling of the Bank's Short-Term Liquidity Dynamics Based on Multi-Factor Regression

E. G. Shershneva¹ ✉, H. B. Bakr Hasan¹ , J. Al Hadabi²

¹*Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia*

²*Murdoch University, Dubai,
United Arab Emirates*

✉ *elena_sher@el.ru*

Abstract. The article develops theoretical and methodological aspects of the predicative analysis of liquidity in the banking sector in the context of diversity and divergence of factors affecting the liquidity position of modern banks. The aim of the work is to study the dependence of short-term liquidity of a bank on a number of economic indicators based on econometric modeling. We used a systematic analytical approach to the study of liquidity formation factors and methods of comparative data analysis. The key methodological instrument of the empirical part of the study is multivariate correlation and regression analysis based on the parametric choice of performance indicators of a large bank in the Ural region. This study did not confirm the dominant thesis about the negative impact of excess liquidity on the profitability of commercial banks. Thus, a comparative analysis of the liquidity ratio and return on assets of Russian banks of various sizes for the period 2015–2019 did not reveal the existence of an explicit inverse-proportional relationship between liquidity and profitability. The analysis of pair correlations also did not reveal a close relationship between the value of current liquidity ratio and the bank's operating profit. The authors noted that small-sized banks are able to demonstrate a combination of high liquidity and high profitability, while larger banks may not achieve such results. Consequently, the scale of the bank's activities is not the determining factor in liquidity but indirectly provides quick access to funding sources. The authors have constructed regression models of the dependence of the mandatory current liquidity ratio of a bank on a number of performance indicators, making it possible to carry out a forecast-analytical assessment of liquidity for the short term outlook. It is established that own capital, short-term liabilities and overdue loan debt have a significant impact on the dynamics of the bank's liquidity. The proposed approach can be applied by analytical departments of commercial banks in the development of predicative models for the monitoring the liquid position.

Key words: commercial bank; banking sector; liquidity; liquidity factors; unbalanced liquidity risk; current liquidity ratio; liquidity management; capital; short-term liabilities; liquid assets.

JEL C33, C54

Research relevance and problematics

Regulation of liquidity is an important sphere of bank management. Strategic aspects are the setting of liquidity targets and the choice of appropriate instruments and methods to achieve them. A tactical

direction is the setting of a system of analysis and monitoring of the bank's liquidity indicators and the determining factors. A commercial bank is considered liquid if it has sufficient funds to meet its obligations in full. However, there are plenty of factors and conditions disrupting normal

financial performance and cause a status of unbalanced liquidity.

The unbalance of the bank's liquidity position (lack or excess) is one of the key problems of financial management. Lack of liquidity worsens solvency and excess reduces profitability. The decline of a bank's solvency is transmitted to other sectors of the economy: enterprises and individuals cannot receive money or make payments. Therefore, there are failures in the sphere of production and monetary circulation.

The specific nature of the reputation of credit institutions is found in the system of relations with customers. Loss of customer confidence inevitably leads to liquidity problems, and, conversely, liquidity problems have a negative impact on business reputation. In this context, the coherence of assets and liabilities by amounts and terms ensures the trustworthiness and stability of a bank's activity. In conditions of financial and economic instability in particular, bankers and researchers pay attention to the consequences of liquidity risk.

The matter of information and analytical support of management decision-making, which provides regulation of cash flows of a commercial bank, is actualized. The forecasting of liquidity dynamics on the short-term horizon is important because it makes it possible to stabilize the current functioning of bank's financial mechanism.

The aim of this article is to study the econometric dependence of short-term liquidity of a commercial bank on some financial indicators (liquidity factors) based on the modeling of correlation and regression equations that allow predicting the dynamics of the mandatory current liquidity ratio.

The first task is to analyze theoretical aspects of liquidity as a complex characteristic of activity and to examine factors influencing the liquidity position of modern banks. The second task is to survey the liquidity dynamics of some Russian banks and to identify the relationship with

profitability. The third point is to select relevant indicators of a commercial bank (independent variables) and to identify adequate relationships between the analyzed parameters using the method of pair correlations. The fourth task is to construct correlation and regression models (two-factor equations) that reflect an econometric dependence of the current liquidity ratio of bank (function) on the selected indicators (factors). The authors' results and conclusions formulated within the framework of the above tasks determined the originality and scientific novelty of the research.

Based on the results of other researchers and own summary, the authors concluded that the main difficulty of liquidity forecasting is the presence of many influencing factors, including controversial and unexpected. In modern conditions, when artificial intelligence elements and robotic services are being introduced in banks, the issue of developing liquidity management programs becomes urgent.

Theoretical review of scientific understanding of bank's liquidity and its influencing factors

The term «liquidity» appeared in fundamental economic studies in the 1970s. The classic author of the theory of money J. M. Keynes argued: «... liquidity is determined by the individual's preference to retain a certain amount of their resources or wages in the form of money» [1]. He offered the definition of «liquidity propensity», in which market entities have a different degree of desire to create high liquid assets to cover possible contingencies. The merit of Keynes was that he discovered and characterized the determination of the psychology of entrepreneurial behavior in a dynamic market.

D. Fisher was first, who described a more systematic understanding of liquidity in banking. According to him, the bank's liquidity is a multidimensional characteristic

of the activity, reflecting the quality of bank's resources (own and borrowed), the quality of assets (loans, investments, securities), as well as the quality of the bank's management [2]. The identical point of view is presented in the monograph by J. Rivoir, which treats the bank's liquidity as a complex indicator reflecting the assets, liabilities and off-balance sheet transactions, as well as the level of their management [3]. The review of scientific views of a number of authors on liquidity has identified three main approaches to understanding liquidity (Fig. 1).

The basic scientific concept of liquidity in banking is an ability to ensure the timely and full performance of obligations to depositors, creditors and other counterparties. According to financial intermediation theory, «... the creation of liquidity is a key reason why banks exist» [4]. In the opinion of M. Gertler and N. Kiyutaki, banks create liquidity on the balance by financing relatively illiquid assets such as business loans with relatively liquid liabilities such as transactions deposits [5]. Liquidity compression occurs when there are non-payments on loans and other claims, as well as in the case of withdrawal of deposits [6]. Many researchers emphasized that the fundamental role of banks as «creators of liquidity» makes them sensitive to liquidity

risk (or unbalanced liquidity risk). As a rule, the main task of the bank's financial management is to achieve a balanced (normal) liquidity.

The imbalance leads either to a lack of liquidity or to an excess of liquidity. The lack of liquidity «constrains» the banking system, increases the risks of loss of solvency of banks, as well as reduces the profitability of banking operations. In such situation, credit institutions are forced to ensure solvency to maintain excess volumes of liquid and low-income assets. Excessive liquidity of banks means their inability to effectively dispose resources. As a rule, banks keep paid liabilities on low-yield deposits in the Central Bank, which means a negative bank margin and the fact of «eating» of capital [7]. In the study of V. Acharya and H. Naqvi [8] noted the negative impact of excess liquidity on the economy. The authors argue that banks creating a lot of liquidity can pursue credit policies that generate «asset price bubbles» and increase the fragility of the banking sector. The importance of bank liquidity creation is heightened during financial crises. For example, in the subprime lending crisis, liquidity seemed to dry up for an extended time, with severe consequences for the real sector.

Modern researchers, studying theoretical foundations of liquidity management

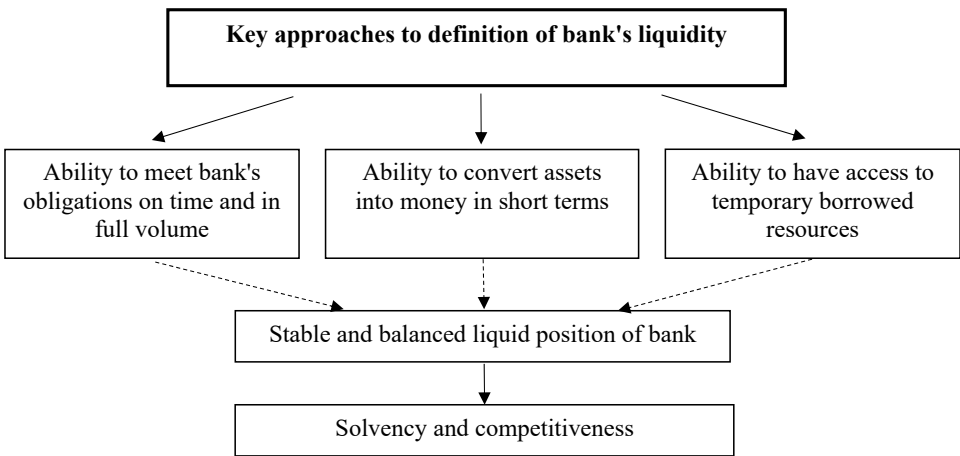


Fig. 1. Essence of liquidity in banking

in the banking sector, based on the provisions of predecessors, developing causal relationships between liquidity factors and financial performance of commercial banks. Thus, Russian scientists V. K. Burlachkov, M. Yu. Golovnin, A. O. Tikhonov concluded that: first, liquidity is considered as a feature of the financial system or economic entity; second, it is measured by a set of variable indicators; third, it is characterized by dynamism (ability to increase and decrease) [9]. It is obvious that this understanding of liquidity in the papers of modern authors differs from its earlier interpretation actually as a synonym of money.

The bank's liquidity is determined by external and internal factors. As a rule, the dominant part of liquidity problems arises due to the influence of external factors outside the area of responsibility of bank's managers. Negative external factors can be considered the deterioration of the political and economic situation, unfair actions of competitors, withdrawal of depositors of their money. Adverse factors also include growing inflation, the decline in population's propensity to save, the emergence of «financial bubbles» in the securities market, the compression of the interbank market, the introduction of foreign sanctions against the banking sector, industry crises, tightening of regulatory measures and others.

The results of analysis of the relationship of various external factors and liquidity of banks, as well as the development of econometric models of scenario liquidity forecasting are reflected in the works of a number of foreign scientists. Researcher Jan Willem van den End [10] considered an interbank lending market as a source and the main channel of transmission of liquidity risk and strengthening of «shocks of unbalanced liquidity». In studies of T. Adrian and H. S. Shin [11], C. A. E. Goodhart, P. Sunirand and D. P. Tsomocos [12] presented the models of interbank contagion of

liquidity risk. In their opinion, the «channel of infection» acts when banks lose liquidity due to the non-payment by other banks of interbank loans or deposits. Contagion can also take the form of closing deposits and withdrawing money from correspondent accounts for fear that banks will not be able to meet their obligations due to losses incurred on interbank risks. After analyzing these works, we consider that the main disadvantage of such «domino models», characterizing the transfer of unfavorable impulses in the interbank market is that they do not take into account changes in interest rates.

Monetary policy instruments have an impact on the liquidity of the banking sector. This happens through the transmission mechanism. In a study about the impact of deposit rates on liquidity, author V. Dinger examined emerging economies for the period of 1994 to 2004 and found that increasing of deposit rate decreases bank liquidity [13]. The article [14] investigated the influence of mandatory reserves as a measure of regulatory burden and showed that the tightening of reserve requirements for banks leads the reduction of liquidity and investment opportunities of banks. As a result, the probability of extinction of some medium-sized and small regional banks increases, which worsens the competitive conditions in the banking market.

In addition, the development of information technologies and payment systems has an impact on banking. Ledrut in his paper [15] carried out an analysis of payment systems as potential sources of liquidity shocks and concluded the existence of influence of technical risks on the occurrence of liquidity risk.

In some studies, it is noted that one of the important external factors is the behavior of the bank's customers. This is particularly noticeable in emerging markets. For example, customer sentiment affects liquidity in Indian banks. Authors B. Eichengreen

and P. Gupta [16] identified panic behavior of depositors as one of the main causes of liquidity problems. For example, in Russia there were many cases when customers undermined the liquidity of banks. In the wake of information about the revocation of a bank license, investors and depositors massively withdrew their savings. In such a situation, banks had an outflow of money and liquidity risk.

Considering internal factors of bank's liquidity, appears a wide range of internal banking processes that determine the quality of management system of banks as a whole, as well as the effectiveness of management decisions in certain areas of activity. High quality of assets and stability of deposits are the key conditions of a balanced liquid position of banks. Sustainable liquidity creates a competitive advantage.

For analysis of influence of internal factors on liquidity, scientists use different economic indicators of bank activity. Thus, researchers D. V. Diamond and R. G. Rajan [17] mathematically proved that the reduction of pool of liquid assets, the increase in demand liabilities and panic behavior of depositors lead to a liquidity deficit. They also argued that greater capital buffer led to less liquidity. In opposition, an article by A. N. Berger and C. H. Bouwman [18] has detected that availability of high capital increases bank's risk absorbing capacity. Horvath et al. [19] studied the relationship between capital and banks liquidity and found that small banks with a high level of capital adequacy demonstrated less liquidity whereas large banks with middle capital adequacy characterized by high liquidity. Other authors have noted that bank size is a significant parameter that affects bank liquidity [20, 21, 22]. They found an inverse relationship between bank size and liquidity. This finding suggests that large banks are more liquidly and less exposed to the risk of unbalanced liquidity.

Liquidity is inversely proportional to the bank's profitability and «risk appetite»: high liquidity indicators prevent higher profitability, and conversely, the desire to increase profitability by investing in risky and profitable assets can lead to liquidity deficit. The most rational bank's policy in the field of liquidity management is to ensure an optimal combination of liquidity, profitability and risk level. This condition is usually achieved through careful targeting, proper financial planning and reasonable risk appetite. Scientists A. Singh and A. K. Sharma proved the hypothesis: increase in profitability decreases bank liquidity. They explained: «...profitability of banks shows the ability of banks to generate income out of assets. Banks with high profitability tend to involve in risky strategies that may cause liquidity problems» [23]. Herewith, Aspachs et al. [24] concluded that profitability showed a slight relationship with liquidity. In some studies revealed, that growth of profitability has a positive effect on the bank's liquidity [25, 26].

Banks are dependent on deposits and external funds for their liquidity needs. The volume and structure of deposits have a significant impact on bank liquidity [23]. Than more stable deposits, then more sustainable bank's liquid position. In the event of the rising of short-term liabilities, the probability of liquidity risk increases.

Another endogenous factor is the overdue debt on loans (non-performing loans – NPL). When the NPL increases, the incoming cash flow decreases. In case of emergence or growth of NPL, there is a need of formation of loan provisions (reserve). In fact, NPL is non-profitable assets («lazy money») and reserves are bank's expenses («risk pillow»). If the reserve is formed for more than previously planned value, the level of bank's capital will decrease, and this will have a negative impact on liquidity.

Therefore, exploration of external and internal factors affecting liquidity is an important tactical management instrument, as it allows forecasting and preventing possible deterioration of financial standing. Thus, the most significant analytical objects in assessing the bank's liquidity are assets, liabilities, capital, profitability and specific bank risks. To quantify a bank's liquidity, almost all countries have introduced mandatory liquidity ratios and assessment methodologies. Aware of the need to improve bank management and control of liquidity, the Basel Committee on Banking Supervisor issued in 2008 the principles for Sound Liquidity Risk Management and Supervision. These principles set out the key elements of a reliable system of liquidity risk management in banking institutions, which correspond to the views of banking supervision.

In Russian practice, analytical and methodological document of the liquidity's analysis is the Bank of Russia's Instruction № 4336-U dated 03.04.2017 «On the assessment of the economic situation of banks», in which liquidity is diagnosed on a group of indicators:

1. Total short-term liquidity ratio;
2. Instant liquidity ratio (the mandatory standard H2);
3. Current liquidity ratio (the mandatory standard H3);
4. Indicator of structure of borrowed funds;
5. Indicator of depending on interbank market;
6. Risk-coefficient of own promissory note liabilities;
7. Volume of mandatory reserves;
8. Risk-coefficient for major creditors and depositors;
9. Indicator of claims not fulfilled by bank to creditors.

The summary result is the average weighted value of all the above indicators based on the score and weight. At the same

time, the greatest weight is assigned to the indicators of instant and current liquidity. That is, from the position of the Bank of Russia, the most significant indicators of a bank's liquidity are mandatory ratios of instant and current liquidity.

Management of instant (one-day) liquidity is reduced to monitoring of daily incoming and outgoing cash flows and maintaining the necessary stock of highly liquid assets (cash and correspondent account, as well as in the mandatory reserves account). Current liquidity reflects the bank's cash flow for up to 30 calendar days and, accordingly, is an indicator of solvency in the future.

An important direction of banking management is to set up an information and analytical system of liquidity maneuver, which provides employees with the necessary relevant data and methods of processing to obtain information in the field of decision-making. Relevant analysis of liquidity factors, forecasting and modeling of liquidity position are particularly important in periods of increasing inflation risks and imbalance of macroeconomic processes. For this purpose, the appropriate mathematical methods of econometric modeling are used.

Econometric modeling of relationship between bank's current liquidity ratio and economic indicators

This research part is devoted to the analysis of liquidity on the example of Russian banks and consists of two stages.

First stage. Analysis of the dynamics of the current liquidity ratio on the example of several banks with different asset sizes. The goal is to determine the situation of liquidity in the banking sector and detect trends.

As mentioned above, the key indicators of a bank's liquidity are instant and current liquidity ratios. Since the instantaneous

liquidity ratio (H2) has not predictive significance and reflects the liquid position only on the reporting date, this indicator will not be used in further analysis. We have chosen the current liquidity ratio (H3) as the object of analysis. Based on official statements of the analyzed banks, we made a chart (Fig. 2) showing the dynamics of the H3.

Fig. 2 shows a trend of the increase in liquidity ratio since 2017. This is especially evident on the chart of SBERBANK. In all banks, regardless of their size, the current liquidity ratio exceeds the minimum

value several times in 2019. This indicates that the analyzed banks have sufficient liquidity. This correlates with reports of the Bank of Russia about a liquidity surplus in the Russian banking sector.

Next, consider the change in the return on assets (ROA) for the same period (Fig. 3). This relative indicator allows you to compare the performance of different banks and evaluate their effectiveness. The increase in profitability is noted at the beginning of each year. This is due to the increase in interest income, as this

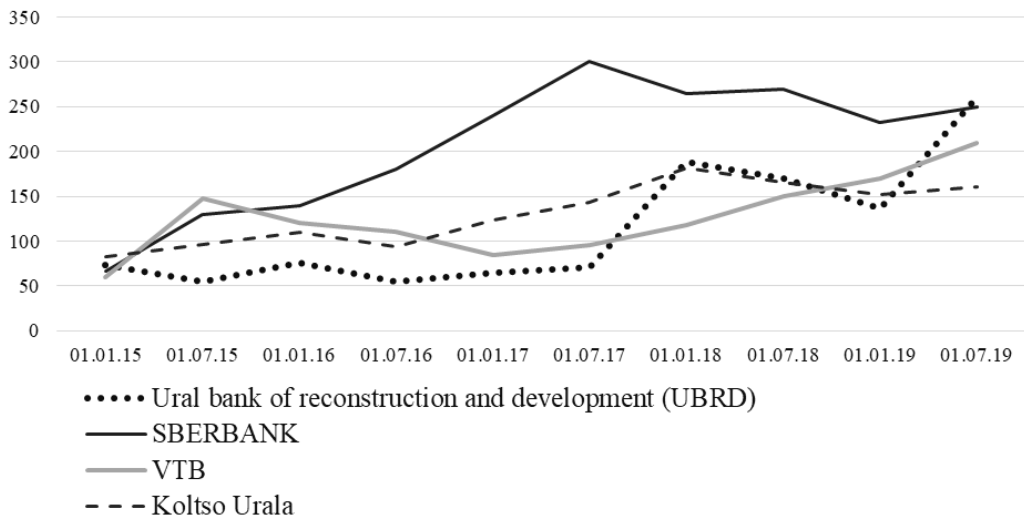


Fig. 2. Dynamics of current liquidity ratio (H3) of some Russian banks, %

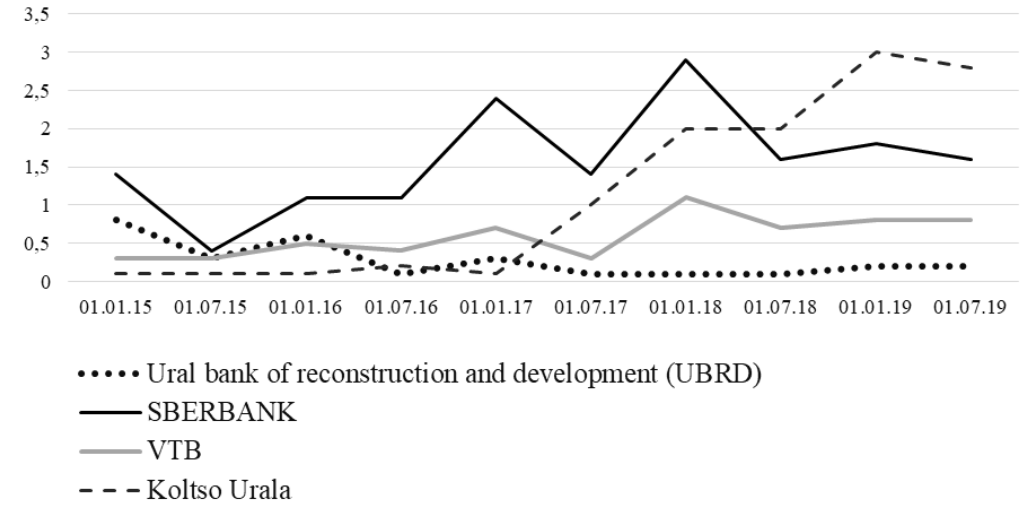


Fig. 3. ROA dynamics of analyzed banks, %

is when large payments on loans and securities occur.

