REVIEW ARTICLE
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-1
UDC 330.3: 332.1

Bac Truong Cong
University of Economics and Law, Ho Chi Minh City, Vietnam
Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam
https://orcid.org/0000-0002-2218-0597; e-mail: bactc18702@sdh.uel.edu.vn

Revisiting Rural Economic Structural Transformation from the Viewpoint of Regional Linkages[1]

Regional studies, particularly in rural areas, have attracted great attention from scholars and policy-makers. However, almost all existing literature focused on the growth of these areas while giving little consideration to converting economic activities or economic structural transformation, which plays the main role in sustainable development. Additionally, the studies about economic structural transformation mainly mention the factors, which are changes inside certain economic areas and ignore the outside effects while any geographical area also has spatial relationships. To fill this gap, this study blends the economic structure and regional linkages theories to supply a comprehensive view of the relationship between inside and outside factors that influence rural structural transformation by using systematic reviews and meta-analysis methods. The study's findings consolidate the importance of urban areas and regional linkages, especially spatial interaction, in rural economic structural transformation. More specifically, this study shows that the motivation for structural transformation of rural areas is emanated from urban areas and is transmitted through spatial flows, which are then absorbed in rural areas. The mechanisms through which the motivation affects rural economic structure are productivity, income, and agricultural land. Based on the review, the study lists several further research questions regarding empirical research of rural economic structural transformation through the relationship between rural and urban areas.

Keywords: rural structural transformation, rural-urban linkages, regional linkages, spatial flows, economic structure, rural areas, structural change, non-farm activities, REST, structural transformation mechanism

Acknowledgements

This article has been prepared with the financial support of the University of Economics and Law, Vietnam National University Ho Chi Minh City / VNU-HCM.

For citation: Truong Cong, B. (2022). Revisiting Rural Economic Structural Transformation from the Viewpoint of Regional Linkages. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 312-323, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-1.

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

Б. Чыонг Конг
Хошиминский университет экономики и права, г. Хошимин, Вьетнам
Вьетнамский национальный университет, г. Хошимин, Вьетнам
https://orcid.org/0000-0002-2218-0597; e-mail: actc18702@sdh.uel.edu.vn

Исследование структурной трансформации сельской экономики с точки зрения региональных связей

Региональные исследования, в особенности анализ сельской местности, находятся в центре внимания как ученых, так и политиков. Однако практически вся существующая литература сосредоточена на изучении роста сельских районов, уделяя мало внимания вопросам преобразования экономической деятельности или экономической структурной трансформации, которая играет важную роль в устойчивом развитии. При этом исследования в области структурной трансформации экономики в основном анализируют внутренние изменения, возникающие в определенных экономических зонах, игнорируя внешние воздействия и пространственные взаимосвязи между географическими регионами. Данная статья заполняет этот пробел, объединив теории экономической структуры и региональных связей, демонстрирует взаимосвязь между внутренними и внешними факторами, влияющими на структурную трансформацию сельских районов. В процессе исследования были использованы методы систематического обзора и метаанализа. Полученные данные подтверждают, что региональные связи с городскими районами (включая пространственные взаимодействия) значительным образом влияют на структурные преобразования в сельской экономике. В частности, проведенный анализ показывает, что мотивация к структурным преобразованиям сельских районов исходит из городских районов, проводит к изменениям (пространственным сдвигам), которые затем становятся доступными в сельских районах. Такие факторы, как производительность, доход и сельскохозяйственные угодья, являются важными механизмами влияния на сельскую экономику. На основании анализа сформулированы дополнительные вопросы, касающиеся эмпирических исследований структурной трансформации сельской экономики через взаимосвязь между сельскими и городскими районами.

Ключевые слова: структурная трансформация сельских районов, связи между городскими и сельскими районами, региональные связи, территориальные перемещения, экономическая структура, сельские районы, структурные изменения, несельскохозяйственная деятельность, структурная трансформация сельской экономики, механизм структурной трансформации

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Хошиминского университета экономики и права, Вьетнамского национального университета.

Для цитирования: Чыонг Конг Б. Исследование структурной трансформации сельской экономики с точки зрения региональных связей // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 312-323. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-1.

1. Introduction

The contribution of rural to the global economy cannot be debated, but the importance of rural sustainable development has not received appropriate attention. Worldwide, over 3.3 billion people, approximately 45 % of the total population, live in rural areas that are also the residence of about 80 % of the extremely poor[1]. Rural areas cover most global land, while productivity in rural areas is less than 80 % of the average productivity in urban areas within the same country[2]. Low productivity is problematic for several reasons: it hampers the rate of wage growth that is sustainable in the long term; if poor productivity persists, it may reduce the rate of economic growth. It also restricts the country's ability to improve its standard of living over time. An essential and long-standing recommendation to address low productivity has been known as economic structural transformation, which provides incentives to economic actors to engage in more productive activities.

The surge of interest in economic structural transformation has indeed fed discussions and investigations. Most of these studies have focused

[1] World Bank. (2018). Poverty and Equity Database. In: The World Bank. Washington, DC. Retrieved from: http://povertydata.worldbank.org/poverty. (Date of access: 04.09.2019).

[2] OECD. (2019). OECD Regional Outlook 2019: Leveraging Megatrends for Cities and Rural Areas. OECD Publishing, Paris. Retrieved from: https://www.oecd.org/regional/oecd-regional-outlook-2019–9789264312838-en.htm. (Date of access: 06.09.2019).

on the main driving forces of transformation, which are components of inside rural areas while the outside relationships are neglected. However, in the natural environment, the rural areas are the subjects that do not exist independently; by contrast, rural areas include diverse patterns of settlement, infrastructure, and livelihoods and relate in complex ways with urban areas (Dasgupta et al., 2014; Castle, Wu, Weber, 2011). Any discussion on development needs to consider rural–urban linkages with regard to both economic development and structural transformation (Truong Cong, 2021; Evans, 1990). In a different direction, several development theories and practices have explained the linkages between rural-urban areas. Still, almost all this literature aimed at developing each area or whole regions with limited mention of economic structural transformation. Furthermore, urban-rural linkages are usually investigated from the sector linkages perspective, while the spatial interaction is not considered sufficiently.

To make up this gap, this study's main objective is to connect the existing relative literature about economic structure, and regional linkages then draw up a complete picture of the rural economic structural transformation (REST) based on rural-urban linkages, especially spatial interaction. Besides that, this article highlights future directions for rural economic research. The paper is organised as follows. Section 2 explains the main concepts explored in the regional linkages and economic structural transformation literature. In section 3, the overview of theories of regional linkages and REST are presented. Framework of the analysis of the relationship between spatial interaction and REST is offered in Section 4. The conclusion is in Section 5, and the final section gives the future research directions.

2. Conceptual Background

2.1. How to define rural areas?

The definition of «rural areas» can be approached in different ways, depending on the purpose of using this definition. The policy-makers and statistics offices in each country usually define rural areas based on special criteria that are characteristic of these countries. However, these definitions are not without flaws. For example, Ireland considers rural areas as human settlements with less than 1500 inhabitants, whereas this threshold is 2000 inhabitants in Israel and 5000 inhabitants in Ghana[1]. The broad array of different criteria applied in national definitions of rural-urban presents a serious challenge when making cross-country comparisons. Table summarises the criteria used in defining «rural areas» and some suggested criteria for building common concepts by various international organisations.

Besides the approaches of policy-makers, statistical officers in the country and international organisations, there is a different approach, namely, scholars' viewpoints. The rural area concept has been perceived as farming areas, and rural people get restricted from accessing the social infrastructure (von Braun, 2007). In contrast, an advantage over urban areas is beautiful nature, fresh air, an abundance of water, and low rent; however, rural areas are characterised by the lack public spirits and amusement, long walking hours and low wages (Howard, 2013). The «rural» is also understood as a society and the space it occupies, where agriculture and other primary activities account for a significant proportion of land use, employment, income, and economic output, and where population densities are distinctly lower than those of large cities in the same country (Berdegué, Proctor, Cazzuffi, 2014; Jennings et al., 2015; Guastella, Pareglio, 2016). Rural areas are places where people live in dispersed spaces with limited access to social services (Gebre, Gebremedhin, 2019). In reality, the urban and the rural coexist along a continuum with many in-between stages varying from metropolitan regions, networks of medium- and small-sized cities, and densely populated areas with market towns (Sietchiping et al., 2014). I summary, in any approach, the rural is defined concerning the urban areas as the inverse of the residual of urban (Lerner, Eakin, 2011).

2.2. Understanding of Economic Structural Transformation

The economic structural transformation, which is usually known as another term like structural transformation or structural change, is mentioned very early in economic development history. In his Nobel Prize lecture, Kuznets (1973) refers to major aspects of structural change, including the shift away from agriculture to non-agricultural pursuits and away from industry to services. Similarly, Herrendorf, Rogerson and Valentinyi (2014) define structural transformation as the reallocation of economic activity across the broad sectors of agriculture, manufacturing, and services. The structural transformation is the reallocation of economic activity from low productivity to high pro-

[1] International Labour Office. (2018). Rural-urban labour statistics. Geneva. Retrieved from: https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/meetings/2019/newyork-egm-statmeth/docs/bd-01-ILO.pdf (Date of access: 10.09.2019).

Table

Definitions of "rural areas" in selected international organisations

International organization	Criteria in Definition	Suggested Criteria for building common concepts
UN DESA	Depend on different national definitions*[1]	Population density, percentage of the population engaged in agriculture, the general availability of facilities
World Bank	Population size, population density and travel time by road to a sizeable settlement*[2]	Agglomeration index
FAO	Settlement, land cover and use, and remoteness from urban areas*[3]	Unit of geography (Same-sized parcels)
OECD	Physical distance to major markets, economic competitiveness, specific economic structures*[4]	Spatial scales (grid cell typology)
European Commission	Physical distance to major markets, economic competitiveness, specific economic structures*[5]	Land use or land cover information
ILO	Depend on different national definitions*[6]	Administrative areas

*1 UN Department of Economic and Social Affairs. (2018). World Urbanization Prospects: 2018 Revision. Key Facts. Retrieved from: https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html. (Date of access: 10.09.2019).

*2 World Bank. (2009). World Development Report: Reshaping Economic Geography. Office of the Publisher. The World Bank. Washington, DC. Retrieved from: https://documents.worldbank.org /en/publication/documents-reports/documentdetail/730971468139 804495/world-development-report-2009-reshaping-economic-geography (Date of access: 10.09.2019).

*3 FAO. (2018). Guidelines on defining rural areas and compiling indicators for development policy. Rome. Retrieved from: http://gsars.org/wp-content/uploads/2018/12/GS-GUIDELINES-RURAL-AREAS-EN-FINAL-2018.pdf (Date of access: 10.09.2019).

*4 OECD. (2016). OECD Regional Outlook 2016: Productive Regions for Inclusive Societies, OECD Publishing, Paris. Retrieved from: https://www.oecd.org/regional/regional-policy/oecd-regional-outlook-2016–9789264260245-en.htm (Date of access: 10.09.2019).

*5 Dijkstra, L., & Poelman, H. (2014). Regional Working Paper 2014. A harmonised Definition of Cities and Rural Areas: The New Degree of Urbanisation. European Commission's Directorate General (DG) for Regional and Urban Policy: Working Papers, 1–24. Retrieved from: https://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/work/2014_01_new_urban.pdf (Date of access: 10.09.2019).

*6 International Labour Office. (2018). Rural-urban labour statistics. Geneva. Retrieved from: https://unstats.un.org/unsd/demographic-social/meetings/2019/newyork-egm-statmeth/docs/bd-01-ILO.pdf (Date of access: 10.09.2019).

Source: compiled by the author.

ductivity activities and sectors (McMillan, Rodrik, 2011; Sen, 2019; Diao, McMillan, Rodrik, 2019).

3. Theories of Rural Economic Structural Transformation and Regional Linkages

3.1. Rural Economic Structural Transformation (REST)

In some studies that deeply investigate the rural areas, the economic structural transformation is also analysed based on determinants like the aggregate economy. From the productivity aspect, Saha and Verick (2017) argue that in some areas, agricultural growth has spurred non-farm activities and hence led to non-farm employment. In reverse, lack of agricultural growth has pushed people into non-agricultural sources of livelihood, and, in this sense, non-farm activities were viewed as a «residual» sector. However, employment opportunities created in these sectors have been casual in nature, and the motivation of this push effect is the higher wages in the non-agricultural sector. According to Gollin, Parente and Rogerson (2002) and FAO (2017), agricultural productivity improvement was a precondition for industrialisation. Specifically, agricultural growth exerts a positive effect on rural service sector growth (Balisacan et al., 2011). Rising labour productivity on the farm increases per capita food supplies, which allow the industry to become more competitive (Gollin, 2018), and releases farm family workers to undertake non-farm activities (Hazell, Haggblade, Reardon, 2007). From the income aspect, the increase in rural households' wealth is generally associated with a decreased engagement in agriculture and diversification toward rural non-farm activities (Barrett, Reardon, Webb, 2001). More clearly, Hossain (2004) shows that as farm income grows, the demand for non-farm goods and services increases. As a result, to meet this growing demand, rural households increasingly diversify into the production of rural non-farm goods and services (Haggblade, Hazell, Reardon, 2010).

3.2. Urban-Rural Linkages

Regional Linkages

For the past six decades, much literature has been generated about the relationship and interaction between rural and urban. In 1955, the growth pole theory or theory of polarised development was first presented. This theory shows that development is unbalanced; it does not appear everywhere all at once but appears in points or development poles with variable intensities and spreads along diverse channels and with varying terminal effects to the whole of the economy (Perroux, 1955; Boudeville, 1966). Also, in the same way, Friedman (1966) created so-called theories of uneven development in the core-periphery relationship. The core dominates, whilst the periphery is dependent. This dependence is structured through the relation of exchange between core and periphery. In many cases, the regional space economy experiences four stages, from discrete equilibrium, aggregated non-equilibrium, to a diffused stage, and network equilibrium, which corresponds to pre-industrial, transitional, industrial, and post-industrial stages, respectively. Along with regional development description, two scholars, Hirschman (1958) and Myrdal (1957), deal with how growth pole strategy affects the development of surrounding areas. They both talk about a process whereby one region is the growth centre, being advanced and developed, influencing or controlling the nearby areas negatively or positively. Positively, Hirschman's trickle-down effects (or spread effects in Myrdal's terms) indicate an increase of the centre's purchases and investments in the nearby areas and the absorption by the centre of some of the nearby areas underemployed, thereby raising per capita incomes in the surrounding areas. On the other hand, Hirschman's polarisation effects (or backwash effects respectively in Myrdal's terms) include severe competition from the nearby areas' relatively inefficient industries and a tendency for selective migration of the young, skilled, educated people from nearby areas to centre in search of the greater opportunities and apparently higher salaries available in the latter. Because the centre's industry is productive, what little capital nearby areas possess is likely to migrate to the centre, where interest rates are high and security guaranteed. Therefore, these effects can be seen as negative influences from the centre to surrounding areas.

Spatial Interaction

After these studies, scholars discuss whether urban areas played parasitic or generative roles in the development of rural areas for a long time. These discussions remained abstract and without united conclusive empirical evidence in different countries. In the 1990s, Mike Douglass sketched the regional planning framework's outlines that incorporated rural-urban linkages and adjusted to various local situations (Douglass, 1998). He suggests that rural-urban relations should be divided into two components: structures and flows. The development of rural areas is linked to urban functions and roles through flows: people, production, commodities, capital, and information between rural and urban areas. In independent research, Tacoli (2003) gets similar results that rural-urban linkages include spatial flows. This study also explains the direction of these flows: from rural-based producers, flows of agricultural and other commodities to urban markets, in reverse, flows of manufactured and imported goods from urban centres to rural settlements. Flows of people moving between rural and urban include commuting, visiting urban-based services, administrative centres, and migrating. Information on market mechanisms, price fluctuations, consumer preferences, employment opportunities for potential migrants is included in information flows. Financial flows include remittances from migrants to relatives and communities in sending areas, transfers such as pensions to migrants returning to their rural homes, and investments and credit from urban-based institutions. In later studies (Gebre, Gebremedhin, 2019; OECD, 2013; Habitat, 2017; Hatcher, 2017), spatial interaction becomes the main mechanism in analysing the relationship between urban and rural areas on different aspects. Rosegrant and Hazell (2000) argue that the rural poor also lack access to technology and credit; agricultural marketing costs are high because of distance to markets and poor rural infrastructure. In empirical research, the urban centres' distance imposes a strong burden on remote populations, as demonstrated in North America (Partridge et al., 2008) and Germany (Redding, Sturm, 2008). In India, Asher and Novosad (2020) found suggestive evidence that non-agricultural workers' growth is due to greater access to jobs outside the village. Newly paved roads lead to increased transportation services and a large reallocation of labour out of agriculture. Partridge, Olfert and Alasia (2007) showed clear evidence that major centres in Canada are engines of growth. Specifically, rural benefits from being closer to major centres, consistent with regional attractiveness, are enhanced by closer proximity to higher-ordered services and amenities. In Ghana, Diao, Magalhaes and Silver (2019) found that many rural households in the areas close to cities have shifted their primary employment from agriculture to non-agriculture. With larger cities, surrounding rural areas get a higher probability of solely engaging in rural non-farm and the lower probability of being solely in agriculture.

4. Framework in the Analysis of the Relationship Between Spatial Interaction and REST

4.1. Models of Relationship between Spatial Interaction and REST

The model of the relationship between spatial interaction and REST is summarised in Figure 1, which shows that REST is affected by three objects: urban area, rural area, and spatial flows between rural and urban areas. Each object plays a different role in the economic structural change in rural areas.

— Urban areas: Create motivation through specific characteristics of the urban area. Cities are seen as the engine of economic growth, as a progressive process with the characteristics of facilitating technological innovations, economic development and socio-political transformation (Reddy, 2017). Compared to rural areas, the urban areas' fundamental advantage is the dominance of capital- and knowledge-intensive sectors typically enjoying high labour productivity and technological advancement in their economies (Smętkowski, 2015). Besides that, urban areas are the human settlement with a high population density, the large scale of economic and dominance of industrial and service sectors. Therefore, urban areas are the sources of input supply and output market for rural areas. Also, the scale of urban economy shows the level of motivation that urban can create to rural transformation.

— Rural areas: Receive motivation through specific characteristics of rural areas. The entry of rural people into non-farm activities is only possible if there is the availability of non-farm employment opportunities of the type that arise from urbanisation, innovations, sectoral transformations, and national and international trade (Akkoyunlu, 2015). As discussed in section 2, rural areas have a low population density and small economic scale with the agricultural sector's dominant proportion. Therefore, the economic structural transformation in rural areas takes place slowly or even does not happen at all. Rural areas lack the market for products and agglomeration economics, enhancing income and productivity through technological innovations. In reverse, rural areas will perform the transformation process based on urban areas that satisfy rural areas' needs. The scale of the rural economy signifies the ability to absorption the motivation from urban.

— Spatial flows between rural and urban areas: Transmit motivation from urban to rural areas. These flows include people, capital, goods, and information (discussed in the next part) and depend on the distance from urban to rural areas. Rural households in the areas close to cities have shifted their primary employment from agricul-

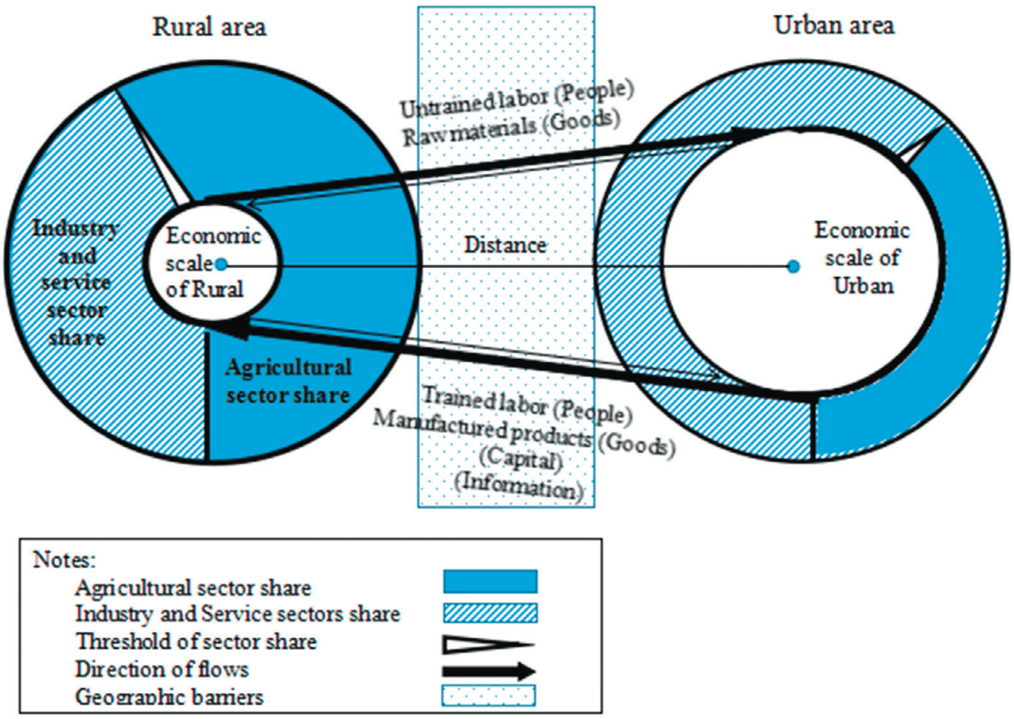


Fig. 1. *The model of relationship between spatial interaction and REST*
Source: compiled by the author

ture to non-agriculture (Diao, Magalhaes, Silver, 2019). Closer proximity to cities and towns can influence the type and intensity of rural activity. It can also create new opportunities for rural livelihoods. Lower transport costs should result in higher output prices and lower costs for manufactured inputs at the farm gate. Price changes should raise returns to the farm, thereby stimulating more production, especially through intensified use of fertilizer, agro-chemicals, tools, and machinery (Wiggins, Sabates-Wheeler, Yaro 2018). Agricultural productivity promotes rural non-farm employment only in the presence of nearby urban centres (Deichmann, Shilpi, Vakis, 2009). In this case, the distance is the physical distance from the urban to the rural area and the total geographical characteristics. It represents the effects, which restrict the motivation transmission from an urban to a rural area. These effects contain the range, quality of road systems, development of transportation, topography, weather, etc. Infrastructure and transport are bridging the urban and the rural. Transport costs make up a significant proportion of total costs to link urban and rural areas. An improvement in rural road quantity (length or density) and quality increases the inter-linkages between urban and rural areas (von Braun, 2007). Construction of a new road may lead to changes in economic activity patterns, including in prices, wages, movements of labour and capital, and the prevalence of different economic activities (Adam, Bevan, Gollin, 2018). Improved roads can facilitate the development and/or expansion of industries located in the countryside by lowering the cost of bringing in inputs and moving goods to final markets (Renkow, 2007), which is certainly beneficial to rural non-farm enterprises. However, perhaps even more important is that improved road quality reduces cargo damage and creates a more predictable flow of transportation (Briones, 2017). Besides that, improved roads, rail service, and other vital communication linkages help rectify the undersupplied and underdeveloped sharing of knowledge and technology between the two spheres (Srivastava, Shaw, 2016). The impacts of distance to REST basically are the influence on spatial flows.

4.2. Mechanism of REST through Spatial Interaction

As discussed above, the spatial flows are important components in spatial interaction, which are determinants in REST. However, how can the spatial flows do this? It is the question about the mechanism, which will be discussed in this part.

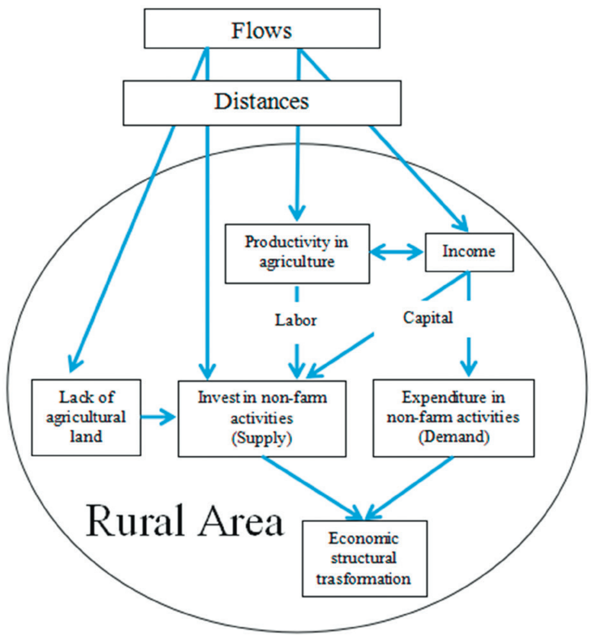


Fig. 2. *The mechanism of REST through inflows (source: compiled by the author)*

Flows of People

The flows of people between rural and urban have two directions, and they affect REST in some way, but rural-urban migration is the largest stream (Reddy, 2017).

— Rural-to-urban direction: People move from rural to urban areas searching for better employment opportunities, education, medical, social and basic services, and improved livelihoods, known as migration. In particular, young and skilled people leave rural areas for urban centres, leaving behind older adults, women, and children and causing a so-called brain drain (Habitat, 2017; Woods, Heley, 2017). However, the exact impact of migration on REST is highly context-specific, varying across both space and time. The migration includes temporary (seasonal), semi-permanent and permanent migration, and it has both positive and negative effects on rural areas and households (Berdegué, Proctor, Cazzuffi, 2014). As for temporary migration, workers migrate from rural to urban in the lean season of the rural labour market to engage in some urban activities without severing their link to the land in their rural homeland, and they decide to go back to their village after collecting good savings (Atkinson, 2014). Therefore, seasonally unemployed will be attracted by urban areas through rural-urban migration. This will eventually free the rural sector from surplus labour burden and relieve an overcrowded labour market (Berdegué, Proctor, Cazzuffi, 2014). Besides, remittances have an important role in migrant households, and these flows are expected to produce multiple positive impacts (they will be analysed later). The skill up-gradation can be another positive outcome of migration by transferring knowledge, skills, and technology. If migrant workers can learn new skills, they will enjoy upward mobility in the place of destination. They can also use these skills in the place of origin to gradually improve their earnings and contribute to steadily developing farm and off-farm activities of origin (FAO, 2017). In the case of migration to Gujarat, among migrant construction workers, 22 % reported that they gained working skills after coming to the city. Skills improved among 35 % of textile workers and 70 % of migrant diamond workers. These skills are acquired on the job, as there are no formal training courses for new workers, except in large diamond units, where special training is given. It is important to add that the skills are improved in the case of those with some basic skills (Hirway, Singh, 2017). As for semi-permanent and permanent migration, out-migration leads to a decline in agricultural production and productivity, owing to the loss of farming knowledge and, in many cases, to the absence of labour-saving technologies (FAO, 2017). The loss of labour available for agricultural activities decreases productivity, and the off-farm income earned by migrants in urban areas partially compensates for the negative lost-labour effect. In China's case, each additional migrant decreases rice productivity by 20.89 kg per worker per day and increases 22,116 yuan in off-farm income. In addition, each yuan earned by a migrant is associated with 0.00037 kg per worker of additional rice yield. Even though the indirect positive effect of off-farm income is large, the lost-labour effect on rice productivity is still larger (Shi, 2018).

— Urban-to-rural direction: Households moving from urban areas into rural communities later in life, for retirement, or lifestyle or consumption reasons (Woods, Heley, 2017). The area of agricultural land is, therefore, reduced and replaced by buildings. People migrating in this direction usually bring certain savings accumulated from urban areas, thus increasing the demand for rural products, especially non-farm products. Moreover, people from urban areas are trained, skilled, and experienced so they can help spillover the knowledge and technology that is important to increase agricultural productivity.

Flows of Capital

Flows of capital into rural areas that help increase rural households' wealth can be categorised into income from trading activities and migrant remittances. Primarily, remittances from migrants to relatives and communities in the rural areas they originate from. Remittance may facilitate family members' reconversion at home to the rural non-farm economy (Hossain, 2004; Adger et al., 2002). In Malawi, areas with larger capital flow experienced more structural transformation, as labour reallocated away from agriculture into the non-farm sector. This reallocation reduced the concentration of employment in agriculture within areas. The average value of the Herfindahl index is 0.8. In areas with larger capital shocks, this index fell between 0.006 and 0.015 in the decades following the end of migration, indicating a larger reduction in the concentration of work — or more diversification — in these areas (Dinkelman et al., 2017). Specifically, remittances play a major role in financing innovation and industrial investment (Tiffen, 2003; Eppler, Fritsche, Laaks, 2015). Besides that, capital flows also raise farmers' purchasing power, which increases the demand for agricultural inputs that can enhance their agricultural production (Gebre, Gebremedhin, 2019) and contribute to establishing the market for non-farm activities (Hirway, Singh, 2017; FAO, 2017). As their incomes grow, farm households increase their expenditure on non-food items, thereby accelerating demand for non-farm goods and services such as housing, clothing, schooling, health, prepared foods. To meet this growing demand, rural households increasingly diversify into the production of rural non-farm goods and services (Haggblade, Hazell, Reardon, 2010). In India and Bangladesh, many remittances are used for immediate consumption, health, and education. Only a small proportion, around 10–12 %, is invested in agriculture (Syed, Miyazako, 2013).

Flow of Goods and services:

The flows of good and services include two directions, which are different in content and role in REST:

— Rural-to-urban direction: Includes food for urban populations, raw and processed materials, even parts or preliminary products for urban manufacturing units (Habitat, 2017; Srivastava, Shaw, 2016). Raw materials are unprocessed natural materials used to produce goods and services. Due to the commercialisation of food and raw materials in urban areas, rural products are sold at higher prices, leading to the revitalisation of rural economies by increasing farm income. In addition, approaching the modern market in urban areas creates jobs related to resource use, the processing of raw commodities, and the production of new products (Gebre, Gebremedhin, 2019).

— Urban-to-rural direction: In the opposite direction from urban-to-rural, manufactured and processed goods and inputs for the agricultural sector find the market in the rural areas (Habitat, 2017; Srivastava, Shaw, 2016). As for the rural area, trade with larger urban centres also expands, and more urban goods become available. These often displace many traditional rural products, forcing structural changes in the rural economy's composition and its towns (Rosegrant, Hazell, 2000). These inputs and services such as seeds, fertilizers, pesticides and insecticides, veterinary products, credit, pumps, farm machinery, marketing, and processing of farm produce help to increase productive modern agriculture (Haggblade, Hazell, Reardon, 2010; Berdegué et al., 2014). Effects of remoteness and poor transportation infrastructure limit the adoption of productivity-enhancing technologies like chemical fertilizer from regional hubs (Aggarwal et al., 2018). Moreover, importing machines, equipment, and tools necessary for manufacturing also contributes directly to enhancing the productivity and expansion of non-farm activities.

Flow of information and knowledge:

Flows of information and ideas between rural and urban areas include information on markets—from price fluctuations to consumer preferences—and on employment opportunities for potential migrants in urban and rural areas (Sietchiping et al., 2014; Habitat, 2017; Hatcher, 2017). Inequity in access to information allows those with information to take advantage of those without it (often farmers), even though this information is technically available in the public domain. With flows of information, households in rural areas can hold the availability of timely and necessary information that restricts selling their harvests below fair value and helps to predict the time to sell products at a high price (Miller, Saroja, Linder, 2013). Besides the flow of information on markets, innovations and new technologies are also elements of the flow of information and knowledge (Srivastava, Shaw, 2016). Urban areas are seen as "the engines of growth and hubs for creativity and innovation" (European Commission, 2010), and they provide a favourable environment for knowledge diffusion (Glaeser et al., 1992). The new technology was seen to have resulted in higher agricultural productivity, higher income of farmers, and a spurt in demand for consumption goods produced in the non-farm sector (Saha, Verick, 2017). Technology change increases labour productivity when it requires very little additional labour to harvest a larger crop (Mellor, 2017), increases agricultural productivity when genetically engineered plants create more crop yields that can foster industrialisation (Bustos, Caprettini, Ponticelli, 2016).

5. Conclusions

This literature review aims to uncover the economic theories used to understand REST. Although REST has been studied for a long time using different approaches, the transformation process is almost always explained from the viewpoint of internal rural areas. In contrast, rural areas have a close relationship with the urban area. Besides that, the existing studies of linkages between rural and urban areas focus on the development and ignore the quality of development, which is represented by economic structure. This paper fills this gap by blending regional linkages and economic structure theories as the groundwork then explaining the mechanism of REST through drawings and comments. The literature suggests that REST is the process in which motivation of rural transformation is created from urban, then transmitted through spatial flows, and received by rural areas. In transmission, each component of spatial flows always exists in opposite directions with different magnitude and impacts. This motivation will mostly affect economic activities based on the change in income and productivity after approaching rural areas. From this review, a theoretical framework to guide the analysis of REST is systematised. Besides that, the growing awareness about each object's role in the transformation mechanism gives some policies suggestion that helps accelerate REST. Increasing investment in technological development, education in urban or shortening distances from rural to urban areas by building more roads and improving the transportation system's quality are the solutions that policy-makers should consider.

6. Future Research

Although the paper provides the overview of REST and fills the theoretical gap about analysis of transformation in an external relationship context, it also offers several follow-up research questions that can be considered in future research:

(1) The different definitions of rural/urban areas in different countries, as mentioned in the beginning, cause various empirical research results based on this approach. This requires the standardisation of definition in similar areas (or at least in hierarchy of areas).

(2) Theoretically, how will REST happen in the case when many urban areas simultaneously affect rural areas?

(3) The speech of REST in different periods deserves further theoretical and empirical elaboration.

(4) Methodologically, the key question arises: How to separate each flows' impacts in spatial interaction when two directions of each flow exist simultaneously, and what will be the best method to capture the impacts?

References

Adam, C., Bevan, D. & Gollin, D. (2018). Rural-Urban Linkages, Public Investment and Transport Costs: The Case of Tanzania. *World Development, 109(C),* 497–510.

Adger, W. N., Kelly, P. M., Winkels, A., Huy, L. Q. & Locke, C. (2002). Migration, remittances, livelihood trajectories, and social resilience. *AMBIO: A Journal of the Human Environment, 31(4),* 358–366.

Aggarwal, S., Giera, B., Jeong, D., Robinson, J. & Spearot, A. (2018). *Market access, trade costs, and technology adoption: Evidence from northern Tanzania.* Working Paper No. w25253. National Bureau of Economic Research.

Akkoyunlu, S. (2015). The Potential of Rural-Urban Linkages for Sustainable Development and Trade. *International Journal of Sustainable Development & World Policy, 4(2),* 20–40.

Asher, S. & Novosad, P. (2020). Rural roads and local economic development. *American economic review, 110(3),* 797–823.

Atkinson, D. (2014). *Rural-Urban Linkages: South Africa Case Study.* Document No. 125. Working Group: Development with Territorial Cohesion. Territorial Cohesion for Development Program. Rimisp, Santiago, Chile.

Balisacan, A. M., Mapa, D., Fuwa, N., Abad-Santos, C. & Piza, S. (2011). *Addressing infrastructure constraints to the development of the rural non-farm sector: Implications for poverty and rural development.* World Bank Report.

Barrett, C. B., Reardon, T. & Webb, P. (2001). Nonfarm income diversification and household livelihood strategies in rural Africa: concepts, dynamics, and policy implications. *Food policy, 26(4),* 315–331.

Berdegué, J. A., Proctor, F. J. & Cazzuffi, C. (2014). *Inclusive Rural–Urban Linkages.* Document No. 123. Working Group: Development with Territorial Cohesion. Territorial Cohesion for Development Program. Rimisp, Santiago, Chile.

Berdegué, J., Rosada, T. & Bebbington, A. (2014). The Rural Transformation. In: *International Development: Ideas, Experience, and Prospects.* Oxford University Press. Retrieved from: https://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780199671656.001.0001/acprof-9780199671656-chapter-28. (Date of access: 28.06.2020).

Boudeville, J. R. (1966). *Problems of regional economic planning.* Edinburgh: Edinburgh UP, 192.

Briones, R. M. (2018). *Transformation and diversification of the rural economy in Asia.* IFAD Research Series 20, 45.

Bustos, P., Caprettini, B. & Ponticelli, J. (2016). Agricultural productivity and structural transformation: Evidence from Brazil. *American Economic Review, 106(6),* 1320–1365.

Castle, E. N., Wu, J. & Weber, B. A. (2011). Place orientation and rural–urban interdependence. *Applied Economic Perspectives and Policy, 33(2),* 179–204.

Dasgupta, P., Morton, J. F., Dodman, D., Karapinar, B., Meza, F., Rivera-Ferre, M. G., … Vincent, K. E. (2014). Rural areas. In: *C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, … L. L. White (Eds.), Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability; Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC* (pp. 613–657). New York: Cambridge University Press.

Deichmann, U., Shilpi, F. & Vakis, R. (2009). Urban proximity, agricultural potential and rural non-farm employment: Evidence from Bangladesh. *World Development, 37(3),* 645–660.

Diao, X., Magalhaes, E. & Silver, J. (2019). Cities and rural transformation: A spatial analysis of rural livelihoods in Ghana. *World Development, 121,* 141–157.

Diao, X., McMillan, M. & Rodrik, D. (2019). The recent growth boom in developing economies: A structural-change perspective. In: *The Palgrave Handbook of Development Economics* (pp. 281–334). Palgrave Macmillan, Cham.

Dinkelman, T., Kumchulesi, G. & Mariotti, M. (2017). *Labor migration, capital accumulation, and the structure of rural labor markets.* Work. Pap., Univ. Notre Dame, IN Google Scholar Article Location.

Douglass, M. (1998). A regional network strategy for reciprocal rural-urban linkages: an agenda for policy research with reference to Indonesia. *Third world planning review, 20(1),* 1–33.

Eppler, U., Fritsche, U. R. & Laaks, S. (2015). *Urban-rural linkages and global sustainable land use.* Globalands Issue Paper, Berlin, 64.

European Commission. (2010). *Investing in Europe's Future, Fifth Report on Economic, Social and Territorial Cohesion.* Brussels.

Evans, H. E. (1990). *Rural-urban linkages and structural transformation.* Report INU 71, Infrastructure and Urban Development Department, The World Bank, Washington DC.

FAO. (2017). *The State of Food and Agriculture: Leveraging Food Systems for Inclusive Rural Transformation. 2017.* Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from: http://www.fao.org/3/a-I7658e.pdf (Date of access: 08.04.2020).

Friedman, J. (1966). *Regional development policy: A case study of Venezuela.* Cambridge: The MIT Press, 279.

Gebre, T. & Gebremedhin, B. (2019). The mutual benefits of promoting rural-urban interdependence through linked ecosystem services. *Global Ecology and Conservation, 20,* e00707.

Glaeser, E. L., Kallal, H. D., Scheinkman, J. A. & Shleifer, A. (1992). Growth in cities. *Journal of political economy, 100(6),* 1126–1152.

Gollin, D. (2018). *Rural-Urban Linkages and Frictions*. Oxford University. World Bank Urbanization Conference.

Gollin, D., Parente, S. & Rogerson, R. (2002). The role of agriculture in development. *American economic review, 92(2),* 160–164.

Guastella, G. & Pareglio, S. (2016). Sustainable Development of Rural Areas: Using Urban Patterns to Map the Agricultural Systems. *Agriculture and Agricultural Science Procedia, 8,* 88–98.

Habitat, U. N. (2017). *Implementing the new urban agenda by strengthening urban-rural linkages. Leave No One and No Space Behind.* Kenya: UN Habitat, 100.

Haggblade, S., Hazell, P. & Reardon, T. (2010). The rural non-farm economy: Prospects for growth and poverty reduction. *World development, 38(10),* 1429–1441.

Hatcher, C. (2017). *Rural-urban linkages in the context of sustainable development and environmental protection.* Global Land Outlook, Working Paper; UNCCD: Bonn, Germany, 25.

Hazell, P., Haggblade, S, & Reardon, T. (2007). Structural transformation of the rural nonfarm economy. In: *Transforming the rural nonfarm economy: Opportunities and threats in the developing world* (pp. 83–89). Johns Hopkins University Press, Baltimore

Herrendorf, B., Rogerson, R. & Valentinyi, A. (2014). Growth and structural transformation. In: *Handbook of economic growth, Vol. 2.* (pp. 855–941). Elsevier.

Hirschman, A. O. (1958). *The Strategy of Economic Development.* New Haven, CN: Yale University Press, 230.

Hirway, I. & Singh, U. B. (2017). Migration and Development: Rural-to-Urban Temporary Migration to Gujarat. In: *Rural Labour Mobility in Times of Structural Transformation* (pp. 269–297). Palgrave Macmillan, Singapore.

Hossain, M. (2004). *Rural non-farm economy in Bangladesh: A view from household surveys.* CPD Working Paper No. 40. Centre for Policy Dialogue (CPD).

Howard, E. (2013). *Garden cities of to-morrow.* Routledge, 170.

Jennings, S., Cottee, J., Curtis, T. & Miller, S. (2015). Food in an urbanised world: the role of city region food systems. *Urban Agriculture Magazine, 29,* 5–7.

Kuznets, S. (1973). Modern economic growth: findings and reflections. *The American economic review, 63(3),* 247–258.

Lerner, A. M. & Eakin, H. (2011). An obsolete dichotomy? Rethinking the rural–urban interface in terms of food security and production in the global south. *The Geographical Journal, 177(4),* 311–320.

McMillan, M. S. & Rodrik, D. (2011). *Globalization, structural change and productivity growth.* Working Paper No. w17143. National Bureau of Economic Research.

Mellor, J. W. (2017). Capital Formation and the Exchange Rate. In: *Agricultural Development and Economic Transformation* (pp. 61–71). Palgrave Macmillan, Cham.

Miller, C., Saroja, V. N. & Linder, C. (2013). *ICT uses for inclusive agricultural value chains.* Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Myrdal, G. (1957). *Economic Theory and Underdeveloped Regions.* London: Duckworth, 168.

OECD. (2013). *Rural-Urban Partnerships: An Integrated Approach to Economic Development.* OECD Rural Policy Reviews, OECD Publishing, Paris.

Partridge, M. D., Rickman, D. S., Ali, K. & Olfert, M. R. (2008). Employment Growth in the American Urban Hierarchy: Long Live Distance. *The BE Journal of Macroeconomics, 8(1),* 1–38.

Partridge, M., Olfert, M. R. & Alasia, A. (2007). Canadian cities as regional engines of growth: agglomeration and amenities. *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique, 40(1),* 39–68.

Perroux, F. (1955). A note on the notion of growth pole. *Applied Economy, 1(2),* 307–320.

Redding, S. & Sturm, D. M. (2008). The costs of remoteness: Evidence from German division and reunification. *American Economic Review, 98(5),* 1766–1797.