In 2019, the highest ROA was at the small-sized bank Koltso Urala. Its current liquidity ratio decreased, that is, the bank invested in profitable assets. SBERBANK has the same dependency: liquidity down – profitability up. Bank VTB liquidity growth is accompanied by a slight increase in profitability. UBRD has a significant increase in liquidity and lack of profitability dynamics.

In the summary we have not identified a clear and unambiguous relation between the indicator of current liquidity and profitability. This finding correlates with the results of O. Aspachs et al. [24], P. Vodová [25], V. C. Lartey et al. [26]. We also found that small bank demonstrates high liquidity and high profitability. Larger banks did not show the same results.

Second stage. The result of the modeling of a bank's liquidity dynamics based on the correlation and regression method and parametric selection of factors affecting the medium-term liquidity position is presented below. The goal of modelling is to receive regression equations, which allow one to predict the current liquidity ratio of a bank.

For the purposes of regression analysis, we used data from one of medium-sized Russian banks (JSC «Ural bank of reconstruction and development» – UBRD) for the period 01.01.2015–01.07.2019. The choice of bank was due to its good reputation at the regional level, high credit activity, non-affiliation with government structures. This bank is characterized by financial stability and compliance with all mandatory ratios in accordance with the Instructions of the Bank of Russia № 180-I.

The object of modeling is the current liquidity ratio (H3). It can be considered as a predicative parameter for forecasting the bank's liquid position for a period of 30 calendar days. This ratio is calculated by the following formula:

$$H3 = \frac{LA(short)}{OBL(short) - Min OBL} \times 100\% \geq 50\%$$

LA (short) – liquid assets that can be received by bank, and (or) can be claimed within the next 30 calendar days;

OBL (short) – liabilities that can be claimed by depositors and (or) creditors within the next 30 calendar days;

Min OBL – value of the minimum aggregate residue on demand accounts of individuals and legal entities for the period of performance of obligations in the next 30 calendar days.

The minimum permissible level of the liquidity ratio H3 is 50 %. Banks must constantly maintain a certain level of high liquid assets in accordance with this requirement in case of stressful situations, accompanied by an acute shortage of liquidity.

The actual values of this ratio of the analyzed bank for the reviewed period are significantly higher than the normative. There is a trend of gradual growth (Fig. 4). Than higher the value of this standard, then greater the liquidity reserve. It should be noted that since the beginning of 2018, the figure has increased drastically. Significant excess of this ratio indicates excessive liquidity of the bank, which is a negative factor, as excessive liquidity affects the profitability of operations negatively. In this case, the bank should pay attention to the structure of assets: it is possible to redistribute part of liquid assets with a minimum level of risk to more profitable areas of investment.

Modeling of bank's current liquidity dynamics will be carried out on the basis of the following performance indicators:

1. Current liquidity ratio (H3) – Y, %;
2. Operational profit – X1, billion rubles;
3. Obligations with a term of performance within 30 calendar days (short-term liabilities) – X2, billion rubles;
4. Overdue loan debt – X3, billion rubles;
5. Own capital – X4, billion rubles.

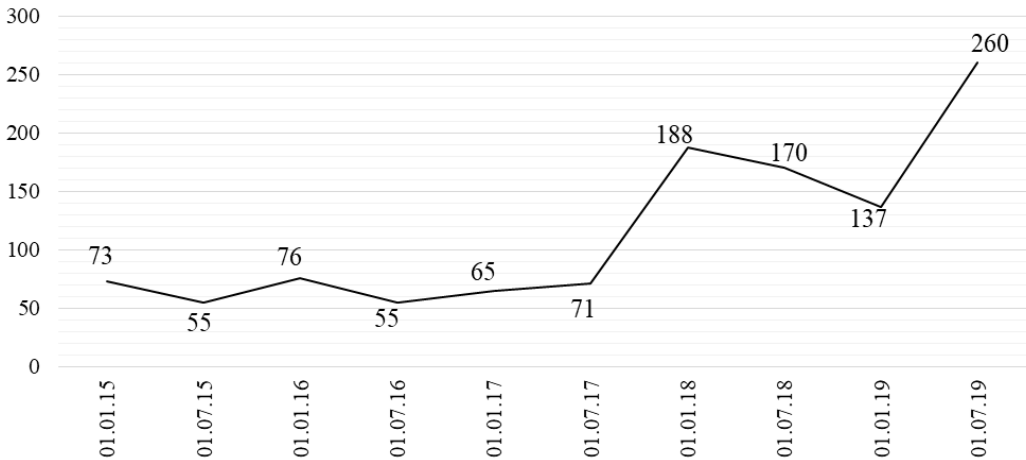


Fig. 4. Dynamics of current liquidity ratio (H3) of UBRD, %

Table 1 presents the results of calculating of paired correlation matrix.

According to Table 1, there is a persistent direct-proportional relationship between H3 ratio and bank's capital (X4). There is also a significant inverse correlation between H3 and short-term liabilities (X2) and between H3 and overdue loans (X3).

The following relationships are observed between the factors: close feedback between profit (X1) and overdue loan debt (X3), rather strong direct relationship between short-term liabilities (X2) and the bank's capital (X4). If there is a close relationship between the factors, these factors cannot be used in the regression model. Thus, the parameters X1 and X3, as well as X2 and X4 cannot simultaneously be included in one regression model, because there is a significant correlation.

The regression models are presented in a standardized form (Table 2), which do not contain linearly dependent variables. Of these models, the most relevant ones will be selected for construction of equations in natural form (taking into account the importance of equation parameters and the determination coefficient).

The analysis of Table 2 shows that only in models 1 and 2 both regression parameters are significant. Factors X2 (short-term liabilities) and X4 (capital) have the greatest impact on variable Y. In models 3 and 4 the factor X1 is insignificant, therefore, these equations will not be used for further analytical procedures.

Subsequent calculations make it possible to create linear regression equations in natural form (Table 3).

Analysis of beta-coefficients reveals the degree of significance of each factor in

Table 1. Matrix of pair correlation coefficients

	Y	X1	X2	X3	X4
Y	1				
X1	0,361	1			
X2	– 0,975	0,138	1		
X3	– 0,754	– 0,829	– 0,571	1	
X4	0,872	0,095	0,883	– 0,478	1

Table 2. **Two-factor regression models in standardized form**

Regression equations in standardized form	R ²	Comment
Model 1 $T_Y = -0,782 * T_{X2} - 0,312 * T_{X3}$	0,981	Both regression parameters are significant, the regression equation as a whole is significant (98,1 % of the variation is explained by constructed equation).
Model 2 $T_Y = 0,728 * T_{X4} - 0,451 * T_{X3}$	0,985	Both regression parameters are significant, the regression equation as a whole is significant (98,5 % of the variation is explained by constructed equation).
Model 3 $T_Y = 0,184 * T_{X1} - 0,963 * T_{X2}$	0,939	Only the second regression parameter is significant, the regression equation as a whole is significant (93,9 % of the variation is explained by constructed equation).
Model 4 $T_Y = 0,154 * T_{X1} + 0,931 * T_{X4}$	0,91	Only the second regression parameter is significant, the regression equation as a whole is significant (91 % of the variation is explained by the constructed equation).

predicting the value of the variable Y: than greater the value of β -coefficient module, then higher the influence of this factor in regression equation. In our case, the greatest contribution to the prediction of variable Y is made by factor X2, and the smallest – X3 (Table 4). Thus, if the X2-factor changes by one standard deviation, the current liquidity ratio will change to $-0,782$ of its standard deviation.

To characterize the relative strength of factor's influence on the resulting indicator Y, we calculated average elasticity coefficients for each factor of regression equations (Table 5). The elasticity coefficient (EX_i) shows how many percent will change in the average Y if factor X_j increases by one percent.

Thus, the following dependence is observed in model 1: with the growth of factor

Table 3. **Two-factor regression models in standardized and natural forms**

Regression equations in standardized form	β -coefficients	Regression equation in natural form $Y = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_i$
Model 1 $T_Y = -0,782 * T_{X2} - 0,312 * T_{X3}$	$\beta_1 = -0,782$ $\beta_2 = -0,312$	$Y = 485,76 - 5,28 * X2 - 7,24 * X3$
Model 2 $T_Y = 0,728 * T_{X4} - 0,451 * T_{X3}$	$\beta_1 = 0,728$ $\beta_2 = -0,451$	$Y = 67,35 + 11,28 * X4 - 8,51 * X3$

Table 4. **Ranking the importance of model factors by β -coefficient**

Analytical indicator	X2	X4	X3
β -coefficient	$\beta = 0,782 $	$\beta = 0,728 $	$\beta = 0,451 $
Rank of the factor's importance	The most important	Middle important	Least significant
Model number	1	2	2

Table 5. Elasticity of regression model factors

Model number	Elasticity coefficient (first factor)	Elasticity coefficient (second factor)	Comment
Model 1	$E_{X_2} = -1,542$	$E_{X_3} = -0,471$	Elasticity on two factors is noted
Model 2	$E_{X_4} = 1,634$	$E_{X_3} = -0,583$	Elasticity on two factors is noted

X2 by 1 % from its average level, the current liquidity ratio will decrease by 1,542%, with the growth of factor X3 by 1 % from the average data, the current liquidity ratio will decrease by 0,471 %. At the same time, the influence of factor X2 (bank's obligations with a maturity of 30 calendar days) is greater than the influence of factor X3 (overdue loan debt).

In model 2, with an increase of factor X4 by 1 % of its average level, the current liquidity ratio will rise by 1,634 %, with the growth of factor X3 by 1 % of the average, the current liquidity ratio will decrease by 0,583 %. The strength of the influence of factor X4 (capital) is higher than factor X3 (overdue loan debt).

Therefore, the highest elasticity is the result of Y by factor X4 in model 2, the least elasticity – by factor X3 in model 1 (Table 6).

Factor ranking allows for estimating the prognostic value of regression equations. Accordingly, for the purposes of forecasting the current liquidity ratio (H3) of the analyzed bank, the model 2 is the

best suited. The most significant factors are capital (X4), bank's short-term obligations (X2) and overdue loan debt (X3). Significant impact of these factors is explained by the following determination. The increase in capital, which occurs through the additional issue of shares, ensures the receipt of funds to the bank's correspondent account. This supports the liquidity position. The rising in short-term liabilities characterizes the increased probability of their withdrawal, which causes the presence of liquidity risk. The growth in overdue loans leads to a reduction in bank's assets and income, which ultimately worsens liquidity.

To predict the H3 indicator, we will use hypothetical data of the factors X2, X3, X4, which differ from the actual data of the bank (differing in a big way). Substituting the values of the factors, we obtain the result of calculation (Table 7).

So, with an increase in short-term liabilities and overdue loans, there is a decrease in the forecast value of H3 compared

Table 6. Ranking of factors by the force of influence on the variable Y

Analytical indicator	X4	X2	X3	X3
Elasticity coefficient	$\Theta_{X_4} = 1,634$	$\Theta_{X_2} = -1,542$	$\Theta_{X_3} = -0,583$	$\Theta_{X_3} = -0,471$
Model number	2	1	2	1

Table 7. Forecasting of the current liquidity ratio (H3)

Projected values of factors, billion rubles	Regression equation	Result of forecast (H3), %
Short-term liabilities (X2) – 60	$Y_{\text{Model 1}} = 485,76 - 5,28 \cdot X_2 - 7,24 \cdot X_3$	96,56
Overdue loan debt (X3) – 10	$Y_{\text{Model 2}} = 67,35 + 11,28 \cdot X_4 - 8,51 \cdot X_3$	207,85
Own capital (X4) – 20		

to the average for the period under review (pessimistic scenario). If there is an increase in capital, the H3 ratio can acquire an increased value (optimistic scenario). In order to achieve a balanced current liquidity, indicated factors should be under the attention of bank's experts and managers.

Discussion of the research results

The theoretical review showed that the study of bank's liquidity factors is within the scope of interests of many scientists. Some analyze external factors of liquidity (J. W. Van den End, T. Adrian, H. S. Shin, C. A. E. Goodhart, P. Sunirand, D. P. Tsomocos etc.) and others focus on the study of internal determinants (D. V. Diamond, R. G. Rajan, A. N. Berger, C. H. S. Bouwman, R. Horvath, J. Seidler, L. Weill, V. C. Lartey, S. Antwi, E. K. Boadi and others). At the same time, all researchers agree that liquidity is a multidimensional characteristic, which depends on many endogenous and exogenous factors. The authors believe that liquidity is important for banks due to their high leveraged positions to compensate expected and unexpected cash outflows. It is noted that balanced liquidity characterizes the quality of bank management.

The complexity of liquidity forecasting lies in the probabilistic nature of customer behavior. It is difficult to determine exactly what will happen to liabilities and assets. So, all existing methods of estimation are based on certain assumptions and give only approximate values. Our proposed regression models reflect dependence of the current liquidity ratio (H3) on short-term liabilities, overdue loan debt and own capital. We estimated that capital and short-term liabilities are the most important liquidity factors. With the growth of capital, there is a significant increase in liquidity. This result correlates with findings of A. N. Berger and C. H. S. Bouwman [18]. They pointed out

that the high level of capital helps banks to create more liquidity. As well as increasing capital will protect against risks. After the global financial crisis of 2009, the Basel Committee on Banking Supervision proposed new capital adequacy requirements for solvency and liquidity.

Short-term obligations are mobile part of a bank's liabilities. Any negative macroeconomic factors can cause an outflow of deposits, which will disrupt the liquidity balance. That is why banks develop attractive deposit conditions to retain stable liabilities.

Since 2016, the Bank of Russia has been systematically reducing the key rate, which contributed to a change in the parameters of stability of the resource base of Russian commercial banks. Because of the decline in yield on deposits, savings activity of peoples and corporate clients decreased. The dominance of short-term deposits in the composition of resources not only makes it difficult to maneuver liquidity, but also does not allow banks to finance investment projects and stimulate the development of the investment potential of the regions. Further maintaining the imbalance between short-term banking resources and the economy's needs for long-term financial investments cultivates degradation processes in the Russian economy and does not contribute to its sustainability.

In addition, it has been established that liquidity indicators have a weak relationship with profit, which is reflected in study [24]. First, this is due to peculiarities of calculation of the H3 ratio: it does not include profit indicators. Second, bank's profit is small parameter compared to capital, assets and liabilities.

In general, the following features characterize the Russian banking sector. Liquid resources are distributed unevenly across the banking system: the main recipients of liquidity are the largest banks. The received

funds are directed either to the foreign exchange market or to the implementation of their own projects. The mechanism of liquidity movement from larger to smaller banks («liquidity cascade») is weak. There is a situation when state-owned banks (super liquidity) are in conditions that are more competitive. Thus, the largest banks with state participation account for about 60% of deposits of citizens, consequently regional banks have to set higher interest rates to attract public funds. As a rule, the increase of interest rates on deposits leads to a rising of interests on loans, which reduces competitiveness of medium-sized and small banks.

The emergence of factors reducing competitiveness leads to revision of strategic targets. In conditions of high transaction costs, «information asymmetry» and strict capital requirements, banks look for a new areas of business that are not associated with financial intermediation. The weakening of financial intermediation as the main function of commercial banks was called financial disintermediation. In bank sector, this is manifested in form of expansion of pension and insurance services under partner programs, the emergence of new stock instruments and banking services. The presence of these banking services can be considered a progressive direction of financial disintermediation. However, there is a negative effect: financial disintermediation can reduce the volume of lending to industrial sector of the economy.

Conclusion

Financial crises have shown that liquidity problems of commercial banks can spread not only in financial system of state, but also at the international level. The consequences of unbalanced liquidity can lead to bankruptcy. To reduce liquidity risk, banks are required to comply with mandatory liquidity ratios. For this, banks maintain a certain proportion of liquid assets and regulate assets and liabilities by terms and

amounts. In order to timely maneuver cash flows, it is necessary to predict and analyze many factors and parameters of bank's activity. The difficulty is that banks cannot influence external factors affecting liquidity. Internal factors are manageable and can be adjusted. Therefore, theoretic and econometric analysis of relationship between the liquidity indicator and key financial metrics of commercial bank is defined as a subject of this study. As a result, the following theoretical and practical results are obtained.

First, the analysis of researcher's views on liquidity factors led to the conclusion about multidimensionality of liquidity as a characteristic of bank activity. It was also revealed that there is a complementarity of internal and external liquidity factors. We consider that the pluralism of opinions about liquidity factors expands the scientific understanding of features of financial mechanism in the banking sector.

Second, the survey of current liquidity of several Russian banks showed that there is a liquidity surplus. Analyzed banks have no lack of liquidity. This correlates with the Bank of Russia's statements about the presence of a structural liquidity surplus in the banking sector. The analysis did not reveal a clear and unambiguous relationship between the indicator of current liquidity and profitability.

Third, the authors presented results of correlation and regression modeling of dependence of the current liquidity ratio (H3) on some factor indicators of one commercial bank. The obtained regression equations allow one to predict the dynamics of short-term liquidity.

Fourth, this study showed that the current bank's liquidity is significantly affected by such parameters as capital, short-term liabilities and overdue loan debt. We found that the most elasticity is between the level of H3 and capital. If own capital will grow up, the forecast value of current liquidity ratio will greatly increase. Conversely, if

the bank loses capital, liquidity deteriorates significantly. Other factors have less elasticity. If short-term liabilities and overdue debts increase, the predicative level of H3 will decrease (not great).

The results of this study are useful in the practice of commercial banks in the analysis and forecasting of the current liquidity ratio. The identified dependencies allow to control the parameters of activity and to adjust financial flows in a timely. This will ensure a more balanced relationship between assets and liabilities and prevent liquidity risk. This aspect is

particularly relevant in the context of transition of most banks in the world to the requirements of Basel III.

It should be noted that the future focus of research interest would be directed towards the analysis of dynamic liquidity of commercial banks, which is a liquid position at a particular time and its forecast in the future. The rapid development of digital intelligence technologies and neuro-computing programs will give an opportunity «to design» the wishful liquidity position and algorithms for more effective management of unbalanced liquidity risk.

References

1. Keynes, J.M. (2007). *The General Theory of Employment, Interest and Money*. Palgrave Macmillan.
2. Fisher, D. (1971). *Money and Banking*. Homewook, Irwin, 418 p.
3. Rivoire, J. (1991). *Les Techniques bancaires*. Paris.
4. Berger, A.N., Bouwman, C.H.S. (2012). Bank Liquidity Creation, Monetary Policy, and Financial Crises. *SSRN Electronic Journal*, March. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1952728>.
5. Gertler, M., Kiyotaki, N. (2013). Banking, liquidity and bank runs in an infinite horizon economy. *NBER Working Paper*, No. 19129, 43 p.
6. Kashyap, A.K., Rajan, R.G., Stein, J.C. (2002). Banks as liquidity providers: an explanation for the coexistence of lending and deposit-taking. *Journal of Finance*, Vol. 57, Issue 1, 33–73.
7. Logutova, S.V. (2011). Likvidnost' kommercheskikh bankov: prichiny krizisa i upravlenie riskom [Bank liquidity: Causes of the crisis and risk management]. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Novgorod State University]*, No. 61, 31–34. (In Russ.).
8. Acharya, V.V., Naqvi, H. (2010). The Seeds of a Crisis: A Theory of Bank Liquidity and Risk-Taking Over the Business Cycle. *NYU Working Paper*, No. 2451/29886, 60 p.
9. Burlachkov, V.K., Golovnin, M. Iu., Tikhonov, A.O. (2017). Globalnaia denezhnaiia likvidnost: teoreticheskie osnovy, pokazateli, tendentsii dinamiki [Global cash liquidity: Theoretical framework, indicators, trends]. *Dengi i kredit (Russian Journal of Money and Finance)*, No. 12, 3–8. (In Russ.).
10. Van den End, J.W. (2010). Liquidity stress-tester: a model for stress-testing banks liquidity risk. *CESifo Economic Studies*, Vol. 56, Issue 1, 38–69.
11. Adrian, T., Shin, H.S. (2008). Liquidity and financial contagion, in Banque de France. *Financial Stability Review – Special Issue on Liquidity*, Issue. 11, 1–7.
12. Goodhart, C.A.E., Sunirand, P., Tsomocos, D.P. (2006). A model to analyze financial fragility. *Economic Theory*, Vol. 27, Issue 1, 107–142.
13. Dinger, V. (2009). Do foreign-owned banks affect banking system liquidity risk? *Journal of Comparative Economics*, Vol. 37, Issue 4, 647–657.
14. Shershneva, E.G., Kondiukova, E.S., Poliakova, A.V. (2017). Vliianie rezervnykh trebovani Banka Rossii na sostoianie bankovskoi likvidnosti i denezhnoi massy (The impact of Bank of Russia reserve requirements on bank liquidity and money supply). *Finansy i kredit (Finance and Credit)*, Vol. 23, No. 27 (747), 1597–1613. (In Russ.).
15. Ledrut, E. (2007). Simulating retaliation in payment systems: can banks control their exposure to a failing participant? *DNB Working Paper*, No. 133, Netherlands Central Bank, Research Department.

16. Eichengreen, B., Gupta, P. (2013). The financial crisis and Indian banks: survival of the fittest? *Journal of International Money and Finance*, Vol. 39, 138–152.
17. Diamond, D.W., Rajan, R.G. (2005). Liquidity shortages and banking crises. *Journal of Finance, American Finance Association*, Vol. 60, Issue 2, 615–647.
18. Berger, A.N., Udell, C.H.S. (2009). Bank liquidity creation. *Review of Financial Studies*, Vol. 22, 3779–3837.
19. Horvath, R., Seidler, J., Weill, L. (2014). Bank capital and liquidity creation: granger-causality evidence. *Journal of Financial Services Research*, Vol. 45, Issue 3, 341–361.
20. Bonfim, D., Kim, M. (2012). Liquidity risk in banking: is there herding? // European. *Banking Center Discussion Paper*, No. 2012–024. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2163547>.
21. Bonner, C., Van Lelyveld, I., Zymek, R. (2015). Bank liquidity buffers and the role of liquidity regulation. *Journal of Financial Services Research*, Vol. 48, Issue 3, 215–234.
22. Moussa, M.A.B. (2015). The determinants of bank liquidity: case of Tunisia. *International Journal of Economics and Financial Issues*, Vol. 5, Issue 1, 249–259.
23. Singh, A., Sharma, A.K. (2016). An empirical analysis of macroeconomic and bank-specific factors affecting liquidity of Indian banks. *Future Business Journal*, Vol. 2, 40–53.
24. Aspachs, O., Nier, E., Tiesset, M. (2005). Liquidity, banking regulation and the macroeconomy. Evidence on bank liquidity holdings from a panel of UK-resident banks. *Bank of England Working Paper*, 26 p.
25. Vodová, P. (2013). Determinants of commercial bank liquidity in Hungary. *Finansowy Kwartalnik Internetowy e-Finanse*, Vol. 9, Issue 4, 64–71.
26. Lartey, V.C., Antwi, S., Boadi, E.K. (2013). The relationship between liquidity and profitability of listed banks in Ghana. *International Journal of Business and Social Science*, Vol. 4, Issue 3, 48–56.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Shershneva Elena Gennadyevna

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Banking and Investment Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000-0002-6739-8960; e-mail: elena_sher@el.ru.

Hasan Barham Bakr Hasan

Master Student, Department of Banking and Investment Management, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000-0002-5239-4537; e-mail: barhambakr@gmail.com.

Al Hadabi Jassim

Master of Business Administration, Consultant of Murdoch University Business School, Dubai, United Arab Emirates (345005, Dubai, United Arab Emirates, Dubai International Academic City, Block 10); ORCID 0000-0003-3457-5737; e-mail: alhadabijassim@gmail.com.

FOR CITATION

Shershneva E. G., Bakr Hasan H. B., Al Hadabi J. Econometric Modeling of the Bank's Short-Term Liquidity Dynamics Based on Multi-Factor Regression. *Journal of Applied Economic Research*, 2020, Vol. 19, No. 1, 79–96. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.005

ARTICLE INFO

Received February 26, 2020; Revised March 12, 2020; Accepted March 16, 2020.

Эконометрическое моделирование динамики краткосрочной ликвидности банка на основе многофакторной регрессии

Е. Г. Шершнева¹ ✉, Х. Б. Бакр Хасан¹, Д. Аль Хадаби²

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия

²Бизнес-школа Университета Мердока,
г. Дубай, ОАЭ

✉ elena_sher@el.ru

Аннотация. В статье развиваются теоретико-методические аспекты предикативного анализа ликвидности в банковской сфере в контексте многообразия и компликации факторов, влияющих на ликвидную позицию современных банков. Целью работы является исследование зависимости краткосрочной ликвидности банка от ряда экономических показателей деятельности на основе эконометрического моделирования. При написании статьи применялся системный аналитический подход к изучению факторов формирования ликвидности, использовались приемы сравнительного анализа данных. Ключевым методическим инструментом эмпирической части исследования послужил многофакторный корреляционно-регрессионный анализ на основе параметрического выбора показателей деятельности крупного уральского банка. В рамках данного исследования не подтвержден доминирующий тезис о негативном влиянии избыточной ликвидности на уровень рентабельности коммерческих банков. Так, сравнительный анализ нормативов ликвидности и показателей рентабельности активов разномасштабных российских банков за период 2015–2019 гг. не выявил явной обратно-пропорциональной связи между ликвидностью и доходностью. Анализ парных корреляций также не обнаружил тесной зависимости между величиной норматива текущей ликвидности и операционной прибылью банка. Авторами отмечено, что небольшие по величине активов банки способны демонстрировать сочетание избыточной ликвидности и высокой доходности, в то время как более крупные банки могут не достигать таких результатов. Следовательно, масштаб деятельности банка не является определяющим фактором ликвидности, однако косвенно обеспечивает быстрый доступ к источникам фондирования. Научно-практическим результатом исследования выступают построенные авторами регрессионные модели зависимости обязательного норматива текущей ликвидности банка от ряда показателей деятельности, позволяющие осуществлять прогнозно-аналитическую оценку состояния ликвидности на краткосрочный период. Установлено, что на динамику ликвидности банка оказывают существенное влияние такие параметры, как собственный капитал, краткосрочные обязательства и просроченная ссудная задолженность. Предложенный подход может быть использован аналитическими службами коммерческих банков при разработке предикативных моделей мониторинга ликвидной позиции.

Ключевые слова: коммерческий банк; банковский сектор; ликвидность; факторы ликвидности; риск несбалансированной ликвидности; норматив текущей ликвидности; управление ликвидностью; капитал; краткосрочные обязательства; ликвидные активы.

Список использованных источников

1. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег. М.: Прогресс. 1978. 494 с.
2. Fisher D. Money and Banking. Homewook: Irwin.; 1971. 418 p.
3. Рувуар Ж. Техника банковского дела / пер. с фр. ; под общ. ред. И. В. Широких. М.: Прогресс-Универс. 1993. 157 с.
4. Berger A. N., Bouwman C. H. S. Bank Liquidity Creation, Monetary Policy, and Financial Crises // SSRN Electronic Journal. 2012. March. DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1952728>.
5. Gertler M., Kiyotaki N. Banking, liquidity and bank runs in an infinite horizon economy // NBER Working Paper. 2013. No. 19129. 43 p.
6. Kashyap A. K., Rajan R. G., Stein J. C. Banks as liquidity providers: an explanation for the coexistence of lending and deposit-taking // Journal of Finance. 2002. Vol. 57, Issue 1. Pp. 33–73.
7. Логутова С. В. Ликвидность коммерческих банков: причины кризиса и управление риском // Вестник Новгородского государственного университета. 2011. № 61. С. 31–34.
8. Acharya V. V., Naqvi H. The Seeds of a Crisis: A Theory of Bank Liquidity and Risk-Taking Over the Business Cycle // NYU Working Paper. 2010. No. 2451/29886. 60 p.
9. Бурлачков В. К., Головин М. Ю., Тихонов А. О. Глобальная денежная ликвидность: теоретические основы, показатели, тенденции динамики // Деньги и кредит. 2017. № 12. С. 3–8.
10. Van den End J. W. Liquidity stress-tester: a model for stress-testing banks liquidity risk // CESifo Economic Studies. 2010. Vol. 56, Issue 1. Pp. 38–69.
11. Adrian T., Shin H. S. Liquidity and financial contagion, in Banque de France // Financial Stability Review – Special Issue on Liquidity. 2008. Issue. 11. Pp. 1–7.
12. Goodhart C. A. E., Sunirand P., Tsomocos D. P. A model to analyze financial fragility // Economic Theory. 2006. Vol. 27, Issue 1. Pp. 107–142.
13. Dinger V. Do foreign-owned banks affect banking system liquidity risk? // Journal of Comparative Economics. 2009. Vol. 37, Issue 4. Pp. 647–657.
14. Шершнева Е. Г., Кондюкова Е. С., Полякова А. В. Влияние резервных требований Банка России на состояние банковской ликвидности и денежной массы // Финансы и кредит. 2017. Т. 23, № 27 (747). С. 1597–1613.
15. Ledrut E. Simulating retaliation in payment systems: can banks control their exposure to a failing participant? // DNB Working Paper. No. 133. Netherlands Central Bank, Research Department, 2007.
16. Eichengreen B., Gupta P. The financial crisis and Indian banks: survival of the fittest? // Journal of International Money and Finance. 2013. Vol. 39. Pp. 138–152.
17. Diamond D. W., Rajan R. G. Liquidity shortages and banking crises // Journal of Finance, American Finance Association. 2005. Vol. 60, Issue 2. Pp. 615–647.
18. Berger A. N., Bouwman C. H. S. Bank liquidity creation // Review of Financial Studies. 2009. Vol. 22. P. 3779–3837.
19. Horvath R., Seidler J., Weill L. Bank capital and liquidity creation: granger-causality evidence // Journal of Financial Services Research. 2014. Vol. 45, Issue 3. Pp. 341–361.
20. Bonfim D., Kim M. Liquidity risk in banking: is there herding? // European Banking Center Discussion Paper. 2012. No. 2012–024. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.2163547>.
21. Bonner C., Van Lelyveld I., Zymek R. Bank liquidity buffers and the role of liquidity regulation // Journal of Financial Services Research. 2015. Vol. 48, Issue 3. Pp. 215–234.
22. Moussa M. A. B. The determinants of bank liquidity: case of Tunisia // International Journal of Economics and Financial Issues. 2015. Vol. 5, Issue 1. Pp. 249–259.
23. Singh A., Sharma A. K. An empirical analysis of macroeconomic and bank-specific factors affecting liquidity of Indian banks // Future Business Journal. 2016. Vol. 2. Pp. 40–53.
24. Aspachs O., Nier E., Tiesset M. Liquidity, banking regulation and the macroeconomy. Evidence on bank liquidity holdings from a panel of UK-resident banks // Bank of England Working Paper. 2005. 26 p.

25. *Vodová P.* Determinants of commercial bank liquidity in Hungary // *Finansowy Kwartalnik Internetowy e-Finanse*. 2013. Vol. 9, Issue 4. Pp. 64–71.

26. *Lartey V. C., Antwi S., Boadi E. K.* The relationship between liquidity and profitability of listed banks in Ghana // *International Journal of Business and Social Science*. 2013. Vol. 4, Issue 3. Pp. 48–56.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шершнева Елена Геннадьевна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры банковского и инвестиционного менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0002-6739-8960; e-mail: elena_sher@el.ru.

Хасан Бархам Бакр Хасан

Магистрант кафедры банковского и инвестиционного менеджмента Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0002-5239-4537; e-mail: barhambakr@gmail.com.

Джассим Аль Хадаби

Master of Business Administration, консультант Бизнес-школы Университета Мердока, г. Дубай, Объединенные Арабские Эмираты (345005, Dubai, United Arab Emirates, Dubai International Academic City, Block 10); ORCID 0000-0003-3457-5737; e-mail: alhadabijassim@gmail.com.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Шершнева Е. Г., Бакр Хасан Х. Б., Аль Хадаби Д. Эконометрическое моделирование динамики краткосрочной ликвидности банка на основе многофакторной регрессии // *Journal of Applied Economic Research*. 2020. Т. 19, № 1. С. 79–96. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.005.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 26 февраля 2020 г.; дата поступления после рецензирования 12 марта 2020 г.; дата принятия к печати 16 марта 2020 г.



Метод сетевого экономико-математического моделирования оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием

А. Ф. Шориков¹ ✉, Е. В. Буценко² 

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
г. Екатеринбург, Россия

²Уральский государственный экономический университет,
г. Екатеринбург, Россия

✉ afshorikov@mail.ru

Аннотация. Для успешной деятельности любого хозяйствующего субъекта в области инвестиционного проектирования необходимо иметь современный инструментарий управления его процессами. В статье рассматривается процесс оптимизации адаптивного управления инвестиционными проектами для хозяйствующего субъекта при наличии возможности введения обратной связи. В качестве целевой функции (оценочного функционала) в исследуемой оптимизационной задаче рассматривается значение длительности времени для исполнения инвестиционного проекта в целом, которое требуется минимизировать. Для решения этой задачи предлагается новый метод сетевого экономико-математического моделирования оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием. Предлагаемый метод позволяет сформировать класс допустимых стратегий адаптивного управления (управления по принципу обратной связи) процессом реализации для рассматриваемого инвестиционного проекта. В рамках этого класса стратегий формируется стратегия оптимального адаптивного управления реализацией инвестиционного проекта, вычисляются оптимальное время его реализации и оптимальный календарный график реализации проекта в целом, соответствующие стратегии оптимального адаптивного управления. В работе описывается новая оптимизационная сетевая экономико-математическая модель, учитывающая возможность адаптивного управления реализацией рассматриваемого инвестиционного проекта, и предлагается новый метод для решения этой задачи. Проведена практическая реализация рассматриваемого метода решения на конкретном примере инвестиционного проектирования. Полученные в работе результаты показывают высокую степень эффективности используемого метода. Дальнейшее развитие данного направления может быть связано с разработкой компьютерной модели процессов реализации инвестиционных проектов и созданием систем поддержки принятия решений при управлении их реализацией.

Ключевые слова: адаптивное управление; сетевая модель; инвестиционный проект; экономико-математическое моделирование; оптимизация инвестиций; стратегия управления; календарный график.

1. Актуальность исследования

В условиях усложнения динамических процессов в бизнес-системах, структурной перестройки экономики и неравномерности развития

научно-технического прогресса в различных отраслях, высокой изменчивости фондовых и товарно-сырьевых рынков, ориентированных на текущую конъюнктуру, особенно актуальна разработка

и реализация адаптивных моделей управления экономическими процессами. Ввиду постоянно изменяющихся во времени их свойств и условий реализации, они очень сложно поддаются для организации адаптивного управления.

Преимущество адаптивных систем управления состоит в том, что они отражают динамические свойства экономических процессов, позволяют учитывать информационную ценность реализации предыдущих этапов, а также позволяют формировать достаточно точные оценки будущих значений их состояния. При этом такие системы предназначаются как для краткосрочного, так и для долгосрочного планирования [1–8].

На рис. 1 представлена структурная схема управления экономическими процессами с обратной связью.

Реальные бизнес-процессы, в том числе инвестиционные, протекают в постоянно изменяющихся условиях внешней среды. На события и действия исследуемых процессов воздействуют в разное время различные факторы: одни из них по тем или иным причинам ослабляют свое влияние, другие – увеличивают. Поэтому соответствующие экономико-математические модели управления должны адаптироваться к реализации таких процессов. Учитывая, что

большинство реальных экономических процессов являются нестационарными, то для разработки адаптивных систем управления необходимо рассматривать динамические экономико-математические модели.

Адаптация в таких моделях обеспечивается небольшими дискретными сдвигами [3, 4]. В случае сетевого экономико-математического моделирования [9, 10], если рассматриваемый процесс находится в некотором исходном состоянии, т. е. определены текущие значения его параметров, то на их основе формируется календарный план на один шаг вперед. Затем устанавливается отклонение плановых значений параметров от фактических, и полученная ошибка рассогласования используется для корректировки параметров модели с целью ее улучшения. Далее составляется календарный план на следующий период времени, и такая рекуррентная процедура повторяется.

Таким образом, адаптация управления представляет собой рекуррентную процедуру с получением и использованием каждый раз новой информации о реализации текущего состояния исследуемого процесса. Целью такого «обучения» модели является выбор наилучшего значения параметра управления

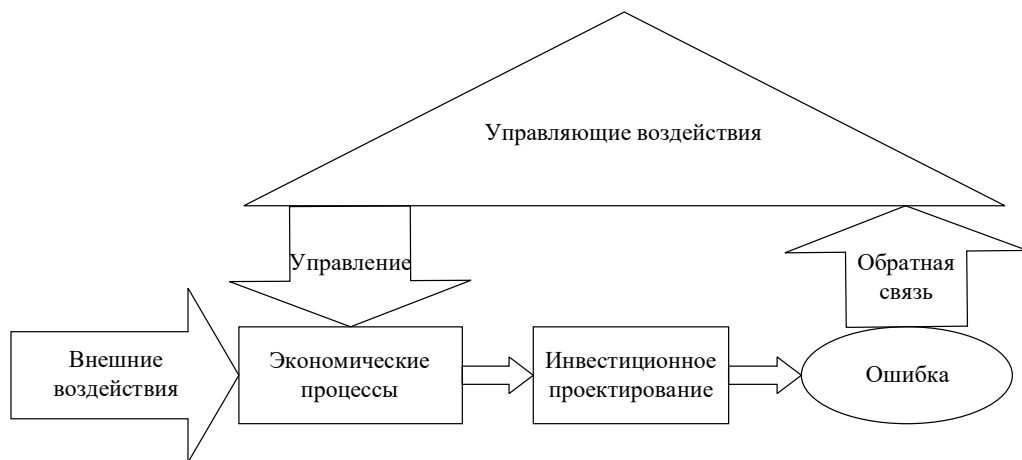


Рис. 1. Управление с обратной связью экономическими процессами

на основе допустимых планов на имеющемся фактическом материале. При этом модели адаптивного управления обладают высокой гибкостью, но при этом достаточно низкой универсальностью, поскольку ориентируются на свойства и условия реализации конкретного процесса. Поэтому при формировании моделей адаптивного управления необходимо в полной мере учитывать имеющиеся свойства, структурные связи между объектами и ограничения на условия реализации исследуемого процесса и использовать их в полном объеме.

Модели и методики организации и реализации поддержки принятия решений с применением адаптивных систем управления необходимо разрабатывать для различных экономических процессов. Для большинства хозяйствующих субъектов экономики одной из основных проблем является недостаток инвестиционных ресурсов для реализации различных проектов. Поэтому разработка и создание модели оптимизации адаптивного управления инвестиционной деятельностью хозяйствующих субъектов является весьма актуальной задачей.

Необходимо отметить, что, несмотря на острую теоретическую и практическую востребованность в нашей стране и в развитых зарубежных экономиках, решение задачи оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием не разрабатывалось ни у нас, ни за рубежом.

С учетом преодоления значительных трудностей и использования самых современных экономико-математических подходов для разработки предлагаемого метода оптимизации адаптивного управления процессами инвестиционного проектирования на основе сетевого моделирования, практические результаты данной работы должны внести весомый вклад в разработку и создание прикладных систем поддержки принятия

управленческих решений для соответствующих экономических структур.

Целью исследования является создание сетевой экономико-математической модели оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием для хозяйствующего субъекта и ее практическая реализация.

2. Степень проработанности проблемы

Методологическую основу исследования составили фундаментальные и прикладные научные труды отечественных и зарубежных авторов в области экономико-математического моделирования, адаптивного управления, сетевого планирования и управления [3, 8–10, 12, 18–25].

Проанализируем кратко некоторые современные работы по адаптивному оптимальному управлению в различных областях деятельности человека.