Reddy, D. N. (2017). Labor and Employment in the Emerging Rural-Urban Continuum in India: Toward a Cohesive Policy. In: Rural Labour Mobility in Times of Structural Transformation (pp. 35–64). Palgrave Macmillan, Singapore.

Renkow, M. (2007). Cities, towns, and the rural nonfarm economy. In: *Transforming the rural nonfarm economy: Opportunities and threats in the developing world* (pp. 183–198). Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Rosegrant, M. & Hazell, P. B. (2000). *Transforming the rural Asian economy: The unfinished revolution. Vol. 1.* Hong Kong: Oxford University Press, 513.

Saha, P. & Verick, S. (2017). Casualization and shift of rural workers to non-farm activities. In: *Rural labour mobility in times of structural transformation* (pp. 127–150). Palgrave Macmillan, Singapore.

Sen, K. (2019). Structural Transformation around the World: Patterns and Drivers. *Asian Development Review, 36(2),* 1–31.

Shi, X. (2018). Heterogeneous effects of rural-urban migration on agricultural productivity: Evidence from China. *China Agricultural Economic Review, 10(3),* 482–497.

Sietchiping, R., Kago, J., Zhang, X. Q., Augustinus, C. & Tuts, R. (2014). Role of urban-rural linkages in promoting sustainable urbanization. *Environment and Urbanization Asia, 5(2),* 219–234.

Smętkowski, M. (2015). Spatial patterns of regional economic development in Central and Eastern European countries. *Geographia Polonica, 88(4),* 539–556.

Srivastava, N. & Shaw, R. (2016). Enhancing City Resilience through Urban-Rural Linkages. In: *Urban Disasters and Resilience in Asia* (pp. 113–122). Butterworth-Heinemann.

Syed, S. & Miyazako, M. (Eds.). (2013). *Promoting investment in agriculture for increased production and productivity.* Rome, Italy: CABI, 88.

Tacoli, C. (2003). The links between urban and rural development. *Environment and Urbanization, 15(1),* 3–12.

Tiffen, M. (2003). Transition in sub-Saharan Africa: agriculture, urbanization and income growth. *World development, 31(8),* 1343–1366.

Truong Cong, B. (2021). The impact of metropolises' characteristics on provincial economic structure transformation: evidence from Vietnam. *Cogent Economics & Finance, 9(1),* 1937849.

von Braun, J. (2007). Rural-urban linkages for growth, employment, and poverty reduction. In: *International Food Policy Research Institute, Washington, DC, USA. Ethiopian Economic Association Fifth International Conference on the Ethiopian Economy, June 7–9, 2007* (pp. 1–21).

Wiggins, S., Sabates-Wheeler, R. & Yaro, J. (2018). *Rural Transitions, Economies and Rural-Urban Links*. Working Paper 011, APRA, Future Agricultures Consortium. Retrieved from: https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/handle/123456789/13818 (Date of access: 03.05.2020).

Woods, M. & Heley, J. (2017). *Conceptualisation of Rural-Urban Relations and Synergies*. Aberystwyth University.

About the author

Bac Truong Cong — University of Economics and Law; Vietnam National University; https://orcid.org/0000-0002-2218-0597 (Ho Chi Minh City, Vietnam; e-mail: bactc18702@sdh.uel.edu.vn).

Информация об авторе

Чыонг Конг Бак — Хошиминский университет экономики и права; Вьетнамский национальный университет; https://orcid.org/0000-0002-2218-0597 (Вьетнам, г. Хошимин; e-mail: bactc18702@sdh.uel.edu.vn).

Дата поступления рукописи: 06.10.2020.
Прошла рецензирование: 20.01.2021.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 06 Oct 2020.
Reviewed: 20 Jan 2021.
Accepted: 07 Apr 2022.

REVIEW ARTICLE
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-2
UDC 332.132

Svetlana N. Rastvortseva
National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russian Federation
http://orcid.org/0000-0002-1599-359X; e-mail: SRastvortseva@gmail.com

An Overview of Investigations Concerning Agglomerations in Regional Economy[1]

The concentration of organisations in a city or region allows companies to receive benefits without additional costs and increase their productivity. It has been empirically proven that urbanisation and localisation effects of agglomerations contribute to economic growth and development, and therefore should be taken into account in regional and urban policies. The article considers the factors of agglomeration formation, their specific development and impact on the economy of regions and cities. The paper examines studies on the territorial distribution of companies and the population, including creative capital, showing the connection with innovative systems and knowledge capital. The research demonstrates how international trade, market competition, the transport system development and many other factors affect agglomerations. The study of agglomeration processes intersects with other fields of science, such as evolutionary economics, cluster organisation, specialisation and diversification, demography of firms. To cover the topic, works in the field of agglomeration processes were systematised by using time-domain, terminological and geographical analysis, as well by studying definitions and typology, based on data obtained from Google Scholar and Web of Science for 1959–2018. It is revealed that agglomerations are considered in such scientific fields as economics, geography, regional urban planning, urban studies, management and regional studies. The key terms are agglomeration economy (economics), localisation, urbanisation, agglomeration forces, agglomerative and deglomerative factors. These works are geographically distributed, and most of them are conducted in the USA (mainly at the University of California), Great Britain (London School of Economics and Law) and China (Chinese Academy of Sciences and Peking University). The presented research review will serve as a starting point for a more in-depth study of agglomeration processes in various fields of economics.

Keywords: agglomeration, agglomeration effects, economic clusters, concentration of economic activities, regional and urban economics, urbanisation, total factors productivity, innovation systems

Acknowledgments

The article has been prepared with the support of the Russian Foundation for Basic Research, the project number 19-110-50299.

For citation: Rastvortseva, S. N. (2022). An Overview of Investigations Concerning Agglomerations in Regional Economy. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 324-337, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-2.

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

С. Н. Растворцева
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Российская Федерация
http://orcid.org/0000-0002-1599-359X, e-mail: SRastvortseva@gmail.com

Обзор исследований агломерационных процессов в региональной экономике

Сосредоточение компаний в городе или регионе позволяет получать преимущества без дополнительных затрат и повышать эффективность экономических процессов. Эмпирически доказано, что агломерации через эффекты урбанизации и локализации способствуют экономическому росту и развитию, а значит, должны приниматься во внимание при проведении региональной и городской политики. В статье рассмотрены факторы формирования агломерационных процессов, их специфика развития и влияние на экономику регионов и городов. Представлены исследования территориального распределения компаний и населения, в том числе креативного капитала, отражена связь с инновационными системами и капиталом знаний. Показано, как международная торговля, рыночная конкуренция, развитие транспортной системы и многие другие факторы влияют на агломерации. Исследование агломерационных процессов пересекается с другими областями науки — эволюционной экономикой, кластерной организаций деятельности, специализацией и диверсификацией, демографией фирм. Проведена систематизация работ в области агломерационных процессов с использованием временного, терминологического и географического анализа, а также путем изучения определений и типологии для полного раскрытия темы, на основе Google Scholar и Web of Science за 1959–2018 гг. Определено, что агломерации рассматриваются в таких научных сферах, как экономика, география, региональное городское планирование, урбанистика, менеджмент и регионоведение. Ключевыми терминами являются экономика агломерации (экономика), локализация, урбанизация, агломерационные силы, агломерационные и дегломеративные факторы. Эти работы географически распределены, и больше всего их выполняется в США (в основном в Калифорнийском университете), Великобритании (Лондонская школа экономики и права) и Китае (Китайская академия наук и Пекинский университет). Представленный обзор исследований послужит отправной точкой для более углубленного изучения агломерационных процессов в разных областях экономической науки.

Ключевые слова: агломерация, агломерационные эффекты, экономические кластеры, концентрация экономической деятельности, региональная и городская экономика, урбанизация, совокупная производительность факторов, инновационные системы

Благодарность

Статья подготовлена при поддержке РФФИ, проект № 19-110-50299.

Для цитирования: Растворцева С. Н. Обзор исследований агломерационных процессов в региональной экономике // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 324-337. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-2.

Introduction

Studies on agglomeration economy hold a prominent place in scientific investigations concerning productive forces distribution today. Concentration and dissemination of economic activities inside every country depends not on a preplanned scenario, but on market and non-market forces. Thus, their examination facilitates better understanding of the processes under way and gives information for the pursuance of the economically substantiated policy.

Research on agglomerations is an integral part of the regional economy science; these studies belong to the section of productive forces distribution. In Russian literature, it is not yet time to consider the term «agglomerations» as established; agglomerations are associated with a term «town-suburb», scientists often replace it with «concentration», which decreases the relevance of the Russian scientific works search for foreign colleagues and, therefore, affects the citation rate.

This scientific article presents an overview of investigations in the sphere of agglomerations starting from 1959 — the study of Isard and Schooler (1959) was published this year — when the agglomeration economy was mentioned for the first time. A more detailed analysis was carried out in 1991. This is the time when the article of Krugman (1991), the 2008 Nobel Prize winner, was published, in which the agglomeration economy is discussed and the interest in this trend arises.

The purpose of the review is to determine how the investigation of agglomerations in regional economy was developed, with which other branches of the economic science it intersected and what main results of the investigations are obtained today.

To this end, three steps were followed:

1) to create the search algorithm for the systematic literature review in order to collect a representative set of publications — articles and monographs — about agglomerations by publication bases (a) Google Scholar, (b) Web of Science;

2) to store the selected subsets in the special database in order to summarise the literature review;

3) to perform quantitative and qualitative analysis of data and information on investigation development in the sphere of agglomerations.

The scientific novelty of the article consists in systematisation of works on agglomerations in the regional economic science, application of time-domain, terminology, geographic methods of analysis, analysis of definitions and typology for a full exploration of the topic.

The article is structured as follows. The first part presents methods and approaches, determines the information sources and proposes a plan of action. The obtained results of the time-domain analysis were reflected in the second section of the article. Terminology analysis demonstrated the main areas of agglomeration investigations (the third section of the study); definitions within the topic are represented in the fourth part. The main directions of investigations according to the typology analysis results are shown in the fifth section. The results of the geographical analysis by countries and universities, conducting the investigations on agglomeration, are shown in the sixth section of the article. In conclusion, the main inferences and recommendations are given.

1. Methods: Search Strategy for Preparation of Literature Review

While preparing the scientific review, the following scientific approaches were used:

1) time-domain analysis to determine the main trends of investigation development in the sphere of agglomerations and to define factors of interest intensification to the subject under investigation;

2) terminology analysis to develop the agglomeration investigation and examine trends of the economic science that are intersected;

3) analysis of definitions to select and compare the most frequently cited definitions of agglomeration, agglomeration economy, effects, etc.;

4) typology analysis to determine the main topics in the sphere of agglomeration investigations and understand in what way they fit, add and enrich the existing trends of regional economic studies;

5) geographical analysis to determine regions where the agglomerations are studied and their concentration by countries and regions of the world.

The general algorithm for reviewing the agglomeration investigation in regional economy is given in Figure 1.

2. Obtained Results: Time-Domain Analysis

Due to the fact that Google Scholar is the most general database that frequently duplicates publications, it was proposed to start the analysis in the Web of Science (WoS). In order to find publications in the Web of Science database, two key phrases «agglomeration economics» and «agglomeration economy» were used. In total, 3,695 studies were selected and then analysed.

The time-domain analysis shows the evolution of the agglomeration investigation in regional economy (Fig. 2).

34 studies were published in the period from 1959 to 1990 (2 per year on average); among them there are 12 works cited more than 100 times. The first study in this sphere is a publication of Isard and Shooler (1959) «Industrial complex analysis, agglomeration economies, and regional development». By extension of the Weberian agglomeration analysis, the authors suggested the term «agglomeration economy», namely, the economies of scale, localisation and urbanisation (Isard, Schooler, 1959, p. 27–28).

Marcus (1965) has already made reference to the Weber's (1956) and Isard's (1956) studies in his investigation of 1965. He distinguishes the following sources of the agglomeration economy: (1) effect of scale, (2) localisation of industry; (3) urbanisation. All three factors are possible sources of economy as a result of the industry concentration, though the form of such concentration varies. In the first case, the economy of scale is the economy depending on the enterprise size growth. The industry localisation economy, on the other hand, is connected with the industry growth due to the increase in the number of companies and the expansion of their functions. Finally, the urbanisation economy covers the industry depending on a level of economic activities in the region, and not on a scale of specific branches (Marcus, 1965, p. 280–281).

The analysis of citation rate has shown that recent studies have more references. This confirms the evolutionary character of investigation development in the sphere of agglomeration economy.

Due to the fact that in subsequent years a number of publications on the agglomeration economy was high, for further analysis, the studies cited more

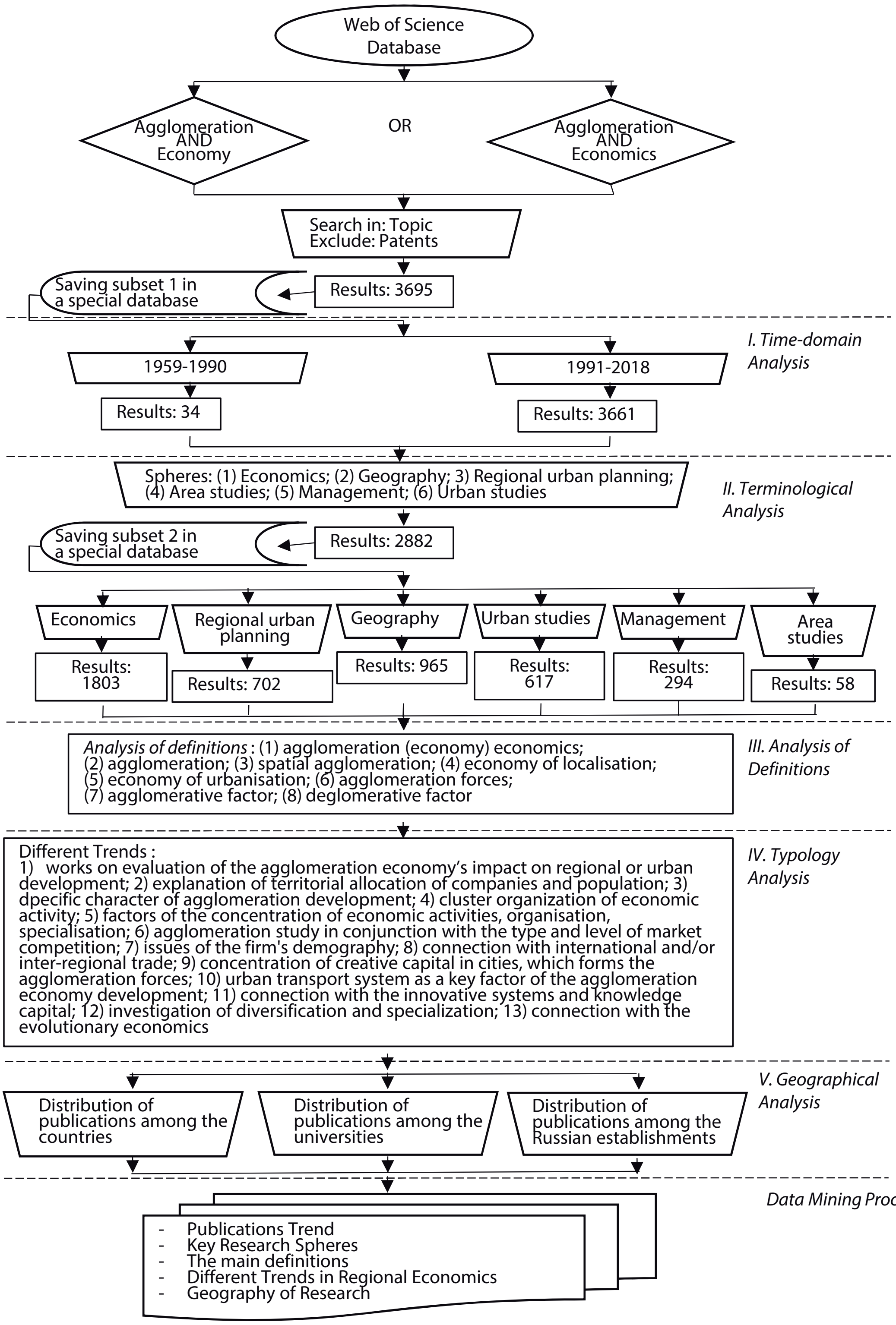


Fig. 1. *Algorithm for reviewing the agglomeration investigation in regional economy (source: Research findings)*

than 100 times according to one of two databases (Google Scholar more frequently) were selected. The number of «selected» studies (linear equation of their increase in dynamics $y = 10.99x - 44.41$ with $R^2 = 0.9$) and their share in the total number (average in the period — 21.7 %) are shown in Figure 3. On the contrary, the average citation rate of one publication decreases. In my opinion, this takes place due to three reasons: (1) growth in the number of «good» articles makes it possible for the authors to expand bibliography and not focus on 2–3 of the most important articles; (2) each study gets a number of citations over many years, and «younger» publications are cited less; (3) independent trends of agglomeration investigations start taking shape in the regional economic science.

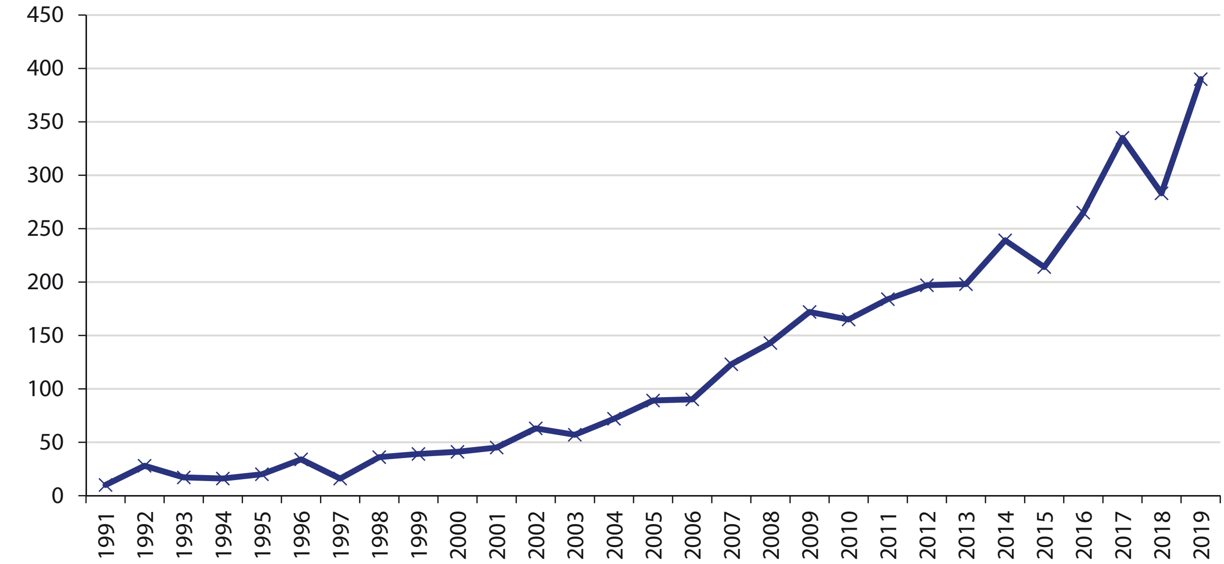


Fig. 2. *Dynamics of a number of publications on agglomeration economy, 1991–2019 (Research calculations based on the WoS data)*

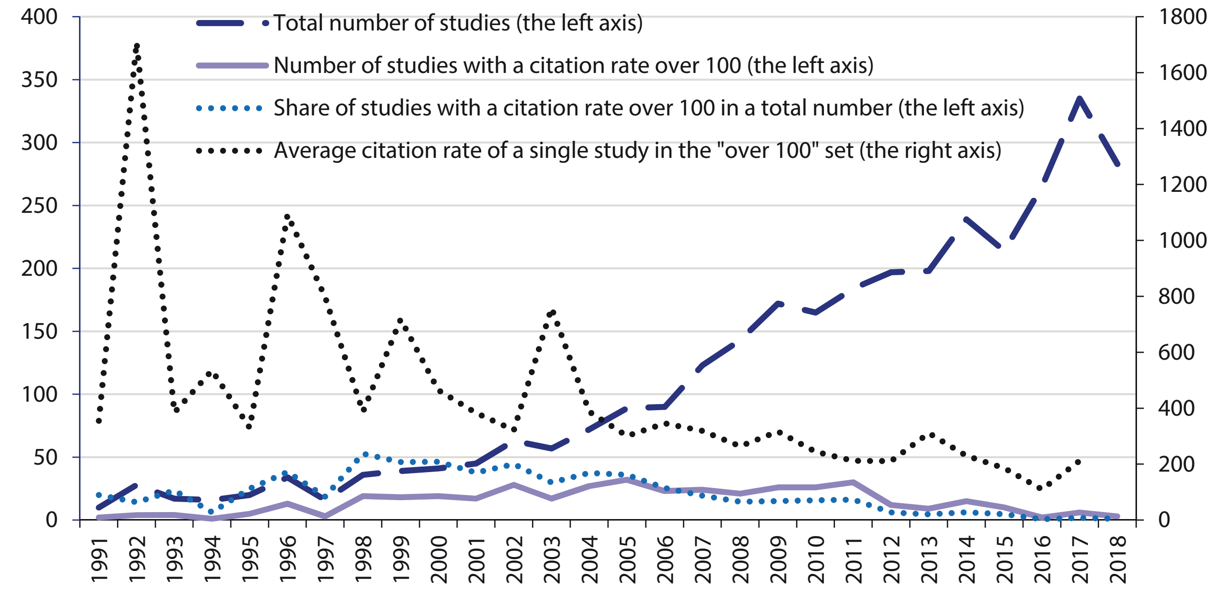


Fig. 3. *Some indicators of citation rate of studies in the sphere of agglomeration economy in 1991–2018 (Research calculations based on the WoS and Google Scholar data)*

3. Obtained Results: Terminology Analysis

The terminology analysis has shown that investigations of agglomerations in regional economy are attributed to one of six spheres: Economics, Geography, Regional and urban planning, Urban studies, Management and Area studies. After removing the publications from irrelevant areas, 2,882 works remained in the sample (Fig. 1). It should be noted that two or more spheres of investigation can intersect in the articles, and thus the summing up of studies by sections will exceed their total number. The development of these spheres was considered in dynamics (Fig. 4).

Publications in the Economics sphere appeared first in 1959. Ten articles were published by 1983. In total, 1,803 publications can be attributed to the economic sphere.

Studies in the sphere of agglomerations were attributed to Regional and urban planning as well, however, the first ten were only composed later, by 1992. In total, 702 studies can be attributed to this trend over the period being analysed.

The first study in the Geography category appeared in 1969, and the first ten studies were accumulated by 1992. In total, 965 studies were published on Geography.

The latest studies on Management have appeared in the sphere of agglomeration investigations: two studies were published in 1993. Connection of agglomerations with the manage-

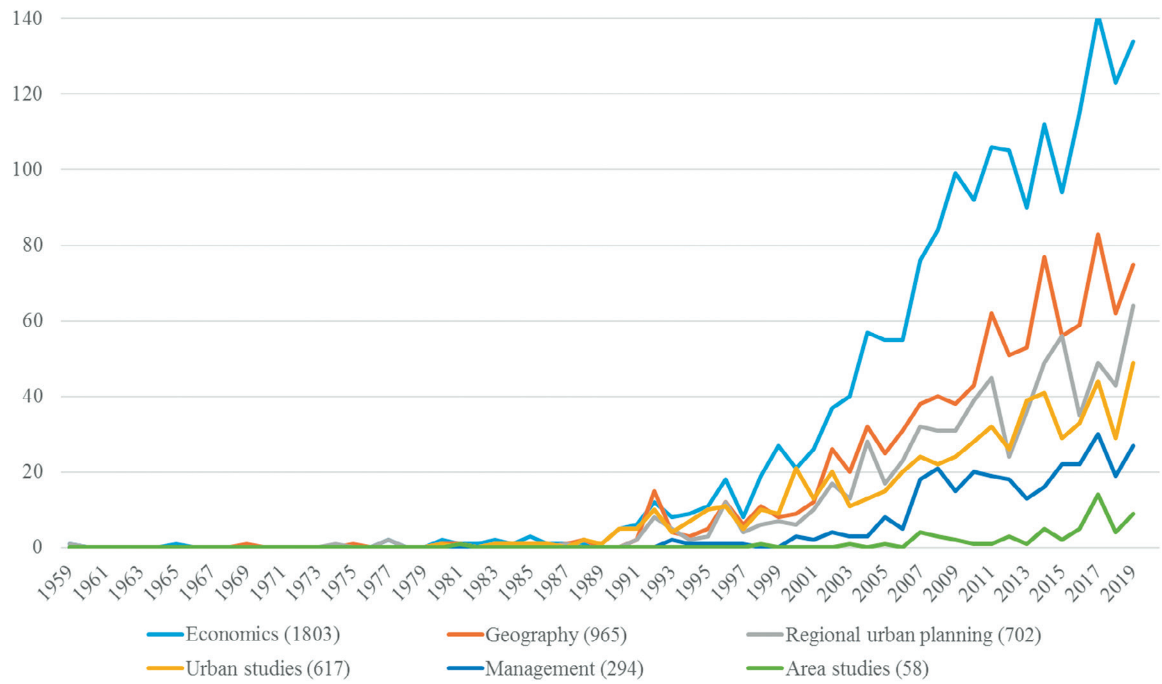


Fig. 4. *Dynamics of publications on agglomeration by investigation spheres in 1959–2019, units (Research calculations based on the WoS data)*

ment of companies were established over a longer period of time: the first ten studies were only published by 2002.

Notwithstanding that, the first Area study appeared in 1981; a total of 58 studies were published in this sphere.

4. Obtained Results: Analysis of Definitions

The next stage of the scientific review is the analysis of definitions for key meanings in this sphere: agglomeration, economy, effects, etc. (Table). The term «agglomeration» was first introduced by Alfred Weber in 1905 to designate the mutual attraction of companies located in the same territory (Weber, 1905). At present, a clear separation of two types of agglomeration takes place in the economic literature (depending on the external effects arising) — location of enterprises of the same type of activity and different types of activities within the same territory (Rastvortseva, 2017, p. 47).

We see that the important categories are agglomeration and agglomeration economies, economy of localisation and urbanisation, agglomeration forces, agglomerative and deglomerative factors. Some terms were introduced at earlier stages of this trend development.

5. Obtained Results: Typology Analysis

The typological analysis aims to separate different trends of the scientific idea development in agglomeration investigations. Thus, it is possible to understand on the basis of which doctrines the ideas in this sphere occur and what independent fields of knowledge they form.

Before moving to the definition of key trends in investigation development, it should be noted that the most apparent trends of studies can be determined by the criterion of agglomeration effect manifestation: economy of agglomeration, urbanisation and localisation. The detailed analysis of empiric investigations of the agglomeration economy's impact on the social and economic development in the region with a division of MAR-effects (localisation) and Jacobs-effects (urbanisation) is given in the study (Kutsenko, 2012). We have mentioned earlier that Isard and Schooler (1959) and Marcus (1965, p. 280–281) has carried out such a division of agglomeration effects.

It is necessary to distinguish several trends of investigations concerning agglomerations in regional economy.

1) Works on evaluation of the agglomeration economy's impact on regional or urban development. On the one hand, the concentrated urbanisation gives strong support to the industrial development due to implementation of scale effect and agglomeration economy (Alonso, 1971). On the other hand, it creates serious social costs and is a result of historical and political forces, but not economic ones.

Glaeser and Gottlieb (2008) conclude in a review that «any government spatial policy is as likely to reduce as to increase welfare» (p. 155). Likewise, a recent analysis by the New York Times

Table

Some definitions in the sphere of agglomeration economy investigation

Term	Definition	Authors, year
Agglomeration economy (economics)	Positive external effects obtained due to geographical location of companies. Potential source of competitive advantages	Porter, 1998
	Sign of agglomeration economics — localisation or spatial concentration of economic activity	Puga, 2010
	Appear from the common labour market smoothing down the shocks at companies' level, facilitating comparison or possibility to study the experience and innovations of the others	Combes et al., 2012
	Technological externalities occurring as a result of social interaction and training (Moretti, 2004a; Moretti, 2004b) or strong market effects (Marshall, 1890)	Kline, Moretti, 2014
	In conditions of agglomeration economy, the growth potential increases in proportion to economic activity increase	Glaeser et al., 1992
Agglomeration	Clustering of economic activity created and supported by the cyclic logic. Takes place at many levels — from the local trade areas servicing the surrounding residential districts inside cities to the specialised economic regions	Fujita, Krugman, Venables., 1999, p. 1
	One type of agglomeration occurs when companies selling similar products are grouped in the same district of the city. The other type can be observed in the existence of strong regional disproportions inside the country, in creation of cities of unequal size or in occurrence of industrial areas with strong technological and informational links	Fujita, Thisse, 1996
	The process of the activity concentration in the region supported by the cyclic logic at several levels with a separation of two types — «economy of localisation» and «economy of urbanisation»	Rastvortseva, 2018
Spatial agglomeration	Geographical concentration of employment inside the industrial clusters and urban labour market	Fullerton, Villemez, 2011
Economy of localisation	Endogenous effects conditioned by specialty and exogenous sources of additional benefit. Such agglomeration is evaluated empirically by the concentration indicators	Rastvortseva, 2017, p. 47
	Economy of scale at spatial concentration of activities inside the industry	Rosenthal, Strange, 2001, p. 192
Economy of urbanisation	Economy of scale increasing as the city grows	
	Enterprises of different types of economic activity prefer to be located on the same territory. Advantages of companies increase due to clustering and are connected with diversification	Rastvortseva, 2017, p. 47
Agglomeration forces	Industrial side effects between workers and companies	Kline, Moretti, 2014
Agglomerative factor	«...advantage» or cheapening of production or sale occurring as a result of production in the same place...»	Weber, 1956
Deglomerative factor	«...cheapening of production occurring as a result of production decentralisation»	Weber, 1956

describes such policies as a «zero sum game» among American communities[1].

The agglomeration effects stimulate the development of cities (Batten, 1995). The network cities are formed, which add to each other, in functionality aiming for cooperation and achievement of sufficient economy to scale. This is possible with quick and reliable corridors of transport and communication infrastructure, which provides a high priority of knowledge-based activity (investigations, education and art). The cooperation mechanisms of such network cities resemble the mechanisms of inter-firm networks (Batten, 1995).

Knowledge becomes a key factor to increase the companies' productivity. The effects will be received by the firms, which are able to create knowledge faster than their competitors. Closeness of firms plays an important part for direct training, creation and distribution of explicit and implicit knowledge, including that through institutional support (Maskell, Malmberg, 1999). The important factor of cities' development are non-material assets; a positive influence of ventures for innovation development was proven (Caragliu et al., 2016).

Urbanisation has an impact on the efficiency of economic development; the economic growth af-

[1] Story, L. (2012). As companies seek tax deals, governments pay high price. New York Times, 1. Retrieved from: https://www.nytimes.com/2012/12/02/us/how-local-taxpayers-bankroll-corporations.html (Date of access: 20.04.2022)

fects the agglomeration model. Local information flows facilitate the creation of agglomerations; accumulation of human capital facilitates endogenous growth. Cities grow as human capital is accumulated and knowledge is disseminated (Black, Henderson, 1999).

The key factors of cities' growth are the quality of production factors, density of external relations and cooperation networks, general characteristics of city system and events being held (Camagni, Capello, Caragliu, 2017).

The national government policy and non-democratic institutions can facilitate the concentration of most of the population in one or two megacities (Henderson, 2003b). The optimum level of urbanisation and urban concentration is determined from the point of view of the maximisation of labour efficiency growth. It varies depending on the country size and development level. Excessive or insufficient concentration can be very expensive from the point of view of efficiency (Henderson, 2003b).

Cities and regions, being the active and interdependent elements of the economic growth formation, play an important part for the economic policy implementation aimed at the stimulation of the agglomeration economy in the poorer regions. This makes it possible to solve issues of interregional inequality due to the present globalisation (Scott, Storper, 2003).

Overall, agglomerations have a positive (and statistically valuable) influence on the technological changes at the country level and on labour efficiency (Acs, Varga, 2005).

Limitations of intra-branch and inter-branch migrations lead to insufficient agglomeration effects in the mobile and non-mobile economy sectors of the country (Au, Henderson, 2006).

2) Explanation of territorial allocation of companies and population. The agglomeration economy can occur in the absence of external effects due to scale, transport costs and the mobility of production factors (Krugman, 1993). The work of Krugman (1993) proposes an approach to the construction of a theoretical model of the city location from the perspective of industrial goods production in the metropolis to serve agricultural areas and its own residents. This research can be attributed to the directions of «Urban economics» and «Location theory». The main difference of this approach from the previous ones is that it does not make assumptions about the presence of external economies of scale and centripetal forces, but emphasises the connection between economies of scale at the enterprise level and transportation costs. The interest in this paper was prompted by the suggestion of a model that could be used for empirical research. We think that it was a factor of increasing interest in research in this area.

The agglomeration of economic activities is facilitated by external effects under conditions of perfect competition, an increase in returns to scale under conditions of monopolistic competition, and spatial competition under conditions of strategic interaction (Fujita, Thisse, 1996).

The selection of company location is considered from a strategic point of view as well (Porter, 1996). Fear of competition sets companies apart from each other, but, on the contrary, the advantages of the complementary differences with dissimilar competitors and side agglomeration effects in regard to direct competitors brings them together. Companies select a location in order to be much the same as the competitors with one characteristic (e.g., price — this provides the agglomeration benefits to them), but differ by another characteristic (e.g., size — to avoid localised competition and creates additional differences) (Baum, Haveman, 1997). Similar investigations were conducted in regard to foreign companies as well. Besides the organisational factors, the institutional environment of the region is taken into consideration here (Meyer, Nguyen, 2005). Technology companies prefer locations with a higher academic level, but not industrial activity in order to keep a distance from competitors (Alcácer, Chung, 2007).

The analysis of agglomeration effects is traditionally based on the data on employment or total factor productivity (TFP). So, the industry specialisation and returns to scale have a positive impact on the efficiency growth, unlike the product diversification and the local competition level (Cingano, Schivardi, 2004). Advantages of the industry agglomeration (or spatial clustering) are taken into account, including total infrastructure, market of the qualified labour force, efficiency of transaction and knowledge spillovers (Malmberg, Maskell, 2002). Significant influence is exerted by the industrial organisation of territory, while the localisation economy has a short-term effect and quickly decreases (Rosenthal, Strange, 2003).

Attributed to this set of investigations can be the study by Henderson (2003a) who has evaluated the character and amount of local external effects according to the industry-specific scales (as per Marshall) depending on the agglomeration degree and mobility of branches between cities.

3) Specific character of agglomeration development. Considered in the study of Henderson is a mechanism being the basis for growth and dis-

tribution of large agglomerations of economic activities to determine how the cumulative processes of global integration and regional concentration can be regulated in the new world order (Henderson, 2003a). The spatial economic development can also be explained by the availability of transport nodes at the creation of large cities. In the article by Fujita and Mori (1996), the inconvertibility of such development is proven (e.g., prosperity of port cities in conditions of maritime traffic decreases).

The temporary deterioration of transport communication of peripheral regions with the central ones can occur as a protection of industrial spheres and will facilitate the accelerated economic development of peripheral regions (Fujita, Mori, 1996). In conditions of the agglomeration development, it is important to understand that companies not only derive benefit from external effects, but also make a return contribution. The difference in the derived benefits from agglomeration leads to heterogeneity. It can be explained by high-tech companies avoiding congestion and competitors; the technologically sound companies will increase their efficiency by creating linked and unlinked diversification (Shaver, Flyer, 2000). The former derives fewer benefits from the concentration on the geographical territory.

Development of agglomerations leads to the growth of income per worker in proportion to the city size increase (Au, Henderson, 2006); productivity will increase depending on the population density (Glaeser, Gottlieb, 2009). Clustering of companies aimed at decreasing costs for dislocation is no longer considered a key factor for the economic development of modern cities, depending largely on the movement intensity of ideas (Glaeser, Gottlieb, 2009).

4) Cluster organisation of economic activities. Investigation of the industrial clusters development answers the question: why are economic activities agglomerated in a small number of places? Clusters are determined as spatial agglomerations or centres of growth (Harrison, Kelley, Gant, 1996) and quickly growing geographical clusters of the competing companies — as "hot points" (Pouder, St. John, 1996). Frequently, the external effects of increase in returns to scale and spatial competition under conditions of strategic interaction are among the reasons for industrial clusters (Fujita, Thisse, 1996). Besides «new industrial areas», three additional types are proposed with different configurations of companies, internal and external orientations and structures of control. They are a nodal industrial area (economic activities which are centred around one or more dominating export companies), satellite platform (a complex of unlinked industry-specific enterprises oriented to external relations) and a state area (orientation to one or more establishments of the state sector) (Markusen, 1996). It was shown that the examination of industrial areas requires a wider institutional approach (Markusen, 1996).

The innovative environment within the cluster emerges at the expense of agglomeration economies and governance institutions. The macro-culture within the cluster does not stimulate innovation and reduces the competitiveness of cluster members (Pouder, St. John, 1996).

Integration of industrial and servicing enterprises inside clusters creates the localisation effect; integration of different economic and social institutions creates the urbanisation effect (Harrison, Kelley, Gant, 1996). It is recognised that urbanisation is more important than localisation in order to explain spatial models of the innovative and economic development (Harrison, Kelley, Gant, 1996). Urbanisation influences a probability that the companies' managers will implement new technologies. The presence of companies in the industrial cluster enhances innovations (Bell, 2005). However, innovations are not always systematically connected with the cluster density (Harrison, Kelley, Gant, 1996).

A concept of industrial clusters is often used for efficient state support to the economy of the lagging cities of regions. The analysis of concentration and different forms of links inside clusters shows that the agglomeration effects play the prevailing part (Gordon, McCann, 2000).

A number of investigations shows that the importance of clusters in the economic development of a city or region can be overestimated (Turok, 2004). In other studies, it is proven that, vice versa, clusters have a positive impact on entrepreneurship. Therefore, decreases in returns to scale with specialisation at a regional or branch level can lead to convergence (Delgado, Porter, Stern, 2014), but the availability of the complementary economic activities in the cluster will create external effects, which strengthen motivation and decrease barriers for the creation of new enterprises. Thus, clustering is an important method for the provision of complementarities. Consequently, industry branches located in the regions with strong clusters are of certain importance for the creation of new enterprises and work places. Strong clusters motivate the appearance of new subdivisions in the already existing international companies and facilitate the survival of start-up firms (Delgado, Porter, Stern, 2010).

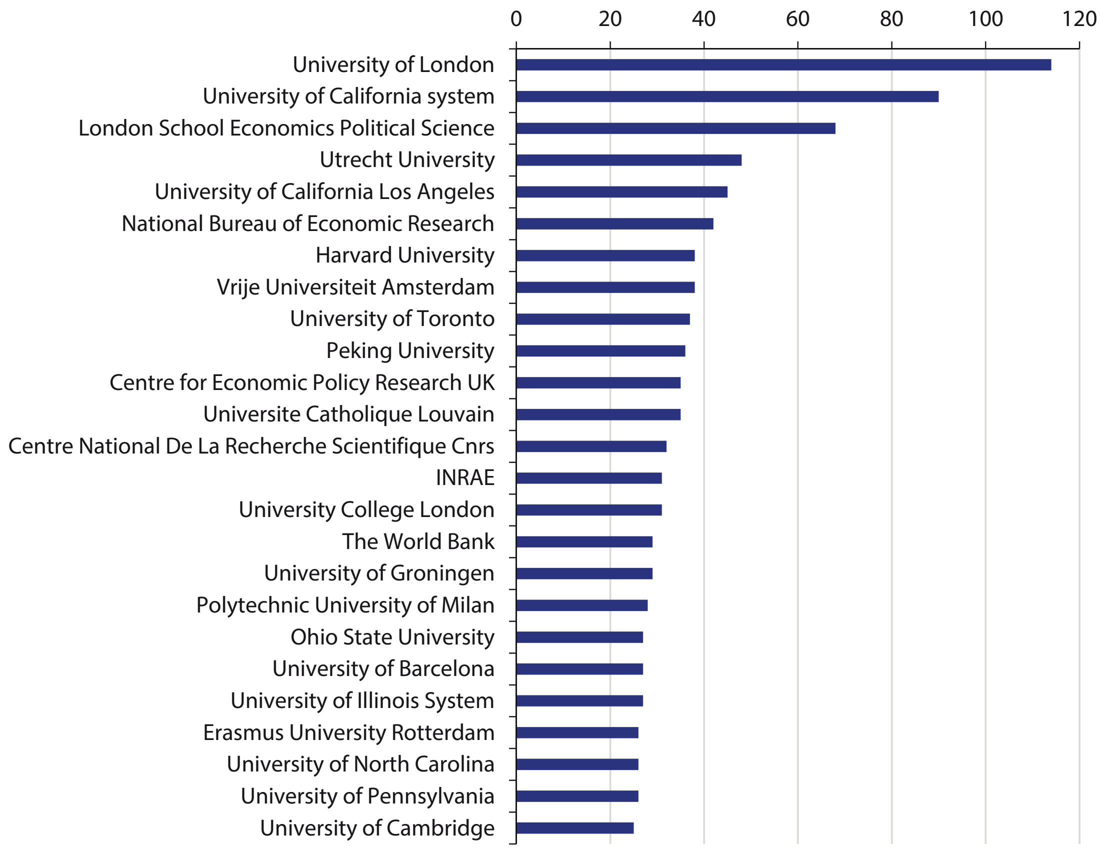


Fig. 5. *Distribution of publications concerning the agglomeration investigation among the leading universities of the works, number of studies (research calculations based on the WoS data)*

5) Factors of the concentration of economic activities. According to Krugman's opinion, the international trade is determined by comparative advantages and growing returns to scale, as well as external effects, which can be implemented to a greater extent at a local level (Martin, Sunley, 1996). Investigations in individual studies are a tendency of firms and workers to spatial agglomeration as the regions become more integrated (Ottaviano, Puga, 1998). Economic agglomeration can manifest itself at different levels, such as the lowest level (small-scale agglomeration) and the so-called field-specific industrial areas. Large agglomerations can intersect the borders of individual regions if not countries (Ottaviano, Puga, 1998). It was proven that the common labour market is a flashing factor of the agglomerations. It influences agglomerations at all levels. Factors of dependency on production and natural resources and an indicator of costs for transportation of intermediate goods become the key ones (Rosenthal, Strange, 2001).

Among other factors, urban agglomerations are explained by a need for the direct contact of economic entities. The «face-to-face» contact has positive characteristics: the efficient communication technology, a possibility to solve motivation problems, facilitation of socialisation and training as well as psychological motivation. Each of these peculiarities facilitates the occurrence of the agglomeration effects and is a key feature of many types of creative activities (Storper, Venables, 2004).

Individual investigations show that firms with higher productivity tend to be located in the central regions or cities; those with a lower productivity tend to be located in peripheral regions. The dissimilarity of companies in agglomerations decreases the domestic market effects (Baldwin, Okubo, 2006).

The geographic concentration of an industry branch can be explained by other factors as well. For example, in the study of Klepper (2007), it is shown that the district of Detroit owes its development to the first four successful participants.

In addition to the listed above trends in investigation of agglomerations in regional economy, the following can be distinguished:

6) agglomeration study in conjunction with the type and level of market competition (e.g., Porter, 1996; Turok, 2004; Baldwin, Okubo, 2006);

7) issues of the firm's demography (e.g., Keeble, Walker, 1994; Glaeser, Kerr);

8) connection with international and/or inter-regional trade (e.g., Martin, Sunley, 1996; Hanson, 1998; Markusen, Venables, 2000);

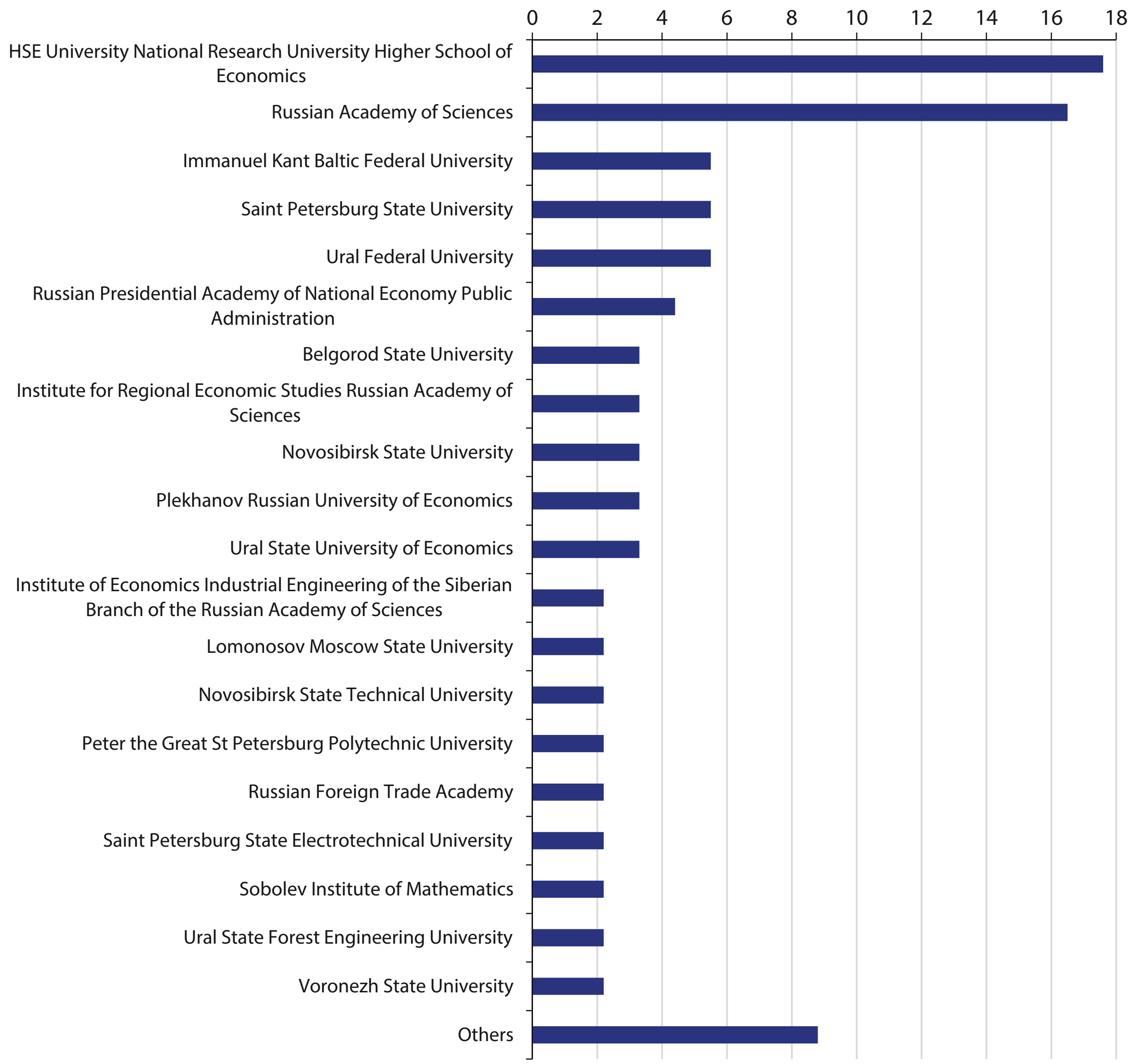


Fig. 6. *Distribution of publications in the sphere of the agglomeration investigation among Russian educational and scientific institutions, % of the total number (research calculations based on the WoS data)*

9) concentration of creative capital in cities, which forms the agglomeration forces (e.g., Glaeser, 1999; Scott, 2006);

10) urban transport system as a key factor of the agglomeration economy development (e.g., Quigley, 1998);

11) connection with the innovative systems and knowledge capital (e.g., Maskell, Malmberg, 1999; Feldman, Audretsch, 1999; Gertler, 2003);

12) investigation of diversification and specialisation (e.g., Feldman, Audretsch, 1999; Duranton, Puga, 2000; Frenken, Van Oort, Verburg, 2007);

13) connection with the evolutionary economics (e.g., Boschma, Wenting, 2007).

6. Obtained Results: Geographical Analysis

The geographical analysis of investigations concerning agglomerations in regional economy was conducted. The countries with the highest number of publications are the USA (829), Great Britain (353), China (327), Spain (193), Japan (182), Italy (186), the Netherlands (169) and Germany (153). Note that the scientific centres and educational institutions that carry out investigations in this sphere are dispersed worldwide. Distribution of works in the sphere of agglomerations among the leading universities is given in Figure 5.

University of London and University of California are considered the leading universities in this sphere. Their total share amounts to 7.1 % or 11 % with the account of the London School of Economics and Political Science and the University of California in Los Angeles, which present themselves separately in publications.

In Russia, 91 studies were conducted on the topic of agglomerations[1]. A significant share of studies falls upon the Higher School of Economics (16) and establishments of the Russian Academy

[1] as per the WoS data.

of Sciences (15). Figure 6 shows the distribution of publications in more detail.

Conclusion

Investigation of agglomerations in regional economic science is surging. At the first stage (from 1959 to 1990), 34 studies were published, then (later on up to 2018) 3.661 studies were presented. The time-domain analysis of studies on agglomerations demonstrated the evolutionary character of the development dynamics, increase in a number of frequently cited articles and the creation of new trends. The terminology analysis revealed the investigation development in six areas: economics, geography, regional and urban planning, urban studies, as well as management and area studies. The analysis of definitions specified the main terms, such as agglomeration economy (economics), agglomeration, urbanisation, localisation and others. The typological analysis determined a trend of investigations concerning agglomerations in regional economy. It was shown that many spheres closely resonate with each other and different spheres of other sciences. Geographical analysis has reflected the dispersion of investigation groups and individual authors by countries across the world. A significant number of studies fall upon the USA, Great Britain and China. Understanding of the agglomeration investigation development trends will contribute to regional economy as a science. The obtained results can be used in future in terms of understanding the evolution and current trends in the development of research on agglomerations, identifying key authors working in this area. Understanding in which areas of economic, geographical, and management science agglomeration processes are of interest will provide a basis for the development of new interdisciplinary research.

References

Acs, Z. J. & Varga, A. (2005). Entrepreneurship, agglomeration and technological change. *Small business economics, 24(3),* 323–334. DOI: 10.1007/s11187–005–1998–4.

Alcácer, J. & Chung, W. (2007). Location strategies and knowledge spillovers. *Management science, 53(5),* 760–776. DOI: 10.1287/mnsc.1060.0637.

Alonso, W. (1971). The economics of urban size. *Papers of the Regional Science Association, 26(1),* 66–83. DOI: 10.1111/j.1435–5597.1971.tb01493.x.

Au, C. C. & Henderson, J. V. (2006). Are Chinese cities too small? *Review of Economic Studies, 73(3),* 549–576. DOI: 10.1111/j.1467–937X.2006.00387.x.

Baldwin, R. E. & Okubo, T. (2006). Heterogeneous firms, agglomeration and economic geography: spatial selection and sorting. *Journal of Economic Geography, 6(3),* 323–346. DOI: 10.1093/jeg/lbi020.

Batten, D. F. (1995). Network cities: creative urban agglomerations for the 21st century. *Urban studies, 32(2),* 313–327. DOI: 10.1080/00420989550013103.

Baum, J. A. C. & Haveman, H. A. (1997). Love thy neighbor? Differentiation and agglomeration in the Manhattan hotel industry, 1898–1990. *Administrative Science Quarterly, 42(2),* 304–338. DOI: 10.2307/2393922.

Bell, G. G. (2005). Clusters, networks, and firm innovativeness. *Strategic management journal, 26(3),* 287–295. DOI: 10.1002/smj.448.

Black, D. & Henderson, V. (1999). A theory of urban growth. *Journal of political economy, 107(2),* 252–284. DOI: 10.1086/250060.

Boschma, R. A. & Wenting, R. (2007). The spatial evolution of the British automobile industry: Does location matter? *Industrial and corporate change, 16(2),* 213–238. DOI: 10.1093/icc/dtm004.

Camagni, R., Capello, R. & Caragliu, A. (2017). Static vs. dynamic agglomeration economies: Spatial context and structural evolution behind urban growth. In: *R. Capello (Ed.), Seminal studies in regional and urban economics* (pp. 227–259). Springer, Cham, 450.

Caragliu, A., Del Bo, C. F., Kourtit, K. & Nijkamp, P. (2016). The winner takes it all: forward-looking cities and urban innovation. *The Annals of Regional Science, 56(3),* 617–645. DOI: 10.1007/s00168–015–0734–5.

Cingano, F. & Schivardi, F. (2004). Identifying the sources of local productivity growth. *Journal of the European Economic association, 2(4),* 720–742. DOI: 10.1162/1542476041423322.

Combes, P. P., Duranton, G., Gobillon, L., Puga, D. & Roux, S. (2012). The productivity advantages of large cities: Distinguishing agglomeration from firm selection. *Econometrica, 80(6),* 2543–2594. DOI: 10.3982/ECTA8442.

Delgado, M., Porter, M. E. & Stern, S. (2010). Clusters and entrepreneurship. *Journal of economic geography, 10(4),* 495–518. DOI: 10.1093/jeg/lbq010.

Delgado, M., Porter, M. E. & Stern, S. (2014). Clusters, convergence, and economic performance. *Research policy, 43(10),* 1785–1799. DOI: 10.1016/j.respol.2014.05.007.

Duranton, G. & Puga, D. (2000). Diversity and specialisation in cities: why, where and when does it matter? *Urban studies, 37(3),* 533–555. DOI: 10.1080/0042098002104.

Feldman, M. P. & Audretsch, D. B. (1999). Innovation in cities: Science-based diversity, specialization and localized competition. *European economic review, 43(2),* 409–429. DOI: 10.1016/S0014–2921(98)00047–6.

Frenken, K., Van Oort, F. & Verburg, T. (2007). Related variety, unrelated variety and regional economic growth. *Regional studies, 41(5),* 685–697. DOI: 10.1080/00343400601120296.

Fujita, M., Krugman, P. R. & Venables, A. (1999). *The spatial economy: Cities, regions, and international trade.* MIT press.

Fujita, M. & Mori, T. (1996). The role of ports in the making of major cities: self-agglomeration and hub-effect. *Journal of development Economics, 49(1),* 93–120. DOI: 10.1016/0304–3878(95)00054–2.

Fujita, M. & Thisse, J. F. (1996). Economics of agglomeration. *Journal of the Japanese and international economies, 10(4),* 339–378. DOI: 10.1006/jjie.1996.0021.

Fullerton, A. S. & Villemez, W. J. (2011). Why does the spatial agglomeration of firms benefit workers? Examining the role of organizational diversity in US Industries and Labor Markets. *Social forces, 89(4),* 1145–1164. DOI: 10.1093/sf/89.4.1145.

Gertler, M. S. (2003). Tacit knowledge and the economic geography of context, or the undefinable tacitness of being (there). *Journal of economic geography, 3(1),* 75–99. DOI: 10.1093/jeg/3.1.75.

Glaeser, E. L. & Gottlieb, J. D. (2008). *The economics of place-making policies.* NBER Working Paper No. 14373. National Bureau of Economic Research, 95. DOI: 10.3386/w14373.

Glaeser, E. L. & Gottlieb, J. D. (2009). The wealth of cities: Agglomeration economies and spatial equilibrium in the United States. *Journal of economic literature, 47(4),* 983–1028. DOI: 10.1257/jel.47.4.983.

Glaeser, E. L. & Kerr, W. R. (2009). Local industrial conditions and entrepreneurship: how much of the spatial distribution can we explain? *Journal of Economics & Management Strategy, 18(3),* 623–663. DOI: 10.1111/j.1530–9134.2009.00225.x.

Glaeser, E. L. (1999). Learning in cities. *Journal of urban Economics, 46(2),* 254–277. DOI: 10.1006/juec.1998.2121.

Glaeser, E. L., Kallal, H. D., Scheinkman, J. A. & Shleifer, A. (1992). Growth in cities. *Journal of political economy, 100(6),* 1126–1152. DOI: 10.1086/261856.

Gordon, I. R. & McCann, P. (2000). Industrial clusters: complexes, agglomeration and/or social networks? *Urban studies, 37(3),* 513–532. DOI: 10.1080/0042098002096.

Hanson, G. H. (1998). Regional adjustment to trade liberalization. *Regional science and urban economics, 28(4),* 419–444. DOI: 10.1016/S0166–0462(98)00006–4.

Harrison, B., Kelley, M. R. & Gant, J. (1996). Innovative firm behavior and local milieu: exploring the intersection of agglomeration, firm effects, and technological change. *Economic geography, 72(3),* 233–258. DOI: 10.2307/144400.

Henderson, J. V. (2003a). Marshall's scale economies. *Journal of Urban Economics, 53(1),* 1–28. DOI: 10.1016/S0094–1190(02)00505–3.

Henderson, J. V. (2003b). The urbanization process and economic growth: The so-what question. *Journal of Economic growth, 8(1),* 47–71. DOI: 10.1023/A:1022860800744.

Isard, W. & Schooler, E. W. (1959). Industrial complex analysis, agglomeration economies, and regional development. *Journal of Regional Science, 1(2),* 19–33. DOI: 10.1111/j.1467–9787.1959.tb01456.x.

Isard, W. (1956). *Location and Space Economy.* New York: John Wiley, 369.

Keeble, D. & Walker, S. (1994). New firms, small firms and dead firms: spatial patterns and determinants in the United Kingdom. *Regional studies, 28(4),* 411–427. DOI: 10.1080/00343409412331348366.

Klepper, S. (2007). Disagreements, spinoffs, and the evolution of Detroit as the capital of the US automobile industry. *Management Science, 53(4),* 616–631. DOI: 10.1287/mnsc.1060.0683.

Kline, P. & Moretti, E. (2014). Local economic development, agglomeration economies, and the big push: 100 years of evidence from the Tennessee Valley Authority. *The Quarterly Journal of Economics, 129(1),* 275–331. DOI: 10.1093/qje/qjt034.

Krugman, P. (1991). Increasing returns and economic geography. *Journal of political economy, 99(3),* 483–499. DOI: 10.1086/261763.

Krugman, P. (1993). First nature, second nature, and metropolitan location. *Journal of regional science, 33(2),* 129–144. DOI: 10.1111/j.1467–9787.1993.tb00217.x.

Kutsenko, E. S. (2012). Path Dependence in Spatial Distribution of Economic Activity: Bad News for Empiric Research of Agglomeration Effects. *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii [Journal of the New Economic Association], 14(2),* 10–26. (In Russ.)

Malmberg, A. & Maskell, P. (2002). The elusive concept of localization economies: towards a knowledge-based theory of spatial clustering. *Environment and Planning A: Economy and Space, 34(3),* 429–449. DOI: 10.1068/a3457.

Marcus, M. (1965). Agglomeration Economies: A Suggested Approach. *Land Economics, 41(3),* 279–284. DOI: 10.2307/3144862.

Markusen, A. (1996). Sticky places in slippery space: a typology of industrial districts. *Economic geography, 72(3),* 293–313. DOI: 10.2307/144402.

Markusen, J. R. & Venables, A. J. (2000). The theory of endowment, intra-industry and multi-national trade. *Journal of International Economics, 52(2),* 209–234. DOI: 10.1016/S0022–1996(99)00055–0.

Marshall, A. (1890). *Principles of Economics.* London: Macmillan, 731.

Martin, R. & Sunley, P. (1996). Paul Krugman's geographical economics and its implications for regional development theory: a critical assessment. *Economic geography, 72(3),* 259–292. DOI: 10.2307/144401.

Maskell, P. & Malmberg, A. (1999). Localised learning and industrial competitiveness. *Cambridge journal of economics, 23(2),* 167–185. DOI: 10.1093/cje/23.2.167.

Meyer, K. E. & Nguyen, H. V. (2005). Foreign investment strategies and sub-national institutions in emerging markets: Evidence from Vietnam. *Journal of management studies, 42(1),* 63–93. DOI: 10.1111/j.1467–6486.2005.00489.x.

Moretti, E. (2004a). Estimating the social return to higher education: evidence from longitudinal and repeated cross-sectional data. *Journal of econometrics, 121(1–2),* 175–212. DOI: 10.1016/j.jeconom.2003.10.015.

Moretti, E. (2004b). Workers' education, spillovers, and productivity: evidence from plant-level production functions. *American Economic Review, 94(3),* 656–690. DOI: 10.1257/0002828041464623.

Ottaviano, G. I. & Puga, D. (1998). Agglomeration in the global economy: a survey of the 'new economic geography'. *World Economy, 21(6),* 707–731.

Porter, M. E. (1996). Competitive advantage, agglomeration economies, and regional policy. *International regional science review, 19(1–2),* 85–90.

Porter, M. E. (1998). Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review, 76(6),* 77–90.

Pouder, R. & St. John, C. H. (1996). Hot spots and blind spots: Geographical clusters of firms and innovation. *Academy of management review, 21(4),* 1192–1225. DOI: 10.5465/amr.1996.9704071867.

Puga, D. (2010). The magnitude and causes of agglomeration economies. *Journal of regional science, 50(1),* 203–219. DOI: 10.1111/j.1467–9787.2009.00657.x.

Quigley, J. M. (1998). Urban diversity and economic growth. *Journal of Economic perspectives, 12(2),* 127–138. DOI: 10.1257/jep.12.2.127.

Rastvortseva, S. (2017). Agglomeration economics in regions: The case in the Russian industry. *Regional Science Inquiry, 9(2),* 45–54.

Rastvortseva, S. N. (2018). Economic activity in Russian regions. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast, 11(1),* 84–99. DOI: 10.15838/esc.2018.1.55.6.

Rosenthal, S. S. & Strange, W. C. (2001). The determinants of agglomeration. *Journal of urban economics, 50(2),* 191–229. DOI: 10.1006/juec.2001.2230.

Rosenthal, S. S. & Strange, W. C. (2003). Geography, industrial organization, and agglomeration. *Review of Economics and Statistics, 85(2),* 377–393. DOI: 10.1162/003465303765299882.

Scott, A. & Storper, M. (2003). Regions, globalization, development. *Regional studies, 37(6–7),* 579–593. DOI: 10.1080/0034340032000108697a.

Scott, A. J. (2006). Creative cities: Conceptual issues and policy questions. *Journal of urban affairs, 28(1),* 1–17. DOI: 10.1111/j.0735–2166.2006.00256.x.

Shaver, J. M. & Flyer, F. (2000). Agglomeration economies, firm heterogeneity, and foreign direct investment in the United States. *Strategic management journal, 21(12),* 1175–1193. DOI: 10.1002/1097–0266(200012)21:12<1175::AID-SMJ139>3.0.CO;2-Q.

Storper, M. & Venables, A. J. (2004). Buzz: face-to-face contact and the urban economy. *Journal of economic geography, 4(4),* 351–370. DOI: 10.1093/jnlecg/lbh027.

Turok, I. (2004). Cities, regions and competitiveness. *Regional studies, 38(9),* 1069–1083. DOI: 10.1080/0034340042000292647.

Weber, A. (1905). *Über den Standort der Industrien.* J. C. B. Mohr, Tübingen. (In German)

Weber, A. (1956). *Theory of the Location of Industries.* Chicago, Illinois: The University of Chicago Press, 256.

About the author

Svetlana N. Rastvortseva — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Faculty of World Economy and International Affairs, School of World Economy, National Research University "Higher School of Economics", Scopus Author ID: 57188713270; http://orcid.org/0000-0002-1599-359X (17/1, Malaya Ordynka St., Moscow, 119017, Russian Federation; e-mail: SRastvortseva@hse.ru).

Информация об авторе

Растворцева Светлана Николаевна — доктор экономических наук, профессор, профессор факультета мировой экономики и мировой политики, департамент мировой экономики, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; Scopus Author ID: 57188713270; http://orcid.org/0000-0002-1599-359X (Российская Федерация, 119017, г. Москва, ул. Малая Ордынка, 17, стр. 1; e-mail: SRastvortseva@hse.ru).

Дата поступления рукописи: 15.07.2020.
Прошла рецензирование: 09.09.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 15 Jul 2020.
Reviewed: 09 Sep 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

RESEARCH ARTICLE
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-3
UDC 330.47; 332.1
JEL C38; D83; P25

Ivan V. Savin [a], *Nikita S. Teplyakov* [b]
[a, b] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation
[a] Universitat Autonoma de Barcelona, Barcelona, Spain
[a] https://orcid.org/0000-0002-9469-0510
[b] https://orcid.org/0000-0003-2522-8207; e-mail: nekit_teplykov@mail.ru

Using Computational Linguistics to Analyse Main Research Directions in Economy of Regions[1]

Over the past decades, the process of knowledge generation has accelerated, producing a lot of scientific publications, which makes reviewing even a relatively narrow subject area very demanding, if not impossible. However, recent text data mining tools can assist researchers in conducting such analysis in an objective and time-efficient way. We conduct such a literature review on 1307 articles published in the journal Economy of Regions from 2010 to 2021 using advanced topic modelling techniques. This analysis aims to describe the main research areas in the journal over time, the dynamics of their popularity and the relationship with key quantitative indicators. We identified 22 topics ranging from "Agriculture" and "Economic Geography" to "Fiscal Policy" and "Entrepreneurship". We estimate how popularity of these topics was changing over time and find topics that gained the most popularity from 2010 to 2021 (+17.61 %, "Spatial Economics") or lost it (–14.58 %, "Economics of Innovation"). The topic of environmental economics collects the largest number of citations per article (3.64, on average), and the topics on monetary policy and poverty are the most popular among manuscripts in English, which is also true for articles written by authors with foreign affiliation. Papers with third-party funding are concentrated the most in "Spatial Economics" (around 11 %), and the least — in "Agriculture". Our results can help to understand the evolution in scope of research of Economy of Regions and serve researchers to find promising directions for future studies.

Keywords: topic modelling, machine learning, computational linguistics, text mining, literature review, academic journal, spatial economics, environmental economics, scientometrics, third-party funding

Acknowledgements

The article has been prepared with the support from the Russian Science Foundation, conducted as part of the research project № 19–18–00262 "Modelling a balanced technological and socio-economic development of the Russian regions".

For citation: Savin, I. V. & Teplyakov, N. S. (2022). Using Computational Linguistics to Analyse Main Research Directions in Economy of Regions. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 338-352, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-3.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

И. В. Савин [а]**, *Н. С. Тепляков*** [б]

[а, б] Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Российская Федерация

[а] Автономный университет Барселоны, г. Барселона, Испания

[а] https://orcid.org/0000-0002-9469-0510

[б] https://orcid.org/0000-0003-2522-8207; e-mail: nekit_teplykov@mail.ru

Применение компьютерной лингвистики для анализа основных направлений исследований в журнале «Экономика региона»

За последние десятилетия процесс создания новых знаний значительно ускорился, что обусловило появление огромного количества научных публикаций. Это делает обзор даже относительно узкой предметной области крайне затруднительным. Тем не менее новейшие инструменты анализа текстовых данных могут помочь исследователям выполнить эту задачу объективно и с минимальными временными затратами. При помощи методов тематического моделирования мы проводим обзор литературы по 1307 статьям, опубликованным в журнале «Экономика региона» с 2010 г. по 2021 г. Данная работа нацелена на описание основных направлений исследований в журнале, динамики их популярности и взаимосвязи с ключевыми количественными показателями. В ходе анализа мы определили 22 основные темы исследований, варьирующихся от сельского хозяйства и экономической географии до фискальной политики и предпринимательства. Мы оценили, как со временем менялась распространенность этих тем, и определили тематики, которые либо набрали наибольшую популярность с 2010 г. по 2021 г. (+17,61 %, «Пространственная экономика»), либо потеряли ее (–14,58 %, «Экономика инноваций»). Статьи на тему экономики природопользования чаще цитируются (в среднем, 3,64 цитирований на 1 статью), а темы денежно-кредитной политики и бедности наиболее часто встречаются среди работ на английском языке, а также публикаций с иностранной аффилиацией. Работы, вышедшие при поддержке стороннего финансирования, наиболее сконцентрированы в теме «Пространственная экономика» (около 11 % статей), а наименее — в теме «Сельское хозяйство». Полученные результаты, демонстрирующие эволюцию исследований в журнале «Экономика региона», могут помочь авторам найти перспективные направления будущих работ.

Ключевые слова: тематическое моделирование, машинное обучение, компьютерная лингвистика, анализ текста, обзор литературы, научный журнал, пространственная экономика, экономика природопользования, наукометрия, стороннее финансирование

Благодарность

Исследование было выполнено в рамках научного проекта № 19-18-00262 «Моделирование сбалансированного технологического и социально-экономического развития российских регионов» при поддержке Российского научного фонда.

Для цитирования: Савин И. В., Тепляков Н. С. Применение компьютерной лингвистики для анализа основных направлений исследований в журнале «Экономика региона» // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 338-352. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-3.

Introduction

Over time, the amount of research studies is rapidly growing, making its review increasingly challenging when using conventional tools and human coders (Callaghan, Minx, Forster, 2020). Fortunately, over the last years, new methods from the intersection of machine learning and natural language processing (sometimes referred to as computational linguistics) have been developed. Using these methods to review publications and analyse trends in a scientific journal has become popular in the literature (Asmussen, Møller, 2019; Mo, Kontonatsios, Ananiadou, 2015; Savin, van den Bergh, 2021; Griffith, Steyvers, 2004; Lüdering, Winker, 2016; De Battisti, Ferrara, Salini, 2015; Ambrosino, et al., 2018; Maier et al., 2018).

To our knowledge, however, no study so far applied these methods to a Russian scientific journal[1]. We aim to fill this gap by analysing articles published in the journal Economy of Regions in the last twelve years.

Economy of Regions (ER, henceforth) is an international peer-reviewed journal founded in

[1] An exception may be Devitsyn and Savin (2020), but they analyse not a single journal but all publications by the authors affiliated with Surgut State University.

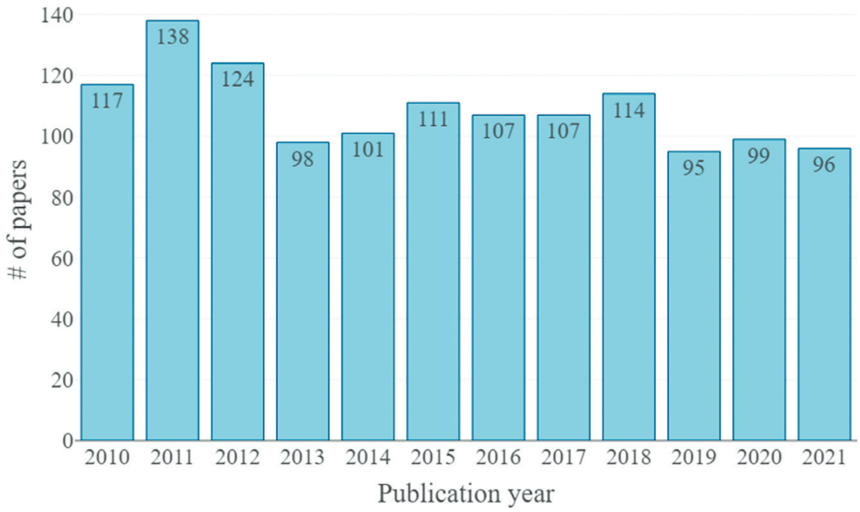


Fig. 1. *Number of articles published in ER over time in our sample*

2005. In 2020, ER has been ranked as 9th best Russian journal among all disciplines and 3rd in economics according to the Science Index used by the Russian Science Citation Index[1]. It has been over 10 years since Economy of Regions entered the global stage (it joined Scopus in 2010) and this is a good time to look at its main topics and how they have changed over time. Therefore, our research questions are:

(1) What are the main research directions (topics) presented in ER?

(2) How did the popularity of these topics change over time?

(3) Which topics have the highest number of citations, prevalence among manuscripts in Russian and English language, number of authors with foreign affiliation and third-party funding?

The rest of this paper is organised as follows. In the Data and Methodology section, we describe our textual and quantitative data, explain how topic modelling works and discuss its benefits. In the Results section, we define the topics, evaluate their popularity over time, and associate them with the number of citations, presence of authors with foreign affiliation, third-party funding, and language of the article. The last section concludes.

Data and Methodology

This study is based on 1307 articles published in ER between 2010 and 2021. The data was retrieved from Scopus abstract & citation database[2] on 3 February 2022[3]. As a result, we obtained the distribution of text documents over time demonstrated in Figure 1. The number of publications peaked at 138 a year after being included in the Scopus database, and then averaged around 103 publications per year.

As expected, scientists with affiliation in Russia participated in the vast majority of articles (1008 cases). However, authors who published in the journal are also affiliated in many other countries. Thus, apart from Russia, the countries with the largest presence of researchers in the journal are Kazakhstan and Italy (see Fig. 2).

Text Data Description

To have high accuracy of our textual analysis, we collected all the textual information available. Thus, the text-based information for each paper consists of the title of the article, its keywords and abstract. Some authors try to use different wording in title and keywords, and this will help the topic model to better identify the most important words in each document. Given the original texts, we have 10 458 unique tokens and 334 916 word occurrences in total. The average number of words per document is 254.

A mandatory step before building a topic model is preliminary processing of textual data. We used the standard data cleansing steps described in recent literature (Aggarwal, 2018; Uglanova, Gius, 2020; Savin et al., 2020; Savin, Ott, Konop, 2021). In particular, the text documents were divided into separate elements (tokens), which were subsequently cleared of punctuation and stop words, and also brought to a

[1] Comparison of bibliometric indicators of Russian scientific journals. eLibrary.ru. Retrieved from: https://elibrary.ru/titles_compare.asp (Date of access: 20.02.2022).

[2] About Scopus — Abstract and citation database. Elsevier. Retrieved from: https://www.elsevier.com/solutions/scopus (Date of access: 20.02.2022).

[3] We do not consider publications in Economy of Regions until 2010, since the necessary data (e.g. the number of citations) is not available for the earlier period.

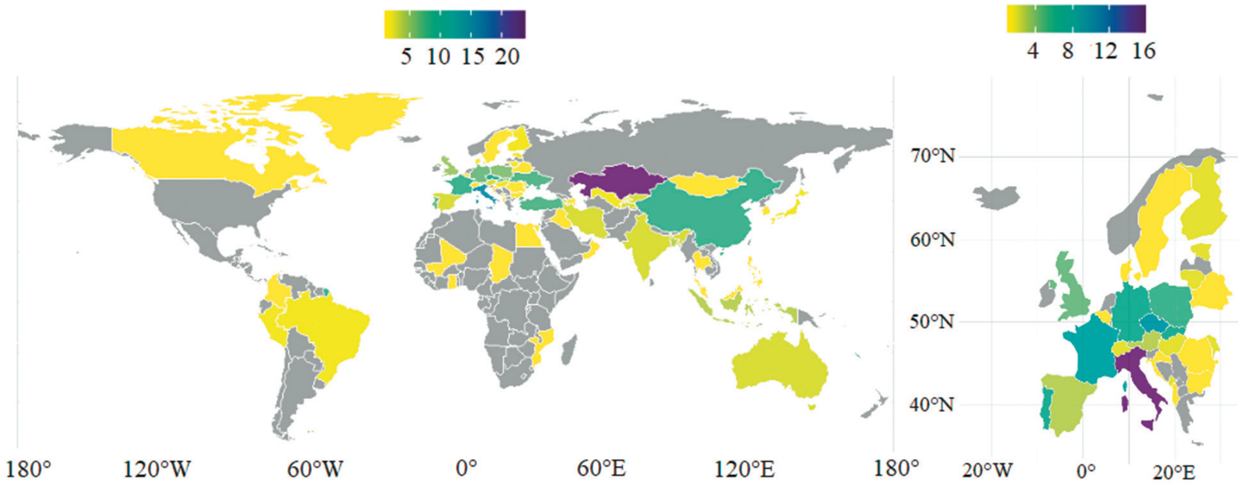


Fig. 2. *International participation in ER journal*
Note: The left heatmap shows international participation from the whole world, while the right one demonstrates affiliations in European countries

Table 1

Descriptive statistics of quantitative variables

Variable	Min	Max	Median	Mean	StDev
Publication year	2010,00	2021,00	2015,00	2015,24	3.47
Number of authors	1.00	5.00	2.00	2.17	0.99
Number of citations	0.00	49.00	1.00	2.45	3.66
English language	0.00	1.00	0.00	0.21	0.41
Author with foreign affiliation	0.00	1.00	0.00	0.28	0.45
Third-party funding	0.00	1.00	0.00	0.20	0.40

dictionary form (for example, replacing "challenging" with "challenge") using Wordnet-based lemmatization engine with part-of-speech tagging (Fellbaum, 2005; Voutilainen, 2003). We also removed words that are too rare (i. e., that appear less or equal to 5 times in all the documents). Finally, we have identified stable word sequences called bigrams (e.g., "gross_product", "european_union"). As a result, our final dataset contains 2583 unique words for building a topic model and 154 850 total word occurrences. The average number of words per document after pre-processing fell to 118.

Quantitative Data Description

We also use quantitative variables in our study, which are provided in the Scopus database as document-level metadata. The set of quantitative variables used and their descriptive statistics are presented in Table 1. This data covers two needs at the same time. Firstly, it helps topic model to extract topics from documents more accurately (He et al., 2009; Speier, Ong, Arnold, 2016; see also our description of the Structural Topic Modelling method). And, secondly, the data will be used later to see which topics tend to have more citations, authors with foreign affiliation, third-party funding and are written in English.

Note here that we do not distinguish between one or multiple authors with foreign affiliation, neither whether the author with foreign affiliation is the sole author. The variable (author with foreign affiliation) is binary and should be interpreted as presence of an author with foreign affiliation. Similarly, the variable on third-party funding is also binary and does not distinguish whether one or multiple grants have been received. We made these two simplifications since distinguishing these variables further would complicate both data preprocessing and its analysis.

It is also worth stressing that the covariates we use do not have high Pearson correlation coefficients, but those coefficients that we present below are significant at the 1 % level. The highest correlation is between year of publication and presence of third-party funding (0.5), which reveals the fact that studies published in ER in recent years have been supported by either Russian (Russian Science Foundation, Russian Foundation for Basic Research) or sometimes also foreign grants (e.g., Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan or National Science Centre Poland). Affiliation of one of the co-authors to a foreign university, contrary to our initial expectation, is not so strongly correlated with

English language of the article (coefficient is 0.44, which is a moderate value). This can be explained by a considerable share of native Russian-speaking authors who went abroad but continue collaboration with their colleagues in Russia and publish in Russian. Finally, the share of articles with an author affiliated abroad has a slight tendency to increase in ER over time (Pearson correlation with year of publication is 0.12).

Structural Topic Modelling

To reveal topics present in our textual data (ER articles), we use topic modelling (TM). In simple words, TM clusters words into topics based on the measure of their co-occurrence, i. e. how often any pair of words appears in the same text (Murakami et al., 2017). For example, if we see the word "labour" in a topic labelled "Labour Economics", it means that this word appears relatively more often in combination with other words from this topic. Formally speaking, using methods from Bayesian inference TM assumes that each word in our documents is generated through a two-step process. First, each article has its own distribution of topics, and a topic is randomly drawn from it. Second, each topic has its own word distribution, and a word is randomly selected from this distribution for the topic chosen earlier. Therefore, each document is a result of repeating these two steps sufficiently many times, while the articles typically have multiple topics in different proportions. TM discovers the topics by fitting this two-step model to replicate best the underlying data. Compared to simple count of keywords, TM has the advantage of considering words not in isolation, but accounting for their context, which can influence the meaning of the words.

An advantage of structural topic modelling (STM) over classical TM is that it includes additional information about the articles, like — in our case — the year of publication, English language, third-party funding, the presence of an author with foreign affiliation and the number of citations. Using additional data as covariates at the stage of estimating a topic model has proven to produce topics with higher predicting power and interpretability (Roberts et al., 2014). Furthermore, later we can statistically relate those covariates to the produced topics showing how the prevalence of topics was changing over time, or which topics had a larger presence of authors with foreign affiliation. We apply STM using the associated R package developed by Roberts, Stewart and Tingley (2019).

Results

Extracting and Describing Topics

Determining the optimal number of topics is a step to start building a topic model after preprocessing the text data. This is a difficult task, as it requires certain trade-offs in terms of maximising model performance. We follow some best practices for working with scientific texts and run the model for the number of topics from 3 to 30 to capture the diversity in their content (Blei, 2012; Savin, Drews, van den Bergh, 2021; Savin, Chukavina, Pushkarev, 2022). For each of the models, we document three metrics: heldout log-likelihood, exclusivity, and semantic coherence. They indicate (1) the predictive power of the model, (2) the degree of overlap between popular words within each topic, and (3) the degree of co-occurrence of words from the same topic in text documents, respectively.

In general, increasing the number of topics tends to increase the model's predictive power and topic exclusivity, but reduces their semantic coherence. Figure 3 demonstrates that 22 topics

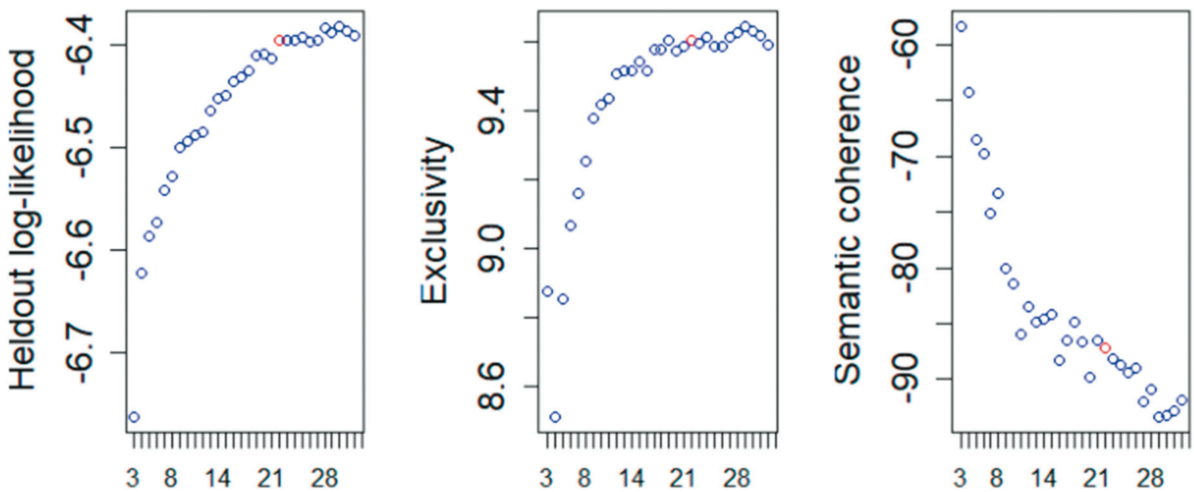


Fig. 3. *Model performance depending on the number of topics*

Fig. 4. *Word clouds for our 22 ER topics*

allow us to achieve close to the maximum possible predictive performance and exclusivity while maintaining semantic coherence at a not too low level. It is important to keep a relatively high semantic coherence of topics, as they must be unambiguously interpreted by human experts (Mimno et al., 2011).

Next, we turn to the description of the content on the topics we have chosen. We will start by presenting our topics as word clouds (see Figure 4), where word frequency is indicated by font size and exclusivity — by colour saturation. It is necessary when trying to understand the most important words in the topics. The word clouds show that the extracted topics are diverse. They represent combinations of words with more or less even distribution of weights among them instead of being highly concentrated around a few terms. For instance, topic 18 accentuates the words "human", "quality", "life", "health", "health_care" and "medical" to emphasise the problems in the efficiency of healthcare system and how this could potentially worsen the quality of life in Russian regions. A good example illustrating this topic is the article by Baskakova et al. (2020) studying the role of HIV infection on the quality of life in the Sverdlovsk region.

The labels of our topics (first introduced in Figure 4) have been chosen to reflect their main content as precisely as possible. To do this properly, one needs to coordinate the most frequent and exclusive words for each topic and original texts with the highest proportion of the respective topic — in our case, these are the titles, abstracts and keywords of the articles. For example, for the topic 10, the most important words "financial", "tax", "public" in combination with the illustrative title of the article "Sustainability of regional budget revenues and its sources"[1] suggest the topic label "Fiscal Policy". In Table 2 we provide 3 illustrative article titles for each topic[2].

It is worth stressing again that each topic is a set of words that co-occur in the same ER articles with high probability. Each ER article is a combination of topics with different prevalence (weights), and even words themselves can belong to different topics with different probabilities (see colour of words in Figure 4). Topics are formed solely based on how often words in our ER articles appear together. Therefore, it is likely that certain topic may have similar meaning but not form a single topic because authors of the articles where these topics dominate have preferred to use different wording (Liu, Nzige, Li, 2019). Good examples are T5 on economic geography and T13 on spatial economics. To better distinguish between the content of the topics, we took advantage of the illustrative papers mentioned in Table 2.

Exploring Topic Popularity over Time

Once the topics have been introduced, we proceed with analysing their popularity (i. e., relative shares[3]) across all documents. Moskaleva et al. (2018) in their article conducted a content analysis of scientific papers by constructing the distribution of RSCI articles by subject areas. We go further and trace the distribution of topics within one subject area, not only in general, but also over time. Figure 5 demonstrates a sorted list of 22 topics ranging from the most prevalent topic of industrial policy (T2) to the least prominent topic of digital economy (T17). Each of the three most frequent topics (T2, T9, T1) is almost twice as prevalent as the three rarest ones (T6, T7, T17). It is logical that topic of industrial policy is in the lead, because historically Sverdlovsk oblast and the Ural Federal District as a whole are pronounced industrial territories, while many studies in ER are focused on these territories (Kochetkov, Vuković, Kondyurina, 2021).