В работе [5] предложена адаптивная модель управления технологическим процессом бурения скважины в условиях информационной неопределенности и наличия внешних возмущений. Для повышения качества управления процессом бурения скважины в условиях непрогнозируемого изменения свойств породы предлагается оптимизационная модель с нелинейной целевой функцией, удовлетворяющей определенным условиям гладкости. Задача оптимизации процесса шарошечного бурения сводится к нахождению экстремума целевой функции, который позволяет определить наилучшие значения параметров исследуемого процесса в условиях неполной информации об изменении свойств породы. Для формирования управляющего воздействия используется отклонение текущего значения управляемой величины от требуемого значения. В процессе управления имеется возможность неточных измерений параметров

его состояния и основных возмущающих воздействий. Для повышения точности управления разработана интеллектуальная автоматизированная система управления (АСУ) с нелинейными обратными связями на сочетании принципов управления по отклонению значений параметров состояния и возмущений (комбинированная система управления) [5].

В работе [7] рассматривается модельный пример природного стохастического процесса, генерирующего последовательность случайных чисел (ПСЧ). Процесс представляется в виде временного ряда (ВР), стационарного или нестационарного. Генерация ПСЧ осуществляется с помощью равномерного и нормального распределений случайных величин. Моделирование ВР выполняется на основе авторегрессии как линейного фильтра ПСЧ. Для краткосрочных прогнозов результата реализации рассматриваемого стохастического процесса параметры регрессии считаются переменными и оцениваются на каждом шаге с учетом длины (временного лага) входящего потока. Предполагается получение информации о развитии процесса в текущий момент времени, предсказание показателей процесса в течение кратковременного периода с учетом преемственности данных и степени их влияния на процесс. Управление реализуется на основе авторегрессии, параметры которой корректируются (адаптируются) по методу антиградиента квадратической ошибки прогноза. В данной работе сконструирована адаптивная модель контроля природного стохастического стационарного процесса, генерирующего последовательность случайных чисел.

В монографии А. А. Емельянова, О. В. Булыгиной и В. Г. Халина рассмотрены методы и инструментальные средства имитационного моделирования для различных технико-экономических приложений [13]. С позиций экономического

инжиниринга рассматриваются механизмы и инструментарии принятия управленческих решений на основе имитационного моделирования с применением элементов искусственного интеллекта. Для моделирования и компьютерной реализации интеллектуального адаптивного управления процессами принятия решений используются акторные сети, генетические алгоритмы, методы нечеткой логики и муравьиные алгоритмы. Приведен анализ исследования временной, денежно-финансовой и геопространственной динамики различных экономических процессов.

В работе [14] отмечено, что использование механизма swot-анализа для предварительной оценки инвестиционных проектов в ряде случаев оказывается недостаточно эффективным, т. к. не дает точных количественных и временных рекомендаций, и предложена методика ранжирования с более высокой точностью оценки, основанная на построении адаптивной имитационной модели, учитывающей согласованность интересов инвестора и потребителя объекта инвестирования и противоречия их интересов при формировании бюджета инвестиционного проекта.

В работе [15] раскрыта специфика адаптивных АСУ производством. Предложена процедура исследования подобных систем в целях построения их формального описания. Показано, что используемый подход позволяет упростить интеграцию процессов как внутри одного структурного элемента, так и в рамках взаимодействия элементов в многоуровневой системе управления. Для решения задачи адаптивного управления производством используется аппарат системного анализа.

Работа [25] посвящена теоретическим и практическим вопросам реализации адаптивного управления в технических системах прямого и непрямого

управления, мультимодального управления с переключением, для специальных типов модельных структур и стратегий управления.

Таким образом, решение поставленной задачи моделирования оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием на основе сетевого моделирования, позволит дать ответы на актуальные вопросы теории и практики в области экономико-математического моделирования и процессов принятия управленческих решений.

Полученные в работе результаты также основываются на исследованиях [8–25] и являются развитием работ [16–18].

3. Метод сетевого экономико-математического моделирования оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием

Научная новизна данной работы заключается в разработке экономико-математического инструментария для реализации процессов оптимизации управления инвестиционным проектированием на основе адаптивного подхода и методов сетевого планирования и управления. Для предлагаемого метода разработан алгоритм, позволяющий организовать компьютерное моделирование реализации оптимизации адаптивного управления процессами инвестиционного проектирования. Создана компьютерная программная система для моделирования процесса реализации инвестирования с возможностью отражения его динамических свойств, возможности которой проиллюстрированы на содержательном практическом примере. Полученные в данной работе результаты имеют важное значение для развития теории экономико-математического моделирования и инструментальных средств анализа эффективности

инвестиционной деятельности в условиях динамичности процессов инвестиционного проектирования и внешней среды.

Общая методика сетевого планирования и управления процессами инвестиционного проектирования для хозяйствующего субъекта (без возможности адаптации) приведена в работах [17, 18].

Ниже рассмотрим подробное описание предлагаемого метода.

Пусть имеется конкретный инвестиционный проект, для которого существует априори определенная технология его реализации. При этом предполагается, что технологию реализации проекта в целом можно описать в виде конечного набора работ-операций, упорядоченных по времени с учетом имеющихся технико-экономических условий. Требуется оптимизировать время выполнения инвестиционного проекта в целом, используя возможность управления с обратной связью, на основе знания реализации текущего состояния его исполнения.

Тогда формирование стратегии оптимального адаптивного управления реализацией рассматриваемого инвестиционного проекта в целом, можно описать в виде нижеследующей конечной последовательности действий.

1. Вводятся: начальный массив работ-операций

$$\mathbf{R}(0) = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{n_0}(0)\} = \mathbf{R}_0,$$

позволяющих реализовать проект в целом, состоящий из n_0 работ-операций ($n_0 \in \mathbf{N}$; здесь и далее, $\mathbf{N}$ – множество всех натуральных чисел) с правилами, определяющими порядок их следования по времени и логическими условиями, и соответствующий ему массив длительности исполнения работ-операций

$$\Delta(0) = \{\Delta_1(0), \Delta_2(0), \dots, \Delta_{n_0}(0)\} = \Delta_0;$$

полагается: значению целочисленного периода времени $\tau := 0$; значению натурального параметра $s := 1$.

2. Тогда для набора работ-операций $R(\tau) = \{R_1(\tau), R_2(\tau), \dots, R_{n_\tau}(\tau)\} = R_\tau$ где $\tau \in \{N \cup \{0\}\}$, учитывая правила, определяющие порядок следования работ-операций по времени и логические условия, и для массива длительности исполнения работ-операций $\Delta(\tau) = \{\Delta_1(\tau), \Delta_2(\tau), \dots, \Delta_{n_\tau}(\tau)\} = \Delta_\tau$, в соответствии с правилами построения сетевой модели (см., например, [9, 10]), решается задача сетевого моделирования – формирования, соответствующей ему оптимальной сетевой модели $WM_\tau^{(e)}(R(\tau)) \in WM_\tau(R(\tau))$ из класса допустимых сетевых моделей $WM_\tau(R(\tau))$ соответствующих набору работ-операций R_τ .

3. Для сформированной сетевой модели $WM_\tau^{(e)}(R(\tau))$ решается задача построения критического пути (см., например, [9, 10])

$R^{(kr.)}(\tau) = \{R_1^{(kr.)}(\tau; \tau_1), R_2^{(kr.)}(\tau_1; \tau_2), \dots, R_{n_\tau}^{(kr.)}(\tau_{n_\tau}^{(kr.)-1}; \tau_{n_\tau}^{(kr.)})\} = R_\tau^{(kr.)} \subseteq R_\tau$ состоящего из «непрерывной» последовательности $n_\tau^{(kr.)}$ критических работ-операций ($n_\tau^{(kr.)} \in N$).

4. На основе сформированного критического пути

$R_\tau^{(kr.)} = \{R_1^{(kr.)}(\tau; \tau_1), R_2^{(kr.)}(\tau_1; \tau_2), \dots, R_{n_\tau}^{(kr.)}(\tau_{n_\tau}^{(kr.)-1}; \tau_{n_\tau}^{(kr.)})\}$ формируется критическое или оптимальное время $T_\tau^{(e)}$ реализации рассматриваемого проекта в целом ($T_\tau^{(e)} \in N$), при этом выполняется следующее условие:

$$\sum_{k=0}^{n_\tau^{(kr.)}-1} (\tau_{k+1} - \tau_k) = \tau_{n_\tau^{(kr.)}} - \tau_0 = \tau_{n_\tau^{(kr.)}} - \tau = T_\tau^{(e)} (\tau_0 = \tau).$$

5. Формируется целочисленный массив $T_\tau = \{\tau_k\}_{k \in \overline{0, n_\tau^{(kr.)}}}$, соответствующий событиям-периодам критического пути $R_\tau^{(kr.)} = \{R_1^{(kr.)}(\tau; \tau_1), R_2^{(kr.)}(\tau_1; \tau_2), \dots, R_{n_\tau}^{(kr.)}(\tau_{n_\tau}^{(kr.)-1}; \tau_{n_\tau}^{(kr.)})\}$, где $\tau_0 = \tau$, определяющего наименее ранние сроки начала всех операций, выходящих из соответствующего события, и наиболее поздние сроки завершения всех

операций, входящих в соответствующее событие, для сформированного критического пути, вместе с критическим временем $T_\tau^{(e)}$ они запоминаются (здесь и далее, для $n \in N$, целочисленный массив $\overline{1, n} = \{1, 2, \dots, n\}$).

6. Для сформированной сетевой модели $WM_\tau^{(e)}(R(\tau))$, на основании найденного критического пути и $R_\tau^{(kr.)} = \{R_1^{(kr.)}(\tau; \tau_1), R_2^{(kr.)}(\tau_1; \tau_2), \dots, R_{n_\tau}^{(kr.)}(\tau_{n_\tau}^{(kr.)-1}; \tau_{n_\tau}^{(kr.)})\}$ и исходных данных решается задача календарного планирования – формирования оптимального календарного графика $TG_\tau^{(e)}(R(\tau))$ – описания сроков для исполнения всех работ-операций $R(\tau) = \{R_1(\tau), R_2(\tau), \dots, R_{n_\tau}(\tau)\} = R_\tau$, в виде графика (диаграммы) Ганта, трехмерного графика или в виде таблицы данных (см., например, [9, 15, 16]).

7. В результате решения задачи календарного планирования для каждой работы-операции $R_k(\tau) \in R_\tau = \{R_1(\tau), R_2(\tau), \dots, R_{n_\tau}(\tau)\}$, $k \in \overline{1, n_\tau}$ определяется пара событий $S_k^{(bf)} = (T_k^{(b)}(\tau), T_k^{(f)}(\tau))$, где $T_k^{(b)}(\tau) < T_\tau^{(e)}$ – наименее ранний допустимый срок исполнения k -й работы-операции, а $T_k^{(f)}(\tau) \leq T_\tau^{(e)}$ – наиболее поздний допустимый срок исполнения k -й работы-операции.

8. Если $\tau_1 = \tau_{n_\tau}^{(kr.)} = T_\tau^{(e)}$, то осуществляется переход на пункт 14, в противном случае – на пункт 9.

9. Для периода времени $\tau_1 \in T_\tau$ назовем набор $p(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\}$ τ_1 – позицией для рассматриваемого процесса управления инвестиционным проектом, где множество работ-операций $\bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)$ определяется следующим соотношением:

$$\bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\} \quad (m_{\tau_1} \in N : m_{\tau_1} \leq n_0); \quad (1)$$

$\forall k \in \overline{1, m_{\tau_1}} : \bar{R}_k(\tau_1)$ – работа-операция, которая входит в массив работ-операций $R(0) = R_0$, т. е. $\bar{R}_k(\tau_1) \in R_0 = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{n_0}(0)\}$ и такая, что

она реализовалась частично или в полном объеме в период времени $t: t = \tau < \tau_1$, т. е. не позднее начала периода времени τ_1 или говорят – к периоду времени τ_1 .

10. Пусть $P(\tau_1) = \{p_k(\tau_1)\}_{k \in \overline{1, r_{\tau_1}}} = \{\tau_1, \bar{R}_k(\tau_1 | R_0, T_\tau)\}_{k \in \overline{1, r_{\tau_1}}}$ – конечное множество всех допустимых τ_1 -позиций для рассматриваемого процесса управления проектом ($r_{\tau_1} \in \mathbb{N}$), отвечающих периоду времени $\tau_1 \in T_\tau$, и таких, что выполняется условие: $\forall k \in \overline{1, r_{\tau_1}}, \exists l \in \overline{1, m_{\tau_1}^{(k)}}$, что работа-операция $\bar{R}_l^{(k)}(\tau_1) \in \bar{R}_k(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\bar{R}_1^{(k)}(\tau_1), \bar{R}_2^{(k)}(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}^{(k)}}^{(k)}(\tau_1)\}$ ($m_{\tau_1}^{(k)} \in \mathbb{N}$:

$m_{\tau_1}^{(k)} \leq n_0$), и такая, которая реализовалась частично или в полном объеме в период времени $t: t = \tau_1$, т. е. к периоду времени τ_1 .

11. Определим для $\tau_1 \in T_\tau$ допустимую стратегию адаптивного управления проектом U_a как отображение $U_a: P(\tau_1) \rightarrow 2^{R_0}$, которое каждой допустимой τ_1 -позиции $p(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$ ставит в соответствие набор работ-операций $R(\tau_1) \in 2^{R_0}$, а именно:

$$U_a(p(\tau_1)) = R(\tau_1), \quad (2)$$

где $R(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} \in 2^{R_0}$ (здесь и далее для любого множества M символом 2^M будем обозначать множество всех его подмножеств; $n_{\tau_1} \in \mathbb{N}: n_{\tau_1} \leq n_0$).

Обозначим символом U_a множество всех допустимых стратегий U_a адаптивного управления инвестиционным проектом.

12. Для периода времени $\tau_1 \in T_\tau$ назовем набор $p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, R^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$ оптимальной τ_1 -позицией для рассматриваемого процесса адаптивного управления инвестиционным проектом, где множество работ-операций $R^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)$ определяется следующим соотношением:

$$R^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_{m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} (m_{\tau_1} \in \mathbb{N}: m_{\tau_1} \leq n_0); \quad (3)$$

$\forall k \in \overline{1, m_{\tau_1}}: R_k^{(e)}(\tau_1)$ – такая и только такая операция, которая входит

в массив операций $R(0) = R_0$, т. е. $R_k^{(e)}(\tau_1) \in R_0 = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{n_0}(0)\}$ и которая реализовалась в период времени $t: t = \tau < \tau_1$, т. е. к периоду времени τ_1 .

Пусть

$$\hat{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\hat{R}_1^{(e)}(\tau_1), \hat{R}_2^{(e)}(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_0 - m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\}, \quad (4)$$

$$\forall k \in \overline{1, n_0 - m_{\tau_1}}: (\hat{R}_k^{(e)}(\tau_1) \in R_0) \wedge (\hat{R}_k^{(e)}(\tau_1) \notin R^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)). \quad (5)$$

Тогда справедливо равенство:

$$\begin{aligned} R^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) \cup \hat{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) &= \\ &= \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_{m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} \cup \\ &\cup \{\hat{R}_1^{(e)}(\tau_1), \hat{R}_2^{(e)}(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_0 - m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = R_0. \end{aligned} \quad (6)$$

13. Определим стратегию оптимального адаптивного управления инвестиционным проектом $U_a^{(e)} \in U_a$ следующим образом:

1) для τ_1 -позиции

$p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, R^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, пусть

$$\begin{aligned} U_a^{(e)}(p^{(e)}(\tau_1)) &= R^{(e)}(\tau_1) = \{R_0 \setminus R^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} = \\ &= \hat{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{n_0}(0)\} \setminus \\ &\setminus \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_{m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), \\ &\dots, R_{n_0}(0)\} \setminus \{R_1^{(e)}(0), R_2^{(e)}(0), \dots, R_{m_{\tau_1}}^{(e)}(0)\} = \\ &= \{\hat{R}_1^{(e)}(\tau_1), \hat{R}_2^{(e)}(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_0 - m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \\ &= \{\hat{R}_1^{(e)}(\tau_1), \hat{R}_2^{(e)}(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \\ &= \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = R_{\tau_1}, \end{aligned} \quad (7)$$

где $n_{\tau_1} = n_0 - m_{\tau_1}$; $R^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_{m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\}$ – набор работ-операций, соответствующий τ_1 -позиции $p^{(e)}(\tau_1)$; если $R^{(e)}(\tau_1) = R_{\tau_1} = \emptyset$, то полагается: $s := s + 1$; $t_s := \tau_1$; $p_a^{(e)}(t_s) := p^{(e)}(\tau_1)$; $T_a^{(e)} = T_\tau^{(e)}$ и осуществляется переход на пункт 14; в противном случае – полагается: $s := s + 1$; $t_s := \tau_1$; $p_a^{(e)}(t_s) := p^{(e)}(\tau_1)$; на основе части данных, содержащихся в массиве

$\Delta(\tau) = \{\Delta_1(\tau), \Delta_2(\tau), \dots, \Delta_{n_\tau}(\tau)\} = \Delta_\tau$
и имеющимся реальным данным о реализации проекта, вычисляется соответствующий массиву работ-операций $R^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = R_{\tau_1}$ новый массив длительности исполнения работ-операций $\Delta(\tau_1) = \{\Delta_1(\tau_1), \Delta_2(\tau_1), \dots, \Delta_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \Delta_{\tau_1}$, отвечающий периоду времени τ_1 ; полагается $\tau := \tau_1$ и осуществляется переход на пункт 3;

2) для τ_1 -позиции

$$\begin{aligned} p(\tau_1) &= \{\tau_1, \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in \{P(\tau_1) \setminus \{p^{(e)}(\tau_1)\}\}, \\ \text{пусть } U_a^{(e)}(p(\tau_1) = R(\tau_1) &= \{R_0 \setminus \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} = \\ &= \hat{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\hat{R}_{k_1}(\tau_1), \hat{R}_{k_2}(\tau_1), \dots, \\ &= \bar{R}_{\tau_1}(\tau_1)\} \cup \{\{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{n_0}(0)\} \setminus \\ &\setminus \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\}\} = \\ &= \{\hat{R}_1(\tau_1), \hat{R}_2(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_0 - m_{\tau_1} + l_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \\ &= \{\hat{R}_1(\tau_1), \hat{R}_2(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \\ &= \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = R_{\tau_1}, \end{aligned} \quad (8)$$

где $\bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\}$ – набор работ-операций, соответствующий τ_1 -позиции $p(\tau_1)$, при этом учитывая, что $p(\tau_1) \neq p^{(e)}(\tau_1)$, полагается: $\forall l \in \overline{1, l_{\tau_1}}$ работа-операция $\bar{R}_{k_l}(\tau_1) = \hat{R}_{k_l}(\tau_1) \cup \bar{R}_{k_l}(\tau_1) \in \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)$, здесь работа-операция $\bar{R}_{k_l}(\tau_1)$ – часть работы-операции $\bar{R}_{k_l}(\tau_1)$, которая выполнена к периоду времени τ_1 , а $\hat{R}_{k_l}(\tau_1)$ – оставшаяся часть работы-операции $\bar{R}_{k_l}(\tau_1)$, которая еще не выполнена к этому периоду времени ($k_l \in \overline{1, n_{\tau_1}}$), т. к., например, произошла задержка ее выполнения, $l_{\tau_1} \in \mathbb{N}$: $n_{\tau_1} = n_0 - m_{\tau_1} + l_{\tau_1}$; l_{τ_1} – число работ-операций, для которых произошла задержка их выполнения к периоду времени τ_1 ; $R(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = R_{\tau_1} \neq \emptyset$ – набор работ-операций, также соответствующий τ_1 -позиции $p(\tau_1)$ и такой, что выполняется условие: $\forall k \in \overline{1, n_{\tau_1}}$ работа-операция $R_k(\tau_1) \in R_0$ и такая, которая реально может реализоваться в период времени $t: t \geq \tau_1$, в частности $\forall l \in \overline{1, l_{\tau_1}}: \bar{R}_l(\tau_1) \in R(\tau_1)$; на основе части данных, содержащихся в массиве $\Delta(\tau) = \{\Delta_1(\tau), \Delta_2(\tau), \dots, \Delta_{n_\tau}(\tau)\} = \Delta_\tau$

и имеющимся реальным данным о реализации проекта, для сформированного массива работ-операций $R(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = R_{\tau_1}$ вычисляется соответствующий ему массив длительности исполнения работ-операций $\Delta(\tau_1) = \{\Delta_1(\tau_1), \Delta_2(\tau_1), \dots, \Delta_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \Delta_{\tau_1}$, учитывающий наличие задержки исполнения части работ-операций и отвечающий периоду времени τ_1 ; полагается: $s := s + 1$; $t_s := \tau_1$; $p_a^{(e)}(t_s) := p(\tau_1)$; $\tau := \tau_1$ и осуществляется переход на пункт 3.