As mentioned above, one of the benefits of the STM model is the ability to use document-level covariates to improve the predictive power of a topic model. The same factors can be useful in explaining the variation of topic shares in our text documents (see "Quantitative data description" section). More precisely, we are trying to answer the question of which topics significantly increased their relative share over time and which ones have lost; and which topics have disproportionally more (less) citations, authors with foreign affiliation, third-party funding and are written in English or Russian language. For these purposes, we estimate the following linear model for each of the 22 topics (indexed with *i*):

$$\begin{aligned} &Topic\ Prevalence_i \sim Constant_i + Year + English\, language \\ &+ Third\ party\ funding + Author\ with\ foreign\, affiliation \\ &+ Number\ of\ authors + Number\ of\ citations + Residual_i \quad (1) \end{aligned}$$

[1] Malkina, M. (2021). Sustainability of Regional Budget Revenues and Its Sources. Ekonomika regiona [Economy of Region], 17(4), 1376–1389. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-4-23.

[2] In reality, we went through 10 most popular and exclusive words for each topic and ten illustrative texts (titles, abstracts, keywords) to come up with optimal topic titles. But in this paper for brevity reasons, we present only three illustrative titles. Note that illustrative titles are titles chosen from the ten texts with the highest prevalence (weight) of these topics.

[3] The sum of all topic shares (for the respective period of time) should be equal to 1.

Table 2

Illustrative article titles for each of 22 extracted topics

Topic 1. Mathematical Methods & Models «Dynamic optimization of the complex adaptive controlling by the structure of enterprise's product range» «Multi-criterion optimization of production range generation by an enterprise» «Dynamic model of minimax control over economic security state of the region in the presence of risks»
Topic 2. Industrial Policy «Strategic vector of economic dynamics of an industrial region» «Industrial policy: genesis, regional features and legislative provision» «Conditions and factors of structural modernization of a regional industrial system»
Topic 3. Infrastructure Development «The role of transport corridors in Timan-North Ural region mineral-raw-material base development» «Problems of economic security in Russian transportation and intermediate carrier infrastructure» «Region tourist and recreation complex development»
Topic 4. Agriculture «Seven fundamental economic characteristics exclusivity of agrifood supply chains (part 1)» «Involvement of rural households in solving the problems of import substitution» «Using land resources in agriculture of Belgorod Oblast»
Topic 5. Economic Geography «On the essence of the brand of territory» «Vital stability of territory: the contents and ways of strengthening» «The features of geo-ecological assessment within the geo-eco-socio-economic approach to the development of northern territories»
Topic 6. Labour Economics «Criteria, probability and degree of instability of employment taking into account the features of the Russian labour market» «Regulation of precarious employment in single-industry towns» «Persons of pre-retirement age in the labour market: employment problems and support measures»
Topic 7. Firm Performance «Internal sources to increase financing for fixed investments in a company» «Russian gas companies' financial strategy considering sustainable growth» «The vulnerability and resilience of the company in modern economic space»
Topic 8. Demographic & Migration Policy «Using cohort fertility indicators to assess and predict the effectiveness of demographic policies» «Factors of emigration from Russia: regional features» «Current migration processes in the Far East (on the example of Jewish Autonomous Oblast)»
Topic 9. Regional Security «The economic security of the Volga Federal District regions» «Theoretical and methodological approaches to the diagnosis of the region's state material reservation system status» «Region as a self-developing socio-economic system: crossing the crisis»
Topic 10. Fiscal Policy «Consolidated taxation and its consequences for regional budgets» «Public sector financial balances based on the system of national accounts» «Failures of big business tax administration and their impact on regional budgets»
Topic 11. Energy Economics «Cost-effective management of electricity transmission in an industrial region» «Regional aspects of price-dependent management of expenditures on electric power» «Prospects for energy demand management in Russian regions»
Topic 12. Economic Theory «Features of the creative method of Karl Marx» «Paradoxes of economic theories and politics» «Institutions of scientific efficiency: organizations of the Middle Urals»
Topic 13. Spatial Economics «Spatial spillover effect of transportation infrastructure on regional growth» «The spread of the covid-19 pandemic in Russian regions in 2020: models and reality» «Spillover effects of the Russian economy: regional specificity»

End Table to next page

End Table 2

Topic 14. Entrepreneurship «Global corporations and smaller actors in textile business: European perspective» «Participation of Kazakhstan pharmaceutical companies in global value chains» «Stimulation of managers in regional enterprises»
Topic 15. Inequality & Poverty «Social attitudes and regional inequalities» «Inequality of Spanish household expenditure for the 2006–2016 period — are we converging?» «Modelling the impact of sanctions on income inequality of population in the target countries»
Topic 16. Monetary Policy & Trade «Are exports and imports asymmetrically cointegrated? Evidence from the emerging and growth-leading economies» «The relationship between inflation and inflation uncertainty in Turkey» «The role of monetary policy in comparative advantage and trade balance of capital-intensive industry in Indonesia»
Topic 17. Digital Economy «Technology of accelerated knowledge transfer for anticipatory training of specialists in digital economy» «Implementation of digital technologies in financial management» «Post-industrial technologies in the economy of the north-west of Russia»
Topic 18. Healthcare & Quality of Life «The impact of HIV infection on the population's quality of life in regions» «Assessment of population and territory rehabilitation efficiency regarding radiation exposure» «Air pollution and public health in a megalopolis: a case study of Moscow»
Topic 19. Education & Human Capital "Quality assessment of online learning in regional higher education systems" «Drivers for development in regional higher education» «Role of school education in development of human capital»
Topic 20. Economic Integration «Influence of intraregional integration processes on socio-economic situation of Central Asia region» «Trends and economic assessment of integration processes at the metal market» «Development trends of the Russian regions»
Topic 21. Economics of Innovation «Innovative development problems of private sector of engineering and defense industrial complexes» «Innovation competitiveness of the Russian regions» «Problems forming innovative-technological image of Russian regions»
Topic 22. Environmental Economics "Harm to the resources of traditional nature management and its economic evaluation" "The economic assessment of harm to the Arctic ecosystems at the development of oil and gas resources" «Economic damage caused by consequences of the environmental impact of mining complex»

In Figure 6, which shows how topic popularity changes over time, 9 out of 22 topics were confirmed to have a significant time trend with at least 5 % level.

The prevalence of the topic of spatial economics (T13) has increased the most over time (+17.61 %), starting from 0.88 % in 2010 and peaking at 18.49 % in 2021. At the same time, despite the steepest uptrend (significant at the 1 % level), the relative share of this topic grew gradually between 2001 and 2018, and the explosive growth of its popularity occurred in 2019–2021. Topic 21 on the economics of innovation lost its popularity the most (–14.58 %) over the entire observation period. The topic lost half of its prevalence (16.99 %) in 2011 compared to 2010, and then gradually continued to fade, reaching its minimum (2.42 %) in 2021. This downtrend is also significant at the 1 % level.

These changes reflect the process of the journal concentrating on its primary research focus lying in the area of regional development and not innovation economics. This transition may have different reasons. On the one hand, the editors may direct the journal to the scope focusing on regional economics. According to its present own aims and scope, the journal "provides a platform for dialogue on socio-economic processes occurring at regional levels ranging from local areas to individual countries and [...] covers topics of regional development, regional economic and social policies, regional demographics, territorial management, urban and rural development, resource management and regional infrastructure"[1]. On the other

[1] About the Journal. Economy of Regions. Retrieved from: https://www.economyofregions.org/ojs/index.php/er (Date of access: 25.02.2022).

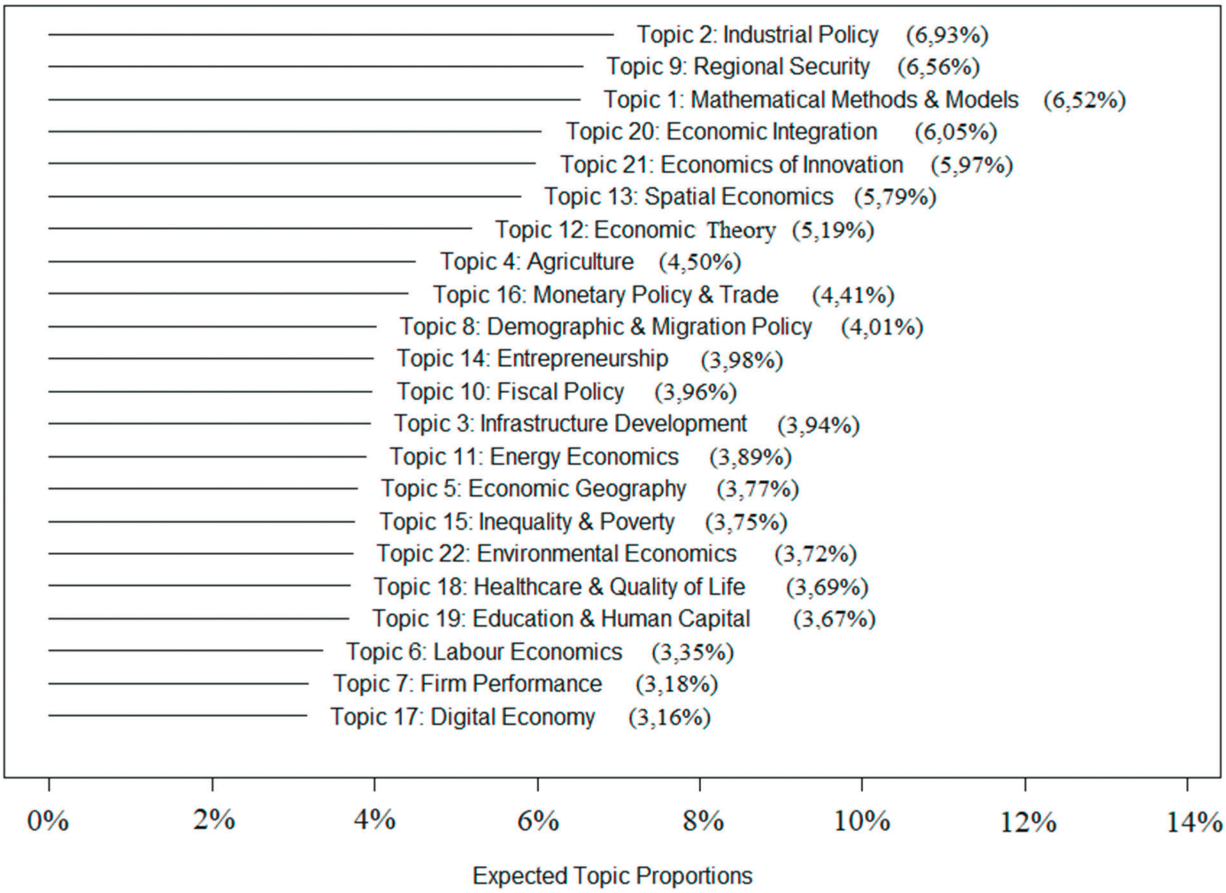


Fig. 5. *The prevalence of ER topics*

hand, researchers in the area of innovation economics may have changed their focus from ER to other journals. It is also worth mentioning that during the same time ER has considerably improved its quality indicators in Scopus from fourth to second quartile in subject areas like Social Sciences, Economics, and Geography, Planning and Development[1]. The latter fact demonstrates that the shift in research focus of the journal has been successful.

Among other topics, which have increased their prevalence over time (significant at the 1 % level), one can note T16 on monetary policy (+6.91 %) and T17 on digital economy (+2.86 %). The topic that has gradually lost in its share (significant at the 1 % level) is T9 on regional security (–3.48 %).

There are also areas of study that rank high in prevalence over time (Fig. 5) but did not exhibit significant up- or downward trends. These are T2 for industrial policy, which has an average prevalence of 6.9 %, and T1 on mathematical methods, with an average prevalence 6.5 %.

[1] Economy of Region. Scimago Journal & Country Rank. Retrieved from: https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100242818&tip=sid&clean=0 (Date of access: 26.02.2022).

Establishing Statistical Relationship between Topic Prevalence and other Numerical Covariates

Finally, we analyse how research directions are related to the language of the article, authors with foreign affiliation, third-party funding, or the number of citations. We start by depicting the number of articles' distribution among topics with a grouping language attribute (see top panel in Figure 7). In particular, the bar chart shows what proportion of manuscripts in the corresponding language belongs to each topic. For example, about 7 % of articles in Russian and 5 % in English belong to topic 1[2].

The most popular topics of articles in Russian are T9 (Regional Security, 7.22 %), T2 (Industrial Policy, 7.13 %) and T1 (Mathematical Methods & Models, 6.82 %). At the same time, in English, the authors prefer to write about Monetary Policy & Trade (T16, 9.41 %) and Inequality & Poverty (T15, 8.32 %). For example, the most cited paper published in English in ER titled "Impact of

[2] Note that Figure 7 is constructed in a way to show how papers belonging to one of the two binary groups (Russian/English language, with or without third-party funding, with or without author with a foreign affiliation) are distributed among the 22 resulting topics. In other words, bars of each color sum up to 100 %.

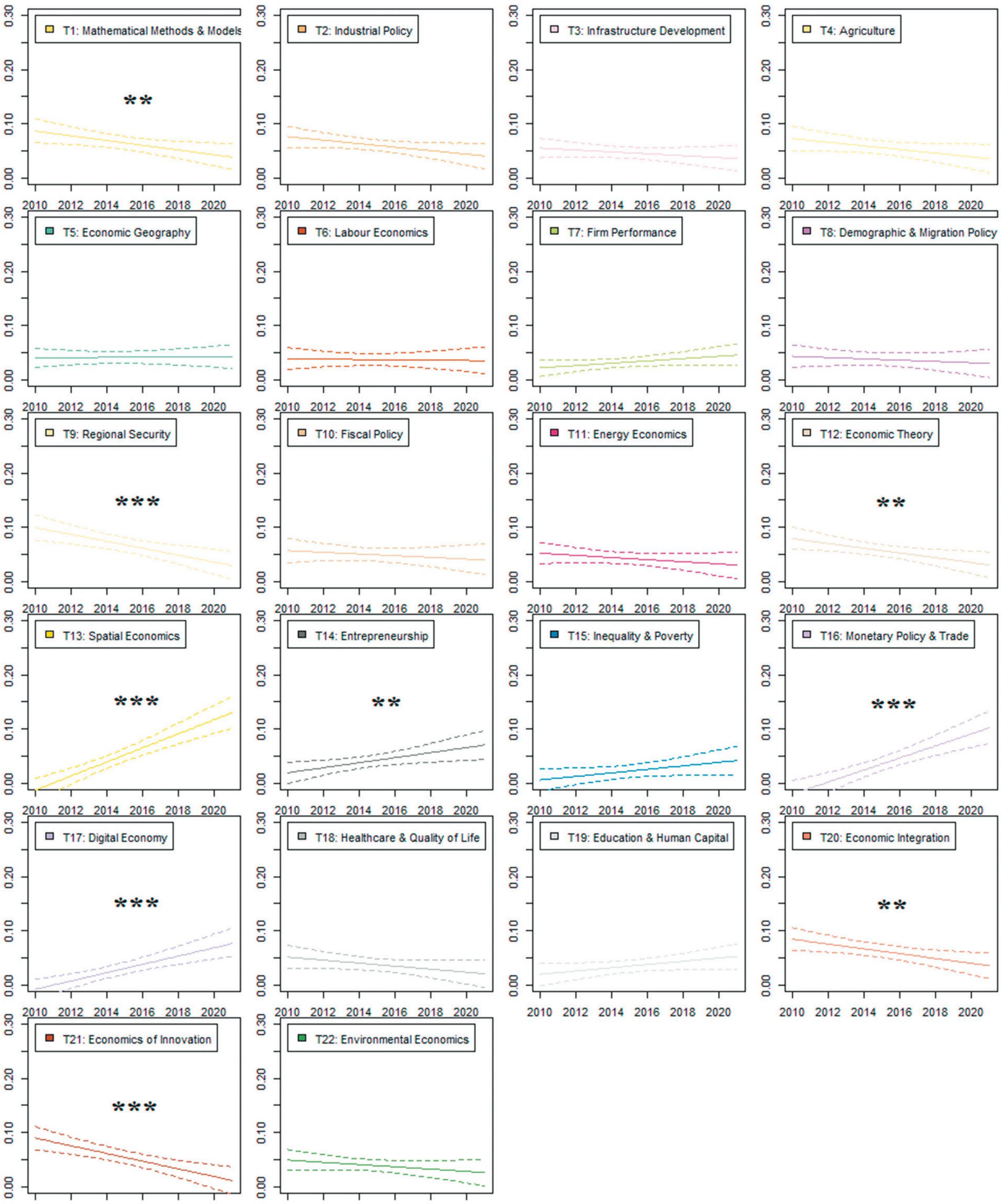


Fig. 6. *Changes in topic prevalence over time in ER*

*Note: The chart shows estimates of the effects of time on topic prevalence. Confidence intervals indicate a 95 % uncertainty range and include both regression and measurement uncertainties associated with the STM model. *** and ** denote 1 and 5 significance level, respectively.*

Political Instability on Economic Growth in CEE Countries" is mostly a mixture of T15 (27.8 %) and T16 (29.5 %).

Further, we examine how articles with and without foreign affiliation were distributed by topic (i. e., which topics were most and least likely to be covered by foreign-affiliated authors). The results in the middle panel in Figure 7 indicate that the manuscripts written with the participation of foreign-affiliated authors most often belong to topics 15 and 16, which is consistent with the findings obtained for the language of the ar-

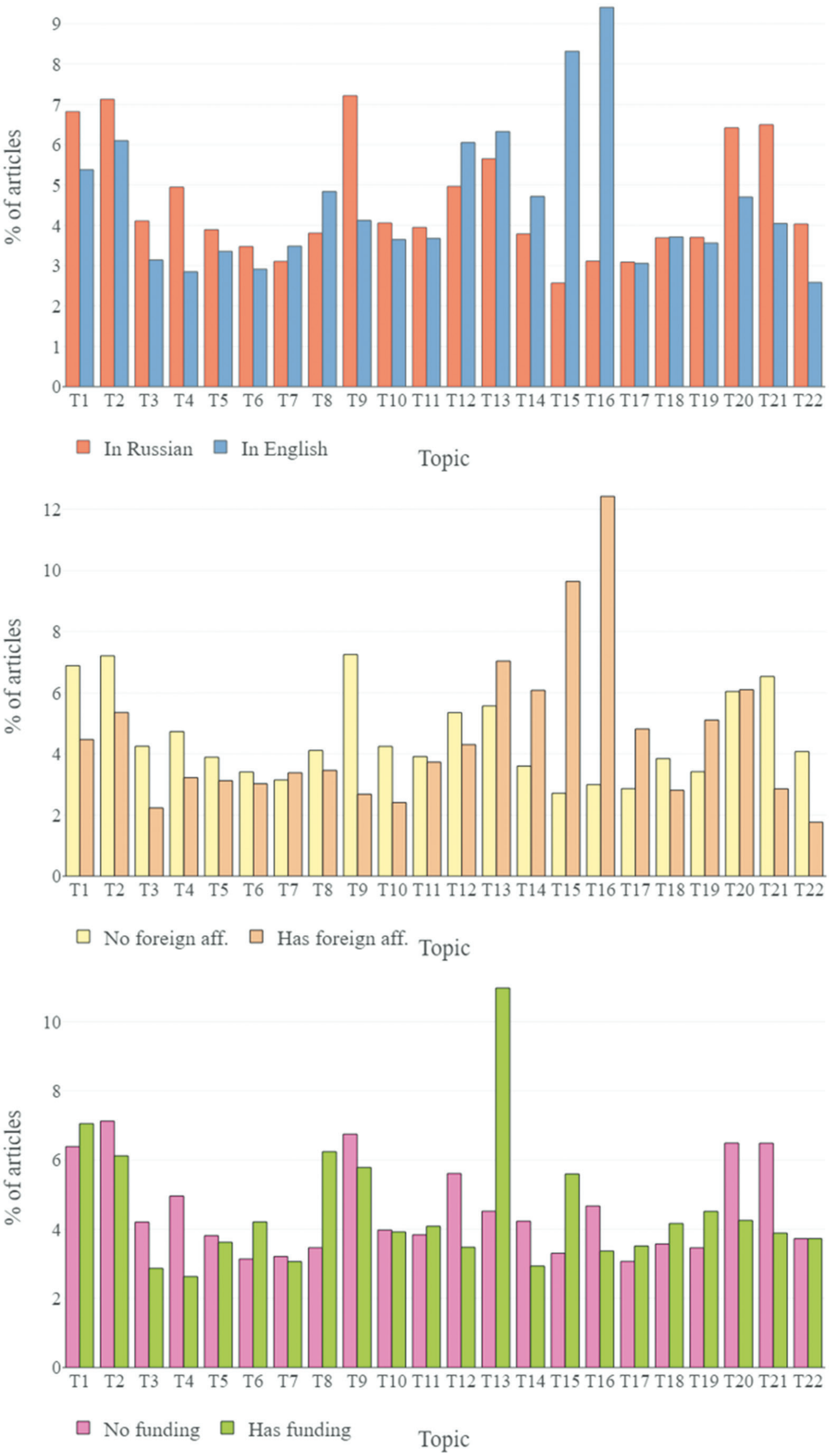


Fig. 7. *Distribution of manuscripts by topic in terms of language attribute, foreign affiliation and third-party funding*

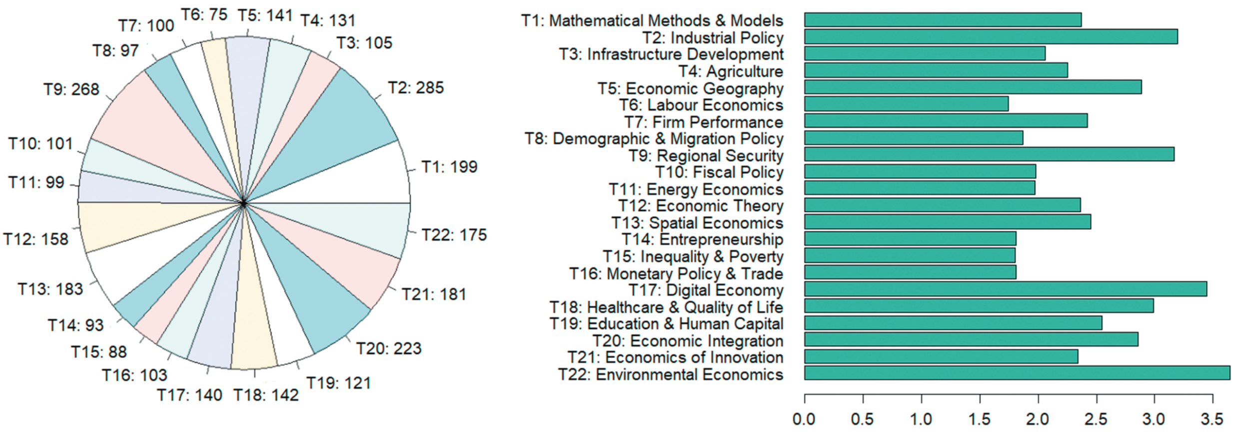


Fig. 8. *The total number of citations and the number of citations per article for each topic*

ticle. The article with the highest proportion of T16 (98.7 %) was written by an author affiliated in India, while the manuscript, which belongs to the T15 with 97.3 %, was created by researchers from Croatia (Sharma, Mittal, 2021; Muštra, Perovic, Golem, 2014).

We proceed with exploring how papers are distributed by topic depending on whether they are supported by third-party funding or not. In other words, the topics most and least likely to have received third-party funding will be identified. The bottom panel in Figure 7 shows the result. The most supported topic by a wide margin is T13 on spatial economics, accounting for about 11 % of funded manuscripts. For example, the work of Karim et al.[1] (belonging to 86.5 % to T13) on studying the spatial effect of transport infrastructure expansion on regional growth was funded by the Ministry of Research, Technology and Higher Education of Republic of Indonesia. The least funded topic is Agriculture (T4), although there is little difference from other less supported topics.

Now consider how the number of citations is distributed among topics. As expected, the topics with the highest prevalence of all time became the leaders in terms of the total number of citations. The three main topics in Figure 8 (left chart) are the same as the three main topics in Figure 5. T2 on industrial policy collected 285 citations, T9 on regional security received 268 citations and T1 on mathematical methods gathered 199 citations.

To be more objective in analysing the distribution of citations by topic, it is necessary to normalise citations by the number of articles published on the topic. As a result, we get the number of citations per article, which helps to eliminate the effect of varying topic popularity (right chart in Figure 8). Interestingly, topic 22 on environmental economics collected the most citations per article, which can be explained by the increasing concern about climate change and intensified discussion of climate policies (Drews, Savin, van den Bergh, 2022; van den Bergh et al., 2021). For example, the most cited article in ER so far by Leksin and Profiryev[2] (49 citations) discusses the impact of climate change on the Russian Arctic Zone and priorities for its sustainable development. Articles related to topics 2 on industrial policy, 9 on regional security and 17 on digital economy, on average, also collect more than 3 citations per article.

Conclusion

To conclude, we identified 22 topics published in ER over the last twelve years finding the topic of "Spatial Economics" (T13) was growing in the journal most rapidly, while the topic of "Economics of Innovation" (T21) was shrinking the most. At the same time, the largest topics presented in the journal are "Industrial Policy" (T2), "Regional Security" (T9) and "Mathematical Methods and Models" (T1). The topics written most frequently in English and/or by foreign-affiliated authors in ER are "Monetary Policy & Trade" (T16) and Inequality & Poverty (T15).

The most cited topics in the journal (per article) are "Environmental Economics" (T22) and "Digital Economy" (T17), which is not surprising given the urgency of climate change mitigation and the importance of the fourth industrial revolution. Finally, the topic that received proportionally more frequently third-party funding is T13 on "Spatial Economics".

Our results can serve as guidance for editorial board and contributors of the journal Economy of

[1] Karim, A., Suhartono & Prastyo, D. D. (2020). Spatial Spillover Effect of Transportation Infrastructure on Regional Growth. Ekonomika regiona [Economy of region], 16(3), 911–920. DOI: 10.17059/ekon.reg.2020–3-18.

[2] Leksin, V. & Profiryev, B. (2017). Socio-Economic Priorities for the Sustainable Development of Russian Arctic Macro-Region. Ekonomika regiona [Economy of region], 4(4), 985–1004. DOI: 10.17059/2017–4-2.

Regions, helping to identify topics that are going up or down in popularity (in terms of their share) or influence (in terms of citations and third-party funding) in ER. Our paper further illustrates the tools from computational linguistics like STM facilitating accurate and objective literature review analysis and providing complementary information and insights to traditional — and inevitably more subjective — human reviews (Savin, van den Bergh, 2021). The latter, however, is still necessary to address questions on contribution of ER articles to the literature on regional economics.

References

Aggarwal, C. C. (2018). Text Preparation and Similarity Computation. In: *Machine Learning for Text* (pp. 17–30). New York: Springer.

Ambrosino, A., Cedrini, M., Davis, J., Fioria, S., Guerzoni, M. & Nuccio, M. (2018). What topic modeling could reveal about the evolution of economics. *Journal of Economic Methodology, 25(4),* 329–348. DOI: 10.1080/1350178X.2018.1529215.

Asmussen, C. B. & Møller, C. (2019). Smart literature review: a practical topic modelling approach to exploratory literature review. *Journal of Big Data, 6(1),* 1–18. DOI: 10.1186/s40537-019-0255-7.

Baskakova, I. V., Podymova, A. S., Turgel, I. D. & Balandina, M. S. (2020). The Impact of HIV Infection on the Population's Quality of Life in Regions. *Ekonomika regiona [Economy of region], 16(1),* 114–126. DOI: 10.17059/2020-1-9. (In Russ.)

Blei, D. M. (2012). Probabilistic Topic Models. *Communications of the ACM, 55(4),* 77–84. DOI: 10.1145/2133806.2133826.

Callaghan, M. W., Minx, J. C. & Forster, P. M. (2020). A topography of climate change research. *Nature Climate Change, 10(2),* 118–123. DOI: 10.1038/s41558 019 0684.

De Battisti, F., Ferrara, A. & Salini, S. (2015). A decade of research in statistics: a topic model approach. *Scientometrics, 103(2),* 413–433. DOI: 10.1007/s11192-015-1554-1.

Devitsyn, I. N. & Savin, I. V. (2020). Research Community Analytic Tool Based on Topic Modeling and Network Analysis. *Uspekhi kibernetiki [Russian Journal of Cybernetics], 1(4),* 13–21. DOI: 10.51790/2712-9942-2020-1-4-2. (In Russ.)

Drews, S., Savin, I. & van den Bergh, J. (2022). Climate change concern and policy support before and after COVID-19. *Ecological Economics, 199,* 107507. DOI:10.1016/j.ecolecon.2022.107507.

Fellbaum, C. D. (2005). WordNet and wordnets. In: K. Brown (Ed.), *Encyclopedia of Language and Linguistics, Second Edition* (pp. 665–670). Oxford: Elsevier.

Griffith, T. & Steyvers, M. (2004). Finding scientific topics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 101,* 5228–5235. DOI: 10.1073/PNAS.0307752101.

He, Q., Chen, B., Pei, J., Qiu, B., Mitra, P. & Giles, C. L. (2009). Detecting Topic Evolution in Scientific Literature: How Can Citations Help? In: *CIKM '09: Proceedings of the 18th ACM conference on Information and knowledge management* (pp. 957–966). Hong Kong, China. DOI: 10.1145/1645953.1646076.

Kochetkov, D. M., Vuković, D. B. & Kondyurina, E. A. (2021). Challenges in Developing Urban Marketing Strategies: Evidence from Ekaterinburg. *Ekonomika regiona [Economy of regions], 17(4),* 1137–1150. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-4-7.

Liu, G., Nzige, J. H. & Li, K. (2019). Trending topics and themes in offsite construction (OSC) research: The application of topic modelling. *Construction Innovation, 19(3),* 343–366. DOI: 10.1108/CI-03-2018-0013.

Lüdering, J. & Winker, P. (2016). Forward or backward looking? The economic discourse and the observed reality. *Jahrbuecher fuer Nationaloekonomie und Statistik [Journal of Economics and Statistics] 236(4),* 483–515.

Maier, D., Waldherr, A., Miltner, P., Wiedemann, G., Niekler, A., Keinert, A., … Adam, S. (2018). Applying LDA Topic Modeling in Communication Research: Toward a Valid and Reliable Methodology. *Communication Methods and Measures, 12(2–3),* 93–118. DOI: 10.1080/19312458.2018.1430754.

Mimno, D., Wallach, H. M., Talley, E. M., Leenders, M. & McCallum, A. (2011). Optimizing Semantic Coherence in Topic Models. In: *Proceedings of the 2011 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing* (pp. 262–272). Edinburgh, Scotland.

Mo, Y., Kontonatsios, G. & Ananiadou, S. (2015). Supporting systematic reviews using LDA based document representations, *Systematic Reviews, 4(1),* 172. DOI: 10.1186/s13643-015-0117-0.

Moskaleva, O., Pislyakov, V., Sterligov, I., Akoev, M. A. & Shabanova, S. (2018). Russian Index of Science Citation: Overview and review. *Scientometrics, 116(1),* 449–462. DOI: 10.1007/s11192-018-2758-y.

Murakami, A., Thompson, P., Hunston, S. & Vajn, D. (2017). 'What is this corpus about?': using topic modelling to explore a specialised corpus. *Corpora, 12(2),* 243–277. DOI: 10.3366/cor.2017.0118.

Muštra, V., Perovic, L. M. & Golem, S. (2014). Social attitudes and regional inequalities. *Ekonomika regiona [Economy of region], 1,* 66–73. DOI: 10.17059/2014-1-5.

Roberts, M. E., Stewart, B. M. & Tingley, D. (2019). STM: An R Package for Structural Topic Models. *Journal of Statistical Software, 91(2),* 1–40. DOI: 10.18637/jss.v091.i02.

Roberts, M. E., Stewart, B. M., Tingley, D., Lucas, C., Leder-Luis, J., Gadarian, S. K., … Rand, D. G. (2014). Structural topic models for open-ended survey responses. *American Journal of Political Science, 58(4),* 1064–1082. DOI: 10.1111/ajps.12103.

Savin, I. & van den Bergh, J. (2021). Main topics in EIST during its first decade: A computational linguistic analysis. *Environmental Innovation and Societal Transition, 41,* 10–17. DOI:10.1016/j.eist.2021.06.006.

Savin, I., Chukavina, K. & Pushkarev, A. (2022). Topic-based classification and identification of global trends for startup companies. *Small Business Economics.* DOI: 10.1007/s11187–022–00609–6.

Savin, I., Drews, S. & van den Bergh, J. (2021). Free associations of citizens and scientists with (green) economic growth: A computational linguistics analysis. *Ecological Economics, 180,* 106878. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2020.106878.

Savin, I., Drews, S., Mestre Andrés, S. & van den Bergh, J. (2020). Public views on carbon taxation and its fairness: A computational linguistics analysis. *Climatic Change, 162,* 2107–2138. DOI: 10.1007/s10584 020 02842.

Savin, I., Ott, I. & Konop, C. (2021). Tracing the evolution of service robotics: Insights from a topic modeling approach. *Technological Forecasting and Social Change, 174,* 121280. DOI: 10.1016/j.techfore.2021.121280.

Sharma, V. & Mittal, A. (2021). Revisiting the Dynamics of the Fiscal Deficit and Inflation in India: the Nonlinear Autoregressive Distributed Lag Approach. *Ekonomika regiona [Economy of Region], 17(1),* 318–328. DOI: 10.17059/EKON.REG.2021–1-24.

Speier, W., Ong, M. K. & Arnold, C. W. (2016). Using phrases and document metadata to improve topic modeling of clinical reports. *Journal of Biomedical Informatics, 61,* 260–266. DOI: 10.1016/j.jbi.2016.04.005.

Uglanova, I. & Gius, E. (2020). The Order of Things. A Study on Topic Modelling of Literary Texts. In: CHR 2020: *Workshop on Computational Humanities Research* (pp. 57–76). Amsterdam, The Netherlands.

van den Bergh, J., Castro, J., Drews, S., Exadaktylos, F., Foramitti, J., Klein F., … Savin, I. (2021). Designing an Effective Climate-Policy Mix: Accounting for Instrument Synergy. *Climate Policy, 21(6),* 745–764. DOI: 10.1080/14693062.2021.1907276.

Voutilainen, A. (2003). Part-of-Speech Tagging. In: *R. Mitkov (Ed.), The Oxford handbook of computational linguistics* (pp. 219–232). New York: Oxford University Press Inc.

About the Authors

Ivan V. Savin — Doctor of Science (Econ.), Professor, Academic Department of Economics, Ural Federal University; Researcher, Institute of Environmental Science and Technology (ICTA), Universitat Autonoma de Barcelona; Scopus Author ID: 55539536700; https://orcid.org/0000-0002-9469-0510 (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation; Cerdanyola del Vallès, Barcelona, Spain; e-mail: ivan.savin@uab.cat).

Nikita S. Teplyakov — PhD Student, Research Assistant, Ural Federal University; Scopus Author ID: 57219122917; https://orcid.org/0000-0003-2522-8207 (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation; e-mail: nekit_teplykov@mail.ru).

Информация об авторах

Савин Иван Валерьевич — доктор экономических наук, профессор кафедры экономики, Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина; исследователь, Институт наук и технологий об окружающей среде, Автономный университет Барселоны; Scopus Author ID: 55539536700; https://orcid.org/0000-0002-9469-0510 (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; Испания, г. Барселона, Серданьола дель Вайес; e-mail: ivan.savin@uab.cat).

Тепляков Никита Сергеевич — аспирант, лаборант-исследователь, Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина; Scopus Author ID: 57219122917; https://orcid.org/0000-0003-2522-8207 (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; e-mail: nekit_teplykov@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 10.03.2022.
Прошла рецензирование: 06.04.2022.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 10 Mar 2022.
Reviewed: 06 Apr 2022.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-4
УДК 332+338

Б. Х. Краснопольский
Институт экономических исследований Дальневосточного отделения РАН, г. Хабаровск, Российская Федерация
https://orcid.org/0000-0002-1549-036X, e-mail: boriskrasno@gmail.com

Институциональная инфраструктура пространственно-хозяйственных образований Арктики[1]

Проблемы и механизмы воздействия институциональной инфраструктуры на процессы декомпозиции и трансформации пространственного развития регионов различного иерархического ранга, в том числе арктической зоны мира, разделенных по национальному принципу между арктическими странами, являются весьма важными, но мало изученными в настоящее время. Данной проблеме посвящены многие научные работы, но они сводятся преимущественно к традиционной экономической оценке «отраслевого» эффекта видов деятельности этого весьма своеобразного феномена и понятия пространственной экономики. Это связано с тем, что методологический и методический подходы к исследованию инфраструктуры, включая и ее институциональные составляющие, должны строиться не на традиционных принципах «мейнстрима» в экономике, а, исходя из системно-эволюционной парадигмы в современном естествознании, и должны быть тесно связаны с таким показателем развития пространственных систем, как самоорганизация. Именно инфраструктура, ее внутренние (эндогенные) и внешние (экзогенные) элементы реализуют состояния стабильности (порядка) и хаоса (беспорядка) в развитии систем, а также взаимосвязанное и сбалансированное формирование двух моделей организации региональных пространственных образований — иерархической и гетерархической. Этот методологический подход находит свое применение и в случае институциональной инфраструктуры. В результате работы предложены теоретические обоснования и методические подходы, отвечающие названным выше принципам исследования инфраструктуры и специально ориентированные для регионов арктического бассейна. В научно-прикладном плане доказывается, что активизация институциональной инфраструктуры в Тихоокеанском секторе мировой Арктики также связана с созданием российско-американского Совета Берингова / Тихоокеанско-Арктического региона (СБТР). Данные предложения прошли обсуждение на нескольких международных конференциях и в различных экспертных сообществах. Но в настоящее время из-за сложной геополитической обстановки практическая реализация этих предложений становится невозможной. Но несмотря на это, мы считаем необходимым продолжать исследования в области совершенствования институциональных структур и координационных взаимодействий арктических регионов, тем более в трансграничных зонах соседствующих стран. Мы уверены, что результаты этой работы обязательно потребуются арктическому сообществу через некоторое время, когда разумный подход к данной проблеме будет снова превалировать над проявлениями геополитических амбиций.

Ключевые слова: институциональная инфраструктура, декомпозиция пространственного развития, трансформация пространственного развития, хаос в пространственных системах, иерархическая модель, гетерархическая модель, Арктика, Тихоокеанский сектор Арктики, Арктический совет, Северный Форум, Совет Баренцева / Евроарктического региона (СБЕР), Совет Берингова / Тихоокеанско-Арктического региона (СБТР)

Благодарность

Исследование выполнено в рамках программы НИР Института экономических исследований ДВО РАН на 2021–2023 гг. по Теме 1 «Фундаментальные проблемы развития пространственных экономических систем в условиях международной экономической интеграции» (Научный руководитель — академик РАН П. А. Минакир).

Для цитирования: Краснопольский Б. Х. Институциональная инфраструктура пространственно-хозяйственных образований Арктики // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 353-368. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-4.

RESEARCH ARTICLE

Boris H. Krasnopolski
Economic Research Institute of Far Eastern Branch of RAS, Khabarovsk, Russian Federation
https://orcid.org/0000-0002-1549-036X, e-mail: boriskrasno@gmail.com

Institutional Infrastructure of Arctic Spatial-Economic Units

An important problem of the impact of institutional infrastructure on the decomposition and spatial development transformation of regions of various hierarchical ranks, including the Arctic zone that is divided between the Arctic countries according to the national principle, is insufficiently studied. The majority of scientific works devoted to this issue mostly focus on the traditional economic assessment of the sectoral effect of activities and the concept of spatial economics. Thus, methodological approaches to the study of infrastructure and institutional structure should not rely on the traditional principles of mainstream economics. Instead, they should be based on the system-evolutionary model of modern natural science and should be closely related to such an indicator of system development as self-organisation. Internal (endogenous) and external (exogenous) elements of infrastructure cause stability (order) and chaos (disorder) in the development of systems, as well as lead to the interrelated and balanced formation of hierarchical and heterarchical organisational models of regional spatial units. This methodological approach also applies to institutional infrastructure. The present study provides theoretical justifications and methodological approaches corresponding with the aforementioned principles of infrastructure research, designed for the regions of the Arctic basin. In terms of scientific practice, it is proved that the intensification of institutional infrastructure in the Pacific Arctic depends on the creation of the Russian-American Bering/Pacific-Arctic Council (BPAC). Various expert communities discussed these proposals at several international conferences. At present, however, their practical implementation became impossible due to complicated geopolitical situation. Despite this, it is necessary to continue research aimed at the improvement of institutional structures and coordination of interactions between the Arctic regions, especially in cross-border areas of neighbouring countries. The obtained findings will definitely be useful for the Arctic community, when a reasonable approach to this problem will again prevail over geopolitical disputes.

Keywords: institutional infrastructure, decomposition of spatial development, spatial development transformation, chaos in spatial systems, hierarchical models, heterarchical models, Arctic, Pacific Arctic, Arctic Council, Northern Forum, Barents Euro-Arctic Council (BEAC), Bering/Pacific-Arctic Council (BPAC)

Acknowledgments

The article has been prepared in the framework of the research program of the Economic Research Institute of Far Eastern Branch of RAS for 2021-2023 on Topic 1 «Fundamental problems of the development of spatial economic systems in the context of international economic integration» (Scientific supervisor — Member of RAS P. A. Minakir).

For citation: Krasnopolski, B. H. (2022). Institutional Infrastructure of Arctic Spatial-Economic Units. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 353-368, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-4.

Введение

Территории и акватории мирового арктического бассейна представляют собой сегодня в пространственном плане некую декомпозиционную трансграничную структуру макрорегиональных образований со своими узлами и центрами локализации хозяйственного и социального развития, разделенных по национальному принципу между арктическими странами.

Почему декомпозиционную? Потому что, если понимать декомпозицию в ее классическом научно-методическом смысле, то есть как дедуктивный метод структурного разделения общей проблемы на более частные ее составляющие, то как раз именно это исторически сложившееся разделение единого по своим физико-географическим и природно-экологическим параметрам арктического региона на национальные составляющие и представляет собой эту декомпозицию. Необходимо учитывать эту сложившуюся ситуацию в различного рода оценках и сегодняшнего, и будущего освоения и развития как этих национальных пространственных составляющих, так и Артики в целом.

Вообще, административно-политические подходы к географическому районированию и зонированию подвергаются в научной литературе серьезной критике, так как тормозят проявление ускоряющихся процессов в прогрессивных преобразованиях пространственного развития, в особенности на современном этапе нового мирового технологического уклада. Разграничение по национальному принципу, в общем-то, единого по своему существу мирового хозяйства в подавляющем большинстве случаев выступает препятствием для проявления глобальных трансформационных процессов в развитии как национальных, так и транснациональных структур (Демьяненко, Прокапало, 2018). Но в реальной практической деятельности мы имеем дело именно с таким подходом, в том числе и в арктическом регионе.

Что касается этого региона, то именно сейчас в связи с изменившейся международной ситуацией, начиная с конца февраля этого года взаимодействие России с рядом арктических стран, входящих в Арктический совет, осложнено. Это просто разрушительно для сложившихся в течение последних десятилетий кооперационных связей в научно-практическом диалоге арктических регионов.

На веб-странице Арктического совета, который совсем недавно, в мае прошлого года возглавила Россия в качестве председателя и который на состоявшемся Министерском заседании принял исторический документ — 10-летний план совместной работы и сотрудничества до 2030 г., подписанный всеми восемью арктическими странами — участниками совета, указано: «Арктический Совет приостанавливает все официальные встречи Совета и его вспомогательных органов впредь до дальнейшего извещения»[1].

В последние месяцы в научных кругах западных стран появились статьи, подвергающие сомнению с таким трудом сформировавшиеся кооперационные взаимодействия и институциональные связи в международном арктическом сообществе, в частности, призывающие к исключению России из состава Арктического совета.

Арктическое сообщество на данном этапе как никогда в истории подвергается серьезнейшим испытаниям в попытках установить разумный консенсус в отношениях между составляющими это сообщество странами, выявить предпосылки для улучшения и смягчения противоречий и противостояний между заинтересованными государствами в этой зоне мира. Это будет являться весьма положительным фактором для многих стран и в отношении рациональной добычи природных ресурсов этой зоны, и в использовании Северного морского пути (СМП) и Северо-Западного прохода (СЗП), и в развитии прибрежных территорий и акваторий, и в улучшении жизнедеятельности коренного и пришлого населения, и в целом в создании атмосферы доверия и сотрудничества, что чрезвычайно важно для многих государств Европы, Северной Америки, Северо-Восточной и Юго-Восточной Азии и других, которые могут иметь здесь свои экономические интересы в использовании международных транспортно-логистических коммуникаций. И роль международной институциональной инфраструктуры Арктики в решении этих вопросов имеет здесь, как нам представляется, немаловажное значение. В научном плане нужно готовиться к определенным позитивным изменениям в институциональных и координационных взаимоотношениях мирового арктического сообщества, которые должны появиться в будущем.

Методологические и методические подходы к исследованию

Особенности функционирования такой категории экономических систем, как инфраструктура, вопросы ее влияния на конечные результаты развития всей системы в целом и теоретически обоснованного выделения компонентов инфраструктуры (видов деятельности, отраслей, секторов и др.) в каждой рассматриваемой системе, проблемы взаимосвязи между инвестициями в инфраструктуру и экономическим ростом и многообразия организационно-правовых и финансовых форм, связанных с созданием инфраструктурных объектов, давно интересовали ученых (Кузнецова, 2016; Краснопольский, 1980; Ланцов, 2013; Buhr, 2003; Carlson, Otto, Hall, 2013; Gramlich, 1994; Jochimsen, 1966; Pierre-Richard Agenor, 2010; Krasnopolski, 2020; Torrisi, 2009).

Многие научные работы посвящаются такому феномену пространственной организации общества, как институциональная инфраструктура. Для примера можно привести статью Х.Н. Маллаева и М.Т. Аврамчикова (Маллаев, Аврамчикова, 2017), в которой на базе анализа многих работ в области проблем институциональной инфраструктуры делается вывод, что под этой категорией понимается в основном комплекс отраслей и сфер деятельности, осуществляющих макроэкономическое регулирование экономики, поддерживающих наиболее оптимальные макроэкономические пропорции развития национального хозяйства. Примерно такого же подхода придерживается и ряд зарубежных ученых, в частности М. Рут (Ruth, 2009).

Как видно из приведенных примеров, методология изучения институциональной инфра-

[1] Арктический Совет. URL: https://arctic-council.org/ru/ (date of accessing: 15.04.2022).

структуры строится в основном на отраслевых подходах к ее формированию, связанных с экономическими функциями входящих в ее состав видов деятельности и их «встраиванием» в систему институционального управления тем или другим пространственным образованием. Это по сути правильно и дает свой эффект. Но чисто экономический подход по известному принципу «затраты — результаты» по доминирующей в настоящее время в экономической науке неоклассической парадигме мейнстрима к общетеоретическому осмыслению категории инфраструктуры, в том числе институциональной, не является здесь, по нашему мнению, достаточно научно обоснованным и перспективным. Феномен инфраструктуры принадлежит другому научно-экономическому направлению. Методологический подход к исследованию инфраструктуры (подструктуры) должен строиться на базе альтернативного направления в современной экономической науке, а именно — симбиоза эволюционной и системной экономических теорий (системно-эволюционная экономика), который вытекает из системно-эволюционной парадигмы в современном естествознании. Это направление и его основные постулаты изложены во многих научных работах, начиная с фундаментальных работ теоретиков эволюционных методов исследования экономических процессов (Нельсон, Уинтер, 2002), системного подхода (Клейнер, 2016) и их последователей (Клейнер, Рыбачук, 2019).

Понимание роли инфраструктуры при таком подходе должно быть тесно связано с таким показателем развития систем, как самоорганизация, в процессе которой реализуется практически весь жизненный цикл формирующейся сложной динамической системы и выявляются причины, по которым в определенных критических условиях она приходит к стагнации. Подобные процессы могут реализоваться только в системах, обладающих высоким уровнем сложности, а также имеющим достаточно большое число элементов, связи между которыми имеют разветвленную схему не жесткого, а адаптивного характера, что как раз и свойственно для инфраструктурных элементов. Отличительная особенность этих процессов — их направленность на выживание системы, что должно выражаться в формировании ее инфраструктуры, внешние, экзогенные элементы которой постоянно нацелены на «прощупывание» и зондирование будущих вариантов ее развития, приспособление системы и ее основных (базовых) элементов к возникающим новым условиям ее функционирования.

Подчеркнем еще раз, что понятие инфраструктуры с теоретических позиций не может быть объяснено в неоклассической экономической науке. Как известно, этот термин был внесен в современную экономику из военной науки, где как раз в первую очередь используется системный подход к разработке и оценке военных стратегий. Этот термин прижился в классической экономике, его используют сейчас и ученые, и практики в различных областях экономики. Но использующие его специалисты обычно не задумываются о том, что применяя этот термин, они невольно переходят на другую платформу экономического исследования, в сферу системного анализа экономических процессов. Ведь говоря об инфраструктуре (подструктуре) какой-либо экономической системы нужно прежде всего достаточно четко определить саму структуру этой системы — отраслевую, пространственную, комбинированную или другую, что само по себе является непростой проблемой.

Вообще, инфраструктура — это общесистемное понятие, применение которого необходимо при анализе систем как абиотического (неорганического, неживого), так и биотического (органического, живого) порядка. Это понятие относится к общей теории систем. Можно предположить, что именно инфраструктурные элементы создают своими связями между абиотическими и биотическими объектами целостную картину мира.

Это особый и весьма сложный в научном плане предмет для исследований, но именно здесь, как нам представляется, кроются те резервы и механизмы, которые связаны с устойчивостью и приспособляемостью различного иерархического ранга социально-экономических пространственных систем к достаточно сильным и подчас разрушающим воздействиям природной и общественной среды.

Что вообще мы понимаем под инфраструктурой подобных систем? Это специфические сопутствующие (подструктурные) виды деятельности, посредством которых осуществляется движение материально-энергетических, информационных и прочих ресурсов в целях взаимосвязанного обеспечения функционировании базовых элементов данной системы как производственного, так и социального назначения на различных иерархических уровнях пространственно-хозяйственных образований, а также поддержание их экологической и социально-экономической устойчивости, самоорганизации, выживаемости и приспособляемости к воздействиям внешней и внутренней среды.

Причем роль инфраструктурных элементов в соответствии с принципом изоморфизма систем в каждом из этих образований на различных уровнях иерархии в принципе идентична.

Проблемы системной сбалансированности пространственного развития России, механизмы самоорганизации и системообразования региональных пространственных образований и синергетические эффекты их инфраструктуры в этих процессах являются предметом многих исследований. Для примера можно сослаться на работы, которые выше уже упоминались (Клейнер, 2016; Клейнер, Рыбачук, 2019), так как в них приведен широкий анализ проведенных в данной области исследований.

Основной критерий развития подобных систем — их выживаемость по всем природным и общественным параметрам. Для достижения рациональных показателей жизнедеятельности в данной системе совсем не обязательно иметь наивысшие показатели ее экономического развития, тем более, если это связано с «перенагрузкой» на ряд природно-экологических параметров и ущемлением интересов определенных слоев общества. Главное — иметь возможность накапливать ресурсы и их резервы для адаптации системы к новым как внешним, так и внутренним условиям ее развития и существования, а также для обеспечения устойчивых воспроизводственных процессов при соблюдении разумных во всех отношениях уровнях потребления накопленных ресурсов в части общественного потребления.

Если методологически использовать структурно-функциональный декомпозиционный подход к анализу всего комплекса сфер типовой пространственно-хозяйственной системы, являющейся органическим конгломератом трех базовых составляющих — «природа — человек — общество», то ее сферы по этим составляющим можно условно подразделить на следующие:

Природа: космосфера, геосфера, биосфера, экологическая сфера.

Человек: физическая сфера, духовная сфера.

Общество: ноосфера, социосфера, экономическая сфера, техносфера, политическая сфера, институциональная сфера.

Подчеркнем, что структурирование этих сфер проводится только по критериям их роли в хозяйственном развитии какого-либо пространственного образования. Например, что касается такой сферы, как космосфера, то здесь мы говорим о ее роли не как некоего космофизического явления (это объект для исследований в области космофизики), а как о возможности ее использования в хозяйственных целях, а именно — для развития навигационных спутниковых систем, интернета и специализированных баз данных, для экологических наблюдений, создания взаимосвязанных систем беспроводной связи и для других целей хозяйственного назначения.

Каждая из выделенных сфер имеет дело с определенным комплексом ресурсов, имеющем в принципе схожую структуру во всех сферах. В укрупненном виде здесь можно говорить о двух крупных группах этих ресурсов: материально-энергетических (природных и воспроизводственных, свойственных именно для данной сферы) и информационных, которые по масштабам, естественно, различаются в зависимости от специфики данной сферы.

Говоря об информационных ресурсах, мы понимаем, что они являются основой для управления каждой сферой пространственно-хозяйственного образования, то есть выступают специфической ресурсной базой для его институциональной подструктуры (инфраструктуры).

Конечно, каждая сфера имеет свою отраслевую институциональную инфраструктуру. Но выделение в такой составляющей пространственного образования, как общество, самостоятельной институциональной сферы показывает, что эта сфера данного пространственного образования имеет целью синтез всех управленческих функций отдельных отраслевых сфер. Без такого подхода будет невозможно согласовать и направить функционирование этих сфер, развивающихся по своим отраслевым законам, подчас противоречащим единой цели развития всего пространственно-хозяйственного образования, на достижение его конечной цели. Это может привести (и часто приводит) к хаотическим процессам в его формировании, его неуправляемому стагнированию и бифуркационному скачку в нежелательном направлении.

Приемы действительно системного институционального регулирования на базе создания и поддержания соответствующей инфраструктуры должны строиться на концептуальных подходах, исследования на основе которых имеют тесные связи с такими понятиями, как хаос (беспорядок) и стабильность (порядок), отражающими сущность двух противоположных, но взаимодополняющих моделей организации систем: иерархической и гетерархической. Иерархическая модель связана с эволюцией рассматриваемых объектов, которая инициируется и развивается на основе трансформаций и модификаций верхнего, внешнего для данной системы уровня иерархии. Гетерархическая модель базируется на внутренних отношениях взаимозависимости и взаимосвязи горизонтальных однопорядковых подсистем, активизирующих эволюционные процессы на основе адаптивной самоорганизации.

Внутренние (эндогенные) и внешние (экзогенные) элементы инфраструктуры реализуют эти состояния порядка и хаоса в развитии систем. Внутренние элементы ответственны за создание и поддержание порядка в системе, внешние элементы — за открытость системы, что связано с внесением определенной порции хаоса с экзогенного уровня, который вынуждает рассматриваемую систему к постоянному совершенствованию механизмов самоорганизации и адаптации к изменяющимся внутренним и внешним условиям. То есть иерархическая и гетерархическая модели в системоорганизации и системообразовании реализуются посредством внешних и внутренних элементов инфраструктуры, их конкретными пропорциями, динамикой и интенсивностью взаимодействий, что должно быть определено для каждого типа инфраструктуры на каждом из временных этапов процесса самоорганизации системы (Krasnopolski, 2020).

Этот подход хорошо просматривается на примере такого прекрасно известного магистрального транспортного инфраструктурного элемента зоны глобальной Арктики, как Северный морской путь (СМП), которому посвящены многие исследования (Журавель, 2019). Относительно этой магистральной коммуникации в нашей стране был разработан и утвержден в соответствии с Распоряжением Правительства России от 21 декабря 2019 г. № 3120-р «План развития инфраструктуры Северного морского пути до 2035 года»[1].

Здесь стоит обратить внимание на то, что принятые решения направлены на создание взаимодополняющих инфраструктурных условий, во-первых, для модернизации и расширения самой магистральной коммуникации, что связано в основном с технико-технологическими «вертикальными» отраслевыми вопросами развития самой магистрали, строительством ледокольного флота и другими (усиление ее иерархической роли), и, во-вторых, для реализации дополнительных мер, направленных на усиление ее влияния на развитие сырьевой базы и опорных промышленных центров прибрежных районов на перспективный период (усиление ее гетерархической роли).

Именно эта пирамида инфраструктурных связей различных сфер и объектов природно-хозяйственных систем, пронизывающая их сверху донизу, делает проблемы инфраструктуры чрезвычайно сложными, требующими специальных методологических подходов и методов исследования.

Объект исследования: сложившиеся институциональные структуры мировой Арктики

Вопросам развития арктических пространственных образований нашей страны и мировой Арктики посвящены многие работы исследователей (Арктическое пространство России..., 2016; Кузнецов, Никитина. Боронина, 2019; Лексин, Порфирьев, 2018; Минакир, Краснопольский, 2018; Социально-экономическая проблематика Российской Арктики..., 2018; Tatarkin, Loginov, Zacharchuk, 2017). Обсуждаются и проблемы развития различных институциональных органов и их инфраструктур как на национальном, так и на международном уровне, включая вопросы их формирования в специфических условиях трансграничной зоны Тихоокеанской сектора мировой Арктики на перекрестке двух океанов и континентов (Дальневосточная и Тихоокеанская Арктика..., 2021; Berkman, Vyledzhanin, Young, 2016, 2017; Betsy Baker, 2021).

В период 2021–2023 гг. Российская Федерация является председателем международного Арктического совета (Arctic Council), широко известного ведущего межправительственного форума, который несмотря на различные геополитические противоречия интересов арктических стран мира был призван обеспечивать их сотрудничество, координацию и взаимодействие. В составе этого Совета действуют и ассоциации коренных жителей и пришлого населения Арктики, а также многие страны и организации — наблюдатели при Совете в решении общих арктических проблем (Arctic Council, 2016). Часто этот Совет называют Арктическим парламентом. Он включает страны, побережье которых непосредственно выходит к Северному Ледовитому океану — Данию (Гренландию), Канаду, Норвегию, Россию и США, а также Финляндию, Исландию

[1] План развития инфраструктуры Северного морского пути до 2035 года. Распоряжение Правительства России от 21 дек. 2019 г. № 3120-р. URL: http://government.ru/docs/38714/ (дата обращения 02.04.2022).

и Швецию, территории которых пересекаются Северным полярным кругом. Эти восемь стран по международной классификации составляют арктическую зону мира.

Также в состав совета входят несколько экспертных и целевых (*Task Forces*) групп. Все они направлены на решение очень важных для Арктики проблем. Результативность их деятельности в конкретных областях была весьма высокой, что подробно характеризовано на сайте совета[1]. Данный совет является межправительственной площадкой высшего государственного ранга.

Однако деятельность Арктического совета сегодня в связи с изменившейся геополитической ситуацией стала подвергаться жесточайшему давлению со стороны его членов — представителей западных стран и Северной Америки. Подобной позиции придерживаются некоторые ученые.

Тимо Койвурова (Timo Koivurova), которая является профессором и бывшим директором Арктического центра Университета Лапландии, пишет: «Арктический совет может продолжать работать и без России. При некотором творческом подходе оставшиеся семь арктических государств могут продвинуться вперед в жизненно важной работе этого органа»[2]. Статья опубликована в уважаемом новостном издании «Arctic Today», которое базируется в США и сотрудничает со средствами массовой информации со всего циркумполярного севера, предлагая читателям репортажи на местах, международные новости и перспективы арктического сообщества из одного из самых быстро меняющихся регионов мира.

Элис Рогофф (Alice Rogoff), которая является издателем того же новостного источника «Arctic Today» и соучредителем Ассамблеи Северного полярного круга, пишет: «Настало время для Арктического совета 2.0. Угроза России Финляндии и Швеции делает существующую парадигму арктического сотрудничества в рамках Арктического совета неработоспособной... Если исключение России из Совета нельзя сделать официально, пусть это будет сделано неофициально. Это может быть сделано консенсусом семи стран»[3].

Арктика, как и многие другие сферы международной кооперации и глобализации, становится в настоящее время ареной для серьезнейших противоречий, новых вызовов, угроз и испытаний. Однако конкретные исследовательские разработки в области проблем пространственной экономики в Тихоокеанском секторе мировой Арктики, отражающие реальную ситуацию в этом регионе, показывают, что иного пути, кроме усиления международного сотрудничества в решении проблем улучшения здесь и природно-экологической обстановки, и предпринимательской деятельности, и функционирования важнейших северных морских коммуникаций, и жизнедеятельности коренного и пришлого населения, и других важнейших проблем, просто нет.

Поэтому мы по-прежнему придерживаемся мнения, что именно Арктический совет можно по праву рассматривать на сегодняшний день в качестве некого действительно «парламентского» международного институционального органа такого пространственно-хозяйственного образования, как мировой арктический бассейн. И мы уверены, что по-прежнему необходимо, хотя-бы в научном плане, продолжать прорабатывать вопросы улучшения деятельности этого совета, так как его роль и значение весьма важны не только для арктического бассейна, но и для всего мирового сообщества. И соответствующее отношение к этому совету будет восстановлено в ближайшее время, причем с полнокровным участием в его деятельности России, которая занимает почти половину арктических территорий и акваторий мира.

Итак, возвращаясь к теме данной статьи, подчеркнем еще раз, что в деятельности Арктического совета можно увидеть многие управляющие функции, хотя этот орган, несмотря на определенную межправительственную поддержку его функционирования, был создан в качестве некого общественного форума для обсуждения острых арктических проблем, который, конечно, не является в полной мере институциональной международной управленческой структурой.

Что же касается рабочих, экспертных и целевых групп Арктического совета, то их можно рассматривать в качестве его институциональной инфраструктуры, посредством которых осуществляется ресурсное, в данном случае — информационно-ресурсное, обеспечение функционирования этого институционального органа, а также нахождение консенсуса

[1] Арктический совет. URL: arctic-council.org/ru (дата обращения: 02.04.2022).

[2] Timo Koivurova. The Arctic Council can continue without Russia. March 10, 2022. URL: https://www.arctictoday.com/the-arctic-council-can-continue-without-russia/ (date of accessing: 15.04.2022).

[3] Alice Rogoff. It's time for an Arctic Council 2.0. March 5, 2022. URL: https://www.arctictoday.com/its time-for-an-arctic-council-2–0/ (date of accessing: 15.04.2022).

в совмещении иерархических и гетерархических функций внешних и внутренних элементов этой инфраструктуры в управлении развитием арктического региона.

Каждая из этих групп направлена на глубокое исследование той или другой проблемы как самого вида деятельности, так и совместного функционирования всех видов деятельности данного пространственного образования как единой системы природы, человека и общества в данной природно-хозяйственной зоне. Причем именно здесь проявляется их иерархическая (отраслевая, идущая от интересов различных видов деятельности и государств) и гетерархическая (региональная, идущая от «интересов» природной среды и социально-экономических приоритетов местного развития) сущность, и здесь отрабатываются механизмы их взаимосогласования. Эти группы включают ведущих профильных специалистов и экспертов по рассматриваемым проблемам функционирования Арктического совета. Именно они представляют собой институциональную «подструктуру» (инфраструктуру) Арктического совета. То есть сама суть деятельности этих групп показывает значение как внешних, так и внутренних инфраструктурных элементов Арктического совета, который является институциональной сферой всего арктического бассейна в целом. Со временем их направленность на те или другие приоритетные проблемы меняется, но это естественно для процессов адаптации и самоорганизации.

Наряду с Арктическим советом в мировой арктической зоне в настоящее время действует и ряд объединений северо-арктических стран мега-регионального уровня вплоть до уровня местных органов самоуправления. Их работа активизировалась в последние годы и является весьма продуктивной. Они включают в свой состав не только непосредственно регионы арктического бассейна, но и ряд территорий, не входящих непосредственно в арктическую зону мира, но имеющих существенный политико-экономический интерес к освоению арктических пространств. Это такие, например, организации, как показавшие свою эффективность Совет Баренцева / Евроарктического региона (СБЕР) и «Северный форум», в деятельности которых участвуют административные органы регионов северо-арктических стран мира, а также ряд других организаций с отраслевой специализацией.

Что касается «Северного форума», то он является международной неполитической организацией, которая вносит существенный вклад в развитие межрегиональной международной кооперации регионов арктического бассейна. «Северный форум» имеет статус наблюдателя при Арктическом совете[1].

Еще одной очень важной и успешно функционирующей межрегиональной организацией в европейской части арктической зоны мира является Совет Баренцева / Евроарктического региона (СБЕР) (Berkman, Vyledzhanin, Young, 2017), он также является наблюдателем при Арктическом совете[2].

Если посмотреть на управляющие органы этих межрегиональных форумов («Северного Форума» и СБЕР), на их секретариаты, выполняющие эти функции (кстати, очень малочисленные), то становится понятно, что они являются их институциональными структурами. А все рабочие группы, обеспечивающие их деятельность соответствующими ресурсами (в нашем случае — конкретной информацией), выступают в качестве инфраструктуры этих институциональных органов.

Результаты исследования: совершенствование координации институциональных структур и инфраструктур Арктики

Принимая во внимание те соображения, которые были изложены выше, по поводу методологических представлений об инфраструктуре как системообразующем механизме региональных пространственных систем, можно сделать следующие выводы.

Прежде всего, по поводу концептуальных подходов, тесно связанных с соотношениями таких категорий, как хаос (беспорядок) и стабильность (порядок), и понятиями двух полярных моделей организации пространственных систем — иерархической и гетерархической. В случае рассматриваемых институциональных структур всего арктического бассейна и его макрорегиональных составляющих (Арктический совет, «Северный Форум» и СБЕР), данные подходы показывают следующее:

1) их иерархические структуры базируются на политико-правовых механизмах функционирования национальных управленческих органов, преследуя свои национальные интересы (эти механизмы реализуются посредством внешних элементов инфраструктуры рассматриваемых регионов);

[1] Северный Форум. URL: https://www.northernforum.org/ru/ (дата обращения: 10.11.2021).

[2] Barents Euro-Arctic Cooperation. URL: https://www.barentscooperation.org/en (date of access:10.11.2021).

2) их гетерархические структуры базируются на естественных природно-экологических и физико-географических параметрах каждого региона, они поддерживают состояние порядка, идущего, прежде всего, от природных процессов, а затем уже от особенностей социально-экономического развития каждого региона. И эти процессы в гетерархии природно-общественных систем поддерживаются внутренними элементами инфраструктур этих систем.

Регулирование совместных и согласованных действий внешних и внутренних инфраструктурных функций в целях устойчивого развития и рациональной самоорганизации всей системы в целом — весьма сложный процесс, который охватывает многие вопросы регионального развития. Но оно в любом случае предполагает нахождение некоего консенсуса между национальными интересами приграничных государств (общество), интересами региональных социумов (человек) и «интересами» природы (природа), а значит — требует взаимных уступок со стороны каждого заинтересованного субъекта общественно-регионального развития для достижения данного консенсуса.

Приложение применяемых подходов к исследованию арктических пространственно-хозяйственных образований приводит также к выводу о необходимости формирования трансграничного российско-американского Совета Берингова / Тихоокеанско-Арктического региона (СБТР) как институциональной структуры в трансграничном секторе Тихоокеанской Арктики. Этот Совет будет иметь двойное назначение и функции:

— во-первых, как мониторинговый институциональный орган в трансграничном регионе на перекрестке двух материков — Евразийского и Северо-Американского и двух океанов — Тихого и Северного Ледовитого;

— во-вторых, как балансирующий развитие Арктической зоны РФ (АЗРФ) ее восточно-азиатский форпост в системе с ее западно-европейским форпостом — Советом Баренцева / Евроарктического региона (СБЕР).

К Берингову / Тихоокеанско-Арктическому региону, то есть к Тихоокеанскому сектору мирового арктического бассейна, и по национальной классификации АЗРФ, и по международной классификации арктических территорий и акваторий относятся в континентальной части территория Чукотского автономного округа (ЧАО) со стороны России и территория штата Аляска с его грядой Алеутских островов со стороны США, а также исключительные (эксклюзивные) национальные экономические акваториальные зоны, окаймляющие эти территории в морях на стыке Северного Ледовитого и Тихого океанов.

Но при сложившихся пространственно-системных и практических хозяйственных отношениях и процессах есть серьезные основания включить в этот трансграничный северо-арктический Тихоокеанский сектор и весь Камчатский край, хотя формально этот полуостров географически относится частично к субарктическим территориям и частично к области морского климата. Территория и акватория края играют большую роль в этой трансграничной зоне как в хозяйственном использовании ее ресурсного потенциала (например, в добыче морских ресурсов), так и в обеспечении функционирования СМП. Создание и развитие восточно-азиатского порта-хаба Петропавловск-Камчатский в дальневосточном морском бассейне в системе с западно-европейским портом-хабом в Мурманске создает возможности сбалансированного функционирования двух конечных портов СМП на этом важнейшем магистральном элементе транспортной инфраструктуры Арктики, особенно в транзитных международных грузоперевозках.

Подобная позиция подтверждается современными исследованиями структурно-геологических и тектонических объектов в этой зоне, проводимыми по пространственно-временным иерархическим принципам и обоснованных новейшими фактами геологии и геофизики. Они подтверждают, что Камчатский полуостров является органической частью геологической структуры Тихоокеанского сектора Арктики.

Административная карта этого сектора в составе Чукотского автономного округа и Камчатского края со стороны России и штата Аляска со стороны США, а также исключительных (эксклюзивных) экономических акваториальных зон обеих стран представлена на рисунке 1.

Несмотря на ряд проблем в арктической политике между Россией и США (Конышев, Сергунин, 2018) и сложную геополитическую ситуацию, проект создания Совета Берингова / Тихоокеанско-Арктического региона (СБТР) как институциональной структуры в трансграничном секторе Тихоокеанской Арктики может представлять довольно высокий интерес для многих стран и регионов не только северной части Тихоокеанского бассейна, но и европейской части зоны Севера и Арктики

Рис. 1. *Административная карта сектора Тихоокеанской Арктики (в квадрате — регион Берингова пролива; источник: (Дальневосточная и Тихоокеанская Арктика..., 2021))*
Fig. 1. *Administrative map of the Pacific Arctic (squared — the Bering Strait region)*

и Северо-Восточной и Юго-Восточной Азии (Дальневосточная и Тихоокеанская Арктика..., 2021). По инициативе Института экономических исследований ДВО РАН данный проект в прошлые годы обсуждался на двух весьма крупных международных завещаниях ученых и специалистов в области изучения мирового арктического бассейна.

Первое совещание — это 24-е заседание Российско-американского тихоокеанского партнерства (РАТОП), прошедшее в конце июня 2019 г. в г. Хабаровске[1], и второе совещание — IX Международный форум «Арктика: настоящее и будущее» Ассоциации полярников (АСПОЛ), который состоялся 5–7 декабря 2019 г. в г. Санкт-Петербург[2].

Структура СБТР может быть представлена графически в виде схемы (рис. 2).

В его составе будут действовать более десятка рабочих и экспертных групп, включающих специалистов из регионов, непосредственно входящих в состав СБТР, «комплементарных», взаимодополняющих регионов как из России, так и из США, а также регионов стран-наблюдателей. Именно эти группы и будут составлять институциональную инфраструктуру вновь создающегося управляющего органа СБТР.

Его административные подразделения (Двусторонний Берингов секретариат, Берингов региональный комитет, Комитет старших должностных лиц) нацелены на выполнение организационно-управленческих функций, то есть будут являться его институциональными органами, а посредством его рабочих групп будет происходить ресурсно-инфраструктурное обеспечение деятельности совета — информацией для решение основных проблем, которые выделяются в качестве приоритетных на данном этапе. Группы, действующие под эгидой комитета старших должностных лиц, представляют собой внешние элементы институциональной инфраструктуры, реализующие национальные интересы стран — членов совета. Группы, работающие под эгидой Берингова

[1] Совет по отношениям США-Россия. URL: http://www.usrussia.org/home-russian (дата обращения: 10.11.2021).

[2] IX Международный Форум «Арктика: настоящее и будущее». URL: http://www.forumarctic.com/conf2019/ (дата обращения 02.11.2021).

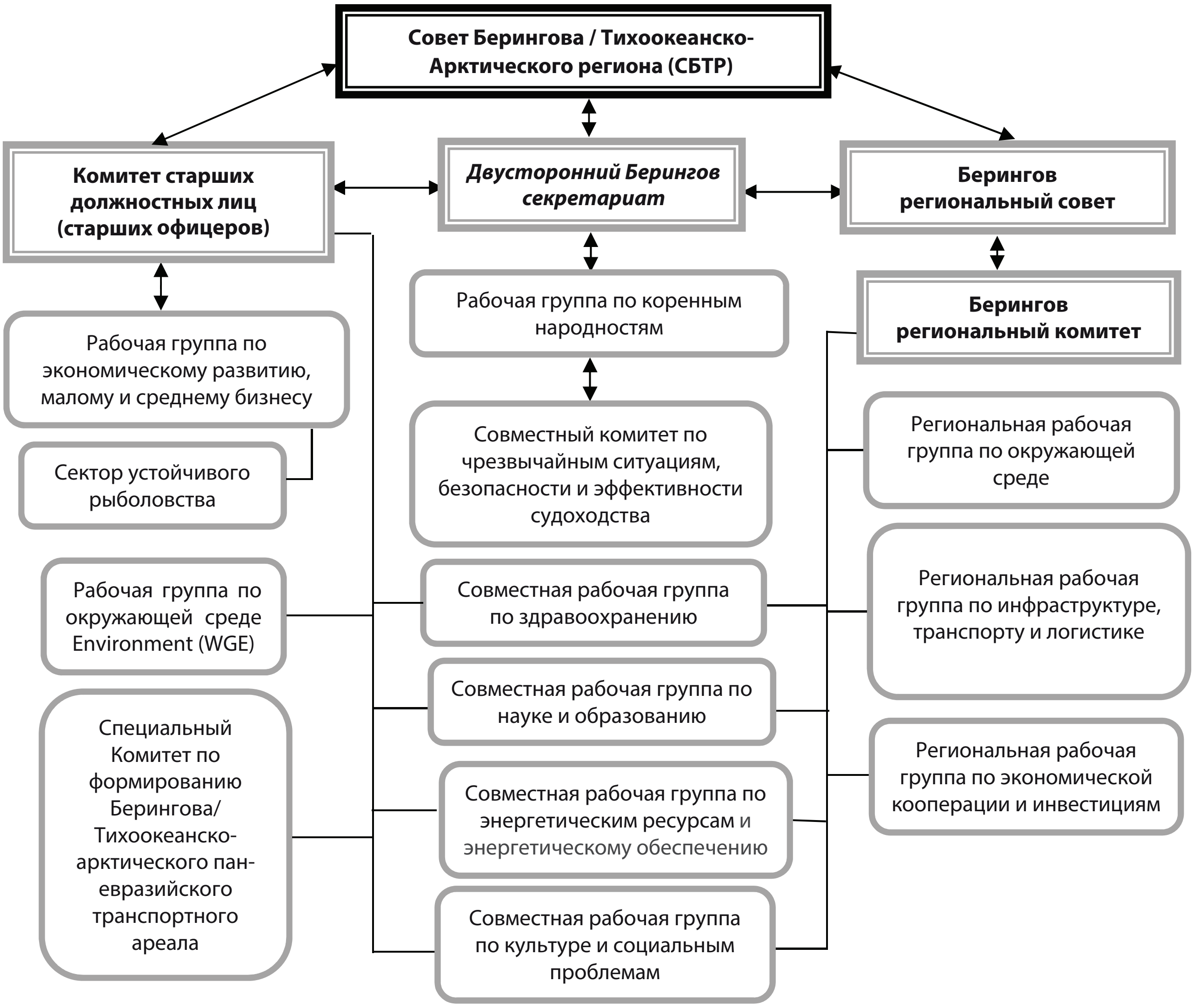


Рис. 2. *Институциональные структура и инфраструктура Совета Берингова / Тихоокеанско-Арктического региона (СБТР) (источник: (Дальневосточная и Тихоокеанская Арктика..., 2021))*

Fig. 2. *Institutional structure and infrastructure of the Bering/Pacific-Arctic Council (BPAC)*

регионального комитета, являются внутренними элементами институциональной инфраструктуры, которые нацеленны на соблюдение интересов его региональных составляющих. Таким образом, эти рабочие группы направлены на различные уровни мониторинга приоритетных проблем: внешняя инфраструктура — на уровне глобальных международных арктических проблем (иерархические функции), внутренняя инфраструктура — на уровне региональных проблем данного арктического сектора (гетерархические функции).

Но для более детальной и согласованной работы с этими проблемами рабочие группы могут объединять свои усилия в совместных экспертных коллективах — совместных рабочих группах, в которых происходит согласование глобальных (иерархических) и региональных (гетерархических) интересов стран — членов Совета.

Сложившиеся и вновь создающиеся институциональные структуры и их инфраструктуры как на глобальном, так и на региональном уровнях арктического бассейна связаны с решением одного существенного вопроса: учитываются ли во всей этой пирамиде институциональных органов арктических стран и регионов (Арктического совета, «Северного форума», Совета Баренцева / Евроарктического региона — СБЕР, Совета Берингова / Тихоокеанско-Арктический региона — СБТР), а также их инфраструктур какие-либо не просто формальные, а реальные весьма тесные коэволюционные и координационные связи, подчас перекрестные, о которых речь шла выше и необходимость учета и регулирования которых диктуется самой природой пространственного образования, называемого Арктикой?

В настоящее время, к сожалению, такой четкой методики, инструментария и механиз-

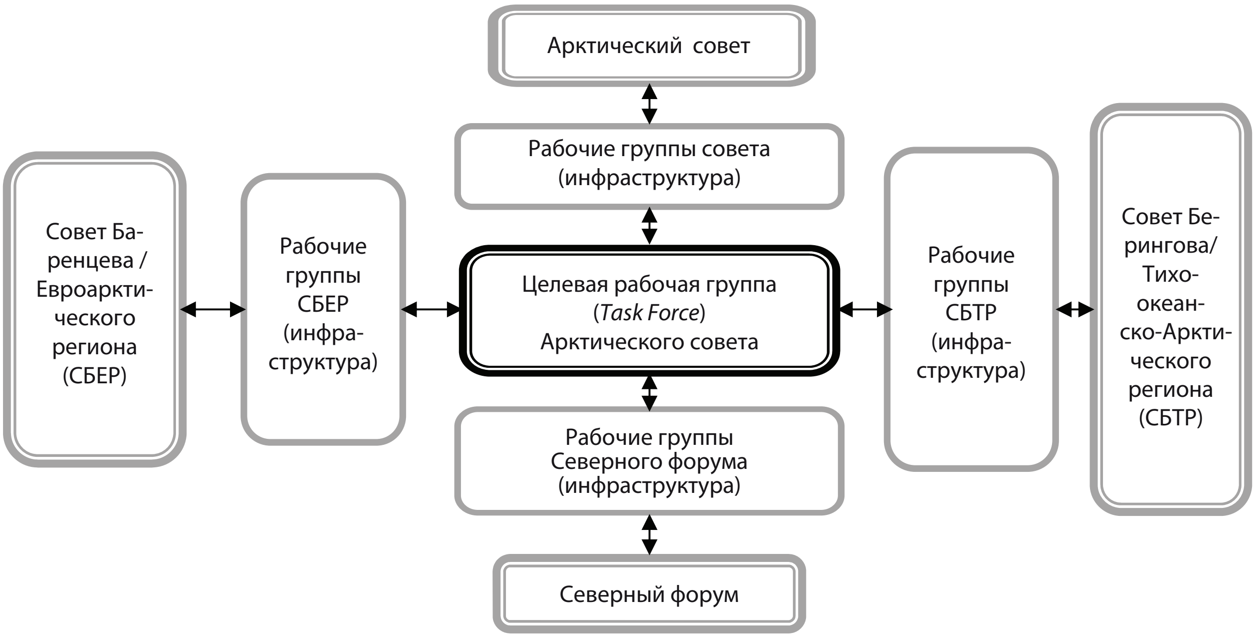


Рис. 3. *Принципиальная схема функционирования целевой группы по координации институциональных структур и инфраструктур Арктического совета и макрорегиональных организаций (источник: составлена автором)*
Fig. 3. *Schematic diagram of the functioning of the Task Forces on Coordination of Institutional Structures and Infrastructures of the Arctic Council and Macro-Regional Organisations*

мов взаимодействия институциональных органов международных межправительственных и региональных северо-арктических форумов и объединений не существует, что, естественно, не дает возможности соблюдать это органическое единство природно-общественных связей в арктическом бассейне и на региональном, и на глобальном уровнях.

Именно в этой связи возникает необходимость создания специализированного подразделения, которое разработало бы подобную методику координации деятельности всех межгосударственных и макрорегиональных форумов и объединений северо-арктических стран и регионов на базе согласованной деятельности их институциональных структур и инфраструктур на базе методологических и методических подходов, предлагаемых в данной статье.

В этой связи можно предложить в качестве специализированного подразделения по разработке методики координации деятельности всех институциональных структур и инфраструктур арктических стран и регионов создать временную целевую рабочую группу Арктического совета (Task Force), на которую будет возложено исполнение этой задачи.

По мере завершения своей работы целевая группа прекратит свое существование, передав разработанную ею методику и соответствующий инструментарий для постоянного использования в Арктический совет и межрегиональные форумы и объединения.

Предполагаемая принципиальная схема взаимодействий создаваемой целевой группы Арктического совета с региональными объединениями для решения ее задач представлена на рисунке 3.

Как показано на схеме, свои функции целевая рабочая группа Арктического совета по разработке методики координации его деятельности с макрорегиональными организациями в области институциональных структур и инфраструктур будет реализовывать через постоянные контакты с рабочими группами всех крупных межрегиональных форумов и объединений, разрабатывая инструментарий этой координации для целенаправленности их усилий на решение приоритетных проблем Севера и Арктики.

Заключение

Итак, в данной статье рассмотрены вопросы влияния институциональной инфраструктуры на процессы декомпозиции и трансформации региональных пространственных образований Арктики на ее глобальном и макрорегиональном уровнях. Предлагаемый и реализуемый методологический подход структурной функциональной декомпозиции к оценке роли инфраструктуры как системообразующего элемента пространственно-хозяйственных формирований, регулирующего своими внешними и внутренними элементами состояние хаоса и порядка в системе, его иерархические или гетерархические ориентации и предпочтения, дает возможность выявить конкретные виды этих инфраструктур на различных региональных уровнях арктического пространства.

Из проведенного анализа вытекает необходимость реализации на данном этапе исторически сложившихся международных декомпозиционных пропорций и диспропорций в развитии арктического бассейна ряда трансформационных преобразований в его пространственном развитии на базе совершенствования его институциональной сферы. Это, наряду с другими направлениями совершенствования деятельности Арктического совета, связано, по нашему мнению, с созданием Совета Берингова / Тихоокеанско-Арктического региона — СБТР как институциональной структуры в Тихоокеанском секторе мировой Арктики с его инфраструктурными элементами, что позволит значительно повысить сбалансированность формирования региональных составляющих арктической зоны мира в целом и избежать возникающих перекосов в их развитии.

Подчеркнем еще раз, что несмотря на сложную международную ситуацию и предложения ряда стран по исключению России из состава всех международных арктических структур, реализация интересов арктических государств и регионов в зоне мировой Арктики требует согласования их деятельности по всем природно-экологическим и социально-экономическим проблемам, что без участия нашей страны сделать просто практически невозможно. Всего лишь несколько месяцев назад в части отношений России и США как трансграничных стран в секторе Тихоокеанской Арктики были сделаны некоторые подвижки. В частности, министр иностранных дел РФ С. Лавров, выступая на заседании Совета глав субъектов РФ 15 июня 2021 г., заявил, что Москва открыта к развитию межрегионального сотрудничества с США, а также заинтересована в создании новых региональных структур для работы по линии тихоокеанского диалога с Вашингтоном. Речь шла о Совете Берингова / Тихоокеанско-Арктического региона и укреплении наших отношений в рамках Российско-американского Тихоокеанского партнерства (РАТОП). «Мы заинтересованы в создании новых региональных структур, включая Совет Берингова / Тихоокеанско-Арктического региона, предполагающего участие ряда российских арктических субъектов и Аляски. Пока наши американские партнеры размышляют над этим предложением», — подчеркнул тогда С. Лавров[1].

Также арктические проблемы нашли весьма позитивное обсуждение во время встречи в Женеве 16 июня 2021 г. президентов России и США В. Путина и Д. Байдена. Путин на пресс-конференции после окончания саммита подчеркнул: «…Я глубоко убежден, что мы можем сотрудничать — и должны сотрудничать — по этому направлению. Россия и Соединенные Штаты являются одними из 8 членов Арктического совета, Россия председательствует в этом году в Арктическом совете. И больше того, между Аляской и Чукоткой еще, как известно, проходит известный пролив. С одной стороны США, с другой стороны — Россия. Все это вместе должно подталкивать нас к объединению усилий»[2].