14. Выходными результатами рассматриваемого процесса оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектом путем реализации стратегии $U_a^{(e)} \in U_a$ является набор данных: $R_a^{(e)} = R(0) = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{n_0}(0)\} = R_0$ – исходный набор работ-операций; $WM_a^{(e)} = WM_0^{(e)}(R(0))$ – оптимальная сетевая модель; $p_a^{(e)}(t_k)$ – набор t_k -позиций $k \in \overline{1, s}$, соответствующих реализации стратегии оптимального адаптивного управления проектом $U_a^{(e)}$; $T_a^{(e)} = T_\tau^{(e)}$ – оптимальное время реализации проекта, соответствующее реализации стратегии оптимального адаптивного управления проектом $U_a^{(e)}$.

15. Полученные результаты отображаются в форме, удобной для хозяйствующего субъекта (лица, принимающего решения), реализующего процесс оптимизации управления рассматриваемым инвестиционным проектом.

4. Результаты применения метода

В связи с тем, что большая часть инвестиций малого бизнеса связана со сферой общественного питания, в качестве области применения выбрана именно эта сфера.

Рассмотрим инвестиционный проект по реконструкции ресторана. Особенности реконструкции ресторана определяются наличием в нем различных

функциональных зон. Такими зонами являются зал для посетителей, производственные помещения, складские зоны, административно-технические и бытовые помещения.

Реконструкция здания позволяет продлить срок его службы, решить конструктивные и коммунальные проблемы, выразить архитектурные особенности. Выполнение соответствующих работ дает уникальную возможность приобрести дополнительные функциональные качества здания и дополнительные производственные площади, что обеспечивает дополнительную экономическую выгоду реконструируемому объекту. При помощи реконструкции можно также увеличить и показатель энергоэффективности здания.

При реконструкции ресторана основное внимание уделяется его направленности и целевой аудитории, а также месту расположения. С учетом этих факторов определяется дизайн интерьера, проектирование фасадной части и входной группы, подбор освещения и оборудования и др.

Исходные данные укрупненных (основных) и пронумерованных работ-операций рассматриваемого инвестиционного проекта представлены в табл. 1. В этой таблице

также указаны длительности исполнения всех работ-операций и для каждой работы указаны предшествующие ей работы. Тогда для периода времени $\tau = 0$, отвечающего событию 1, имеем начальный массив работ-операций $R(0) = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{n_0}(0)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_8(0)\} = R_0$ ($n_0 = 18$) и соответствующий ему массив длительности исполнения работ-операций $\Delta(0) = \{\Delta_1(0), \Delta_2(0), \dots, \Delta_{18}(0)\} = \Delta_0$.

В соответствии с описанным выше методом оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием значения $\tau := 0$ и $s := 0$. Тогда сформированная сетевая модель проекта $WM_{\tau}^{(e)}(R(\tau)) = WM_0^{(e)}(R(0)) \in WM_0(R(0))$ в виде сетевого графика изображена на рис. 2 и соответствует массиву работ-операций $R(\tau) = \{R_1(\tau), R_2(\tau), \dots, R_{n_{\tau}}(\tau)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_0$, массиву длительности исполнения работ-операций $\Delta(\tau) = \{\Delta_1(\tau), \Delta_2(\tau), \dots, \Delta_{n_{\tau}}(\tau)\} = \Delta_{\tau} = \Delta(0) = \{\Delta_1(0), \Delta_2(0), \dots, \Delta_{18}(0)\} = \Delta_0$, а также имеющимся логическим условиям и условиям следования для всех работ-операций рассматриваемого инвестиционного проекта. Начальным событием в этой сети является событие под номером 1, финальным – событие под номером 11.

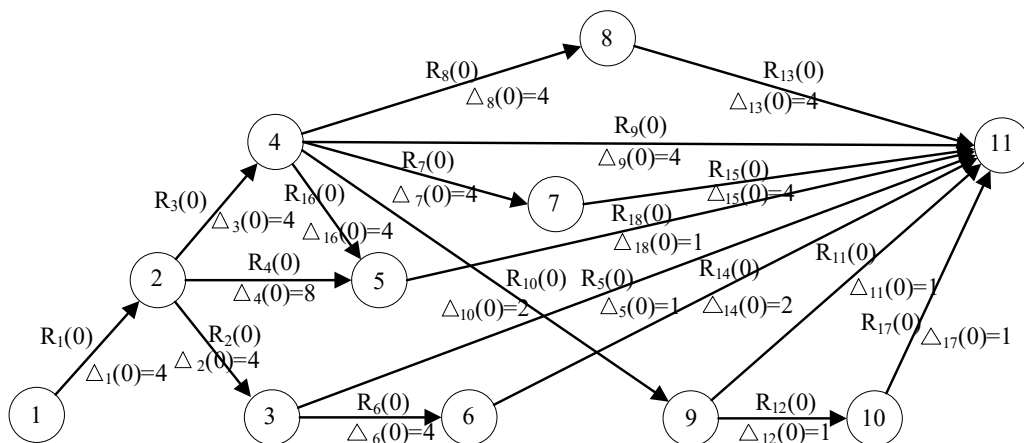


Рис. 2. Используемая сетевая модель инвестиционного проекта

Таблица 1. Исходные данные инвестиционного проекта

№ работы	Содержание работы	Длительность работы, недель	Предшествующие работы
$R_1(0)$	Дизайн-проект, технический проект	$\Delta_1(0) = 4$	—
$R_2(0)$	Выбор оборудования, посуды, инвентаря, мебели	$\Delta_2(0) = 4$	$R_1(0)$
$R_3(0)$	Согласование проекта с Роспотребнадзором, с ГПС МЧС	$\Delta_3(0) = 4$	$R_1(0)$
$R_4(0)$	Ремонт и подготовка помещения (освещение, вывески, декорирование)	$\Delta_4(0) = 8$	$R_1(0)$
$R_5(0)$	Видеонаблюдение и охранная сигнализация	$\Delta_5(0) = 1$	$R_2(0)$
$R_6(0)$	Разработка ТУ и ТИ на блюда	$\Delta_6(0) = 4$	$R_2(0)$
$R_7(0)$	Подбор шеф-повара	$\Delta_7(0) = 4$	$R_3(0)$
$R_8(0)$	Набор персонала	$\Delta_8(0) = 4$	$R_3(0)$
$R_9(0)$	Оплата и доставка оборудования, посуды, инвентаря, мебели	$\Delta_9(0) = 4$	$R_3(0)$
$R_{10}(0)$	Монтаж и установка оборудования	$\Delta_{10}(0) = 2$	$R_3(0)$
$R_{11}(0)$	Запуск оборудования	$\Delta_{11}(0) = 1$	$R_{10}(0)$
$R_{12}(0)$	Установка программного обеспечения	$\Delta_{12}(0) = 1$	$R_{10}(0)$
$R_{13}(0)$	Реклама	$\Delta_{13}(0) = 4$	$R_8(0)$
$R_{14}(0)$	Обучение персонала	$\Delta_{14}(0) = 2$	$R_6(0)$
$R_{15}(0)$	Заключение договоров с поставщиками, на вывоз ТБО	$\Delta_{15}(0) = 4$	$R_7(0)$
$R_{16}(0)$	Уборка стройплощадки	$\Delta_{16}(0) = 4$	$R_3(0)$
$R_{17}(0)$	Расстановка мебели и пробный запуск	$\Delta_{17}(0) = 1$	$R_{12}(0)$
$R_{18}(0)$	Предварительная приемка выполненных работ	$\Delta_{18}(0) = 1$	$R_4(0), R_{16}(0)$

Отметим, что формирование сетевой модели проекта дает неоднозначный результат. А именно, на основе правил построения сетевой модели получены несколько вариантов допустимой для реализации сети (см., например, рис. 3, где символами $F_i(0)$, $i \in \overline{1,6}$, отмечены фиктивные работы, не требующие затрат времени и ресурсов), из которых для использования выбрана только одна из них, которая изображена на рис. 2.

Дальнейшие действия производятся именно с параметрами этой выбранной сетевой модели рассматриваемого инвестиционного проекта.

Разработка календарного плана реализации рассматриваемого инвестиционного проекта заключается в установлении допустимых сроков наступления событий проекта, соответствующих всем работам-операциям, определяющим проект в целом, который

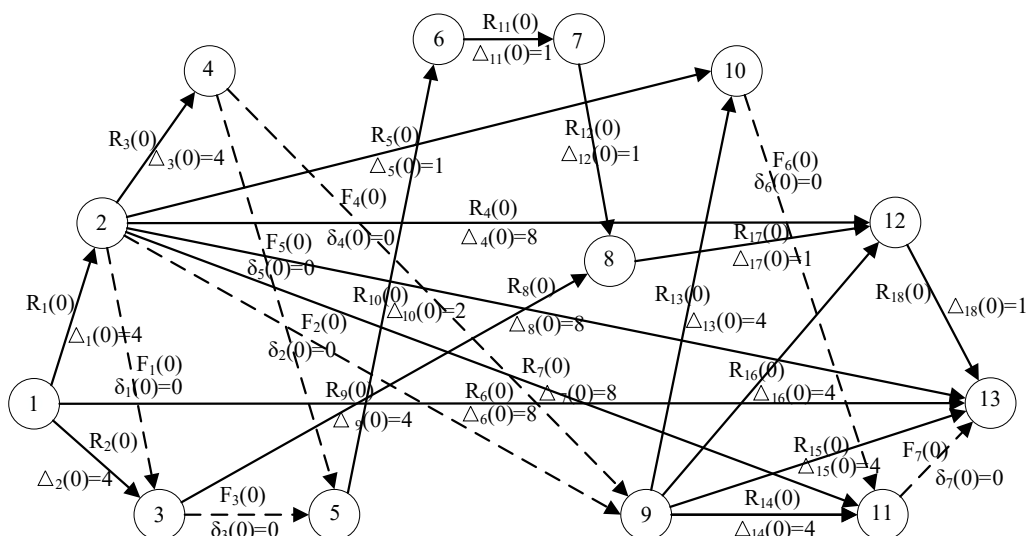


Рис. 3. Допустимая сетевая модель инвестиционного проекта

описывается в виде соответствующего сетевого графика.

Проведем расчет показателей сетевого моделирования проекта в соответствии с предлагаемым методом оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием, описанным выше в данной работе.

В соответствии с этим методом, на первом этапе на основе исходных данных, включающих начальный массив работ-операций $\mathbf{R}(\tau) = \{R_1(\tau), R_2(\tau), \dots, R_{n_\tau}(\tau)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_8(0)\} = \mathbf{R}_0$, соответствующий ему массив длительности исполнения работ-операций $\Delta(\tau) = \{\Delta_1(\tau), \Delta_2(\tau), \dots, \Delta_{n_\tau}(\tau)\} = \Delta_1(0), \Delta_2(0), \dots, \Delta_{18}(0)\} = \Delta_0$, а также сформированную сетевую модель рассматриваемого инвестиционного проекта, изображенную на рис. 2, необходимо оптимизировать сетевую модель по параметру времени – найти критический путь, критическое время и сформировать соответствующий календарный график реализации инвестиционного проекта в целом, т. е. решить задачу календарного планирования.

Формулы для расчетов временных параметров событий сформированной сетевой модели описаны,

например, в [9, 18]. Для данной сетевой модели, соответствующей рассматриваемому инвестиционному проекту, для начального периода времени $\tau = 0$ имеется два критических пути, которые представлены на рис. 4 и выделены серым цветом и жирными линиями. Длительность каждого из них составляет 16 недель и состоит из соответствующих последовательностей работ-операций: $\{R_1(\tau), R_3(\tau), R_8(\tau), R_{13}(\tau)\}$ и $\{R_1(\tau), R_5(\tau), R_7(\tau), R_{15}(\tau)\}$. В результате сформировано два критических пути $\mathbf{R}^{(кр.)}(\tau) = \{R_1^{(кр.)}(\tau; \tau_1), R_2^{(кр.)}(\tau; \tau_2), \dots, R_{n_\tau}^{(кр.)}(\tau; \tau_{n_\tau}^{(кр.)})\} = \mathbf{R}_\tau^{(кр.)} = \{R_1^{(кр.)}(0; 4), R_2^{(кр.)}(4; 8), R_3^{(кр.)}(8; 12), R_4^{(кр.)}(12; 16)\} = \{R_1(\tau), R_3(\tau), R_8(\tau), R_{13}(\tau)\} = \mathbf{R}^{(кр.)}(0) = \mathbf{R}_0^{(кр.)}$ и $\tilde{\mathbf{R}}^{(кр.)}(\tau) = \{\tilde{R}_1^{(кр.)}(0; 4), \tilde{R}_2^{(кр.)}(4; 8), \tilde{R}_3^{(кр.)}(8; 12), \tilde{R}_4^{(кр.)}(12; 16)\} = \{R_1(\tau), R_5(\tau), R_7(\tau), R_{15}(\tau)\} = \tilde{\mathbf{R}}^{(кр.)}(0) = \tilde{\mathbf{R}}_0^{(кр.)}$, где $n_\tau^{(кр.)} = 4$, имеющих одинаковую суммарную длительность исполнения входящих в них работ-операций. Для выполнения дальнейших действий выбирается любой из этих критических путей, а конкретно – выбираем первый из них, т. е. $\mathbf{R}^{(ед.)}(\tau)$.

Отметим, что продолжительность по времени реализации выбранного критического пути $R^{(ed.)}(\tau) = R^{(ed.)}(0)$ определяет критическое время $T_{\tau}^{(e)} = T_0^{(e)} = 16$, т. е. минимальное время, необходимое для выполнения всех работ-операций, образующих весь комплекс мероприятий для реализации рассматриваемого инвестиционного проекта в целом. За время, которое меньше критического времени, весь комплекс работ для этого инвестиционного проекта не может быть выполнен. Поэтому любая задержка выполнения хотя бы одной работы-операции, входящей в критический путь, увеличивает время выполнения проекта в целом.

Далее, в соответствии с предлагаемым методом, формируется целочисленный массив $T_{\tau} = \{\tau_k\}_{k \in 0, n_{\tau}^{(kp.)}} = T_0 = \{\tau_k\}_{k \in 0, 4} = \{\tau_0, \tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4\} = \{0; 4; 8; 12; 16\}$, соответствующий событиям-периодам $\{1; 2; 4; 8; 11\}$ выбранного критического пути $R_{\tau}^{(kp.)} = \{R_1^{(kp.)}(0; 4), R_2^{(kp.)}(4; 8), R_3^{(kp.)}(8; 12), R_4^{(kp.)}(12; 16)\} = \{R_1(\tau), R_2(\tau), R_3(\tau), R_4(\tau)\} = \{R_1(0), R_2(0), R_3(0), R_4(0)\} = R_0^{(kp.)}$, который определяет наименее ранние сроки начала всех работ-операций, выходящих из соответствующего события, и наиболее поздние сроки завершения всех работ-операций, входящих

в соответствующее событие, для сформированного критического пути, и вместе с критическим временем $T_0^{(e)} = 16$ они запоминаются.

Для сформированной сетевой модели $WM_{\tau}^{(e)}(R(\tau)) = WM_0^{(e)}(R(0))$, на основании найденного критического пути $R_{\tau}^{(kp.)} = \{R_1^{(kp.)}(0; 4), R_2^{(kp.)}(4; 8), R_3^{(kp.)}(8; 12), R_4^{(kp.)}(12; 16)\} = R_0^{(kp.)}$ и соответствующего ему массива длительности исполнения работ-операций $\Delta(\tau) = \{\Delta_1(\tau), \Delta_2(\tau), \dots, \Delta_n(\tau)\} = \Delta_{\tau} = \Delta_1(0), \Delta_2(0), \dots, \Delta_n(0) = \Delta(0) = \Delta_0$, решается задача календарного планирования – формирования календарного графика $TG_{\tau}^{(e)}(R(\tau)) = TG_0^{(e)}(R(0))$ – описания допустимых сроков для исполнения всех работ-операций $R(\tau) = \{R_1(\tau), R_2(\tau), \dots, R_{n_{\tau}}(\tau)\} = R_{\tau} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} = R(0) = R_0$.

Календарный график исполнения всех работ-операций инвестиционного проекта, соответствующие периоду времени $\tau = 0$, в виде диаграммы Ганта приведен на рис. 5.

По оси абсцисс отмечена длительность исполнения работ-операций проекта в неделях; по оси ординат – их номер; прямоугольниками с черным цветом обозначены *некритические* работы-операции проекта; прямоугольниками

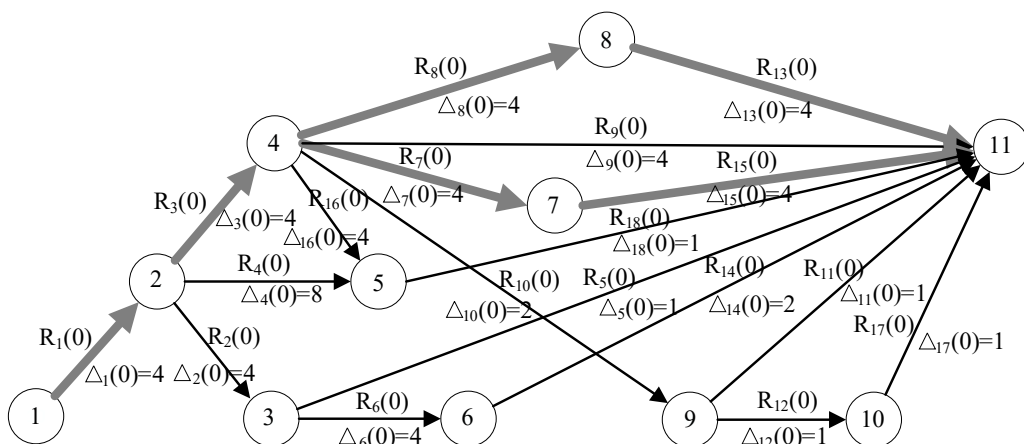


Рис. 4. Критические пути в сетевой модели инвестиционного проекта, соответствующие периоду времени $\tau = 0$

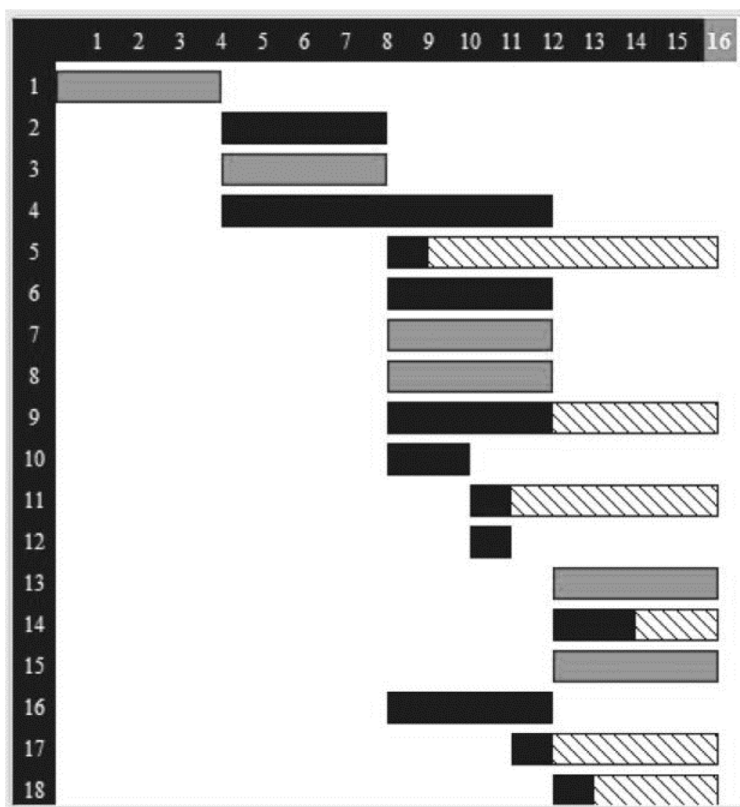


Рис. 5. Календарный график инвестиционного проекта, соответствующий периоду времени $\tau = 0$

с серым цветом обозначены *критические* работы-операции; прямоугольниками со штрихом обозначены свободные резервы времени для исполнения работ-операций.

Таким образом, результаты расчетов показали, что завершение данного инвестиционного проекта планируется через 16 недель. Это условие может быть записано в контракте, и нарушение данного срока повлечет для подрядчика исполнения работ-операций проекта денежный штраф, пропорциональный периоду запаздывания при их реализации. Учитывая это, подрядчику необходимо разработать такой план реализации работ-операций проекта, который учитывает все возможные задержки при его выполнении.

Проведем оптимизацию адаптивного управления реализацией рассматриваемого инвестиционного проекта для

сформированной сетевой модели в соответствии с описанным выше методом.

Рассмотрим подробнее работу-операцию $R_1(\tau) = R_1(0)$ – «Дизайн-проект» и на ее примере покажем реализацию оптимизации управления с обратной связью. Исполнение данной работы предполагает осуществление следующих пяти этапов: 1 – подготовка технического задания; 2 – эскизный проект; 3 – рабочий проект; 4 – инженерные разделы; 5 – дизайн-проект.

В состав полного дизайн-проекта входят обмерный план, план демонтируемых перегородок с привязками, план возводимых перегородок с привязками, отметки высот потолков и привязки, план раскладки полов, план светильников и выключателей, план розеток и слаботочных систем, план расположения сантехники с привязками, план

расположения и открывания дверей, расположение и привязки теплых полов, план расстановки мебели, необходимые узлы и разрезы, развертки, спецификация отделочных материалов, спецификация напольных покрытий, спецификация светильников, спецификация сантехники, спецификация дверных проемов, спецификация предметов мебели. Очевидно, что объем выполняемых работ достаточно большой и требует взаимодействия различных категорий специалистов. В среднем сроки проектирования выполнения работ составляют 1–2 месяца.

Согласно экспертному заключению, выданному экспертной организацией по проверке дизайн-проектов и возможности их реализации, дизайн-проект имеет несоответствие условиям договора: в составе проектной документации по перепланировке помещения отсутствуют чертежи переустройства водопроводных и тепловых сетей внутри здания, а также документы о согласовании такого переустройства с организациями, производящими содержание и обслуживание систем водоснабжения и теплоснабжения здания ресторана.

Вследствие этого работа-операция $R_1(\tau) = R_1(0)$ произведена с задержкой на две недели и к периоду времени τ_1 , т. е. в период времени τ с длительностью $\Delta_1(\tau) = \Delta_1(\tau) = \Delta_1(0) = 4$, выполнена только ее часть $\tilde{R}_1(\tau) = \tilde{R}_1(0) \neq R_1(0) = R_1(\tau)$, а для выполнения оставшейся ее части $\tilde{R}_1(\tau) = \tilde{R}_1(0)$ потребуется период времени длительностью $\Delta_1(\tau) = \Delta_1(0) = 2$, и обозначим $\bar{\Delta}_1(0) = \Delta_1(0) + \Delta_1(0) = 4 + 2 = 6$. В этом случае длительность реализации всего проекта в целом увеличится на две недели, т. к. работа-операция $R_1(\tau) = R_1(0)$ является критической работой проекта, и общая продолжительность исполнения проекта в целом составит в итоге 18 недель.

Отметим, что не все задержки работ-операций увеличивают длительность исполнения всего проекта в целом, т. к. некоторые некритические работы могут иметь резервы времени для их исполнения, т. е. в их рамках можно осуществлять сдвиг начала (окончания) исполнения этих работ.

Пересматривая аналогичным образом все работы-операции проекта, легко корректировать имеющийся план их исполнения и принимать соответствующие управленческие решения, например своевременно составить дополнительное соглашение к договору подряда, избежав, тем самым, негативных последствий.

Далее, используя предложенный в данной статье новый метод оптимизации адаптивного управления для рассматриваемого инвестиционного проекта, выполняется нижеследующая последовательность действий по его реализации.

А именно, формируется отвечающая сложившейся ситуации τ_1 -позиция ($\tau_1 = 4$) проекта $p(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, где $P(\tau_1)$ – конечное множество всех допустимых τ_1 -позиций, а множество работ-операций $\bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_i(\tau_1)\}$ и является одноэлементным, т. е. $m_{\tau_1} = 1 < n_\tau = 18$, где $\bar{R}_1(\tau_1) = \{\tilde{R}_1(\tau_1) \cup \tilde{R}_1(\tau_1)\} = \{\tilde{R}_1(0) \cup \tilde{R}_1(0)\} = R_1(0) \in \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)$, здесь работа-операция $\tilde{R}_1(\tau_1)$ – часть работы-операции $\bar{R}_1(\tau_1)$, которая выполнена к периоду времени τ_1 , а работа-операция $\tilde{R}_1(\tau_1)$ – оставшаяся для выполнения часть работы-операции $\bar{R}_1(\tau_1)$. При этом очевидно, что $p(\tau_1) = \{\tau_1, \{\bar{R}_1(\tau_1)\}\} \neq p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, \{R_1^{(e)}(\tau_1)\}\} = \{\tau_1, \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, т. е. $p(\tau_1) \in \{P(\tau_1) \setminus \{p^{(e)}(\tau_1)\}\}$, т. к. работа-операция $\bar{R}_1(\tau_1) = \{\tilde{R}_1(\tau_1) \cup \tilde{R}_1(\tau_1)\} = \{\tilde{R}_1(0) \cup \tilde{R}_1(0)\} = R_1(0)$ не выполнена в полном объеме в предписанные сроки календарного графика, т. е. не реализовалась к периоду времени $t \leq \tau_1 = 4$, а ее оставшаяся часть – есть работа $\tilde{R}_1(\tau_1)$.

Тогда в соответствии с определенной в предлагаемом методе стратегией оптимального адаптивного управления инвестиционным проектом $U_a^{(e)} \in U_a$ полагаем:

$$\begin{aligned} U_a^{(e)}(p(\tau_1)) &= R(\tau_1) = \{R_0 \setminus \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} = \\ &= \hat{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \bar{R}_1(\tau_1) \cup \{\{R_1(0), R_2(0), \dots, \\ &R_{n_0}(0)\} \setminus \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\}\} = \\ &= \bar{R}_1(\tau_1) \cup \{\{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \\ &\setminus \{\bar{R}_1(\tau_1)\}\} = \bar{R}_1(\tau_1) \cup \{\{R_1(0), R_2(0), \dots, \\ &R_{18}(0)\} \setminus \{R_1(0)\}\} = \{\bar{R}_1(0), R_2(0), \dots, \\ &R_{18}(0)\} = \{\hat{R}_1(\tau_1), \hat{R}_2(\tau_1), \dots, \\ &\hat{R}_{n_0-m_{\tau_1}+l_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{\hat{R}_1(\tau_1), \hat{R}_2(\tau_1), \dots, \\ &\hat{R}_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{18}(\tau_1)\} = \\ &= \{\bar{R}_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}, \quad (9) \end{aligned}$$

где $l_{\tau_1} = 1$; $n_{\tau_1} = n_0 - m_{\tau_1} + l_{\tau_1} = 18 - 1 + 1 = 18$; $\bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\bar{R}_1(\tau_1)\} = \{R_1(0)\}$ – набор работ-операций, соответствующий τ_1 -позиции $p(\tau_1)$ и состоящий из одной работы-операции. На основе данных, содержащихся в массиве $\Delta(\tau) = \{\Delta_1(\tau), \Delta_2(\tau), \dots, \Delta_{18}(\tau)\} = \{\Delta_1(0), \Delta_2(0), \dots, \Delta_{18}(0)\} = \Delta_\tau$, вычисляется соответствующий массиву работ-операций $R(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{18}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}$ массив длительности исполнения работ-операций $\Delta(\tau_1) = \{\Delta_1(\tau_1), \Delta_2(\tau_1), \dots, \Delta_{18}(\tau_1)\} = \{\Delta_1(0), \Delta_2(0), \dots, \Delta_{18}(0)\} = \Delta_{\tau_1}$; $\Delta_1(\tau) = \Delta_1(0) = 4$; $\Delta_1(\tau_1) = \Delta_1(0) = 2$; полагается: $s := s + 1$; $t_s := \tau_1$; $p_a^{(e)}(t_s) := p(\tau_1)$; $\tau := \tau_1 = 4$.

Далее, в соответствии с предлагаемым методом, в результате решения новой задачи календарного планирования, отвечающей периоду времени $\tau = 4$ и сформированному набору работ-операций $R(\tau) = \{R_1(\tau), R_2(\tau), \dots, R_{18}(\tau)\} = \{\bar{R}_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_\tau$, формируются два новых критических пути рассматриваемого инвестиционного проекта,

которые представлены на рис. 6 и отмечены серым цветом и жирной линией, и каждому из них соответствует единственное критическое время $T_\tau^{(e)} = 18$. Отметим, что около отрезка-ребра, обозначающего работу-операцию, отмечена длительность ее выполнения, включающая задержку исполнения, если таковая имеется. Для оптимизации адаптивного управления выбирается любой из этих критических путей, конкретно выбираем путь $R^{(kp)}(\tau) = \{R_1^{(kp)}(4;6), R_2^{(kp)}(6;10), R_3^{(kp)}(10;14), R_4^{(kp)}(14;18)\} = R_\tau^{(kp)}$, состоящий из последовательности работ-операций: $\{\bar{R}_1(\tau), R_3(\tau), R_8(\tau), R_{13}(\tau)\} = \{\bar{R}_1(0), R_3(0), R_8(0), R_{13}(0)\}$, где $n_\tau^{(kp)} = 4$, которым соответствует новый массив периодов времени для реализации процесса оптимизации адаптивного управления $T_\tau = \{\tau_k\} \xrightarrow{k \in 0, n_\tau^{(kp)}} \{\tau_k\}_{k \in 0,4} = \{4, 6; 10; 14; 18\} = \{\tau_0, \tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4\}$, где $\tau_0 = \tau = 4$, соответствующий событиям $\{1; 2; 4; 8; 11\}$ рассматриваемой сетевой модели, который определяет наименее ранние сроки начала всех работ-операций, выходящих из соответствующего события, и наиболее поздние сроки завершения всех работ-операций, входящих в соответствующее событие, для сформированного критического пути, и вместе с критическим временем $T_\tau^{(e)} = 18$ они запоминаются. Отметим, что $\bar{R}_i(\tau) = \bar{R}_i(0) \neq R_i(0)$, где $\bar{R}_i(\tau)$ – есть невыполненная часть работы-операции $R_i(0)$ и в этой ситуации имеем: $\tau_1 = \tau + 2 = 4 + 2 = 6$.

На основании сформированного критического пути $R_\tau^{(kp)}$ производится расчет нового календарного графика реализации всех еще невыполненных работ рассматриваемого инвестиционного проекта, описываемых набором работ-операций $R(\tau) = \{R_1(\tau), R_2(\tau), \dots, R_{18}(\tau)\} = \{\bar{R}_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_\tau$, содержащего допустимые сроки для их реализации.

После устранения задержки, т. е. выполнения исходной работы-операции $R_1(\tau) = \bar{R}_1(\tau) \cup \bar{R}_1(\tau) = \bar{R}_1(0) \cup \bar{R}_1(0) = R_1(0)$

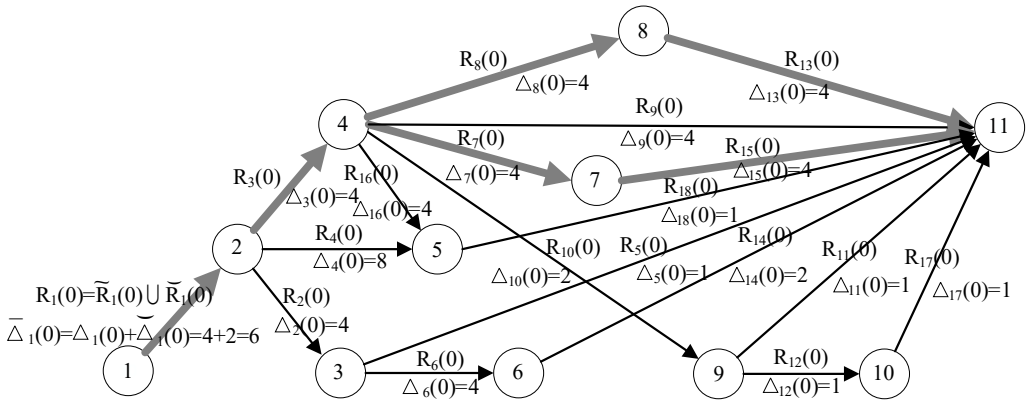


Рис. 6. Критические пути в сетевой модели проекта, соответствующие периоду времени $\tau = 4$

в полном объеме, в соответствии с предлагаемым методом формируются, отвечающая сложившейся ситуации, новая τ_1 -позиция ($\tau_1 = 6$) проекта $p(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, где $P(\tau_1)$ – множество всех допустимых τ_1 -позиций, а множество работ-операций $\bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_1(\tau_1)\}$, т. е. $m_{\tau_1} = 1 < n_0 = 18$. При этом $p(\tau_1) = \{\tau_1, \{\bar{R}_1(\tau_1)\}\} = p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, \{R_1^{(e)}(\tau_1)\}\} = \{\tau_1, \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, т. к. работа $\bar{R}_1(\tau_1) = R_1(0)$ – единственная работа-операция массива работ R_0 , которая должна быть выполнена в срок, определенный новым календарным графиком и она реализовалась к периоду времени $t = \tau_1 = 6$.

Тогда в соответствии с определенной в предлагаемом методе стратегией оптимального адаптивного управления инвестиционным проектом $U_a^{(e)} \in U_a$ для τ_1 -позиции $p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, имеем:

$$\begin{aligned} U_a^{(e)}(p^{(e)}(\tau_1)) &= R^{(e)}(\tau_1) = \\ &= \{R_0 \setminus \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} = \hat{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \\ &= \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \\ &\dots, R_{m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \\ &\setminus \{R_1^{(e)}(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \\ &\setminus \{\bar{R}_1(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \\ &\setminus \{R_1(0)\} = \{R_2(0), R_3(0), \dots, R_{18}(0)\} = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \{\hat{R}_1^{(e)}(\tau_1), \hat{R}_2^{(e)}(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_0-m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \\ &= \{\hat{R}_1^{(e)}(\tau_1), \hat{R}_2^{(e)}(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \\ &= \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{R_1(\tau_1), \\ &R_2(\tau_1), \dots, R_{17}(\tau_1)\} = \{R_2(0), R_3(0), \dots, \end{aligned}$$

$$R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}, \quad (10)$$

где $n_{\tau_1} = n_0 - m_{\tau_1} = 18 - 1 = 17$; $\bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\bar{R}_1^{(e)}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_1(\tau_1)\} = \{R_1(0)\}$ – набор работ-операций, соответствующий τ_1 -позиции $p^{(e)}(\tau_1)$ и состоящий из одной работы-операции. Тогда, учитывая, что $R^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{17}(\tau_1)\} = R_{\tau_1} \neq \emptyset$, то полагается: $s := s + 1$; $t_s := \tau_1$; $p_a^{(e)}(t_s) := p^{(e)}(\tau_1)$ на основе данных, содержащихся в массиве $A(\tau) = \{A_1(\tau), A_2(\tau), \dots, A_{18}(\tau)\} = \{A_1(0), A_2(0), \dots, A_{18}(0)\} = A_\tau$, вычисляется соответствующий массиву работ-операций $R^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{17}(\tau_1)\} = \{R_2(0), R_3(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}$ новый массив длительности исполнения работ-операций $A(\tau_1) = \{A_1(\tau_1), A_2(\tau_1), \dots, A_{17}(\tau_1)\} = \{A_2(0), A_3(0), \dots, A_{18}(0)\} = A_{\tau_1}$, отвечающий новому периоду времени τ_1 ; полагается $\tau := \tau_1 = 6$.

В результате решения новой задачи календарного планирования, отвечающей периоду времени $\tau = 6$ и сформированному набору работ-операций $R^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{17}(\tau_1)\} = \{R_2(0), R_3(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}$, из двух имеющихся критических путей выбира-

ется единственный новый критический путь для рассматриваемого инвестиционного проекта $R^{(kp)}(\tau) = \{R_1^{(kp)}(6;10), R_2^{(kp)}(10;14), R_3^{(kp)}(14;18)\} = R_\tau^{(kp)}$, где $n_\tau^{(kp)} = 3$, состоящий из последовательности работ-операций $\{R_3(\tau), R_8(\tau), R_{13}(\tau)\} = \{R_3(0), R_8(0), R_{13}(0)\}$, и его длительность составляет 18 недель, т. е. новое критическое время $T_\tau^{(e)} = 18$. Сформированному критическому пути соответствует новый массив периодов времени для реализации процесса оптимизации адаптивного управления $T_\tau = \{\tau_k\}_{k \in 0, n_\tau^{(kp)}} = \{\tau_k\}_{k \in 0, 3} = \{6, 10; 14; 18\} = \{\tau_0, \tau_1, \tau_2, \tau_3\}$, где $\tau_0 = \tau = 6$, который определяет наименее ранние сроки начала всех работ-операций, выходящих из соответствующего события, и наиболее поздние сроки завершения всех работ-операций, входящих в соответствующее событие, для сформированного критического пути, и вместе с критическим временем $T_\tau^{(e)} = 18$ они запоминаются. В этой ситуации имеем: $\tau_1 = \tau + 4 = 6 + 4 = 10$.

Новый критический путь инвестиционного проекта с учетом задержки при выполнении работы $R_1(0)$ представлен на рис. 7. Составляется также новый календарный график, содержащий допустимые сроки для реализации всех еще невыполненных работ-операций рассматриваемого инвестицион-

ного проекта, описываемых набором $R^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{17}(\tau_1)\} = \{R_2(0), R_3(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}$.

Далее пусть в рассматриваемом модельном примере возникла задержка по времени при выполнении работы-операции $R_1(\tau) = R_2(0)$ данного инвестиционного проекта, которая соответствует комплектованию оборудования, посуды, инвентаря и мебели. Она произошла по причине организационных проблем, связанных с несогласованностью в выборе типов креплений и материалов, и составила три недели.

Вследствие этого, работа-операция $R_1(\tau) = R_2(0)$ произведена с задержкой на три недели и к периоду времени τ_1 , т. е. в период времени τ с длительностью $\Delta_1(\tau) = \tilde{\Delta}_1(\tau) = \Delta_2(0) = 4$, выполнена только ее часть $\tilde{R}_1(\tau) = \tilde{R}_2(0) \neq R_2(0) = R_1(\tau)$, а для выполнения оставшейся ее части $\bar{R}_1(\tau) = \bar{R}_2(0)$ потребуется период времени длительностью $\bar{\Delta}_1(\tau) = \bar{\Delta}_2(0) = 3$, и обозначим $\bar{\Delta}_2(0) = \Delta_2(0) + \Delta_1(0) = 4 + 3 = 7$.

Тогда на основании предлагаемого метода, формируется отвечающая сложившейся ситуации τ_1 -позиция $(\tau_1 = 10)$ проекта $\in P(\tau_1)$, где $P(\tau_1)$ – множество всех допустимых τ_1 -позиций, а множество работ-операций $\bar{R}(\tau_1 | R_\tau, T_\tau) = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \bar{R}_3(\tau_1)\}$, т. е. $m_{\tau_1} = 3 < n_0 = 18$,

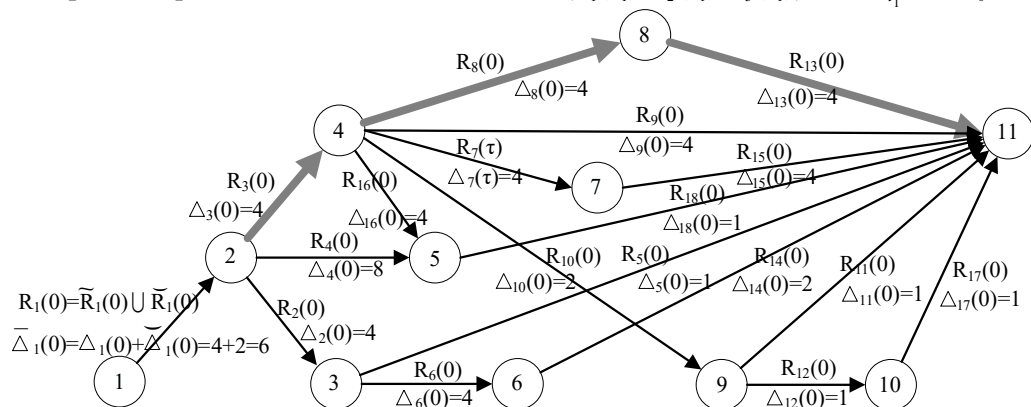


Рис. 7. Критический путь в сетевой модели проекта, соответствующий периоду времени $\tau = 6$

где $\bar{R}_2(\tau_1) = \{\tilde{R}_2(\tau_1) \cup \bar{R}_2(\tau_1)\} = \{\bar{R}_2(0) \cup \bar{R}_2(0)\} = R_2(0) \in \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)$, здесь работа-операция $\bar{R}_2(\tau_1)$ – часть работы-операции $\bar{R}_2(\tau_1)$, которая выполнена к периоду времени τ_1 , а работа-операция $\tilde{R}_2(\tau_1)$ является оставшейся для выполнения ее частью. При этом очевидно, что $p(\tau_1) = \{\tau_1, \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \bar{R}_3(\tau_1)\} \neq p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), R_3^{(e)}(\tau_1)\}\} = \{\tau_1, \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_\tau, T_\tau)\} \in$, т. е. $p(\tau_1) \in \{P(\tau_1) \setminus \{p^{(e)}(\tau_1)\}\}$, т. к. работа-операция $\bar{R}_2(\tau_1)$ не выполнена в полном объеме в предписанные сроки нового календарного график, т. е. она не реализовалась к периоду времени $t \leq \tau_1 = 10$, а ее оставшаяся часть – есть работа-операция $\tilde{R}_2(\tau_1)$.