И с американской стороны эти предложения также нашли своих сторонников, по крайней мере в научной среде. Можно привести пример недавней публикации в американской научной прессе такого известного ученого в области арктической проблематики, как Бетси Бэйкер (Betsy Baker), специалиста в области международной дипломатии с 25-летним стажем, проживающей на Аляске, сотрудника Вильсоновского центра Полярного института, директора Исследовательского отделения Северной Пасифики (North Pacific Research Board), Аляскинского центра морской науки. Она в своей статье, изданной совсем недавно — в ноябре прошлого года, ссылается на работы автора данной статьи и на подготовленные Рабочей группой Российско-Американского тихоокеанского партнерства (РАТОП) предложения по созданию Совета Берингова / Тихоокеанско-Арктического региона (СБТР), причем весьма положительно характеризует эту инициативу (Betsy Baker, 2021).

Приостановка совместных действий России и США наносит серьезнейший ущерб, прежде всего, решению природно-экологических проблем в таком «уголке мира», как Тихоокеанский сектор мировой Арктики, а также резко снижает его роль как будущего крупнейшего транспортно-логистического пропускного естественного канала на арктических морских коммуникациях СМП и СЗП, что позволило бы ему стать серьезным конкурентом, например, Суэцкому

[1] Лавров: Россия готова разрабатывать новые форматы диалога с США. URL: https://tass.ru/politika/11650987 (дата обращения: 20.11.2021).

[2] Путин рассказал об обсуждении с Байденом темы Арктики. URL: https://1prime.ru/state_regulation/20210616/833950874.html (дата обращения: 20.11.2021).

каналу по связям между Азиатскими странами и Европой. Совместное владение Беринговым проливом и рациональное и безопасное регулирование судоходства в его зоне позволили бы России и США получать серьезный дополнительный экономический доход, который был бы возможен только при достаточно добрососедских отношениях обеих стран. Это было бы важно и для всех других пользователей этих арктических морских магистралей, которые весьма высоко оценивают именно безопасность и надежность прохода их судов по данным коммуникациям в отличии от рисков, например, прохода судов из-за того же пиратства на пути следования к Суэцкому каналу (Дальневосточная и Тихоокеанская Арктика…, 2021).

С 2021 г. по 2023 г. Российская Федерация выступает в качестве Председателя международного Арктического совета. Даже если в ближайшие годы будут определенные сложности в ее деятельности, в нашей стране продолжится работа в соответствии с принятыми документами по развитию АЗРФ на перспективу[1] по значительному улучшению процессов трансформационных преобразований в трансграничных арктических регионах на национальном уровне, что, естественно, будет связано и с определенными предложениями для соседствующих стран по координации формирования их институциональных структур и инфраструктур как в интересах нашей страны, так и других стран, имеющих свои экономические интересы в зоне Арктики.

[1] «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике до 2035 года», указ Президента Российской Федерации, № 164 от 5 марта 2020 г. С. 10. URL: http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/f8ZpjhpAaQ0WB1zjywN04OgKiI1mAvaM.pdf (дата обращения: 02.11.2021).

Список источников

Арктическое пространство России в XXI веке. Факторы развития, организация управления / под ред. акад. В. В. Ивантера. Санкт-Петербург : Издательский дом «Наука», 2016. 1016 с.

Дальневосточная и Тихоокеанская Арктика. На перекрестке двух океанов и континентов / отв. ред. Б. Х. Краснопольский; Институт экономических исследований ДВО РАН. Хабаровск : ИЭИ ДВО РАН, 2021. 248 с.

Демьяненко А. Н., *Прокапало О. М.* Декомпозиция национального экономического пространства. Тенденции и прогноз // Россия. Тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Москва : ИНИОН РАН, 2018. С. 854–857.

Журавель В. П. Развитие Северного морского пути. Национальный и международный аспекты // Научно-аналитический вестник Института Европы РАН. 2019. № 2. С. 119–124.

Клейнер Г. Б. Институциональное управление экономикой и обществом // Институциональная экономика и современное управление. Москва : Издательский дом ГУУ, 2016. С. 35–51.

Клейнер Г. Б., *Рыбачук М. А.* Системная сбалансированность экономики России. Региональный разрез // Экономика региона. 2019. Т. 15, вып. 2. С. 309–323. DOI: doi.org/10.17059/2019-2-1.

Конышев В., *Сергунин А.* Российско-американские отношения в Арктике. Сотрудничество или соперничество? // Мировая экономика и международные отношения. 2018. № 62 (9). С. 103–111. DOI: doi.org/10.20542/0131-2227-2018-62-9-103-111.

Краснопольский Б. Х. Инфраструктура в системе регионального хозяйственного комплекса Севера. Методические особенности исследования / отв. ред. Э. Б. Алаев. Москва : Наука, 1980. 145 с.

Кузнецов А., *Никитина Е.*, *Баронина Ю.* Меняющаяся Арктика. Видение перспектив для устойчивого развития северных регионов // Мировая экономика и международные отношения. 2019. № 63 (9). С. 112–117. DOI: doi.org/10.20542/0131-2227-2019-63-9-112-117.

Кузнецова А. И. Инфраструктура. Вопросы теории, методологиии, прикладные аспекты современного инфраструктурного обустройства. Гео-экономический подход. Изд. 3-е. Москва : КомКнига, 2013. 456 с.

Ланцов А. Е. Инфраструктура: понятие, виды и значение // Экономика, статистика, информатика. 2013. № 3. С. 47–52. DOI: doi.org/10.21686/2500-3925-2013-3-47-52.

Лексин В. Н., *Порфирьев Б. Н.* Государственное управление развитием Арктической зоны Российской Федерации. Задачи, проблемы, решения. Москва : Научный консультант, 2016. 194 с.

Лексин В. Н., *Порфирьев Б. Н.* Российская Арктика сегодня. Содержательные новации и правовые коллизии // Экономика региона. 2018. Т. 14, Вып. 4. С. 1117–1130. DOI: doi.org/10.17059/2018-4-5.

Маллаев Х. Н., *Аврамчикова Н. Т.* Теоретические основы формирования институциональной инфраструктуры региона // Менеджмент социальных и экономических систем. 2017. № 1. С. 39–46.

Минакир П. А., *Краснопольский Б. Х.* Экономические механизмы внедрения новых технологий рационального использования арктических ресурсов // Регионалистика. 2018. Т. 5, № 5. С. 12–24. DOI: doi.org/10.14530/reg.2018.5.12.

Нельсон Р., *Уинтер С.* Эволюционная теория экономических изменений : пер. с англ. Москва : Дело, 2002. 536 с.

Социально-экономическая проблематика Российской Арктики в исследованиях институтов Российской академии наук. История, современность, перспективы / под общ. ред. Б. Н. Порфирьева. Москва : Научный консультант, 2018. 802 с.

Agénor P.-R. A theory of infrastructure-led development // Journal of Economic Dynamics and Control. 2010. Vol. 34 (5). P. 932–950.

Arctic Council. Arctic Resilience Report / M. Carson, G. Peterson eds. Stockholm : Stockholm Environment Institute and Stockholm Resilience Centre, 2016. 218 p.

Baker B. Beyond the Northern Sea Route: Enhancing Russian-United States Cooperation in the Bering Strait Region // Polar Perspectives. 2021. No. 8. P. 1–27.

Berkman R. A., *Vylegzhanin A. N.*, *Young O. R.* Governing the Bering Strait Region: Current Status, Emerging Issues and Future Options // Ocean Development & International Law. 2016. Vol. 47 (2). P. 186–217.

Buhr W. What is Infrastructure? // Department of Economics, School of Economic Disciplines, University of Siegen. Siegen Discussion Paper No. 107–03, 2003. 32 p.

Carlsson R., *Otto A.*, *Hall J. W.* The role of infrastructure in macroeconomic growth theories // Civil Engineering and Environmental Systems. 2013. Vol. 30 (3–4). P. 263–273.

Gramlich E. Infrastructure Investment: A Review Essay // Journal of Economic Literature. 1994. Vol. 32 (3). P. 1176–1196.

Jochimsen R. Theorie der Infrastruktur: Grundlagen der marktwirtschaftlichen Entwicklung. Tübingen, J. C. B. : Mohr, 1966. 253 p.

Krasnopolski B. H. Pacific Arctic: The System-Forming Role of Infrastructure in the Sustainable Development of the Region // In the book: Smart Technologies and Innovations. Springer Nature Switzerland. 2020. Vol. 138. P. 40–48.

Ruth M. Institutional and Infrastructure System Development Information and Knowledge // Principles of Sustainable Development. 2009. Vol. 3. P. 79–99.

Tatarkin A. I., *Loginov V. G.*, *Zakharchuk E. A.* Socioeconomic problems in development of the Russian Arctic zone // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. Vol. 87 (1). P. 12–21. DOI: doi.org/10.1134/S101933161701004X.

Torrisi G. Public infrastructure: definition, classification and measurement issues // Economics, Management, and Financial Markets. 2009. Vol. 4 (3). P. 100–124.

Vylegzhanin A. N.,*Young O. R.*, *Berkman R. A.* Governing the Barents Sea Region: Current Status, Emerging Issues, and Future Options // Ocean Development & Internatonal Law. 2017. Vol. 49 (1). P. 1–27.

References

Agénor, P.-R. (2010). A theory of infrastructure-led development. *Journal of Economic Dynamics and Control, 34(5),* 932–950.

Baker, B. (2021). Beyond the Northern Sea Route: Enhancing Russian-United States Cooperation in the Bering Strait Region. *Polar Perspectives, 8,* 1–27.

Berkman, R. A., Vylegzhanin, A. N. & Young, O. R. (2016). Governing the Bering Strait Region: Current Status, Emerging Issues and Future Options. *Ocean Development & International Law, 47(2),* 186–217.

Buhr, W. (2003). *What is Infrastructure?* Siegen Discussion Paper No. 107–03. Department of Economics, School of Economic Disciplines. University of Siegen, 32.

Carlsson, R., Otto, A. & Hall, J. W. (2013). The role of infrastructure in macroeconomic growth theories. *Civil Engineering and Environmental Systems, 30(3–4),* 263–273.

Carson, M. & Peterson, G. (Eds). (2016). *Arctic Resilience Report.* Arctic Council. Stockholm: Stockholm Environment Institute and Stockholm Resilience Centre, 218.

Demyanenko, A. N. & Prokapalo, O. M. (2018). Decomposition of the national economic space: trends and forecasts. *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya [Russia: trends and prospects for development],* 854–857. (In Russ.)

Gramlich, E. (1994). Infrastructure Investment: A Review Essay. *Journal of Economic Literature, 32(3),* 1176–1196.

Ivanter, V. V. (Ed). (2016). *Arkticheskoe prostranstvo Rossii v XXI veke: faktory razvitiya, organizacziya upravleniya [The Russian Arctic space in XXI century: development factors, management].* SPb.: Nauka Publ., 1016 (In Russ.)

Jochimsen, R. (1966). *Theorie der Infrastruktur: Grundlagen der marktwirtschaftlichen Entwicklung [Theory of infrastructure: Fundamentals of market economy development].* Tübingen, J.C.B. Mohr, 253. (In German)

Kleiner, G. B. & Rybachuk, M. A. (2019). System Balance of the Russian Economy: Regional Perspective. *Ekonomika Regiona [Economy of Region], 15(2),* 309–323. DOI: 10.17059/2019–2-1. (In Russ.)

Kleiner, G. B. (2016). Institutional management of the economy and society. In: *Institutsionalnaya ekonomika i sovremennoe upravlenie [Institutional economy and modern governance]* (pp. 35–51). M.: State University of Management Publ. (In Russ.)

Konyshev, V. & Sergunin, A. (2018). U.S.-Russia Relations in the Arctic: Cooperation or Competition? *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya [World economy and international relations], 62(9),* 103–111. DOI: 10.20542/0131–2227–2018–62–9-103–111. (In Russ.)

Krasnopolski, B. H. (2020). Pacific Arctic: The System-Forming Role of Infrastructure in the Sustainable Development of the Region. In: *Smart Innovations, Systems and Technologies, Vol. 138* (pp. 40–48). Springer Nature Switzerland.

Krasnopolski, B. H. (Ed.). (2021). *Dalnevostochnaya i Tikhookeanskaya Arktika. Na perekrestke dvukh okeanov i kontinentov [Far Eastern and Pacific Arctic: at the crossroads of two oceans and continents].* Khabarovsk: Institute of Economic Research FEB RAS, 248. (In Russ.)

Krasnopolski, B. H. (1980). *Infrastruktura v sisteme regionalnogo khozyaystvennogo kompleksa Severa. Metodicheskie osobennosti issledovaniya [Infrastructure in the system of the regional economic complex of the North. Methodical features of the study].* Moscow: Nauka Publ., 145. (In Russ.)

Kuznetsov, A., Nikitina, E. & Baronina, Y. (2019). The Changing Arctic: Vision of Prospects for Sustainable Development of Northern Regions. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya [World economy and international relations], 63(9),* 112–117. DOI: 10.20542/0131–2227–2019–63-9-112–117. (In Russ.)

Kuznetsova, A. I. (2013). *Infrastruktura. Voprosy teorii, metodologiii, prikladnye aspekty sovremennogo infrastrukturnogo obustroystva. Geo-ekonomicheskiy podkhod. Izd. 3-e [Infrastructure: Theory, Methodology and Applied Aspects of Present Day Infrastructural Arrangement. Geo-Economic Approach. 3rd ed.].* Moscow: KomKniga Publ., 456. (In Russ.)

Lantsov, A. E. (2013). Infrastructure: concept, types and value. Ekonomika. statistika informatika [Economics, Statistics and Informatics. Vestnik UMO], 3, 47–52. DOI: https://doi.org/10.21686/2500–3925–2013–3-47–52. (In Russ.)

Leksin, V. N. & Porfiriev, B. N. (2018). Russian Arctic Today: Substantive Novelties and Legal Collisions. *Ekonomika regiona [Economy of Region], 14(4),* 1117–1130. DOI: 10.17059/2018–4–5. (In Russ.)

Leksin, V. N. & Porfiryev, B. N. (2016). *Gosudarstvennoe upravlenie razvitiem Arkticheskoy zony Rossiyskoy Federatsii. Zadachi, problemy, resheniya [Governing the development of the Arctic Zone of the Russian Federation. Tasks, problems, solutions].* M.: Nauchnyy konsultant Publ., 194. (In Russ.)

Mallaev, Kh. N. & Avramchikova, N. T. (2017). Theoretical bases of formation of the institutional infrastructure of the region. *Menedzhment sotsialnykh i ekonomicheskikh system [Social and economic systems management], 1,* 39–46. (In Russ.)

Minakir, P. A. & Krasnopolski, B. Kh. (2018). Economic mechanisms of implementation of new technologies for rational use of arctic resources. *Regionalistika [Regionalistics], 5(5),* 12–24. DOI: 10.14530/reg.2018.5.12. (In Russ.)

Nelson, R. & Winter, S. (2002). *An evolutionary theory of economic change [Evolyutsionnaya teoriya ekonomicheskikh izmeneniy].* Trans. from English. M: Delo, 536. (In Russ.)

Porfiryev, B. N. (Ed.). (2018). *Sotsialno-ekonomicheskaya problematika Rossiyskoy Arktiki v issledovaniyakh institutov Rossiyskoy akademii nauk. Istoriya, sovremennost, perspektivy [Socio-economic problems of the Russian Arctic in the research of the institutes of the Russian Academy of Sciences: history, present, prospects].* Moscow: Nauchnyy konsultant Publ., 802. (In Russ.)

Ruth, M. (2009). Institutional and Infrastructure System Development Information and Knowledge. *Principles of Sustainable Development, 3,* 79–99.

Tatarkin, A. I., Loginov, V. G. & Zakharchuk, E. A. (2017). Socioeconomic problems in development of the Russian Arctic zone. *Herald of the Russian Academy of Sciences, 87(1),* 12–21. DOI: 10.1134/S101933161701004X.

Torrisi, G. (2009). Public infrastructure: definition, classification and measurement issues. *Economics, Management, and Financial Markets, 4(3),* 100–124.

Vylegzhanin, A. N., Young, O. R. & Berkman, R. A. (2017). Governing the Barents Sea Region: Current Status, Emerging Issues, and Future Options. *Ocean Development & International Law, 49(1),* 52–78.

Zhuravel, V. P. (2019). Development of the Northern sea route: national and international aspects. *Nauchno-analiticheskiy vestnik Instituta Evropy RAN [Scientific and Analytical Herald of the Institute of Europe RAS], 2,* 119–124. (In Russ.)

Информация об авторе

Краснопольский Борис Хананович — доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт экономических исследований ДВО РАН; https://orcid.org/0000-0002-1549-036X (Российская Федерация, 680020, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 153; e-mail: boriskrasno@gmail.com).

About the author

Boris H. Krasnopolski — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Chief Research Associate, Economic Research Institute of Far Eastern Branch of RAS; https://orcid.org/0000-0002-1549-036X (153, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, 680024, Russian Federation; e-mail: boriskrasno@gmail.com).

Дата поступления рукописи: 22.05.2020.
Прошла рецензирование: 29.06.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 22 May 2020.
Reviewed: 29 Jun 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-5
УДК 332.143

В. П. Чичканов [а], Л. А. Беляевская-Плотник [б]
[а] Российская академия наук, г. Москва, Российская Федерация; Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, Российская Федерация
[б] Институт экономики РАН, г. Москва, Российская Федерация
[а] https://orcid.org/0000-0002-3586-7486
[б] https://orcid.org/0000-0003-4962-4095, e-mail: belyaevskaya@inbox.ru

Оценка мультипликативного влияния инвестиционных проектов Дальневосточного федерального округа на социально-экономическое развитие территорий[1]

Дальневосточный федеральный округ в настоящее время является площадкой для реализации порядка двух тысяч инвестиционных проектов, которые в общем объеме уже профинансированы на сумму около 700 млрд руб. Среди уже полученных эффектов от реализации данных проектов можно отметить ввод в эксплуатацию порядка 270 предприятий и создание свыше 40 тыс. рабочих мест. Целью работы являются разработка и апробация инструментария оценки мультипликативного влияния инвестиционных проектов на динамику индикаторов регионального развития. Метод исследования — интегральный анализ, который позволяет агрегировать в одну синтетическую величину весь перечень разноразмерных характеристик отобранных проектов. Составлен обобщенный рейтинг инвестиционных проектов по оценке их совокупного вклада в региональное развитие. ТОП-3 рейтинга составили: строительство горно-обогатительного комплекса Инаглинский (1-е место в рейтинге за счет наибольшего экономического эффекта, оцененного ожидаемым приращением ВРП в объеме 252 млрд руб.), космодром «Восточный» (2-е место в рейтинге за счет ожидаемого создания новых 4000 рабочих мест), строительство Сахалинской ГРЭС-2 (3-е место в рейтинге за счет коммерческого эффекта, оцененного ожидаемым притоком частных инвестиций в объеме 432 млрд руб.). Детальное исследование позиций инвестиционных проектов ДФО в пространстве координат «региональная эффективность — социально-экономическое развитие региона» позволило дать количественную оценку мультипликативного вклада проектов в уровень развития экономики и социальной сферы территорий их реализации. Проведено ранжирование инвестиционных проектов ДФО, определено, что наиболее крупные проекты, имеющие в прогнозной перспективе высокие количественные результаты, разнонаправленно влияют на социально-экономические показатели регионов присутствия. Область применения результатов исследования заключается в разработке мер государственной и региональной поддержки крупных инвестиционных проектов, в том числе поиске и привлечении дополнительных источников финансирования, формировании системы мероприятий для обеспечения необходимого инвестиционного климата в регионе и создания требуемой инфраструктуры.

Ключевые слова: экономика региона, региональное развитие, региональные эффекты, интегральный анализ, региональные инвестиции, региональные инвестиционные проекты, рейтинг инвестиционных проектов, мультипликативное влияние, пространственная матрица, Дальневосточный федеральный округ

Для цитирования: Чичканов В. П., Беляевская-Плотник Л. А. Оценка мультипликативного влияния инвестиционных проектов Дальневосточного федерального округа на социально-экономическое развитие территорий // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 369-382. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-5.

RESEARCH ARTICLE

***Valeriy P. Chichkanov* [a)], *Lyubov A. Belyaevskaya-Plotnik* [b)]**
[a)] Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation
[a)] Institute of Economics of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russian Federation
[b)] Institute of Economics of RAS, Moscow, Russian Federation
[a)] https://orcid.org/0000-0002-3586-7486
[b)] https://orcid.org/0000-0003-4962-4095, e-mail: belyaevskaya@inbox.ru

Estimating the Multiplier Effect of Investment Projects of the Far Eastern Federal District on Regional Socio-Economic Development

Approximately two thousand investment projects, which have already been financed at a cost of about 700 billion roubles, are being implemented in the Far Eastern Federal District. The effects from the implementation of these projects include the commissioning of about 270 enterprises and creation of over 40 thousand jobs. The paper aims to develop and test tools for estimating the multiplier effect of investment projects on the dynamics of regional development indicators. The integral analysis method was used to aggregate various multi-dimensional characteristics of selected projects into one synthetic indicator. As a result, a generalised ranking of investment projects was compiled to assess their combined contribution to regional development. The top-3 projects are: 1) Inaglinsky mining and processing plant (has the greatest economic effect estimated by the expected gross regional product increment of 252 billion roubles); 2) Vostochny Cosmodrome (is expected to create 4,000 new jobs); 3) Sakhalin GRES-2 (has a commercial effect estimated by the expected inflow of private investment in the amount of 432 billion roubles). A detailed study of Far Eastern investment projects in the coordinate space "regional efficiency — regional socio-economic development" allowed us to quantify their multiplicative contribution to socio-economic development of the regions. According to the ranking of investment projects in the Far Eastern Federal District, the largest projects, expected to show high quantitative results, have a multidirectional impact on the socio-economic indicators of the regions of operation. The research results can be used to develop national and regional support programmes for major investment projects to attract additional funding, establish a system of measures for maintaining a favourable investment climate in the region, as well as to create the necessary infrastructure.

Keywords: regional economy, regional development, regional effects, integral analysis, regional investments, regional investment projects, ranking of investment projects, multiplier effect, spatial matrix, Far Eastern Federal District

For citation: Chichkanov, V. P. & Belyaevskaya-Plotnik, L. A. (2022). Estimating the Multiplier Effect of Investment Projects of the Far Eastern Federal District on Regional Socio-Economic Development. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 369-382, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-1-5.

Введение

Современный этап экономического развития специфичен перемещением центра тяжести крупной инвестиционной деятельности с верхнего уровня на уровень отдельных корпораций. Однако несмотря на значительные объемы самофинансирования и активную вовлеченность региональных структур в организацию инвестиционных процессов, в публичном пространстве не представлена методика оценки мультипликативного влияния региональных инвестиционных проектов (РИП) на социальные и экономические показатели территорий реализации таких проектов.

Действенным способом формирования позитивного общественного мнения по поводу принимаемых и реализуемых инвестиционных проектов является получение достоверной открытой информации, которая позволяла бы сделать адекватный вывод о своевременности и целесообразности осуществления инвестиций, а также эффективности принимаемых решений в этой сфере.

Сложившаяся ситуация предопределяет необходимость проведения исследования в части оценки влияния РИП на социально-экономическое развитие регионов на примере субъектов Дальневосточного федерального округа (ДФО), который является модельной территорией для опережающего социально-экономического развития.

Состояние и проблемы развития инвестиционной сферы Дальневосточного федерального округа

Состояние инвестиционной активности в Дальневосточном федеральном округе в целом сопоставимо с динамикой темпов роста инвестиций во всех федеральных округах РФ, где наблюдается снижение притока инвести-

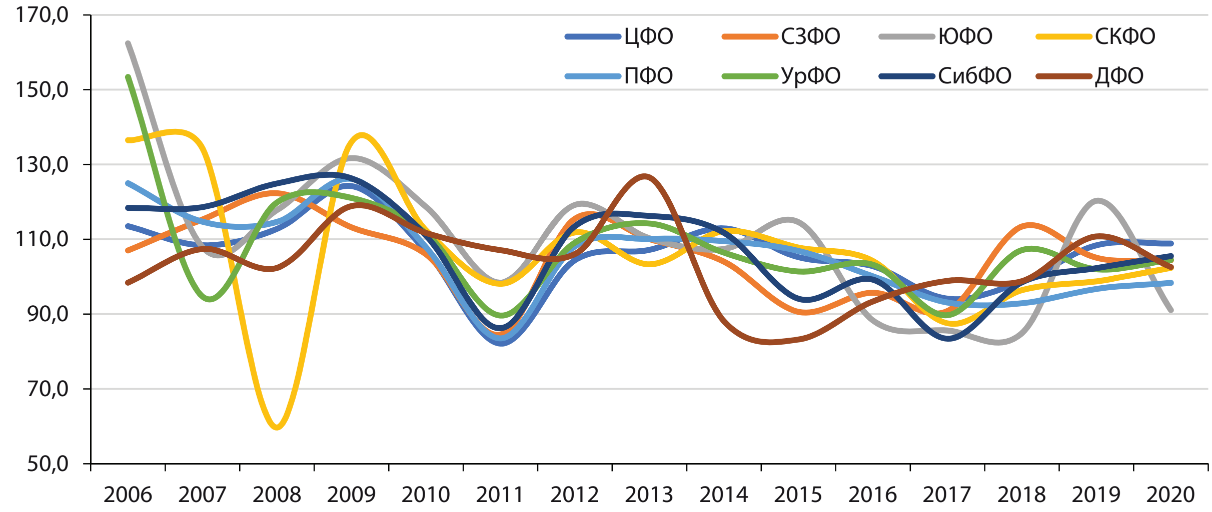


Рис. 1. *Динамика темпов прироста инвестиций в федеральных округах РФ, %*
Fig. 1. *Dynamics of investment growth rates in the federal districts of the Russian Federation, %*

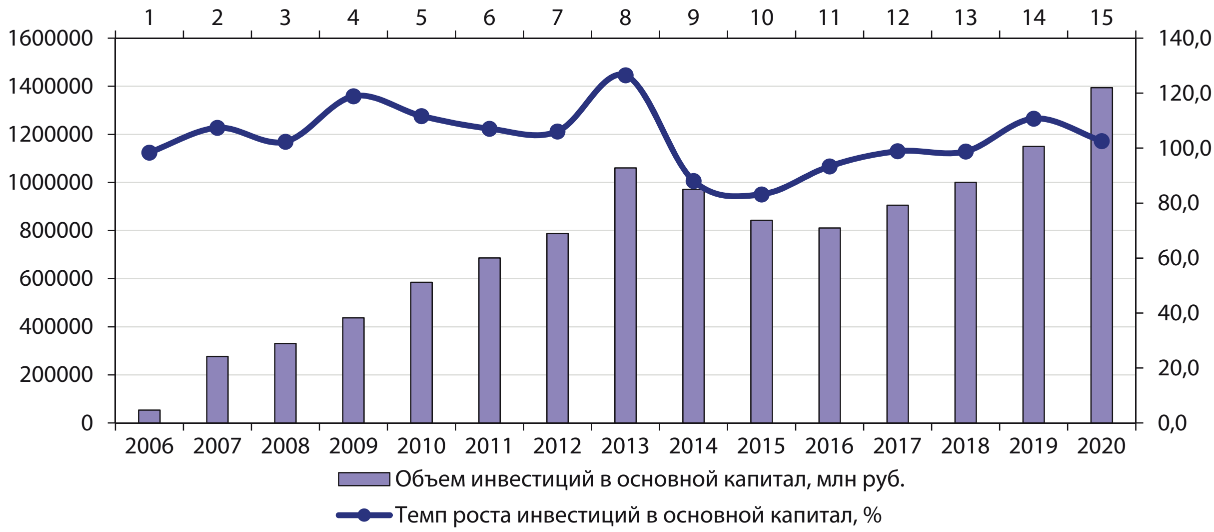


Рис. 2. *Сопоставление динамики объемов и темпов роста инвестиций в Дальневосточном федеральном округе*
Fig. 2. *Comparison of dynamics of investment volumes and growth rates in the Far Eastern Federal District*

ций в период посткризисных процессов в экономике 2010–2011 гг. Дальневосточный федеральный округ как специфичная территория, обладающая значительным количеством особых экономических зон с преференционными условиями для инвесторов, также отреагировал на посткризисные явления в экономике, но гораздо большую просадку данный показатель получил в период 2015–2017 гг., что связано с уходом из регионов ДФО крупных инвесторов (рис. 1, 2).

Начиная с 2014 г. можно проследить устойчивую позитивную динамику темпов роста инвестиций в ДФО, что связано с оживлением инвестиционной активности, в том числе посредством популяризации и освещения крупных инвестиционных проектов в средствах массовой информации.

Распространенным методом анализа количественного влияния корпораций на социально-экономическое развитие территорий по итогам внедрения инвестиционных проектов выступает оценка достигаемых в ходе такой деятельности эффектов (Широв, 2011; Beugelsdijk, 2017):

— экономический (Демченко, 2006; Acemoglu, 2010; Acemoglu, 2016);

— бюджетный (Иванов, 2020; Губарьков, 2020; Панкратова, 2020);

— социальный (Петрова, 2016; Данченко, 2016);

— коммерческий (Beugelsdijk, 2017; Barro, 1991);

— инфраструктурный (Кожевников, 2020; Соколов, 2020).

Наиболее распространенным и ошибочным, на наш взгляд, подходом при ранжировании

Рис. 3. *Рейтинг инвестиционных проектов Дальнего Востока по ожидаемой бюджетной эффективности, млрд руб. (источник: Фонд развития Дальнего Востока. Инвестиционные проекты. URL: https://www.fondvostok.ru/projects/investment_projects/ (дата обращения: 20.08.2021))*

Fig. 3. *Ranking of Far Eastern investment projects in terms of expected budget performance, billion roubles*

инвестиционных проектов в аспекте их эффективности, а следовательно, и дальнейшего формирования позитивного общественного мнения, является построение рейтинга только по одному отдельно взятому показателю.

Сегодня информация о количестве и характеристике инвестиционных проектов Дальневосточного федерального округа содержится на сайте Инвестиционного портала Дальневосточного федерального округа в разделе «Инвестиционная карта Дальневосточного федерального округа»[1] (372 проекта), а также на сайте Фонда развития Дальнего Востока в разделе «Реализуемые проекты» — «инвестиционные проекты»[2], где представлено 13 проектов. Результаты ранжирования некоторых из них по оценке бюджетной и социальной эффективности, которые характеризуются соответственно показателями планируемых налоговых отчислений и создаваемых рабочих мест, представлены на рисунках 3, 4.

Лидером рейтинга как по ожидаемой бюджетной, так и по социальной эффективности для развития региона стал проект «Строительство горно-обогатительного комплекса Инаглинский», который характеризуется максимальными значениями показателей ожидаемых налоговых отчислений (13,2 млрд руб.) и планируемого количества рабочих мест (3000 мест).

[1] Инвестиционная карта Дальневосточного федерального округа. URL: https://map.minvr.ru (дата обращения: 20.08.2021).

[2] Фонд развития Дальнего Востока. Инвестиционные проекты. URL: https://www.fondvostok.ru/projects/investment_projects/ (дата обращения: 20.08.2021).

Аналогичная ситуация наблюдается и с проектом «Создание тепличного комплекса по японским технологиям», занимающим последнее место в как в рейтинге бюджетной, так и социальной эффективности инвестиционных проектов. Показатели данного проекта имеют минимальные значения среди анализируемых объектов: ожидаемые налоговые отчисления 0,3 млрд руб. и плановое создание 60 рабочих мест.

Указанная прямая зависимость между плановым числом рабочих мест и ожидаемыми налоговыми поступлениями, что обнаружено на примере рейтинговых позиций двух рассмотренных выше проектов, позволяет предположить закономерности распределения и других проектов аналогичным образом.

Однако внутри рейтинга данная закономерность нарушается. Так, находящийся на втором месте по бюджетной эффективности проект «Строительство Сахалинской ГРЭС-2 с объектами внеплощадочной инфраструктуры» занимает третье место с конца в рейтинге социальной эффективности. А занимающий предпоследнее место по объемам ожидаемых налоговых поступлений инвестиционный проект «Строительство свиноводческого комплекса в Приморском крае» находится на втором месте после лидера в рейтинге количества планируемых к созданию рабочих мест.

Таким образом, если ранжировать РИП по уровню вклада в социально-экономическое развитие регионов присутствия по какому-то одному показателю, например, по ожидаемым налоговым отчислениям в бюджет, то лидерами рейтинга будут одни проекты, если ран-

Рис. 4. *Рейтинг инвестиционных проектов Дальнего Востока по ожидаемой социальной эффективности, млрд руб. (источник: Фонд развития Дальнего Востока. Инвестиционные проекты. URL: /investment_projects/ (дата обращения: 20.08.2021)) (примечание: *место проекта в рейтинге бюджетной эффективности / **место проекта в рейтинге социальной эффективности)*

Fig. 4. *Ranking of Far Eastern investment projects in terms of expected social performance, billion roubles (note: *project's place in the budget performance ranking / ** project's place in the social performance ranking)*

жировать по количеству планируемых к созданию рабочих мест — другие, если оценивать вклад в создание ВРП — третьи и т. д. Такая ситуация происходит в силу того, что каждый раз критерием ранжирования выступает всего один параметр, который существенно различается у совокупности проектов. При данном подходе выбор какого-то одного показателя и составление на его основании соответствующего рейтинга проектов становится удобным инструментом так называемого политического маркетинга, когда необходимо сформировать позитивное общественное мнение у широкой общественности по поводу определенного инвестиционного проекта, «выставив» его на лидерские позиции.

Следовательно, при таком однокритериальном подходе нельзя оценить совокупное мультипликативное влияние каждого РИП на социальную и экономическую сферу территории, что приводит к искаженному восприятию эффектов от реализации проектов у широкого круга интересующихся лиц.

Методы

С целью получения достоверных количественных оценок влияния РИП на социальную и экономическую сферу регионов присутствия (Калинин, 2015; Управление рисками приоритетных ..., 2020; Баранов, 2018) обнаруживается необходимость привлечения в анализ значительного числа параметров для получения всесторонних оценок (Доронина, 2017; Becker, 2013).

В этой связи широко используют приемы и методы многомерного анализа, в том числе «совокупный интегральный показатель, который агрегирует в одну синтетическую величину весь перечень разноразмерных показателей-характеристик каждого проекта» (Беляевская-Плотник, 2020). Рассчитанный таким образом интегральный показатель отражает обобщенное влияние анализируемых проектов на региональную динамику, а также является основой ранжирования этих проектов.

Для обеспечения объективности и доверия к результатам рейтинга оценочные параметры следует формировать, придерживаясь определенных условий: количественное выражение (оценочные параметры должны быть измеримыми), представительность (оценочные параметры должны быть информативные, характеризующие развитие заданной предметной области), независимость (отсутствие качественных, субъективных характеристик), а также оценочные параметры могут, но не обязаны иметь ретроспективную динамику.

Опираясь на имеющиеся теоретические наработки (Долбня, 2016; Филатов, 2020; Chernev, 2015), а также учитывая представленные выше требования, в целях настоящего исследования будут использованы следующие индикаторы, описывающие эффекты реализации РИП в ДФО (The Economic Appraisal, 2013; Belli, 2001; Хоменко, 2020):

«x_1 — вклад проекта в создание валового регионального продукта (показатель оценки экономического эффекта, оцениваемый планируемой долей приращения ВРП по итогам реализации РИП);

x_2 — вклад проекта в формирование финансовой независимости территории (показатель оценки бюджетного эффекта, оцениваемый планируемым объемом налоговых поступлений);

x_3 — вклад проекта в улучшение уровня жизни населения (показатель оценки социального эффекта, оцениваемый количеством планируемых к созданию рабочих мест);

x_4 — вклад проекта в формирование инвестиционного имиджа территории (показатель публичной активности, оцениваемый частотой упоминания в СМИ за последний год);

x_5 — вклад проекта в формирование и развитие инфраструктуры (показатель оценки инфраструктурного эффекта, оцениваемый стоимостью построенных или планируемых к созданию инфраструктурных объектов)»[1].

На основании соответствия разработанным критериям в дальнейшем исследовании примут участие следующие инвестиционные проекты ДФО: «Интегрированная развлекательная курортная зона „Приморье"» (Приморский край); Комплексное освоение Сугодинско-Огоджинского угольного месторождения в Амурской области; Космодром «Восточный»; Проект по строительству в Приморском крае угольного морского терминала «Порт Вера», проектной мощностью перевалки до 20 млн. тонн угля в год; Проект развития аэропорта Хабаровска; Создание оптово-распределительного агропромышленного парка «АгроХаб» (Хабаровский край); Строительство горно-обогатительного комбината на месторождении Малмыж (Хабаровский край); Строительство горно-обогатительного комплекса Инаглинский (Республика Саха (Якутия)); Строительство Находкинского завода минеральных удобрений (Приморский край); Строительство Сахалинской ГРЭС-2 с объектами внеплощадочной инфраструктуры»[2].

Поскольку отобранные выше оценочные параметры существенно дифференцированы в количественном измерении, получение итогового сводного индекса путем алгебраической суммы значений входных параметров в заданных условиях невозможно. Поэтому для объединения в один индекс различных по единицам измерения параметров целесообразно рассчитать интегральный показатель (Многомерный статистический анализ ..., 1999; Плюта, 1989; Чичканов, 2020). Среди достоинств указанного подхода выступает возможность трансформации разнородных данных в определенные условные единицы с дальнейшим объединением их в соответствующие величины, учитывающие все количественные значения входных параметров. Расчет интегрального показателя предлагается провести в 4 этапа (рис. 5).

Последовательность расчетов в соответствии с приведенной методикой указана ниже.

Подготовительные расчеты стандартизации (нормирования) показателей по формуле (1):

$$z_{ik} = \frac{(k_{ix} - \overline{k_{ix}})}{S_x}, \qquad (1)$$

где Z_{0x} — характеристики эталонного объекта; Z_{ix} — нормированные значения параметра x для объекта i; R — множество характеристик влияния на объект.

Разделение показателей по характеру влияния на объект исследования, формирование эталонного объекта:

S_0, с координатами $z_{01}, z_{02}, \ldots, z_{0n}$,

$$Z_{ox} = {}^{\max}_{\ i} z_{ik}, \text{ если } i \in R,$$

$$Z_{0x} = {}^{\min}_{\ i} z_{ik}, \text{ если } i \notin R,$$

где i — количество проектов, подлежащих анализу; k — показатели, характеризующие каждый из эффектов проекта.

Расчет промежуточных вспомогательных коэффициентов:

$$\overline{k_{ix}} = \frac{1}{m} \sum k_{ix}, \qquad (2)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{m} \sum \left(k_{ix} - \bar{k}_x\right)^2}, \qquad (3)$$

где m — количество проектов; $\bar{k}_x$ — среднее арифметическое значение признака; S_x — стандартное отклонение признака x.

Расчет расстояний между C_{i0} до точки эталона (S_0) и среднего арифметического значения расстояний осуществляется по формулам (4–7):

$$S_o = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} \left(C_{i0} - \bar{C}_0\right)}, \qquad (4)$$

[1] Реализация инвестиционных проектов с мультипликативным эффектом в регионах Дальнего Востока / под общ. ред. член-корр. В. П. Чичканова. URL: http://www.irpr.ru/wp-content/uploads/2019/12/%D0%94%D0%BE%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D0%B4_%D0%B8%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B_%D0%94%D0%92.pdf (дата обращения: 20.08.2021).

[2] Источники: Инвестиционный портал ДФО. URL: https://invest.minvr.ru; Фонд развития Дальнего Востока. URL: https://www.fondvostok.ru/ (дата обращения: 20.08.2021).

Рис. 5. *Алгоритм расчета интегрального показателя влияния РИП на региональное развитие*
Fig. 5. *Algorithm for calculating the integral indicator of the impact of regional investment projects (RIP) on regional development*

$$C_0 = \overline{C}_0 + 2S_0, \tag{5}$$

$$C_{i0} = \sqrt{\sum_s (Z_{is} - Z_{0s})^2}, \; (i = 1, \ldots, m), \tag{6}$$

$$\overline{C_0} = \frac{1}{m}\sum \left(C_{i0}\right). \tag{7}$$

Расчет значений интегральных показателей совокупного мультипликативного влияния инвестиционных проектов на социально-экономическое развитие территорий присутствия (D_i^*), а затем интегральных модифицированных показателей (D_i):

$$D_i^* = \frac{C_{i0}}{C_0}. \tag{8}$$

$$D_i = 1 - D_I^*. \tag{9}$$

На первоначальном этапе целесообразно оценить совокупную региональную эффективность анализируемых РИП ДФО с учетом всех эффектов, которые ожидаются в результате их реализации.

Исходной информацией для расчета являются значения отобранных параметров исследуемых РИП ($x_1 - x_n$), представленных в системе официального статистического наблюдения.

Интегральный показатель отражает совокупную региональную эффективность инвестиционных проектов ДФО посредством оценки вклада результатов (эффектов) их реализации в региональное развитие.

Значения интегрального показателя расположены в диапазоне от 0 до 1, что для целей исследования имеет следующее объяснение: каждый РИП тогда обладает более сильным влиянием на экономическую и социальную сферу территории, когда его значение находится сравнительно ближе к единице. Графическая интерпретация результатов ранжирования инвестиционных проектов ДФО по уровню их региональной эффективности, выраженной в размере интегрального показателя, представлена на рисунке 6.

Представленный рейтинг отражает совокупную региональную эффективность инвестиционных проектов с учетом множества эффектов в результате их реализации. Однако практический интерес представляет оценка совокупного мультипликативного влияния РИП на социально-экономическое развитие территорий их реализации (табл.).

Оценка мультипликативного эффекта будет полной и корректной в случае привлечения в анализ показателей, характеризующих социально-экономическое развитие регионов реализации проектов (Белова, 2020; Horridge, 2008), среди которых, по мнению ряда ученых (Knaap, 2011; Сериков, 2014), следует выделить:

a_1 — ВРП на душу населения, руб.;

a_2 — инвестиции в основной капитал, млн руб.;

a_3 — среднедушевые денежные доходы населения, руб.;

a_4 — уровень безработицы, %;

a_5 — число высокопроизводительных рабочих мест, тыс. ед.