Далее, в соответствии с определенной в предлагаемом методе стратегией оптимального адаптивного управления инвестиционным проектом $U_a^{(e)} \in U_a$, полагаем:

$$\begin{aligned} U_a^{(e)}(p(\tau_1)) &= R(\tau_1) = \{R_0 \setminus \bar{R}(\tau_1 | R_\tau, T_\tau)\} = \\ &= \hat{R}(\tau_1 | R_\tau, T_\tau) = \bar{R}_2(0) \cup \{\{R_1(0), R_2(0), \dots, \\ &R_{18}(0)\} \setminus \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\}\} = \\ &= \bar{R}_2(0) \cup \{\{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \\ &\bar{R}_3(\tau_1)\}\} = \bar{R}_2(0) \cup \{\{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \\ &\setminus \{R_1(0), R_2(0), R_3(0)\}\} = \{\bar{R}_2(0), R_4(0), R_5(0), \dots, \\ &R_{18}(0)\} = \{\hat{R}_1(\tau_1), \hat{R}_2(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_0-m_{\tau_1}+l_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \\ &= \{\hat{R}_1(\tau_1), \hat{R}_2(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, \\ &R_{16}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_2(0), R_4(0), R_5(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1} \quad (11) \end{aligned}$$

где $l = 1$; $n_{\tau_1} = n_0 - m_{\tau_1} + l_{\tau_1} = 18 - 3 + 1 = 16$; $\bar{R}(\tau_1 | R_\tau, T_\tau) = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \bar{R}_3(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), R_3(0)\}$ – набор работ-операций, соответствующий τ_1 -позиции $p(\tau_1)$ и состоящий из трех работ-операций. На основе данных, содержащихся в массиве $A(\tau) = \{A_1(\tau), A_2(\tau), \dots, A_{17}(\tau)\} = \{A_2(0), A_3(0), \dots, A_{18}(0)\} = A_\tau$, вычисляется соответствующий массиву работ-операций $R(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{16}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_2(0), R_4(0), R_5(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}$ массив длительности исполнения работ-операций $A(\tau_1) = \{A_1(\tau_1), A_2(\tau_1), \dots, A_{16}(\tau_1)\} = \{A_2(0), A_3(0), \dots, A_{18}(0)\} = A_{\tau_1}$;

$\Delta_1(\tau) = \Delta_2(0) = 4$; $\Delta_1(\tau_1) = \bar{\Delta}_2(0) = 3$; полагается: $s := s + 1$; $t_s = \tau_1$; $p_a^{(e)}(t_s) = p(\tau_1)$; $\tau := \tau_1 = 10$.

В соответствии с предлагаемым методом, в результате решения новой задачи календарного планирования, отвечающей периоду времени $\tau = 10$ и сформированному набору работ-операций $R(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{16}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_2(0), R_4(0), R_5(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}$ формируется единственный новый критический путь (рис. 8) рассматриваемого инвестиционного проекта $R^{(кр.)}(\tau) = \{R_1^{(кр.)}(10;13), R_2^{(кр.)}(13;17), R_3^{(кр.)}(17;19)\} = R_\tau^{(кр.)}$, состоящий из трех работ-операций $\{\bar{R}_2(\tau), R_6(\tau), R_{14}(\tau)\}$, а также новый календарный график, описывающий допустимые сроки исполнения всех еще невыполненных работ-операций, которым соответствует новый массив периодов времени для реализации процесса адаптивного управления $T_\tau = \{\tau_k\} \xrightarrow[k \in 0, n_\tau^{(кр.)}]{k \in 0, n_\tau^{(кр.)}} \{\tau_k\}_{k \in 0,3} = \{10;13;17;19\} = \{\tau_0, \tau_1, \tau_2, \tau_3\}$, где $\tau_0 = \tau = 10$. Отметим, что $\bar{R}_2(\tau) \neq R_2(0)$, где $\bar{R}_2(\tau)$ есть невыполненная часть работы-операции $R_2(0)$, и в этой ситуации имеем: $\tau_1 = \tau + 3 = \tau_0 + 3 = 10 + 3 = 13$.

После устранения задержки, т. е. выполнения исполняемой работы-операции $R_1(\tau) = \bar{R}_1(\tau) \cup \bar{R}_1(\tau) = R_2(0)$ в полном объеме, в соответствии с предлагаемым методом формируется, отвечающая сложившейся ситуации, новая τ_1 -позиция ($\tau_1 = 13$) проекта $p(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, где $P(\tau_1)$ – множество всех допустимых τ_1 -позиций, а множество работ-операций $\bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \bar{R}_3(\tau_1)\}$, т. е. $m_{\tau_1} = 3 < n_0 = 18$. При этом $p(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \bar{R}_3(\tau_1)\} = p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, \{R_1^{(e)}(\tau_1), \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), R_3^{(e)}(\tau_1)\}\} = \{\tau_1, \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, т. к. работы из массива $\{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \bar{R}_3(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), R_3(0)\}$ есть такие и только такие работы-операции, которые и должны быть выполнены к периоду времени

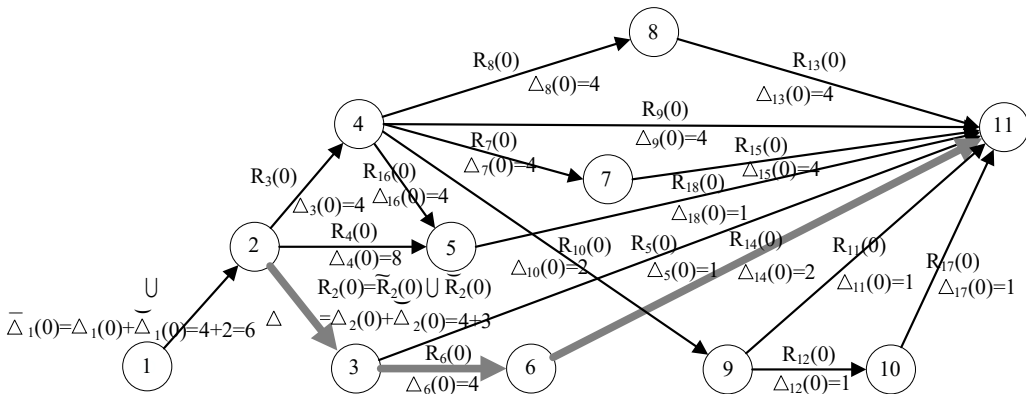


Рис. 8. Критический путь сетевой модели, соответствующий периоду времени $\tau = 10$

$t = \tau_1 = 13$ – в срок, определенный для них сформированным календарным графиком.

Тогда в соответствии с определенной в предлагаемом методе стратегией оптимального адаптивного управления инвестиционным проектом $U_a^{(e)} \in U_a$ для τ_1 -позиции $p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, имеем:

$$\begin{aligned} U_a^{(e)}(p^{(e)}(\tau_1)) &= R^{(e)}(\tau_1) = \{R_0 | \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} = \\ &= \hat{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \\ &\quad \setminus \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_{m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \\ &= \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \{R_1^{(e)}(\tau_1), \\ &\quad R_2^{(e)}(\tau_1), R_3^{(e)}(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, \\ &\quad R_{18}(0)\} \setminus \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_2), \bar{R}_3(\tau_1)\} = \\ &= \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \{R_1(0), R_2(0), R_3(0)\} = \\ &= \{R_4(0), R_5(0), \dots, R_{18}(0)\} = \hat{R}_1^{(e)}(\tau_1), \\ &\quad \dots, \hat{R}_{n_0 - m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1) = \{\hat{R}_1^{(e)}(\tau_1), \hat{R}_2^{(e)}(\tau_1), \dots, \\ &\quad \hat{R}_{n_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \\ &= \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{15}(\tau_1)\} = \{R_4(0), R_5(0), \\ &\quad \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}, \quad (12) \end{aligned}$$

где $n_{\tau_1} = n_0 - m_{\tau_1} = 18 - 3 = 15$; $\bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_\tau, T_\tau) = \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), R_3^{(e)}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \bar{R}_3(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), R_3(0)\}$ – набор работ-операций, соответствующий τ_1 -позиции $p^{(e)}(\tau_1)$ и состоящий из трех работ-операций. Тогда, учитывая, что

$R^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{15}(\tau_1)\} = R_{\tau_1} \neq \emptyset$, то полагается: $s := s + 1$; $t_s := \tau_1$; $p_a^{(e)}(t_s) := p^{(e)}(\tau_1)$ на основе данных, содержащихся в массиве $A(\tau) = \{A_1(\tau), A_2(\tau), \dots, A_{16}(\tau)\} = \{\bar{A}_2(0), A_3(0), \dots, A_{18}(0)\} = A_\tau$, вычисляется соответствующий массиву работ-операций $R^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{15}(\tau_1)\} = \{R_4(0), R_5(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}$ новый массив длительности исполнения работ-операций $A(\tau_1) = \{A_1(\tau_1), A_2(\tau_1), \dots, A_{15}(\tau_1)\} = \{A_4(0), A_5(0), \dots, A_{18}(0)\} = A_{\tau_1}$, отвечающий новому периоду времени $\tau = \tau_1$; полагается $\tau := \tau_1 = 13$.

Дальнейшая реализация оставшихся для исполнения работ-операций рассматриваемого инвестиционного проекта происходит без задержек.

Тогда на основании предлагаемого метода осуществляется решение новой задачи календарного планирования, отвечающей периоду времени $\tau = 13$ и сформированному набору работ-операций $R^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{15}(\tau_1)\} = \{R_4(0), R_5(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}$ формируется единственный новый критический путь (рис. 12) рассматриваемого инвестиционного проекта $R^{(kp)}(\tau) = \{R_1^{(kp)}(13; 17), R_2^{(kp)}(17; 19)\} = R_{\tau}^{(kp)}$, который является частью предыдущего критического пути (рис. 9) и состоит из двух работ-операций $\{R_6(\tau), R_{14}(\tau)\} = \{R_6(0), R_{14}(0)\}$, а также новый календарный график,

являющийся частью предыдущего графика, которым соответствует новый массив периодов времени для реализации процесса адаптивного управления $T_\tau = \{\tau_k\}_{k \in I_{(p)}} = \{\tau_k\}_{k \in 0,2} = \{13; 17; 19\} = \{\tau_0, \tau_1, \tau_2\}$, где $\tau_0 = \tau = 13$.

Далее формируется отвечающая сложившейся ситуации новая τ_1 -позиция ($\tau_1 = 17$) проекта $p(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, где $P(\tau_1)$ – множество всех допустимых τ_1 -позиций, а множество работ-операций $\bar{R}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_7(\tau_1)\}$, т. е. $m_{\tau_1} = 7 < n_0 = 18$. При этом $p(\tau_1) = \{\tau_1, \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_7(\tau_1)\}\} = p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_7^{(e)}(\tau_1)\}\} = \{\tau_1, \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, т. к. работы из массива $\{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_7(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), R_3(0), R_6(0), R_7(0), R_8(0), R_{10}(0)\}$ есть такие и только такие работы-операции, которые и должны быть выполнены к периоду времени $t = \tau_1 = 17$ – в срок, определенный для них сформированным календарным графиком.

Тогда в соответствии с определенной в предлагаемом методе стратегией оптимального адаптивного управления инвестиционным проектом $U_a^{(e)} \in U_a$ для τ_1 -позиции $p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} \in P(\tau_1)$, имеем:

$$U_a^{(e)}(p^{(e)}(\tau_1)) = R^{(e)}(\tau_1) = \{R_0 \setminus \bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau)\} = \{\hat{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{R_1(0), R_2(0), \dots,$$

$$\begin{aligned} & R_{18}(0)\} \setminus \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_{m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \\ & = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \{R_1^{(e)}(\tau_1), \\ & R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_7^{(e)}(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, \\ & R_{18}(0)\} \setminus \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_7(\tau_1)\} = \\ & = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \{R_1(0), R_2(0), \\ & R_3(0), R_6(0), R_7(0), R_8(0), R_{10}(0)\} = \\ & = \{R_4(0), R_5(0), R_9(0), R_{11}(0), R_{12}(0), \dots, R_{18}(0)\} = \\ & = \{\hat{R}_1^{(e)}(\tau_1), \hat{R}_2^{(e)}(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_0-m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \{\hat{R}^{(e)}(\tau_1), \\ & \hat{R}_2^{(e)}(\tau_1), \dots, \hat{R}_{n_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, \\ & R_{n_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{11}(\tau_1)\} = \\ & = \{R_4(0), R_5(0), R_9(0), R_{11}(0), R_{12}(0), \\ & \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}, \quad (13) \end{aligned}$$

где $n_{\tau_1} = n_0 - m_{\tau_1} = 18 - 7 = 11$; $\bar{R}^{(e)}(\tau_1 | R_0, T_\tau) = \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_7^{(e)}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_7(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), R_3(0), R_6(0), R_7(0), R_8(0), R_{10}(0)\}$ – набор работ-операций, соответствующий τ_1 -позиции $p^{(e)}(\tau_1)$ и состоящий из семи работ-операций. Тогда, учитывая, что $R^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{11}(\tau_1)\} = R_{\tau_1} \neq \emptyset$, то полагается: $s := s + 1$; $t_s := \tau_1$; $p_a^{(e)}(t_s) := p^{(e)}(\tau_1)$; на основе данных, содержащихся в массиве $A(\tau) = \{A_1(\tau), A_2(\tau), \dots, A_{15}(\tau)\} = A_\tau$ вычисляется соответствующий массиву работ-операций $R^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{11}(\tau_1)\} = \{R_4(0), R_5(0), R_9(0), R_{11}(0), R_{12}(0), \dots, R_{18}(0)\} = R_{\tau_1}$ новый массив длительности

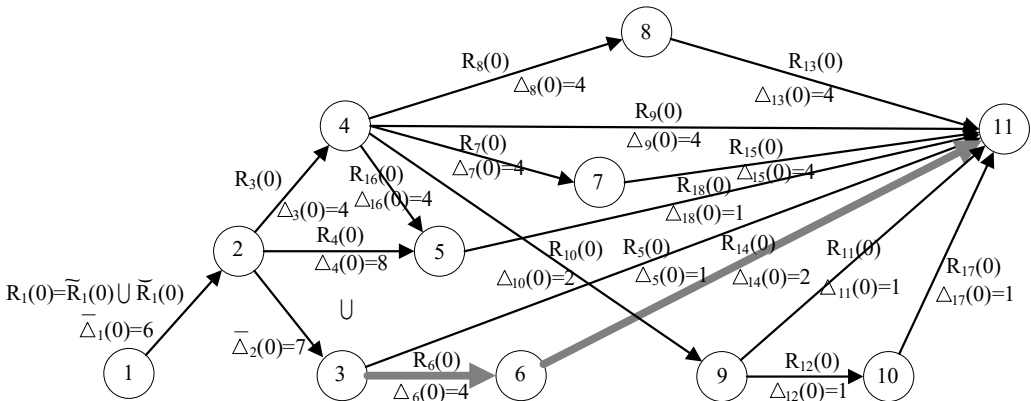


Рис. 9. Критический путь сетевой модели, соответствующий периоду времени $\tau = 13$

исполнения работ-операций $\mathcal{A}(\tau_1) = \{\mathcal{A}_1(\tau_1), \mathcal{A}_2(\tau_1), \dots, \mathcal{A}_{11}(\tau_1)\} = \{\mathcal{A}_4(0), \mathcal{A}_5(0), \mathcal{A}_9(0), \mathcal{A}_{11}(0), \mathcal{A}_{12}(0), \dots, \mathcal{A}_{18}(0)\} = \mathcal{A}_{\tau_1}$, отвечающий новому периоду времени $\tau = \tau_1$; полагается $\tau := \tau_1 = 17$.

Далее на основании предлагаемого метода осуществляется решение новой задачи календарного планирования, отвечающей периоду времени $\tau = 17$ и сформированному набору работ-операций $\mathbf{R}^{(e)}(\tau_1) = \{R_1(\tau_1), R_2(\tau_1), \dots, R_{11}(\tau_1)\} = \{R_4(0), R_5(0), R_9(0), R_{11}(0), R_{12}(0), \dots, R_{18}(0)\} = \mathbf{R}_{\tau_1}$, формируется единственный новый критический путь рассматриваемого инвестиционного проекта $\mathbf{R}^{(кр.)}(\tau) = \{R_2^{(кр.)}(17; 19)\} = \mathbf{R}_{\tau}^{(кр.)}$, который является частью предыдущего критического пути (рис. 9) и состоит из одной работы-операции $\{R_{14}(\tau)\}$, а также новый календарный график, являющийся частью предыдущего графика. Этим элементам решения рассматриваемой задачи инвестиционного проектирования соответствует новый массив периодов времени для реализации процесса адаптивного управления $\mathbf{T}_{\tau} = \{\tau_k\}_{k \in \overline{1, m_{\tau}^{(кр.)}}} = \{\tau_k\}_{k \in \overline{0, 1}} = \{17; 19\} = \{\tau_0, \tau_1\}$, где $\tau_0 = \tau = 17$.

Тогда формируется отвечающая сложившейся ситуации новая τ_1 -позиция ($\tau_1 = 19$) проекта $p(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{\mathbf{R}}(\tau_1 | \mathbf{R}_0, \mathbf{T}_{\tau})\} \in \mathbf{P}(\tau_1)$, где $\mathbf{P}(\tau_1)$ – множество всех допустимых τ_1 -позиций, а множество работ-операций $\bar{\mathbf{R}}(\tau_1 | \mathbf{R}_0, \mathbf{T}_{\tau}) = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{m_{\tau_1}}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{18}(\tau_1)\}$, т. е. $m_{\tau_1} = 18 = n_0 = 18$. При этом $p(\tau_1) = \{\tau_1, \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{18}(\tau_1)\}\} = p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_{18}^{(e)}(\tau_1)\}\} = \{\tau_1, \bar{\mathbf{R}}^{(e)}(\tau_1 | \mathbf{R}_0, \mathbf{T}_{\tau})\} \in \mathbf{P}(\tau_1)$, т. к. работы из массива $\{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{18}(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\}$ есть такие и только такие работы-операции, которые и должны быть выполнены к периоду времени $t = \tau_1 = 19$ – в срок, определенный для них сформированным календарным графиком.

Далее, в соответствии с определенной в предлагаемом методе стратегией

оптимального адаптивного управления инвестиционным проектом $U_a^{(e)} \in U_a$ для τ_1 -позиции $p^{(e)}(\tau_1) = \{\tau_1, \bar{\mathbf{R}}^{(e)}(\tau_1 | \mathbf{R}_0, \mathbf{T}_{\tau})\} \in \mathbf{P}(\tau_1)$, имеем:

$$\begin{aligned} U_a^{(e)}(p^{(e)}(\tau_1)) &= \mathbf{R}^{(e)}(\tau_1) = \{\mathbf{R}_0 \setminus \bar{\mathbf{R}}^{(e)}(\tau_1 | \mathbf{R}_0, \mathbf{T}_{\tau})\} = \\ &= \hat{\mathbf{R}}^{(e)}(\tau_1 | \mathbf{R}_0, \mathbf{T}_{\tau}) = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \\ &\setminus \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_{m_{\tau_1}}^{(e)}(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), \\ &\dots, R_{18}(0)\} \setminus \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_{18}^{(e)}(\tau_1)\} = \\ &= \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \\ &\bar{R}_{18}(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} \setminus \{R_1(0), \\ &R_2(0), \dots, R_{18}(0)\} = \mathbf{R}_{\tau_1} = \emptyset. \quad (14) \end{aligned}$$

В соответствии с определенной в предлагаемом методе стратегией оптимального адаптивного управления инвестиционным проектом $U_a^{(e)} \in U_a$ и учитывая, что $\bar{\mathbf{R}}^{(e)}(\tau_1 | \mathbf{R}_0, \mathbf{T}_{\tau}) = \{R_1^{(e)}(\tau_1), R_2^{(e)}(\tau_1), \dots, R_{18}^{(e)}(\tau_1)\} = \{\bar{R}_1(\tau_1), \bar{R}_2(\tau_1), \dots, \bar{R}_{18}(\tau_1)\} = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\}$, т. е. $m_{\tau_1} = n_0 = 18$ и $\mathbf{R}^{(e)}(\tau_1) = \mathbf{R}_{\tau_1} = \emptyset$, то получается, что к периоду времени $\mathbf{T}_{\tau}^{(e)} = \tau_1 = 19$ реализовались все работы-операции рассматриваемого инвестиционного проекта. Следовательно, процесс оптимизации адаптивного управления, т. е. формирования и реализации стратегии $U_a^{(e)} \in U_a$ считается выполненным, полагается: $s := s + 1$; $t_s := \tau_1 = 19$; $p_a^{(e)}(t_s) := p^{(e)}(\tau_1)$ и осуществляется переход на формирование выходных данных.

Выходные результаты процесса оптимизации адаптивного управления рассматриваемым инвестиционным проектом, т. е. формирования и реализации стратегии $U_a^{(e)} \in U_a$, формируются в соответствии с п. 14 приведенного в первой части статьи описания предлагаемого метода и есть следующие данные: $\mathbf{R}_a^{(e)} = \mathbf{R}(0) = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{n_0}(0)\} = \mathbf{R}_0 = \{R_1(0), R_2(0), \dots, R_{18}(0)\}$ – исходный набор работ-операций; $\mathbf{WM}_a^{(e)} = \mathbf{WM}_0^{(e)}(\mathbf{R}(0))$ – оптимальная сетевая модель; $p_a^{(e)}(t_k)$ – набор t_k -позиций $k \in \overline{1, s}$, соответствующих реализации стратегии оптимального

адаптивного управления проектом $U_a^{(e)}$; $T_a^{(e)} = T_\tau^{(e)} = T_{17}^{(e)} = 19$ – оптимальное время реализации проекта, соответствующее реализации стратегии оптимального адаптивного управления проектом $U_a^{(e)}$.

Полученные результаты отображаются в форме, удобной для хозяйствующего субъекта (лица, принимающего решения), реализующего процесс оптимизации управления инвестиционным проектом, например в виде таблиц, графиков или диаграмм.

Отметим, что если не применять предложенный метод оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием, то уже в период времени, отвечающий $\tau = \tau_1 = 4$, когда еще не реализовалась в полном объеме работа-операция $R_1(\tau_1) = \{\tilde{R}_1(\tau_1) \cup \tilde{R}_1(\tau_1)\} = R_1(\tau) = \tilde{R}_1(0)$, а реализовалась только ее часть $\tilde{R}_1(\tau_1)$, осуществление рассматриваемого инвестиционного проекта в соответствии с календарным графиком, разработанным для начального периода времени $\tau = 0$, приведет к пересечению периодов исполнения, входящих в него работ $R_2(\tau_1) = R_2(\tau) = R_2(0)$ и $R_3(\tau_1) = R_3(\tau) = R_3(0)$, что является недопустимым из условий его реализации и приведет к неисполнению проекта в целом.

Таким образом, из полученных результатов решения модельной задачи инвестиционного проектирования можно сделать общий вывод, что применение предлагаемого нового метода оптимизации адаптивного управления процессами инвестиционного проектирования позволяет осуществить обратную связь в форме соответствующих реакций управляющего воздействия на непредвиденные изменения ситуаций при его реализации и получить оптимальный результат – оптимальное время для исполнения инвестиционного проекта в целом.

5. Основные выводы

Важной особенностью предлагаемого нового формализованного

экономико-математического метода формирования стратегии оптимального адаптивного управления инвестиционным проектированием является то, что он учитывает возможность управления по принципу обратной связи на основе реальных данных о состоянии реализации соответствующих процессов. Данные, получаемые хозяйствующим субъектом по ходу реализации инвестиционного проекта, последовательно используются для формирования стратегии оптимального адаптивного управления.

Применение адаптивных принципов построения модели оптимизации управления процессами инвестиционного проектирования позволяют существенно снизить влияние неопределенности на качество результатов управления, компенсируя недостаток априорной информации на этапе проектирования.

Рассмотренная в статье модельная задача оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием призвана раскрыть насущные проблемы управления комплексами работ в одной из важных сфер национальной экономики – сфере ресторанного бизнеса. Несомненно, что инвесторы, менеджеры, аналитики, инженеры, предприниматели, плановики и вообще все лица и группы лиц, несущие ответственность за разработку и контроль реализации конкретных инвестиционных проектов, смогут оценить значительные преимущества возможностей оптимального адаптивного сетевого моделирования, по сравнению с другими моделями управления.

На основе предложенного в данной статье нового метода оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием разработаны соответствующие численные методы и создан программный комплекс, позволяющий реализовать компьютерное моделирование решения рассматриваемой задачи. Данный комплекс может использоваться

в качестве инструментального средства для поддержки принятия управленческих решений при практической реализации инвестиционного проектирования хозяйствующими субъектами.

Дальнейшее развитие методов сетевого моделирования и календарного планирования для процессов инвестиционного проектирования и создания на их основе моделей оптимизации адаптивного управления может быть направлено на разработку и создание инструментальных средств, поддерживающих принятие управленческих решений в данной сфере деятельности. Компьютерная интеллектуальная

система поддержки принятия решений для оптимизации адаптивного управления процессами инвестиционного анализа и проектирования может быть разработана, например, с помощью технологий экспертных систем и моделирования знаний на основе продукционных правил и нейронных сетей или моделей машинного обучения. Применение интеллектуальной компьютерной системы позволит хозяйствующему субъекту иметь в распоряжении эффективный инструментарий для оценки возможностей реализации различных производственных и коммерческих инвестиционных проектов.

Список использованных источников

1. Математика и кибернетика в экономике: словарь-справочник. М.: Экономика, 1975. 704 с.
2. Карев В. П. Математическое моделирование бизнеса – оценка, инвестиционное проектирование, управление предприятием. М.: Маросейка, 2010. 347 с.
3. Срагович В. Г. Адаптивное управление. М.: Наука, 1981. 384 с.
4. Карпов Л. Е., Юдин В. Н. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов // Труды Института системного программирования РАН. 1996. С. 37–57.
5. Шугина А. А., Ступина А. А. Адаптивная модель управления технологическим процессом в условиях неопределенности // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 5. С. 83–88 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=36673> (дата обращения: 13.08.2019).
6. Комаева Л. Э. Адаптивные организационные структуры управления предприятиями в нестабильной среде хозяйствования. М.: Инфра-М, 2017. 200 с.
7. Рыжкина Т. А. Построение адаптивной модели контроля стохастического процесса // Научные труды Дальрыбвтуза. 2019. Т. 47, № 1. С. 49–56.
8. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ / пер. с англ. 2-е изд. М.: Вильямс, 2011. 1 296 с.
9. Кофман А., Дебазей Г. Сетевые методы планирования и их применение. М.: Прогресс, 1968. 182 с.
10. Таха Хемди А. Введение в исследование операций / 7-е изд. ; пер. с англ. М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. 912 с.
11. Скурихин В. И., Забродский В. А., Конейченко Ю. В. Проектирование систем адаптивного управления производством. Харьков: Изд. Вища школа, 1984. 206 с.
12. Харари Ф. Теория графов. М.: УРСС, 2003. 300 с.
13. Емельянов А. А., Булыгина О. В., Халин В. Г. Экономико-имитационное моделирование с элементами искусственного интеллекта. М.: Неолит, 2018. 160 с.
14. Емельянов А. А., Власова Е. А., Емельянова Н. З., Прокимнов Н. Н. Имитационное моделирование инвестиционных процессов // Прикладная информатика. 2012. № 2 (38). С. 93–99.
15. Чертовской В. Д. Информационная поддержка адаптивного автоматизированного управления производством // Прикладная информатика. 2013. № 1 (43). С. 11–17.
16. Шориков А. Ф. Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. ун-та, 1997. 242 с.

17. Шориков А. Ф., Буценко Е. В. Построение сетевой экономико-математической модели для реализации процесса оптимизации инвестиционного проектирования // Прикладная информатика. Научно-практический журнал. Изд-во «МФПУ «Синергия». 2015. Т. 10, № 2(56). С. 80–91.

18. Шориков А. Ф., Буценко Е. В. Прогнозирование и оптимизация результата управления инвестиционным проектированием. М.: URSS-ЛЕНАНД, 2017. 272 с.

19. Aksyonov K., Bykov E., Aksyonova O., Goncharova N., Nevolina A. Analysis of Simulation Modeling Systems Illustrated with the Problem of Model Design for the Subject of Technological Logistics (WIP) // Society for Modeling & Simulation International (SCS). 2015 Summer Simulation Multi-Conference (SummerSim'15). Simulation Series. 2015. Vol. 47, Issue 10. Pp. 345–348.

20. Aksyonov K., Antonova A., Goncharova N. Choice of the Scheduling Technique Taking into Account the Subcontracting Optimization // Advances in Signal Processing and Intelligent Recognition Systems. SIRS2017. Advances in Intelligent Systems and Computing / edited by S. M. Thampi, S. Krishnan, J. M. Corchado Rodriguez, S. Das, M. Wozniak, D. Al-Jumeily. Vol. 678. Springer, Cham., 2018. Pp. 297–304. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-67934-1_26.

21. Astolfi A. Nonlinear and Adaptive Control, Tools and Algorithms for the User. London: Imperial College Press, 2006. 313 p.

22. Astroem K. J., Wittenmark B. Adaptive Control. 2nd edition. Dover Publications, 2008. 590 p.

23. Artificial Intelligence Techniques / Edited by A. Bundy. Springer Verlag, 1997.

24. Farrell J. A., Polycarpou M. M. Adaptive Approximation Based Control. Unifying Neural, Fuzzy and Traditional Adaptive Approximation Approaches. John Wiley, 2006. 432 p.

25. Landau I. D., Lozano R., M'Saad M., Karimi A. Adaptive Control: Algorithms, Analysis and Applications. London: Springer, 2011. 610 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шориков Андрей Федорович

Доктор физико-математических наук, профессор кафедры прикладной математики Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0003-1255-0862; e-mail: afshorikov@mail.ru.

Буценко Елена Владимировна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры бизнес-информатики Уральского государственного экономического университета, г. Екатеринбург, Россия (620144, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта, 62); ORCID 0000-0003-2747-5391; e-mail: evl@usue.ru.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 18-01-00544 «Задачи достижимости, управления, оценивания в динамических системах с импульсным управлением и неопределенностью».

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Шориков А. Ф., Буценко Е. В. Метод сетевого экономико-математического моделирования оптимизации адаптивного управления инвестиционным проектированием // Journal of Applied Economic Research. 2020. Т. 19, № 1. С. 97–124. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.006.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 19 ноября 2019 г.; дата поступления после рецензирования 28 января 2020 г.; дата принятия к печати 20 февраля 2020 г.

Method of Network Economic-Mathematical Modeling of Adaptive Control Optimization Investment Projecting

A. F. Shorikov¹ ✉, E. V. Butsenko² 

¹Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

²Urals State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

✉ afshorikov@mail.ru

Abstract. For successful activity of any business entity in the field of investment projecting, it is necessary to have modern tools for managing its processes. The article discusses the process of optimizing adaptive control of investment projects for an economic entity with the possibility of introducing feedback. The value of the length of time for the execution of the investment project as a whole, which needs to be minimized, is considered as the objective function (evaluation functional) in the optimization problem under study. To solve this problem, a new method of network economic and mathematical modeling of the optimization of adaptive management of investment projecting is proposed. The proposed method allows you to create a class of acceptable strategies for adaptive control (feedback control) of the implementation process for the investment project under consideration. Within the framework of this class of strategies, an optimal adaptive management strategy for the implementation of the investment project is formed, the optimal time for its implementation and the optimal schedule for the project as a whole, corresponding to the optimal adaptive control strategy, are calculated. The paper describes a new optimization network economic and mathematical model that takes into account the possibility of adaptive control of the implementation of the investment project under consideration, and proposes a new method for solving this problem. The practical implementation of the considered solution method was carried out on a specific example of investment projecting. The results obtained in the work show a high degree of effectiveness of the method used. Further development of this direction may be associated with the development of a computer model of the processes for implementing investment projects and the creation of decision support systems for control their implementation.

Key words: adaptive control; network model; investment project; economic and mathematical modeling; investment optimization; control strategy; calendar schedule.

JEL C61

References

1. *Matematika i kibernetika v ekonomike [Mathematics and cybernetics in economics]* (1975). Moscow, Ekonomika. (In Russ.).
2. Karev, V.P. (2010). *Matematicheskoe modelirovanie biznesa – otsenka, investitsionnoe proektirovanie, upravlenie predpriatiem [Mathematical modelling of business: valuation, investment project planning, corporate management]*. Moscow, Maroseika. (In Russ.).
3. Sragovich, V.G. (1981). *Adaptivnoe upravlenie [Adaptive management]*. Moscow, Nauka. (In Russ.).
4. Karpov, L.E., Yudin, V.N. (2007). Adaptivnoe upravlenie po pretsedentam, osnovannoe na klassifikatsii sostoianii upravlyaemykh ob'ektov (Adaptive management on precedents, based on the classification of the states of managed objects). *Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniia RAN [Proceedings of the Institute for System Programming]*, Vol. 13, Issue 2, 37–57. (In Russ.).

5. Shigina, A.A., Stupina, A.A. (2017). Adaptivnaia model upravleniia tekhnologicheskim protsessom v usloviakh neopredelennosti (Adaptive Model Of Process Control Under Incomplete Information). *Sovremennye naukoemkie tekhnologii [Modern High Technologies]*, No. 5, 83–88. Available at: <http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=36673> (Last accessed: 13.08.2019). (In Russ.).
6. Komaeva, L.E. (2017). *Adaptivnye organizatsionnye struktury upravleniia predpriiatiami v nestabil'noi srede khoziaistvovaniia [Adaptive organizational structures for corporate management in an unstable economic environment]*. Moscow, Infra-M. (In Russ.).
7. Ryzhkina, T.A. (2019). Postroenie adaptivnoi modeli kontroliia stokhasticheskogo protsessa (Construction of adaptive model of control of the stochastic process). *Nauchnye trudy Dalrybvtuza [Scientific Journal of Dalrybvtuz]*, Vol. 47, No. 1, 49–56. (In Russ.).
8. Cormen, T.H., Leiserson, C.E., Rivest, R., Stein, C. (1989). *Introduction to Algorithms*. MIT Press.
9. Kaufmann A., Desbazeille, G. (1966). *La methode du chemin critique*. Dunod.
10. Taha, H.A. (2002). *Operations Research: An Introduction*. Prentice Hall.
11. Skurikhin, V.I., Zabrodsky, V.A., Kopeichenko, Iu.V. (1984). *Proektirovanie sistem adaptivnogo upravleniia proizvodstvom [Design of adaptive production management systems]*. Kharkiv, Vishcha shkola. (In Russ.).
12. Harary, F. (1971). *Graph Theory*. Addison-Wesley.
13. Emelyanov, A.A., Bulygina, O.V., Khalin, V.G. (2018). *Ekonomiko-imitatsionnoe modelirovanie s elementami iskusstvennogo intellekta [Economic imitational modelling with elements of artificial intelligence]*. Moscow, Neolit. (In Russ.).
14. Emelyanov, A.A., Vlasova, E.A., Emelyanova, N.Z., Prokimnov, N.N. (2012). Imitatsionnoe modelirovanie investitsionnykh protsessov (Simulating investment processes). *Prikladnaia informatika [Applied Informatics]*, No. 2 (38), 93–99. (In Russ.).
15. Chertovskoy, V.D. (2013). Informatsionnaia podderzhka adaptivnogo avtomatizirovannogo upravleniia proizvodstvom (Information support for adaptive automated production management). *Prikladnaia informatika [Applied Informatics]*, No. 1 (43), 11–17. (In Russ.).
16. Shorikov, A.F. (1997). *Minimaksnoe otsenivanie i upravlenie v diskretnykh dinamicheskikh sistemakh [Minimax estimation and management in discrete dynamical systems]*. Ekaterinburg, Urals State University. (In Russ.).
17. Shorikov, A.F., Butsenko, E.V. (2015). Postroenie setevoi ekonomiko-matematicheskoi modeli dlia realizatsii protsessa optimizatsii investitsionnogo proektirovaniia (Building a network of economic-mathematical model for the implementation of the optimization process of investment projecting). *Prikladnaia informatika [Applied Informatics]*, Vol. 10, No. 2(56), 80–91. (In Russ.).
18. Shorikov, A.F., Butsenko, E.V. (2017). *Prognozirovanie i optimizatsiia rezul'tata upravleniia investitsionnym proektirovaniem [Forecasting and optimization of results of investment design management]*. Moscow, URSS-LENAND. (In Russ.).
19. Aksyonov, K., Bykov, E., Aksyonova, O., Goncharova, N., Nevolina, A. (2015). Analysis of Simulation Modeling Systems Illustrated with the Problem of Model Design for the Subject of Technological Logistics (WIP). *Society for Modeling & Simulation International (SCS). 2015 Summer Simulation Multi-Conference (SummerSim'15). Simulation Series*, Vol. 47, Issue 10, 345–348.
20. Aksyonov, K., Antonova, A., Goncharova, N. (2018). Choice of the Scheduling Technique Taking into Account the Subcontracting Optimization. *Advances in Signal Processing and Intelligent Recognition Systems. SIRS2017. Advances in Intelligent Systems and Computing*. Edited by S.M. Thampi, S. Krishnan, J.M. Corchado Rodriguez, S. Das, M. Wozniak, D. Al-Jumeily, Vol 678. Springer, Cham., 297–304. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-67934-1_26.
21. Astolfi, A. (2006). *Nonlinear and Adaptive Control, Tools and Algorithms for the User*. London, Imperial College Press, 313 p.
22. Astrom, K.J., Wittenmark, B. (2008). *Adaptive Control*. 2nd edition. Dover Publications, 590 p.
23. *Artificial Intelligence Techniques (1997)*. Edited by A. Bundy. Springer Verlag.

24. Farrell, J.A., Polycarpou, M.M. (2006). *Adaptive Approximation Based Control. Unifying Neural, Fuzzy and Traditional Adaptive Approximation Approaches*. John Wiley, 432 p.
25. Landau, I.D., Lozano, R., M'Saad, M., Karimi, A. (2011). *Adaptive Control: Algorithms, Analysis and Applications*. London, Springer, 610 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Shorikov Andrey Fyodorovich

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Applied Mathematics, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000-0003-1255-0862; e-mail: afshorikov@mail.ru.

Butsenko Elena Vladimirovna

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Business Informatics, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia (620144, Ekaterinburg, 8 March street, 62); ORCID 0000-0003-2747-5391; e-mail: evl@usue.ru.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Russian Basic Research Foundation, project No. 18-01-00544 «Problems of attainability, control, estimation in dynamical systems with impulse control and uncertainty».

FOR CITATION

Shorikov A. F., Butsenko E. V. Method of Network Economic-Mathematical Modeling of Adaptive Control Optimization Investment Projecting. *Journal of Applied Economic Research*, 2020, Vol. 19, No. 1, 97–124. DOI: 10.15826/vestnik.2020.19.1.006

ARTICLE INFO

Received November 19, 2019; Revised January 28, 2020; Accepted February 20, 2020.



Научное сетевое издание

Journal of Applied Economic Research

Vol. 19, No. 1, 2020

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 *В. В. Таскаев*
Перевод *А. Н. Бахаревой*
Менеджер сайта *Н. В. Стародубец*

Подписано 12.05.2020.
Минимальные системные требования:
ПО Adobe Reader версии 8 и выше
Объем издания 20 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>