На основании представленной выше методики рассчитан «интегральный показа-

Рис. 6. *Ранжирование инвестиционных проектов ДФО по региональной эффективности*
Fig. 6. *Ranking of Far Eastern investment projects in terms of regional performance*

Таблица

Территории реализации инвестиционных проектов ДФО

Table

Areas for the implementation of investment projects in the Far Eastern

Место в рейтинге	Название инвестиционного проекта	Территория реализации проекта
1	Космодром «Восточный»	Амурская область
2	Комплексное освоение Сугодинско-Огоджинского угольного месторождения в Амурской области	Амурская область
3	Строительство горно-обогатительного комплекса Инаглинский (Республика Саха (Якутия))	Республика Саха (Якутия)
4	Интегрированная развлекательная курортная зона «Приморье» (Приморский край)	Приморский край
5	Строительство Находкинского завода минеральных удобрений (Приморский край)	Приморский край
6	Строительство горно-обогатительного комбината на месторождении Малмыж (Хабаровский край)	Хабаровский край
7	Создание оптово-распределительного агропромышленного парка «АгроХаб» (Хабаровский край)	Хабаровский край
8	Строительство Сахалинской ГРЭС-2 с объектами внеплощадочной инфраструктуры	Сахалинская область
9	Проект по строительству в Приморском крае угольного морского терминала «Порт Вера», проектной мощностью перевалки до 20 млн тонн угля в год	Приморский край
10	Проект развития аэропорта Хабаровска	Хабаровский край

тель уровня социально-экономического развития территорий реализации проекта, после чего построена пространственная матрица оценки совокупного мультипликативного влияния РИП на социально-экономическое развитие регионов присутствия»[1] (рис. 7).

[1] Реализация инвестиционных проектов с мультипликативным эффектом в регионах Дальнего Востока...

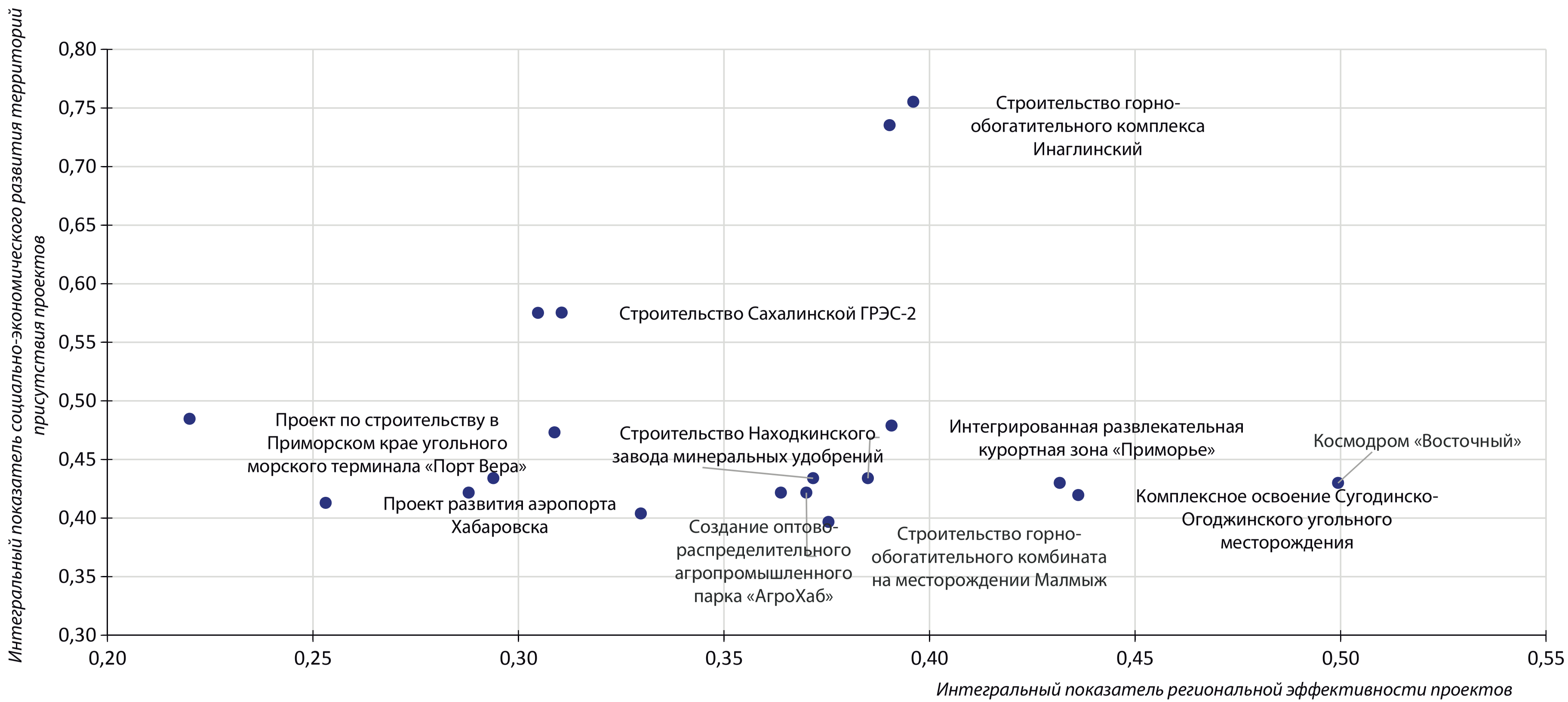


Рис. 7. *Пространственная матрица оценки совокупного мультипликативного влияния РИП на социально-экономическое развитие регионов присутствия*
Fig. 7. *Spatial matrix for assessing the total multiplier effect of RIP on socio-economic development of the regions of operation*

Рис. 8. *Рейтинг инвестиционных проектов по оценке совокупного мультипликативного влияния на социально-экономическое развитие регионов (примечание: *место проекта в рейтинге)*

Fig. 8. *Ranking of investment projects according to the assessment of the total multiplier effect on regional socio-economic development (note: * project's place in the ranking)*

Обобщенный рейтинг РИП, отражающий совокупный вклад проекта в региональное развитие, представлен на рисунке 8.

ТОП-3 обобщенного рейтинга РИП по оценке совокупного вклада проекта в региональное развитие составили:

Строительство горно-обогатительного комплекса Инаглинский (1-е место в рейтинге);

Космодром «Восточный» (2-е место в рейтинге);

Строительство Сахалинской ГРЭС-2 (3-е место в рейтинге).

Прогнозный наибольший экономический эффект, оцененный в данном исследовании ожидаемым приращением ВРП в объеме 252 млрд руб., зафиксирован у лидера рейтинга — РИП по строительству ГОКа «Инаглинский». Следует также отметить и сопряженные с реализацией проекта прочие прогнозные ожидаемые эффекты, например, развитие инфраструктуры по добыче угля (обеспечение бесперебойной работоспособности шахты и обогатительной фабрики).

В процессе реализации РИП по строительству Сахалинской ГРЭС-2 также отмечены прогнозные инфраструктурные эффекты. Вместе с тем, приоритетная цель указанного проекта заключается в обеспечении надежности, безопасности и стабильности функционирования энергетической системы о. Сахалин, который в силу географического положения отделен от единой энергосистемы РФ. Крое того, генерация электроэнергии острова осуществляется в условиях сурового климата, что также является угрозой энергетической безопасности территории.

Выводы

Таким образом, при помощи анализа позиций инвестиционных проектов ДФО в пространстве «региональная эффективность — социально-экономическое развитие региона» (рис. 8). Проведено ранжирование инвестиционных проектов ДФО, определено, что наиболее крупные проекты, имеющие в прогнозной перспективе высокие количественные результаты, разнонаправленно влияют на социально-экономические показатели регионов присутствия.

Показано, что «лидерские позиции указанным проектам помимо высоких значений ожидаемых в ходе их реализации эффектов обеспечивают также решение вопросов высокой значимости не только регионального, но и федерального значения. В таком случае можно говорить, что региональные инвестиционные проекты ДФО являются действенным инструментом решения приоритетных государственных задач с позитивным выраженным влиянием на социально-экономическое развитие территорий. В данном случае речь идет об особом инвестиционном проекте по строительству Космодрома „Восточный“, занимающем второе место в представленном рейтинге»[1].

[1] Реализация инвестиционных проектов с мультипликативным эффектом в регионах Дальнего Востока...

Важнейшая государственная задача, на решение которой направлен данный проект Роскосмоса, — это обеспечение свободного доступа в космос с территории Российской Федерации и проведение независимой космической политики. Выбранная для этих целей Амурская область, которая является не только привлекательным, но и рациональным местом размещения нового космодрома, также получит «соответствующие региональные эффекты от реализации данного проекта, включая создание транспортной, коммунальной и производственной инфраструктуры. Совокупный вклад в развитие инфраструктуры по данному проекту оценивается в 300 млрд руб. Кроме того, очевиден имиджевый эффект для всего Дальневосточного региона посредством увеличения инвестиционной привлекательности в сопутствующие проекты. Среди социальных эффектов проекта по строительству Космодрома «Восточный» особо следует выделить создание новых 4000 рабочих мест, что рассматривается в парадигме формирования кадрового потенциала для обеспечения потребностей развития высокотехнологичных областей промышленности»[1]. Данная мера также направлена на предотвращение переезда высококвалифицированных специалистов из дальневосточных регионов в центральные.

Полученные в ходе исследования выводы обосновали необходимость государственной и региональной поддержки крупных инвестиционных проектов, включая поиск и привлечение дополнительных источников финансирования, формирование системы мероприятий для обеспечения необходимого инвестиционного климата в регионе, развитие кадрового потенциала и создание требуемой инфраструктуры.

[1] Реализация инвестиционных проектов с мультипликативным эффектом в регионах Дальнего Востока...

Список источников

Баранов А. О., *Музыко Е. И.*, *Павлов В. Н.* Оценка эффективности инновационных проектов с использованием опционного и нечетко-множественного подходов. Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2018. 336 с.

Белова М. Т. Мультипликативные эффекты от реализации инвестиционных проектов // Финансовые рынки и банки. Экономика и предпринимательство. 2020. № 31. С. 18-21.

Беляевская-Плотник Л. А. Эволюция методологических подходов к оценке состояния и динамики уровня экономической безопасности // Экономическая безопасность. 2020. Т. 3, № 4. С. 443-456. DOI: 10.18334/ecsec.3.4.110852.

Губарьков С. В., *Тихомирова Е. С.* Современное состояние и перспективы развития инновационной среды в субъектах Дальневосточного федерального округа // Таможенная политика России на Дальнем Востоке. 2020. URL: http://vfrta.customs.ru/vfrta/images/stories/journal_2020-1_06gubarkov.pdf (дата обращения: 02.07.2021)

Данченко Е. С. Оценка социального эффекта при реализации инвестиционных проектов // Вопросы экономики и управления. 2016. № 5.1 (7.1). С. 4-6.

Демченко С. А. Теории экономического роста во взаимосвязи с концепцией мультипликатора // Проблемы современной экономики. 2006. № 2 (17/18). С. 85-89.

Долбня Н. В., *Павлюшкевич Т. В.* Интегральный экономический эффект в комплексной оценке инвестиционных проектов // Общество. Политика, экономика, право. 2016. Вып. 11. С. 40-42.

Доронина Ф. Х. Интегральный подход в комплексной оценке эффективности деятельности предприятия // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте. 2017. № 1 (20). С. 40-47. (1. Экономика и управление).

Иванов П. А. Оценка влияния бизнес-сектора на обеспечение социально-экономического развития территорий на разных стадиях жизненного цикла // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2020. Т. 9, № 3 (32). С. 163-167.

Калинин А. Г. Обработка данных методами математической статистики. Чита : ЗИП СибУПК, 2015. 106 с.

Кожевников М. Ю. Оценка доли инфраструктурных инвестиций в экономике России // Научные труды ИНП РАН. 2020. С. 219-229.

Многомерный статистический анализ в экономике / под ред. В. Н. Тамашевич. Москва : ЮНИТИ, 1999. 598 с.

Панкратова О. А. К вопросу о месте инструментов налогового стимулирования инвестиций в системе государственной поддержки бизнеса // Налоги и налогообложение. 2020. № 3. С. 1-16.

Петрова Ю. А. Оценка общественной эффективности проектов с учетом мультипликативных эффектов // Интернет-журнал Науковедение. 2016. URL: https://naukovedenie.ru/PDF/59EVN216.pdf (дата обращения: 28.06.2021).

Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании. Москва : Финансы и статистика, 1989. 174 с.

Сериков П. Ю., *Корнеева С. В.*, *Петрова Ю. А.* Оценка инвестиционных проектов с точки зрения общественной эффективности с учетом мультипликативных эффектов // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. 2014. № 3 (15). С. 108-115.

Соколов М. С. Теоретико-методологические проблемы оценки эффективности инновационной инфраструктуры // Друкеровский вестник. 2020. № 4. С. 54-60.

Управление рисками приоритетных инвестиционных проектов. Концепция и методология / В. Г. Антонов, В. В. Масленников, Л. Г. Скамай и др. Москва : КноРус, 2020. 192 с.

Филатов А. С. Эффективность системы государственной поддержки региональных инвестиционных проектов на Дальнем Востоке России // Известия ДВФУ. Экономика и управление. 2020. № 2. С. 38-59.

Хоменко В. В. Особенности формирования и реализации региональных инвестиционных проектов в экономическом пространстве макрорегиона // Региональная экономика. Теория и практика. 2020. Т. 8, № 7. С. 1232-1247. DOI: doi.org/10.24891/re.18.7.1232.

Чичканов В. П., *Беляевская-Плотник Л. А.*, *Андреева П. А.* Моделирование оценки влияния отраслевых факторов на уровень социально-экономического развития и экономической безопасности территорий // Экономика региона. 2020. Т. 16, вып. 1. С. 1-13. DOI: doi.org/10.17059/2020-1-1.

Широв А. А., *Янтовский А. А.* Оценка мультипликативных эффектов в экономике: возможности и ограничения // ЭКО. 2011. № 2. С. 45-61.

Acemoglu D., *Dell M.* Productivity differences between and within countries // American Economic Journal: Macroeconomics. 2010. No. 2 (1). P. 169-188. DOI: doi.org/10.1257/mac.2.1.169.

Akcomak I. S., *Webbink D.*, ter *Weel B.* Why did the Netherlands develop so early? The legacy of the brethren of the common life // Economic Journal. 2016. No. 126 (593). P. 821-860. DOI: doi.org/10.1111/ecoj.12193.

Barro R. J., Sala-i-*Martin X.* Convergence across states and regions // Brookings Papers on Economic Activity. 1991. No. (1). P. 107-182. doi: doi.org/10.2307/2534639.

Becker S. O., *Egger P. H.*, von *Ehrlich M.* Absorptive capacity and the growth and investment effects of regional transfers: A regression discontinuity design with heterogeneous treatment effects // American Economic Journal: Economic Policy. 2013. No. 5 (4). P. 29-77. DOI: doi.org/10.1257/pol.5.4.29.

Beugelsdijk S., *Klasing M. J.*, *Milionis P.* Regional economic development in Europe: the role of total factor productivity // Regional studies. 2017. URL: http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00343404.2017.1334118 (accessed: 02.07.2021).

Chernev A., *Blair S.* Doing well by doing good: the benevolent halo of corporate social responsibility // Journal of Consumer Research. 2015. Vol. 41, iss. 6. P. 1412-1425. DOI: doi.org/10.1086/680089.

Economic Analysis of Investment Operations. Analytical Tools and Practical Applications / P. Belli, J. Anderson, H. Barnum, et al. Washington, D. C. : World Bank Institute, 2001. 92 p.

Horridge M., *Wittwer G.* SinoTERM, a multi-regional CGE model of China // China economic review. 2008. Vol. 19. P. 628-634.

Knaap T., *Oosterhaven J.* Measuring the welfare effects of infrastructure: A simple spatial equilibrium evaluation of Dutch railway proposals // Research in Transportation Economics. 2011. Vol. 31 (1). P. 19-28.

The Economic Appraisal of Investment Projects at the EIB. European Investment Bank, 2013. 312 p.

References

Acemoglu, D. & Dell, M. (2010). Productivity differences between and within countries. *American Economic Journal: Macroeconomics, 2(1),* 169-188. DOI: 10.1257/mac.2.1.169

Akcomak, I. S., Webbink, D. & ter Weel, B. (2016). Why did the Netherlands develop so early? The legacy of the brethren of the common life. *Economic Journal, 126(593),* 821-860. DOI: 10.1111/ecoj.12193.

Antonov, V. G., Maslennikov, V. V. & Skamay, L. G. (2020). *Upravlenie riskami prioritetnykh investitsionnykh proektov. Kontseptsiya i metodologiya [Risk management of priority investment projects. Concept and methodology: monograph].* Moscow: KnoRus, 192. (In Russ.)

Baranov, A. O., Muzyko, E. I. & Pavlov, V. N. (2018). *Otsenka effektivnosti innovatsionnykh proektov s ispolzovaniem optsionnogo i nechetko-mnozhestvennogo podkhodov [Evaluation of the effectiveness of innovative projects using real options and fuzzy-sets approaches].* Novosibirsk: Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 336. (In Russ.)

Barro, R. J. & Sala-i-Martin, X. (1991). Convergence across states and regions. *Brookings Papers on Economic Activity, 1,* 107-182. DOI: 10.2307/2534639.

Becker, S. O., Egger, P. H. & von Ehrlich, M. (2013). Absorptive capacity and the growth and investment effects of regional transfers: A regression discontinuity design with heterogeneous treatment effects. *American Economic Journal: Economic Policy, 5(4),* 29-77. DOI: 10.1257/pol.5.4.29.

Belli, P., Anderson, J., Barnum, H., Dixon, J. & Tan, J.-P. (2001). *Economic Analysis of Investment Operations. Analytical Tools and Practical Applications.* Washington, D.C.: World Bank Institute, 292.

Belova, M. T. (2020). Multiplicative effects of infrastructure projects implementation. *Finansovye rynki i banki [Financial markets and banks], 31,* 18-21. (In Russ.)

Belyaevskaya-Plotnik, L. A. (2020). Evolution of methodological approaches to assessment of the state and dynamics of the economic security level. *Ekonomicheskaya bezopasnost [Economic security], 3(4),* 443-456. DOI: 10.18334/ecsec.3.4.110852 (In Russ.)

Beugelsdijk, S., Klasing, M. J. & Milionis, P. (2017). Regional economic development in Europe: the role of total factor productivity. *Regional studies*. Retrieved from: http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0034 3404.2017.13341 18 (Date of access: 02.07.2021)

Chernev, A. & Blair, S. (2015). Doing well by doing good: the benevolent halo of corporate social responsibility. *Journal of Consumer Research, 41(6),* 1412-1425. DOI: doi.org/10.1086/680089.

Chichkanov, V. P., Belyaevskaya-Plotnik, L. A. & Andreeva, P. A. (2020). Modelling the Assessment of the Impact of Industry Factors on the Level of the Territories' Socio-Economic Development and Economic Security. *Ekonomika regiona [Economy of region], 16(1),* 1-13. (In Russ.)

Danchenko, E. S. (2016). Assessment of the social effect in the implementation of investment projects. *Voprosy ekonomiki i upravleniya [Issues of Economics and Management], 5.1(7.1),* 4-6. (In Russ.)

Demchenko, S. A. (2006). The theory of economic growth in connection with the concept of the multiplier. *Problemy sovremennoy ekonomiki [Problems of modern economics], 2,* 85-89. (In Russ.)

Dolbnya, N. V. & Pavlyushkevich, T. V. (2016). Integral economic impact in the complex estimation of investment projects. *Obshchestvo: politika, ekonomika, pravo [Society: politics, economics, law], 11,* 40-42. (In Russ.)

Doronina, F. Kh. (2017). The integrated approach to a comprehensive assessment of the effectiveness of the company. *Vestnik Moskovskogo universiteta imeni S. Yu. Vitte Seriya 1: Ekonomika i upravlenie [Moscow Witte University Bulletin. Series 1: Economics and Management], 1(20),* 40-47. (In Russ.)

European Investment Bank. (2013). *The Economic Appraisal of Investment Projects at the EIB*. EIB, 312.

Filatov, A. S. (2020). The Effectiveness of the State Support System for Regional Investment Projects in the Russian Far East. *Izvestiya DVFU. Ekonomika i upravleniye [The bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management], 2,* 38-59. (In Russ.)

Gubarkov, S. V. & Tikhomirova, E. S. (2020). The Current Situation and Prospects for the Development of the Innovation Environment in the Subjects of the Far Eastern Federal District. *Tamozhennaya politika Rossii na Dalnem Vostoke [Customs policy of Russia in the Far East]*. Retrieved from: http://vfrta.customs.ru/vfrta/images/ stories/ journal_ 2020-1_06gubarkov.pdf (Date of access: 02.07.2021) (In Russ.)

Horridge, M. & Wittwer, G. (2008). SinoTERM, a multi-regional CGE model of China. *China economic review, 19,* 628-634.

Ivanov, P. A. (2020). Assessment of the influence of the business sector on provision of social and economic development of territories at different stages of the life cycle. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie [Azimuth of Scientific Research: Economics and Administration], 9(3),* 163-167. (In Russ.)

Kalinin, A. G. (2015). *Obrabotka dannykh metodami matematicheskoy statistiki: monografiya [Data processing by methods of mathematical statistics: monograph]*. Chita: ZIP SibUPK, 106. (In Russ.)

Khomenko, V. V. (2020). Formation and implementation of regional investment projects in the economic space of the macro-region: some particularities. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika [Regional economics: theory and practice], 18(7),* 1232-1247. DOI: 10.24891 / re.18.7.1232 (In Russ.)

Knaap, T. & Oosterhaven, J. (2011). Measuring the welfare effects of infrastructure: A simple spatial equilibrium evaluation of Dutch railway proposals. *Research in Transportation Economics, 31(1),* 19-28.

Kozhevnikov, M. Yu. (2020). Estimation of infrastructure investments share in the Russian economy. *Nauchnye trudy INP RAN [Scientific works: Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences],* 219-229. (In Russ.)

Pankratova, O. A. (2020). To the question on the role of instruments of tax incentives for investments within the system of government support of business. *Nalogi i nalogooblozhenie [Taxes and Taxation], 3,* 1-16. (In Russ.)

Petrova, Yu. A. (2016). Evolution of public efficiency of investment projects in reliance on multiplicative effects. *Internet-zhurnal «Naukovedenie» [Internet journal «Naukovedenie»]*. Retrieved from: http://naukovedenie.ru/PDF/59EVN216.pdf (Date of access: 28.06.2021). (In Russ.)

Plyuta, V. (1989). *Sravnitelnyy mnogomernyy analiz v ekonometricheskom modelirovanii [Comparative multivariate analysis in econometric modeling]*. Moscow: Finance and Statistics, 174. (In Russ.)

Serikov, P. Yu., Korneeva, S. V. & Petrova, Yu. A. (2014). Evaluation of investment projects from the point of view of public efficiency in relience on multiplicative effects. *Nauka i tekhnologii truboprovodnogo transporta nefti i nefteproduktov [Science & Technologies: Oil and Oil Products Pipeline Transportation], 3(15),* 108-115. (In Russ.)

Shirov, A. A. & Yantovsky, A. A. (2011). Estimation of multiplicative effects in the economy. Possibilities and limitations. *EKO [ECO], 6,* 45-61. (In Russ.)

Sokolov, M. S. (2020). Theoretical and methodological problems of evaluating the effectiveness of innovation infrastructure. *Drukerovskiy Vestnik, 4,* 54-60. (In Russ.)

Tamashevich, V. N. (1999). *Mnogomernyy statisticheskiy analiz v ekonomike [Multivariate statistical analysis in economics]*. Moscow: UNITI, 598. (In Russ.)

Информация об авторах

Чичканов Валерий Петрович — член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор, советник президента, Российская академия наук; ведущий научный сотрудник, Институт экономики УрО РАН; Scopus Author ID: 57190411321, https://orcid.org/0000-0002-3586-7486 (Российская Федерация, 119991, г. Москва, Ленинский пр-т, 14; 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; e-mail: vpchichkanov@yandex.ru).

Беляевская-Плотник Любовь Александровна — кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник Центра инновационной экономики и промышленной политики, Институт экономики РАН; Scopus Author ID: 57191618262, https://orcid.org/0000-0003-4962-4095 (Российская Федерация, 117218, г. Москва, Нахимовский пр., 32; e-mail: belyaevskaya@inbox.ru).

About the authors

Valeriy P. Chichkanov — Corresponding Member of RAS, Dr. Sci. (Econ.), Professor, Counselor to the President, Russian Academy of Sciences; Leading Research Associate, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; Scopus Author ID: 57190411321, https://orcid.org/0000-0002-3586-7486 (14, Leninskiy Ave., Moscow, 119991; 29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: vpchichkanov@yandex.ru).

Lyubov A. Belyaevskaya-Plotnik — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Senior Research Associate, Center for Innovation Economics and Industrial Policy, Institute of Economics of RAS; Scopus Author ID: 57191618262; https://orcid.org/0000-0003-4962-4095 (32, Nakhimovskiy Ave., Moscow, 117218, Russian Federation; e-mail: belyaevskaya@inbox.ru).

Дата поступления рукописи: 09.08.2021.
Прошла рецензирование: 09.11.2021.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 09 Aug 2021.
Reviewed: 09 Nov 2021.
Accepted: 07 Apr 2022.

RESEARCH ARTICLE
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-6
UDC 336.761

Kazi Sohag [a)], *Shaiara Husain* [b)], *Kristina Chukavina* [c)], *Md Al Mamun* [d)]
[a, c)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation
[b)] University of Western Australia, Crawley, Australia
[d)] La Trobe University, Bundoora, Australia
[a)] https://orcid.org/0000-0002-0976-2357; e-mail: ksokhag@urfu.ru
[b)] https://orcid.org/0000-0002-7228-3869
[c)] https://orcid.org/0000-0002-0189-2923
[d)] https://orcid.org/0000-0002-6540-9195

Policy Uncertainty, Oil Price, Stock Market and Precious Metal Markets Volatility Spillovers in the Russian Economy[1]

The Russian economy is emerging, meaning that natural resources play a dominant role in economic development. Given the considerable volatility in resource prices, we investigate the volatility spillovers among policy uncertainty, international oil prices, exchange rate, stock index and metal prices covering the period of 2 July 2008 to 15 May 2020 for the Russian economy applying Dynamic Connectedness based on Time-Varying Parameter Vector Autoregression (TVP-VAR). Our empirical investigation demonstrates that gold price, Russian policy uncertainty, oil price and stock index are net volatility contributors, whereas palladium, platinum, silver and exchange rate are net volatilities receivers. Market capitalisation and silver market are found to be the highest net contributor and net receiver, respectively. The palladium appears as a net volatility receiver initially, just after the global financial crisis. The Russian economic policy uncertainty appears to be the dominant volatility contributor from 2008 to 2014, but onward it turned to be a net volatility receiver. Over the year 2014, gold price was the prominent volatility contributor to another market when the oil price dropped significantly. The total connectivity of the markets are highly anchored with several exogenous shocks, including economic sanction, adoption of floating exchange rate, oil price plunge. Our empirical findings provide several policy implications to portfolio managers and Russian regional stakeholders.

Keywords: volatility spillovers, TVP-VAR, policy uncertainty, oil price, exchange rate, metal price, gold price, stock index, silver price, Russian Federation

Acknowledgements

The article has been prepared with the support of the grant of RFBR and INSF, code: 20-510-56021 "Modeling the future of Oil Demand and Fiscal Sustainability: Evidence from Iran and Russia".

For citation: Sohag, K., Husain, S., Chukavina, K. & Al Mamun, Md. (2022). Policy Uncertainty, Oil Price, Stock Market and Precious Metal Markets Volatility Spillovers in the Russian Economy. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 383-397, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-6.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

К. Сохаг [а], Ш. Хусейн [б], К. Чукавина [в], Мд Аль Мамун [г]
[а, в] Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация
[б] Университет Западной Австралии, Кроули, Австралия
[г] Университет Ла Троба, Бандура, Австралия
[а] https://orcid.org/0000-0002-0976-2357; e-mail: ksokhag@urfu.ru
[б] https://orcid.org/0000-0002-7228-3869
[в] https://orcid.org/0000-0002-0189-2923
[г] https://orcid.org/0000-0002-6540-9195

Влияние эффектов перетекания волатильности на политическую неопределенность, цены на нефть, биржу и рынки драгоценных металлов в российской экономике

Российская экономика — это развивающаяся экономика, природные ресурсы играют доминирующую роль в экономическом развитии страны. Следовательно, на национальную экономику влияет значительная волатильность цен на ресурсы. В статье исследуется влияние эффектов перетекания волатильности на политическую неопределенность, мировые цены на нефть, обменный курс, фондовые индексы и цены на металлы в российской экономике за период со 2 июля 2008 г. по 15 мая 2020 г. Для анализа использована модель векторной авторегрессии с изменяющимися во времени параметрами (TVP-VAR). Проведенное эмпирическое исследование показывает, что цена на золото, политическая неопределенность, цена на нефть и фондовый индекс являются источниками волатильности. В то же время, волатильность влияет на такие факторы, как палладий, платина, серебро и обменный курс рубля. Рыночная капитализация является чистым донором, рынок серебра — чистым получателем. Палладий стал источником чистой волатильности после мирового финансового кризиса. Неопределенность российской экономической политики была основным источником волатильности с 2008 по 2014 гг., однако впоследствии волатильность других факторов оказывала на нее большее влияние. В 2014 г., когда цена на нефть значительно снизилась, цена на золото была основным источником волатильности для других рынков. Полная связанность рынков в значительной степени зависит от ряда экзогенных потрясений, таких как экономические санкции, введение режима плавающего обменного курса, падение цен на нефть. Исходя из представленного анализа, сформулировано несколько рекомендаций для портфельных инвесторов и стейкхолдеров в российских регионах.

Ключевые слова: эффекты перетекания волатильности, TVP-VAR, политическая неопределенность, цена на нефть, обменный курс, цена на металлы, цена на золото, фондовый индекс, цена на серебро, Российская Федерация

Благодарность

Данная статья написана при поддержке гранта РФФИ и INSF «Моделирование взаимозависимости спроса на нефть и фискальной устойчивости на примере рынков России и Ирана» (проект № 20-510-56021).

Для цитирования: Сохаг К., Хусейн Ш., Чукавина К., Аль Мамун Мд. Влияние эффектов перетекания волатильности на политическую неопределенность, цены на нефть, биржу и рынки драгоценных металлов в российской экономике // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 383-397. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-6.

1. Introduction

The Russian economy is emerging where natural resources play a dominant role in economic development (Malle, 2013). The economy is also considered to be endowed with various mineral resources such as oil, natural gas, gold, silver, platinum and palladium. Russia preserves six percent of the world deposit of oil and three percent of global gas deposits[1]. The Russian economy has experienced a steady increment in the corporate income tax earned as the profit share of all the extractive companies ranging from 18.6 % to 22.7 % in response to increasing oil prices over 2005–2013 (Sabitiva, Shavaleyeva, 2015). In addition, Sohag, Gainetdinova and Mariev (2021) documented that an increase in oil price appreciates the Russian rouble. Accordingly, these precious metal resources' price volatilities have significant consequences on fiscal sustainability, eventually affecting Russia's economic growth. Besides, Russia faces economic sanctions, including in oil exploration and production equipment paralysing international oil revenue. The sanctions have resulted in large scale capital outflows leading to the

[1] The Mineral Industry of Russia on the Mineral Resources Program portion of the USGS website. Retrieved from: https://www.usgs.gov/energy-and-minerals/mineral-resources-program.

collapse of the RUR exchange rate in recent times. In this paper, however, we focus on whether economic policy uncertainty partly explains the nature of price volatilities in the precious metals market, stock market and the exchange rate market. With this background, we attempt to analyse the impact of policy uncertainty on explaining the price dynamics in precious metals markets, stock market and exchange rate market in the context of Russia.

In general, the literature demonstrates a keen interest in assessing the impact of policy uncertainty on various markets in the post-financial crisis period (Antonakakis, Chatziantoniou, Filis, 2013). Specifically, economic policy response changes following the unanticipated oil price shocks. The interplay between the oil price shocks and policy uncertainty influences the financial market by altering expected cash flows and discount rates. The increment in the price of inputs and a substantial reduction in the production process cause inflation and a decline in the investors' expectations regarding the stock market, contributing to the nexus between oil price, policy uncertainty, and financial market (Hamilton, 1996; Sadorsky, 1999). The change in expected discounted cash flows regulates asset price suggested by the economic theories (Williams, 1938; Fisher, 1930; Filis, Degiannakis, Floros, 2011). The firm-level uncertainty regarding investment return is responsible for cyclical fluctuations in aggerate investment in the economy (Elder, Seletis 2010). The firm-level uncertainty affects the investment in oil and other precious metals as these investments are contained in most individual and institutional investors' portfolios (Sari et al. 2010).

The ongoing economic sanctions on Russia have depressed the private sector, resulting in a decline in gross capital formation. This has squeezed down access to global financial markets, thereby reducing capital inflows. The high dependence of a major oil-importing country like Russia on oil revenue makes it even more vulnerable to the extent that it affects financial market by bringing large changes in cash flows in response to even insignificant changes in oil prices and exchange rates (Dabrowski, 2019; Huang et al., 2017). Economic policy uncertainty arises as the Russian government has lost a significant portion of its revenue due to economic sanctions, therefore unable to provide due financial support to the private sector.

We study the volatility transmission mechanism among the oil, gold, silver, palladium, platinum, policy uncertainty, exchange rate and market capitalisation in the context of Russia. Following the literature where spillover impacts have been mostly studied applying different specifications of VAR, we apply a Time-Varying Parameter Vector Autoregression (TVP-VAR) approach to analyse the data span over the period from 2 July 2008 to 15 May 2020. We demonstrate the appropriateness of our methodology by arguing that the TVP-VAR is an upgraded version of VAR which is insensitive to outliers, helps prevent losing observations and is independent of the size of the rolling window (Antonakakis, Chatziantoniou, Gabauer, 2020).

Our analysis highlights that gold price, Russian policy uncertainty, oil price and stock index are net volatility contributors. Since oil is the chief export commodity of Russia, any volatilities in the oil prices contribute to policy uncertainty and market capitalisation by changing the expected cash flows, which also determines the prices of other valuable assets. Mainly gold price co-moves in the same direction with policy uncertainty, oil prices and market capitalisation because the increasing use of gold as an investment asset to combat inflationary pressure and inflationary expectations is a common trend. Any fluctuation in oil prices will tend to influence Russian policy uncertainty, the gold market and market capitalisation in the same direction. These findings are in line with the current literature findings where stock prices have been shown to share a positive relationship with gold prices (Mensi et al., 2014) and oil prices have been shown to be associated with higher stock indices for BRICS countries (Ono, 2011). However, palladium, platinum, silver and exchange rates are found to be net receivers. The exchange rate becomes net receiver as it absorbs any volatility in oil prices since oil prices are denominated in the dollar exchange rate. Market capitalisation and silver market are found to be the highest net contributor and net receiver, respectively.

Anecdotally, there are instances of recent harmonisation among oil prices, metal prices and exchange rate in the context of Russia. However, literature acknowledges that the variation in exchange rates has spillover impacts on global crude oil market and domestic stock returns as well (Sari, Hammoudeh, Soytas, 2010; Bouoiyour et al., 2015; Gavin, 1989; Reboredo, Rivera-Castro, Ugolini, 2016). Among other precious metals, increasing gold use as an investment asset to combat inflationary pressure and inflationary expectations is a common trend. Moreover, the more significant industrial usage of precious metal cousins, including platinum and palladium, is another crucial reason for substituting these metals, leading to coherence among their prices. Individual and institutional investors' portfolios contain both oil and precious metals priced in US dollars; therefore, the dollar exchange rate contributes to both oil and precious metals (Sari, Hammoudeh, Soytas, 2010).

Furthermore, the impact of oil price changes on stock prices has been assessed due to the increment in financial integration among the countries where oil prices volatility has been shown to propagate the stock market through their influence on expected dividends and cashflows (Jones, Kaul, 1996; El-Sharif et al., 2005). On the contrary, some other studies denote an inverse relationship between stock prices and oil and gas prices for US. and Australia (Huang et al., 1996; Sadorsky, 1999) and Australia (Faff, Brailsford, 1999). However, these researches have been carried out for Canada, Greece, US, UK and the Australian economy. Hence, the interconnections among oil price changes, precious metal prices, policy uncertainty, stock prices, and the exchange rate have been overlooked in the context of Russian economy. Analysing the nexus between these can help contribute to policy formulation and investment strategies for oil-exporting countries like Russia.

Quantifying the impact of uncertainty shocks on macroeconomic activity has been a common research area in recent literature, predominantly using different specifications of VAR approaches (Bloom, 2009; Baker, Bloom, Davis, 2014; Caggiano, Castelnuovo, Figueres, 2013). A substantial amount of literature analyses the spillover impact of US macroeconomic shocks on the business cycle and financial markets at a global context (Kim, 2001; Favero, Giavazzi, 2008). There has also been a comparative discussion between US uncertainty shock and area-specific uncertainty shock by estimating the impact of uncertainty shock on European aggregates (Colombo, 2013). Russia, one of the BRICS economies, is particularly vulnerable to global economic factors as it is a significant recipient of global investment flows and one of the principal consumers of commodities (Mensi et al., 2014). Thence, the impact of policy uncertainty on the Russian economy, which has not been addressed in the literature, is worth studying. The Russian economy has importance in terms of the abundance of its natural resources, and as a result, it is a principal recipient of global investment flows. Russia's policy uncertainty is also of paramount importance due to the reasons mentioned earlier and its promising economic growth. Hence, no previous literature assessed the volatility transmission among the oil prices, exchange rate, political uncertainty, market capitalisation and other precious metals, including gold, silver, palladium, platinum for Russia. We, therefore, claim that our research questions are unprecedented in the literature.

2. Review of Literature

Examination of the connectedness among economic policy uncertainty, precious metal prices, oil prices and macroeconomic indicators (the exchange rate and market capitalisation) is of interest for academics, investors, portfolio managers and policymakers (Yang, 2019). The subject is more critical for an economy like Russian, where hydrocarbon and precious metal revenues play an essential role in the fiscal stance, and, eventually the whole economy.

There exists an extensive group of studies investigating effects of economic policy uncertainty on economic recessions and recoveries, real economic activity and asset pricing models (Baker, Bloom, Davis, 2016; Bloom, 2009; Bloom, 2014; Brogaard, Detzel ,2015), as well as uncertainty spillovers across various countries (Antonakakis, Chatziantoniou, Filis, 2014; Bhattarai, Chatterjee, Park, 2019; Caggiano, Castelnuovo, Figueres, 2020; Colombo, 2013; Klößner, Sekkel, 2014). In this section, we are focusing on the group of studies on volatility spillovers and dynamic connectedness of financial and commodity markets, with the special attention on economic policy uncertainty issues. In terms of methodology, most volatility spillover studies in financial and commodity markets rely on various modifications of generalised autoregressive conditional heteroskedasticity (GARCH) type models, i. e. Vector Autoregressive GARCH, Exponential GARCH, Fractionally Integrated GARCH, Univariate, Bivariate and Multivariate GARCH, Dynamic Conditional Correlation GARCH, etc. (Kang, Ratti, Vespignani, 2017; Basher, Sadorsky, 2016; Mensi et al., 2014; Creti, Joëts, Mignon, 2013; Arouri, Jouini, Nguyen, 2012). Some studies implement D.Y. approach (Diebold and Yilmaz, 2014) considering time and frequency domain (Husain et al., 2019; Baruník, Křehlík, 2017). For instance, Baruník, Kočenda and Vácha (2016b), Mensi et al., (2013), Creti, Joëts and Mignon (2013) and Choi and Hammoudeh, (2010), among others, examine interrelations between commodity and stock markets in a time-varying perspective and find linkages between these assets with increased volatility over time. Gold and silver transmit information to other commodity futures markets (WTI, corn, wheat, and rice) (Kang, McIver, Yoon, 2017), while real oil prices have positive impact on gold (Tiwari, Sahadudheen, 2015). Finally, palladium, gold and platinum are strong contributors to the volatility spillover among crude oil, stock market and other precious metals indices, and crude oil, titanium, steel and silver are net receivers (Husain et al., 2019). Overall, existing research on the relations between commodity and stock markets is limited to the effort of uncovering volatility spillover effects and market co-movements under both time and frequency domain (Ji et al., 2018; Khalfaoui, Boutahar, Boubaker, 2015; Mensi et al. 2013; Arouri, Jouini, Nguyen, 2011; Arouri, Jouini, Nguyen, 2012).

In comparison to the strand of research revealing oil price shock's impact on stock markets or equity markets with the use of GARCH type models, only several studies focused on its impact on metal prices, interest rates and exchange rates with the use of D.Y. extensions (Guhathakurta Dash, Maitra, 2020; Awartani, Aktham, Cherif, 2016; Yang, Zhou 2017; Mandaci, Cagli, Taşkın, 2020). Moreover, prior studies on the interrelations between oil, precious metals and stock market indicators mainly focused on developed economies, with few exceptions (Bouri et al., 2017; Ghosh, Kanjilal, 2016; Raza, et al., 2016; Jain, Biswal, 2016; Sadorsky, 2014).

Considering an aspect of economic policy uncertainty, the existing group of studies does not investigate in details the nature of connectedness between policy uncertainty and oil price shocks. There are only a few recent studies in this context. Focusing on the US market, Yang (2019) postulates that, regarding economic policy uncertainty, the crude oil price is information receiver and that US economic policy uncertainty reflects tremendous significance in the long run. Focusing on dynamic connectedness and spillover effects in oil-importing countries, Wang and Lee (2020) reveal robust results on the impact of fiscal policy uncertainty, exchange rate policy uncertainty, monetary policy uncertainty, and trade policy uncertainty on crude oil returns. Dynamic connectedness between three identified structural oil price shocks and gold price in the presence of economic uncertainty is considered in the study (Mokni et al., 2020); one of the main findings is that economic policy uncertainty has a significant impact on the dynamic connectedness. In addition to the scarcity of existing research regarding dynamic connectedness and policy uncertainty, to the best of our knowledge, there exists no other study in this context of Russian economy applying TVP-VAR model extension of the Diebold and Yilmaz (2014) technique. Our study's primary goal is to fill this gap in the literature by using novel data.

Russia is an important member of BRICS, a major global economic block. It is an important member of oil-exporting countries as one of the biggest energy supplier in Europe (Fang, You, 2014; Filis, Chatziantoniou, 2014; Malik & Umar, 2019). In contrast to extensive international evidence, current literature considering Russian evidence on energy market — stock market nexus is somewhat limited. For example, Fang and You (2014) found that only supply-side oil price shocks have a significant positive effect on the Russian stock market. Huang et al., (2017) showed oil price and exchange rate volatilities across time influence the Russian stock market. Bouoiyour et al. (2015) demonstrated the bidirectional long-run relationship between oil price and real exchange rate, whereas the direct impact of the oil price on the real exchange rate is conditional to various macroeconomic control variables. Overall, there is no evidence of the dynamic linkage among policy uncertainty, stock market, oil price and precious metal markets volatilities spillover in Russian settings.

3. Data and Methodology

3.1. Data and Preliminary Analysis

We utilise the daily data from 2 July 2008 to 15 May 2020 in our empirical setup. Table 1 describes our variables, definition and sources.

The balanced availability of all series determines our sample period. The primarily concerned variable is Russian economic policy uncertainty, which is constructed based on the key economic policy terms in the newspaper articles. We consider market capitalisation, which is the sum of the product of share price times the number of shares outstanding for all listed domestic companies. Anecdotal evidence shows that the stock market is susceptible to policy uncertainty. Since Russia is highly dependent on hydrocarbon exports, we take international oil price, which explains the country's foreign currency reserve, and exchange rate. Exchange rate volatility, which is relatively high in Russia, is sensitive to Russian economic policy, trade and international relations. Due to its plausible role, this study includes daily exchange rate (Rouble/1USD). Figure 1 shows rouble devalued sharply in the mid of 2014 and onward due to imposition of economic sanction. Concurrently, the international price plunged due to thriving US shale oil production and gaining efficiency. Russia is a top-3 country in terms of producing minerals including gold, platinum and palladium and silver. We consider the daily price of gold, platinum and palladium and silver in our price volatility spillover framework. Figure 1 shows that prices of precious metals are soaring overtime, contrary to the

Table 1

Data, definition and sources

Variable	Definition	Source
Policy uncertainty index (PUI)	To measure policy-related economic uncertainty for Russia, we construct an index based on frequency counts of newspaper articles	http://www.policyuncertainty.com/index.html
Market capitalisation (LMC)	The sum of the product of share price times the number of shares outstanding for all listed domestic companies	Bank of Russia https://www.cbr.ru/eng/hd_base/
Oil Price (Oil)	Spot crude oil price in dollars per barrel	Energy Information Administration https://www.eia.gov/
Official exchange rate (EXR)	Average weighted rate (Rouble/US dollar)	Bank of Russia https://www.cbr.ru/eng/hd_base/
Gold Price (Gold)	Reference prices for refined gold per gram	Bank of Russia https://www.cbr.ru/eng/hd_base/
Silver Price (Silver)	Reference prices for refined silver per gram	Bank Russia https://www.cbr.ru/eng/hd_base/
Platinum Price (Platinum)	Reference prices for refined platinum per gram	Bank of Russia https://www.cbr.ru/eng/hd_base/
Palladium price (Palladium)	Reference prices for refined Palladium per gram	Bank of Russia https://www.cbr.ru/eng/hd_base/

oil price, which is partially helping to lower the oil price induced fiscal pressure.

3.2. Econometric Approach

This study applies dynamic connectedness under time-varying parameter vector autoregression (TVP-VAR) approach proposed by Antonakakis and Gabauer (2017) which is an updated version of dynamic connectedness or spillover impact proposed by Diebold and Yılmaz (Diebold and Yılmaz, 2009; Diebold and Yılmaz, 2012; Diebold and Yılmaz, 2014). The current framework includes a changing variance via a stochastic volatility Kalman Filter estimation, along with forgetting factors developed by Koop and Korobilis (2014). Therefore, this approach can overcome the biases that a standard technique often encounters due to arbitrarily selection of rolling window size. It is argued that an arbitrary selection of rolling window size leads an inconsistent parameter and reduces valuable observations. Dynamic connectedness under time-varying parameter vector autoregression (TVP-VAR) approach is also robust in the case of a less frequent and short span of time-series data.

TVP-VAR approach can be exhibited as follows

$$Y_t = \beta_t Y_{t-1} + e_t \; e_t \mid F_{t-1} \sim N(0, S_t), \quad (1)$$

$$\beta_t = \beta_{t-1} + \nu_t \; \nu_t \mid F_{t-1} \sim N(0, R_t), \quad (2)$$

where Y_t indicates a column matrix ($N \times 1$) conditional volatility vector, Y_{t-1} is the lagged conditional vector of Y_t following $N_p \times 1$ order or matrix. β_t is the time-varying coefficient matrix following the $N \times N_p$ dimension. e_t is the vector of error terms following $N \times 1$ dimension along with $N \times N$ time-varying covariance matrix S_t. The vector of the coefficient matrix β_t relies on their respective values β_{t-1} following $N \times N_p$ dimensional residual matrix along with an $N_p \times N_p$ variance-covariance matrix. This approach subsequently measures the generalised connectedness following Diebold and Yilmaz (2014) considering time-varying parameters and error covariances. This framework eventually allows to estimate volatility spillover by utilising generalised impulse response functions (GIRF), and generalised forecast error variance decompositions (GFEVD) suggested by Koop, Pesaran and Potter (1996) and Pesaran and Shin (1998), respectively. Note that, we transform the VAR to its vector moving average (VMA) representation to estimate GIRF and GFEVD following the Wold theorem as follows:

$$Y_t = \beta_t Y_{t-1} + e_t, \quad (3)$$

$$Y_t = A_t e_t, \quad (4)$$

$$A_{0,t} = I, \quad (5)$$

$$A_{i,t} = \beta_{1,t} A_{i-1,t} + \ldots + \beta_{p,t} A_{i-p,t}, \quad (6)$$

where $\beta t = [\beta_{1,t}, \beta_{2,t}, \ldots, \beta_{p,t}]'$ and $A_t = [A_{1,t}, A_{2,t}, \ldots, A_{p,t}]'$, therefore $\beta_{i,t}$ and $A_{i,t}$ are $N \times N$ dimensional parameter matrices.

GIRF exhibits the responses of all respective variables after a shock in variable *i*.

As our model does not follow a structural modelling, we estimate the differences between a *J* — step-ahead forecast in the case if variable *i* is

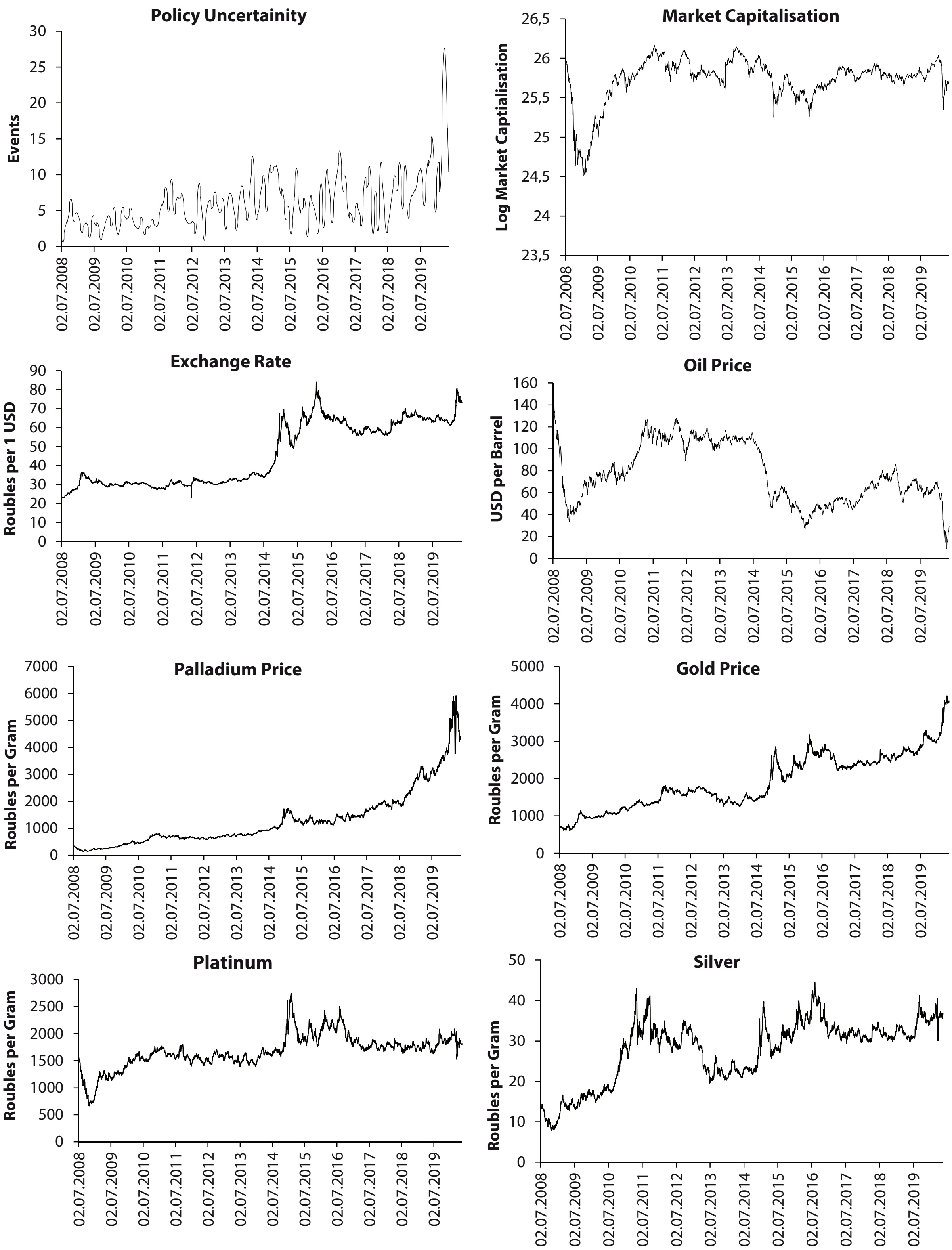


Fig. 1. *Trend Analysis*

shocked as well as not shocked. The difference can be estimated to the shock in variable i, as follows

$$GIR_t\left(J,\delta_{j,t},F_{t-1}\right)=$$

$$=E\left(Y_{t+J}\mid e_{j,t}=\delta_{j,t},F_{t-1}\right)-E\left(Y_{t+J}\mid F_{t-1}\right), \quad (7)$$

$$\psi^g_{j,t}\left(J\right)=\frac{A_{J,t}S_t e_{j,t}}{\sqrt{S_{jj,t}}}\frac{\delta_{j,t}}{\sqrt{S_{jj,t}}}\delta_{j,t}=\sqrt{S_{jj,t}}, \quad (8)$$

$$\psi^g_{j,t}\left(J\right)=S_{jj,t}^{-\frac{1}{2}}A_{J,t}S_t e_{j,t}, \quad (9)$$

where J indicates the forecast period of time, $\delta_{j,t}$, the selection vector with one on the j^{th} position and zero otherwise, and F_{t-1} the information set until $t-1$. Subsequently, we estimate GFEVD that can be explained as the variance share one variable has on others. The estimated variances are eventually normalised, so that each row added up to one, indicating that all variables together describe 100 % of variable's i forecast error variance. This is estimated as follows

$$\tilde{\phi}^{g}_{ij,t}(J)=\frac{\sum_{t=1}^{J-1}\Psi^{2,g}_{ij,t}}{\sum_{j=1}^{N}\sum_{t=1}^{J-1}\Psi^{2,g}_{ij,t}}, \tag{10}$$

with $\sum_{j=1}^{N}\tilde{\phi}^{N}_{ij,t}(J)=1$ and $\sum_{i,j=1}^{N}\tilde{\phi}^{N}_{ij,t}(J)=N$. Applying GFEVD, we estimate the total connectedness index by

$$C^{g}_{t}(J)=\frac{\sum_{i,j=1,i\neq j}^{N}\tilde{\phi}^{g}_{ij,t}(J)}{\sum_{i,j=1}^{N}\tilde{\phi}^{g}_{ij,t}(J)}100, \tag{11}$$

$$=\frac{\sum_{i,j=1,i\neq j}^{N}\tilde{\phi}^{g}_{ij,t}(J)}{N}100. \tag{12}$$

This framework of connectedness demonstrates how shocks in a variable spillover to other variables. First, we observe the case where variable i transmits its shock to all other variables j, shown as

$$C^{g}_{i\to j,t}(J)=\frac{\sum_{j=1,i\neq j}^{N}\tilde{\phi}^{g}_{ji,t}(J)}{\sum_{j=1}^{N}\tilde{\phi}^{g}_{ji,t}(J)}100. \tag{13}$$

Second, we calculate the directional connectedness variable i receives from variables j, called total directional connectedness from others, defined as

$$C^{g}_{i\leftarrow j,t}(J)=\frac{\sum_{j=1,i\neq j}^{N}\tilde{\phi}^{g}_{ij,t}(J)}{\sum_{i=1}^{N}\tilde{\phi}^{g}_{ij,t}(J)}100. \tag{14}$$

Finally, we subtract total directional connectedness to others from total directional connectedness from others to obtain the net total directional connectedness, which can be interpreted as the 'power' of variable i, or, its influence on the whole variables' network.

$$C^{g}_{i,t}(J)=C^{g}_{i\to j,t}(J)-C^{g}_{i\leftarrow j,t}(J). \tag{15}$$

If the net total directional connectedness of variable i is positive, it means that variable i influences the network more than being influenced by that. By contrast, if the net total directional connectedness is negative, it means that variable i is driven by the network

4. Results and Discussion

We estimate the volatility spillover effects among several macroeconomic indicators including Russian economic policy uncertainty, exchange rate, stock market and different precious metal markets including gold, silver, platinum and pallidum. Table 4 presents the results highlighting the total volatility of spillover effects. The ith and jth entry in each panel are estimated contribution to the forecast-error variance of variable i coming from market j. The diagonal coefficients of Table 4 present the autoregressive or own lag values effect on the forecast-error variance, while the off-diagonal coefficients present cross-market spillover. The last column of Table 4 reports ith variables receive the magnitude of volatility from the vector jth variables. The third last row of Table 4 highlights the total volatility spillover effect that each variable contributes to other variables. The last row highlights the net volatility contribution of each variable by subtracting total volatility receives from the total volatility contribution, respectively. The net positive values on the last row indicate the net volatility contributors, whereas the negative values represent the net volatility receivers. Our model is explained by 50 % volatility spillover in all the selected markets. Our analysis demonstrates that gold, policy uncertainty, oil and market capitalisation are net volatility contributors whereas palladium, platinum, silver and exchange rate are net volatility receivers. In our model, the stock market and silver market are found to be the highest volatility contributor and receiver, respectively.

Policy uncertainty index (PUI) is influenced by the lagged values of economic policy uncertainty by 67.15 %. Table 4 also shows that the volatility of PUI is the reason for more than 5 % volatility in the foreign exchange rate through the channel of import and export. Our empirical findings support the proposition of Beckmann and Czudaj (2017) who document a strong association between policy uncertainty and exchange rate. The announcement of any economic decision influences the exchange rate as different economic agents react based on either adaptive or rational expectation. PUI also contributes more than 5 % volatility in the stock market. Our estimated result echoes a couple of empirical and seminal

Table 2

Summary Statistics

	PUI	GOLD	EXR	PLATINUM	PALLADIUM	OILPRICE	LMC	SILVER
Mean	6.125189	1919.375	45.94689	1675.560	1290.787	77.02315	25.72614	27.75130
Median	5.349053	1717.890	35.84353	1677.340	930.1950	71.79500	25.78650	30.57000
Maximum	27.67387	4217.370	84.07080	2746.690	5923.000	143.9500	26.16336	44.53000
Minimum	0.630901	602.4700	23.02503	664.7800	144.3200	9.120000	24.50646	7.810000
Std. Dev.	3.713458	732.0766	16.45657	304.1315	1045.014	26.79085	0.287529	7.776761
Skewness	1.995622	0.337800	0.254311	–0.196035	1.752926	0.169180	–1.932899	–0.689269
Kurtosis	10.59746	2.430994	1.353727	4.540158	6.312629	1.876670	7.386406	2.593841
Jarque–Bera	13306.36	140.9566	536.3835	456.3287	4203.120	248.6619	6176.081	373.1365
Probability	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Sum	26558.82	8322409.	199225.7	7265228.	5596851.	333972.4	111548.5	120329.6
Sum Sq. Dev.	59778.64	2.32E+09	1173999.	4.01E+08	4.73E+09	3111445.	358.3868	262172.2
Observations	4336	4336	4336	4336	4336	4336	4336	4336

Table 3

TVP-VAR-Static

	Palladium	**Gold**	**Platinum**	**Silver**	**EXR**	**PUI**	**OIL**	**MC**	**FROM**
PALLADIUM	74.322	8.236	14.188	3.158	0.03	0.035	0.025	0.007	25.678
GOLD	6.942	52.903	28.683	11.104	0.264	0.038	0.033	0.033	47.097
PLATINUM	10.773	28.412	52.75	7.942	0.084	0.001	0.029	0.01	47.25
SILVER	3.741	14.861	11.718	69.44	0.052	0.083	0.097	0.008	30.56
EXR	0.016	0.036	0.051	0.013	98.273	0.016	1.459	0.136	1.727
PUI	0.07	0.003	0.027	0.028	0.118	99.601	0.063	0.09	0.399
OIL	0.025	0.14	0.047	0.056	2.278	0.016	96.292	1.146	3.708
MC	0.026	0.026	0.018	0.01	0.152	0.019	0.316	99.433	0.567
Contribution TO others	21.592	51.714	54.731	22.311	2.979	0.208	2.021	1.431	156.987
Contribution including own	95.914	104.617	107.481	91.75	101.252	99.809	98.313	100.864	TCI
Net spillovers	–4.086	4.617	7.481	–8.25	1.252	–0.191	–1.687	0.864	19.623

Table 4

TVP-VAR-Dynamic

	PUI	**STM**	**Gold**	**OIL**	**Palladium**	**Platinum**	**Silver**	**EXR**	**FROM**
PUI	67.152	5.924	4.238	5.362	4.07	3.931	3.908	5.416	32.848
STM	5.225	69.874	3.768	5.929	3.636	3.706	3.405	4.457	30.126
Gold	4.479	4.632	34.078	4.991	14.672	13.925	12.799	10.424	65.922
OIL	5.087	6.786	5.154	60.737	4.644	4.761	4.243	8.588	39.263
Palladium	4.462	4.882	14.13	6.347	40.537	11.238	9.374	9.03	59.463
Platinum	4.955	5.689	15.851	4.972	12.012	38.565	11.417	6.538	61.435
Silver	4.259	5.326	17.123	5.646	7.139	13.547	41.134	5.826	58.866
EXR	5.038	6.991	9.515	10.153	10.766	5.134	4.511	47.892	52.108
Contribution TO others	33.504	40.229	69.779	43.4	56.94	56.242	49.657	50.279	400.032
Contribution including own	100.656	110.103	103.857	104.137	97.477	94.807	90.791	98.171	TCI
Net spillovers	0.656	10.103	3.857	4.137	–2.523	–5.193	–9.209	–1.829	50.004

studies who relate the role of policy uncertainty in translating stock volatilities (Boutchkova et al., 2012; Pastor, Veronesi, 2012; Durnev, 2011; Goodell, Vähämaa, 2013). Prior literature documents that the stock market volatility is sensitive with macroeconomic policies as corporate react in term of their investment decisions. Policy uncertainty has the least influence on silver market volatility, which can be attributed to the fact that its price is relatively low compared to other precious metals and less elastic with any exogenous shocks. Policy uncertainty contributes 33.5 % of volatiles to other variables while its own volatility is contributed by 32.8 %; hence, it appears to be a net contributor. Other market price volatilities significantly influence the economic policy

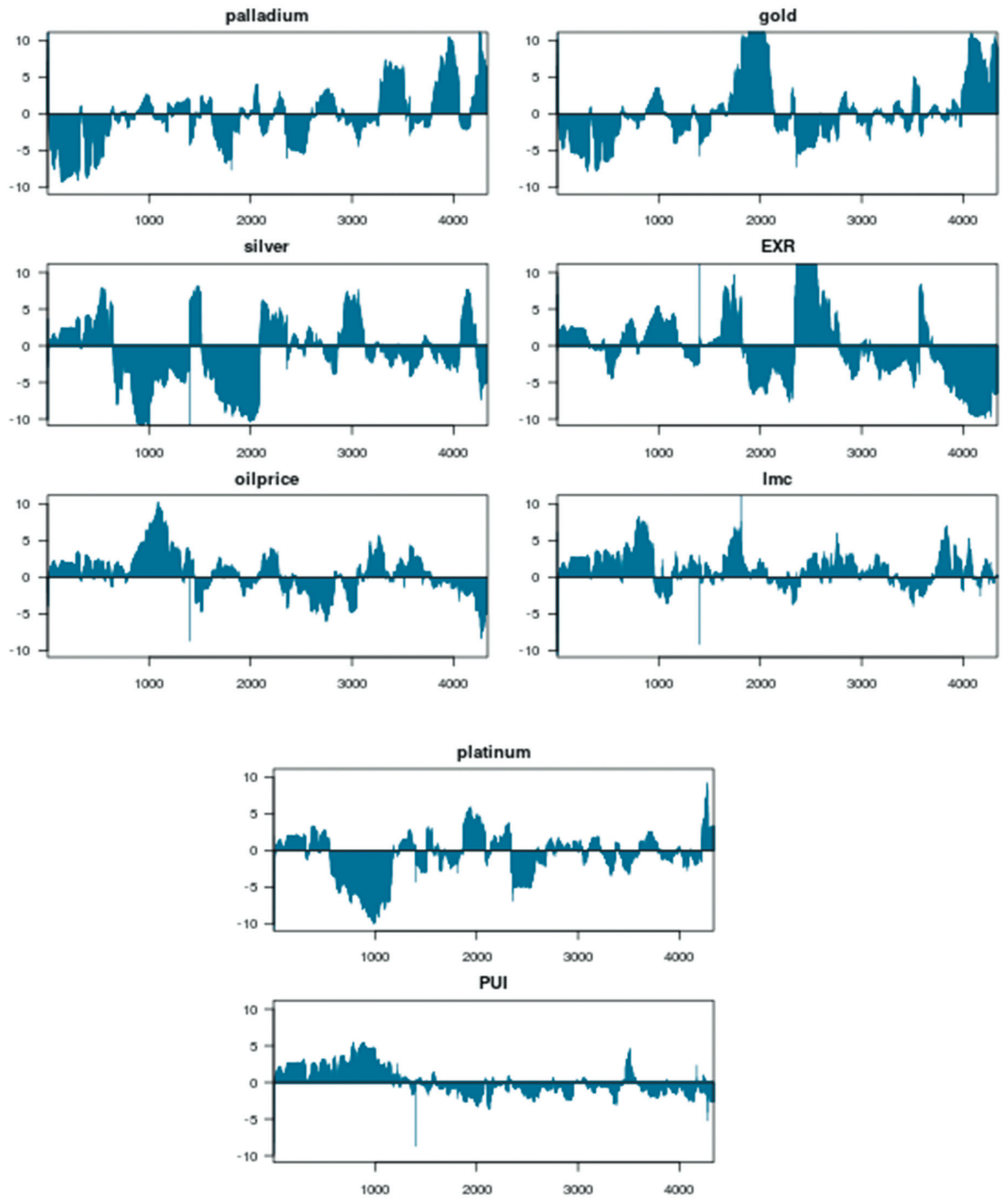


Fig. 2. *Net Volatility Spillover effect*

since the Russian government requires to accommodate inevitable changes in other markets, especially oil price and exchange rate. Our propositions are reflected by pairwise assessment as Table 4 shows PUI is the net contributor of volatility spillovers to mainly precious metal prices including gold, platinum and silver.

In contrast, Russian PUI in influenced by the stock market, oil price, palladium price and exchange rate volatiles. Our findings provide an insight that Russian policy is influenced by the international oil price rather than its ability to influence. Although Russia is one of the biggest oil-producing countries with relatively lower extraction and refinery cost, Russia has less influence against its rival due to OPEC curtail and their aligned oil-exporting countries. Nevertheless, we believe that Russian policy uncertainty is influenced by both the demand-driven and supply-driven oil price shocks unlike OPEC countries (Baumeister, Peersman, 2013; Hamilton, 2009; Kilian, 2009; Lippi, Nobili, 2012)

Stock market (STM) appears to be the highest net volatility contributor (10.10 %) to the other markets. Table 4 reports that STM influences the volatility of other respective variables about 40.229 % while it is influenced by 30.12 % from the rest of the seven variables. STM mostly influences policy uncertainty, exchange rate and oil price, as well as STM is influenced by them. The highest and lowest volatility contribution of STM is found to be 6.99 % towards exchange rate and 4.63 % towards the gold market. On the contrary, oil marker has the strongest influence and palladium has the least influence on STM.

The gold market appears to be the highest total (69.77 %) and third-largest net (3.85 %) volatility contributor to other concerning markets. Table 4 shows that the gold market is the reason for 14.13 %, 15.851 % and 17.123 % volatility in palladium, platinum and silver markets, respectively. In contrast, gold price volatility is explained mainly by palladium price, exchange rate and policy uncertainty. About 34.07 % price volatility of the gold market price is influenced by its own lagged price. Russia's oil export meets around 12 % of global oil demand. Thus, international oil price plays an important role in the Russian balance of payment, exchange rate and other markets. Oil price contributes 43.4 % volatility to the other markets. Interestingly, our time-varying analysis shows that oil price net contributor influences the Russian policy uncertainty. Either way, oil price and exchange rate appear to be the highest volatility contributors of each other.

Russian exchange rate (EXR) is sensitive to the countries' geopolitical issues as exchange rate with USD climbed up from roughly from 35 RUB to 65 RUB per 1 USD. Our empirical analysis shows that EXR is a net volatility receiver. Russia faces economic sanctions including in oil exploration and production equipment and services which aggravates large scale capital outflows leading to the collapse of the RUR exchange rate in 2014–2015. Interestingly, EXR has a net spillover effect on economic policy uncertainty (5.416 – 5.038 = 0.378), gold price (10.424 – 9.515 = 0.909), platinum price (6.538 – 5.134 = 1.404) and silver price (5.826 – 4.511 = 1.315). EXR receives net volatility spillover from the stock market (4.457 – 6.991 = = –2.534), oil price (8.588 – 10.153 = –1.565) and palladium price (9.030 – 10.766 = 1.736). Our empirical findings are in harmony with prior literature, where they document that a variation in exchange rates has spillover impacts on global crude oil market and domestic stock returns as well (Sari, Hammoudeh, Soytas, 2010; Bouoiyour et al., 2015; Gavin, 1989; Reboredo, Rivera-Castro, Ugolini, 2016).

Figure 2 reports the net volatility spillover effect of each market. The figure shows that palladium appears as a net volatility receiver at the beginning, just after the global financial crisis. Over the year 2014, gold price was the prominent volatility contributor to another market when the oil price dropped significantly. Russian exchange rate often receives the volatility spillover from the other market, consistent with (Sohag et al., 2021). Interestingly, Russian economic policies are often induced by the other markets.

5. Conclusion

The world economy is characterised by an unnatural fluctuation due to various market connectedness, financial crisis, policy uncurtaining, pandemic, endogenous and economic policy uncertainty. In this study, we examined the dynamic connectedness among economic policy uncertainty, international oil price, exchange rate, stock market index and the prices of various precious metals in the context of the Russian economy. To this end, we applied a dynamic connectedness volatility spillover approach under time-Varying Parameter Vector Autoregression (TVP-VAR) framework to analyse daily data for the period from 2 July 2008 to 15 May 2020. The conducted research yielded several interesting findings. Stock market volatility is found to be the main volatility spillover contributor to other markets considered in this study. Our empirical investigation demonstrates that economic policy uncertainty is the smallest net volatility spillover contributor to other markets. Besides, the international oil price and gold price appear to be net volatility spillover contributors. In contrast, our analysis highlights that silver, platinum and palladium markets, as well as exchange rate, are net volatility receivers from stock, gold and international oil price market as well as economic policy uncertainty. The silver market is found to be the main net volatility spillover receiver.

Our empirical findings can be helpful to portfolio managers for hedging purposes as well as the Russian economy, primarily focusing on natural resource extracting regions. For instance, the gold price is a useful hedge against the silver price as we found the gold price is the highest volatility contributor to the silver price. Russian economic policy uncertainty also highly influences the Moscow stock exchange and exchange rate; thus, the policy stability is vital to stabilize the respective indicators.

References

Abhyankar, A., Xu, B. & Wang, J. (2013). Oil price shocks and the stock market: evidence from Japan. *The Energy Journal, 34(2),* 199–222.

Aloui, R. & Aïssa, M. S. Ben. (2016). Relationship between oil, stock prices and exchange rates: A vine copula based GARCH method. *The North American Journal of Economics and Finance, 37,* 458–471. DOI: 10.1016/j.najef.2016.05.002

Aloui, R., Hammoudeh, S. & Nguyen, D. K. (2013). A time-varying copula approach to oil and stock market dependence: The case of transition economies. *Energy Economics, 39,* 208–221. DOI: 10.1016/j.eneco.2013.04.012

Anjum, H. & Malik, F. (2019). Oil prices and exchange rates. In: *Routledge Handbook of Energy Economics*. Routledge.

Antonakakis, N. (2012). Exchange return co-movements and volatility spillovers before and after the introduction of euro. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money, 22(5),* 1091–1109. DOI: 10.1016/j.intfin.2012.05.009.

Antonakakis, N. & Filis, G. (2013). Oil prices and stock market correlation: a time-varying approach. *International Journal of Energy and Statistics, 1(1),* 17–29. DOI: 10.1142/S2335680413500026.

Antonakakis, N. & Gabauer, D. (2017). *Refined Measures of Dynamic Connectedness based on TVP-VAR.* MPRA Paper No. 78282, 14.

Antonakakis, N., Chatziantoniou, I. & Filis, G. (2013). Dynamic co-movements of stock market returns, implied volatility and policy uncertainty. *Economics Letters, 120(1),* 87–92. DOI: 10.1016/j.econlet.2013.04.004.

Antonakakis, N., Chatziantoniou, I. & Filis, G. (2014). Dynamic spillovers of oil price shocks and economic policy uncertainty. *Energy Economics, 44,* 433–447. DOI: 10.1016/j.eneco.2014.05.007.

Antonakakis, N., Chatziantoniou, I. & Gabauer, D. (2020). Refined Measures of Dynamic Connectedness based on Time-Varying Parameter Vector Autoregressions. *Journal of Risk and Financial Management, 13(4),* 84. DOI: 10.3390/jrfm13040084.

Arouri, M. E. H., Jouini, J. & Nguyen, D. K. (2011). Volatility spillovers between oil prices and stock sector returns: Implications for portfolio management. *Journal of International Money and Finance, 30(7),* 1387–1405. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2011.07.008

Arouri, M. E. H., Jouini, J. & Nguyen, D. K. (2012). On the impacts of oil price fluctuations on European equity markets: Volatility spillover and hedging effectiveness. *Energy Economics, 34(2),* 611–617. DOI: 10.1016/j.eneco.2011.08.009.

Awartani, B., Aktham, M., & Cherif, G. (2016). The connectedness between crude oil and financial markets: Evidence from implied volatility indices. *Journal of Commodity Markets, 4(1),* 56–69. DOI: 10.1016/j.jcomm.2016.11.002.

Baker, S. R., Bloom, N. & Davis, S. J. (2016). Measuring economic policy uncertainty. *The Quarterly Journal of Economics, 131(4),* 1593–1636. DOI: 10.1093/qje/qjw024.

Baruník, J. & Křehlík, T. (2018). Measuring the frequency dynamics of financial connectedness and systemic risk. *Journal of Financial Econometrics, 16(2),* 271–296. DOI: 10.1093/jjfinec/nby001.

Baruník, J., Kočenda, E. & Vácha, L. (2016a). Asymmetric connectedness on the U.S. stock market: Bad and good volatility spillovers. *Journal of Financial Markets, 27,* 55–78. DOI: 10.1016/j.finmar.2015.09.003.

Baruník, J., Kočenda, E. & Vácha, L. (2016b). Gold, oil, and stocks: Dynamic correlations. *International Review of Economics & Finance, 42,* 186–201. DOI: 10.1016/j.iref.2015.08.006.

Basher, S. A., Haug, A. A. & Sadorsky, P. (2012). Oil prices, exchange rates and emerging stock markets. *Energy Economics, 34(1),* 227–240. DOI: 10.1016/j.eneco.2011.10.005.

Basher, S. A., Haug, A. A. & Sadorsky, P. (2018). The impact of oil-market shocks on stock returns in major oil-exporting countries. *Journal of International Money and Finance, 86,* 264–280. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2018.05.003.

Basher, S. A. & Sadorsky, P. (2016). Hedging emerging market stock prices with oil, gold, VIX, and bonds: A comparison between DCC, ADCC and GO-GARCH. *Energy Economics, 54,* 235–247. DOI: 10.1016/j.eneco.2015.11.022.

Baumeister, C. & Peersman, G. (2013). Time-varying effects of oil supply shocks on the U.S. economy. *American Economic Journal: Macroeconomics, 5(4),* 1–28. DOI: 10.1257/mac.5.4.1.

Beckmann, J. & Czudaj, R. (2013). Oil prices and effective dollar exchange rates. *International Review of Economics & Finance, 27,* 621–636. DOI: 10.1016/j.iref.2012.12.002.

Beckmann, J. & Czudaj, R. (2017). Exchange rate expectations and economic policy uncertainty. *European Journal of Political Economy, 47,* 148–162. DOI: 10.1016/j.ejpoleco.2016.06.003.

Bénassy-Quéré, A., Mignon, V. & Penot, A. (2007). China and the relationship between the oil price and the dollar. *Energy Policy, 35(11),* 5795–5805. DOI: 10.1016/j.enpol.2007.05.035.

Bhattarai, S., Chatterjee, A. & Park, W. Y. (2019). Global spillover effects of U.S. uncertainty. *Journal of Monetary Economics*. DOI: 10.1016/j.jmoneco.2019.05.008.

Bloom, N. (2009). The impact of uncertainty shocks. *Econometrica, 77(3),* 623–685. DOI: 10.3982/ECTA6248.

Bloom, N. (2014). Fluctuations in uncertainty. Journal of Economic Perspectives, 28(2), 153–176. DOI: 10.1257/jep.28.2.153

Bodenstein, M., Erceg, C. J. & Guerrieri, L. (2011). Oil shocks and external adjustment. *Journal of International Economics, 83(2),* 168–184. DOI: 10.1016/j.jinteco.2010.10.006.

Boubaker, H. & Raza, S. A. (2017). A wavelet analysis of mean and volatility spillovers between oil and BRICS stock markets. *Energy Economics, 64,* 105–117. DOI: 10.1016/j.eneco.2017.01.026.

Bouoiyour, J., Selmi, R., Tiwari, A. K. & Shahbaz, M. (2015). The nexus between oil price and Russia's real exchange rate: Better paths via unconditional vs conditional analysis. *Energy Economics, 51,* 54–66. DOI: 10.1016/j.eneco.2015.06.001.

Boutchkova, M., Doshi, H., Durnev, A. & Molchanov, A. (2012). Precarious politics and return volatility. *The Review of Financial Studies, 25(4),* 1111–1154. DOI: 10.1093/rfs/hhr100.

Bouri, E., Jain, A., Biswal, P. C. & Roubaud, D. (2017). Cointegration and nonlinear causality amongst gold, oil, and the Indian stock market: Evidence from implied volatility indices. *Resources Policy, 52,* 201–206. DOI: 10.1016/j.resourpol.2017.03.003.

Bouri, E., Shahzad, S. J. H., Raza, N. & Roubaud, D. (2018). Oil volatility and sovereign risk of BRICS. *Energy Economics, 70,* 258–269. DOI: 10.1016/j.eneco.2017.12.018.

Brogaard, J. & Detzel, A. (2015). The asset-pricing implications of government economic policy uncertainty. *Management Science, 61(1),* 3–18. DOI: 10.1287/mnsc.2014.2044.

Caggiano, G., Castelnuovo, E. & Figueres, J. M. (2020). Economic policy uncertainty spillovers in booms and busts. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 82(1),* 125–155. DOI: 10.1111/obes.12323.

Choi, K. & Hammoudeh, S. (2010). Volatility behavior of oil, industrial commodity and stock markets in a regime-switching environment. *Energy Policy, 38(8),* 4388–4399. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.03.067.

Colombo, V. (2013). Economic policy uncertainty in the U.S.: Does it matter for the Euro area? *Economics Letters, 121(1),* 39–42. DOI: 10.1016/j.econlet.2013.06.024.

Creti, A., Joëts, M. & Mignon, V. (2013). On the links between stock and commodity markets' volatility. *Energy Economics, 37,* 16–28. DOI: 10.1016/j.eneco.2013.01.005.

Dabrowski, M. (2019). Factors determining Russia's long-term growth rate. *Russian Journal of Economics, 5(4),* 328–353. DOI: 10.32609/j.ruje.5.49417.

Degiannakis, S., Filis, G. & Floros, C. (2013). Oil and stock returns: Evidence from European industrial sector indices in a time-varying environment. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money, 26(C),* 175–191. DOI: 10.1016/j.intfin.2013.05.007.

Degiannakis, S., Filis, G. & Panagiotakopoulou, S. (2018). Oil price shocks and uncertainty: How stable is their relationship over time? *Economic Modelling, 72,* 42–53. DOI: 10.1016/j.econmod.2018.01.004.

Diebold, F. X. & Yilmaz, K. (2009). Measuring financial asset return and volatility spillovers, with application to global equity markets. *Economic Journal, 119(534),* 158–171. DOI: 10.1111/j.1468–0297.2008.02208.x.

Diebold, F. X. & Yılmaz, K. (2012). Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers. *International Journal of Forecasting, 28(1),* 57–66. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2011.02.006.

Diebold, F. X. & Yilmaz, K. (2014). On the network topology of variance decompositions: Measuring the connectedness of financial firms. *Journal of Econometrics, 182(1),* 119–134. DOI: 10.1016/j.jeconom.2014.04.012.

Durnev, A. (2011). *Politics, instability, and international investment flows*. SSRN 1785033. DOI: 10.2139/ssrn.1785033.

Elder, J. & Serletis, A. (2010). Oil price uncertainty. *Journal of Money, Credit and Banking, 42(6),* 1137–1159. DOI: 10.1111/j.1538–4616.2010.00323.x.

El-Sharif, I., Brown, D., Burton, B., Nixon, B. & Russell, A. (2005). Evidence on the nature and extent of the relationship between oil prices and equity values in the UK. *Energy economics, 27(6),* 819–830. DOI: 10.1016/j.eneco.2005.09.002.

Fang, C.-R. & You, S.-Y. (2014). The impact of oil price shocks on the large emerging countries' stock prices: Evidence from China, India and Russia. *International Review of Economics & Finance, 29,* 330–338. DOI: 10.1016/j.iref.2013.06.005.

Favero, C., & Giavazzi, F. (2008). Should the Euro area be run as a closed economy? *American Economic Review, 98(2),* 138–45. DOI: 10.1257/aer.98.2.138.

Filis, G. & Chatziantoniou, I. (2014). Financial and monetary policy responses to oil price shocks: Evidence from oil-importing and oil-exporting countries. *Review of Quantitative Finance and Accounting, 42(4),* 709–729. DOI: 10.1007/s11156–013–0359–7.

Filis, G., Degiannakis, S. & Floros, C. (2011). Dynamic correlation between stock market and oil prices: The case of oil-importing and oil-exporting countries. *International Review of Financial Analysis, 20(3),* 152–164. DOI: 10.1016/j.irfa.2011.02.014.

Fisher, I. (1930). *The Theory of Interest.* New York: Macmillan.

Gavin, M. (1989). The stock market and exchange rate dynamics. *Journal of international money and finance, 8(2),* 181–200. DOI: 10.1016/0261–5606(89)90022–3.

Ghosh, S. & Kanjilal, K. (2016). Co-movement of international crude oil price and Indian stock market: Evidences from nonlinear cointegration tests. *Energy Economics, 53,* 111–117. DOI: 10.1016/j.eneco.2014.11.002.

Goodell, J. W. & Vähämaa, S. (2013). US presidential elections and implied volatility: The role of political uncertainty. *Journal of Banking & Finance, 37(3),* 1108–1117. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2012.12.001.

Guhathakurta, K., Dash, S. R. & Maitra, D. (2020). Period specific volatility spillover based connectedness between oil and other commodity prices and their portfolio implications. *Energy Economics, 85,* 104566. DOI: 10.1016/j.eneco.2019.104566.

Gürgün, G. & Ünalmış, İ. (2014). Is gold a safe haven against equity market investment in emerging and developing countries? *Finance Research Letters, 11(4),* 341–348. DOI: 10.1016/j.frl.2014.07.003.

Hamilton, J. D. (1983). Oil and the macroeconomy since world war II. *Journal of Political Economy, 91(2),* 228–248. DOI: 10.1086/261140.

Hamilton, J. D. (1996). This is what happened to the oil price-macroeconomy relationship. *Journal of Monetary Economics, 38(2),* 215–220. DOI: 10.1016/S0304–3932(96)01282–2.

Hamilton, J. D. (2009a). *Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007–08.* National Bureau of Economic Research. DOI: 10.3386/w15002.

Hamilton, J. D. (2009b). Understanding crude oil prices. *The Energy Journal, 30(2).*

Huang, S., An, H., Gao, X., Wen, S. & Hao, X. (2017). The multiscale impact of exchange rates on the oil-stock nexus: Evidence from China and Russia. *Applied Energy, 194,* 667–678. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.09.052

Huang, Y. & Feng, G. U. O. (2007). The role of oil price shocks on China's real exchange rate. *China Economic Review, 18(4),* 403–416. DOI: 10.1016/j.chieco.2006.02.003

Husain, S., Tiwari, A. K., Sohag, K. & Shahbaz, M. (2019). Connectedness among crude oil prices, stock index and metal prices: An application of network approach in the USA. *Resources Policy, 62,* 57–65. DOI: 10.1155/2019/1562130.

Jain, A. & Biswal, P. C. (2016). Dynamic linkages among oil price, gold price, exchange rate, and stock market in India. *Resources Policy, 49,* 179–185. DOI: 10.1016/j.resourpol.2016.06.001

Ji, Q., Liu, B. Y., Zhao, W. L. & Fan, Y. (2018). Modelling dynamic dependence and risk spillover between all oil price shocks and stock market returns in the BRICS. *International Review of Financial Analysis, 68.* DOI: 10.1016/j.irfa.2018.08.002.

Jones, C. M. & Kaul, G. (1996). Oil and the stock markets. *The Journal of Finance, 51(2),* 463–491. DOI: 10.1111/j.1540–6261.1996.tb02691.x.

Kang, S. H., McIver, R. & Yoon, S.-M. (2017). Dynamic spillover effects among crude oil, precious metal, and agricultural commodity futures markets. *Energy Economics, 62,* 19–32. DOI: 10.1016/j.eneco.2016.12.011

Kang, W. & Ratti, R. A. (2013). Structural oil price shocks and policy uncertainty. *Economic Modelling, 35,* 314–319. DOI: 10.1016/j.econmod.2013.07.025.

Kang, W., Ratti, R. A. & Vespignani, J. L. (2017). Oil price shocks and policy uncertainty: New evidence on the effects of U.S. and non-US oil production. *Energy Economics, 66,* 536–546. DOI: 10.1016/j.eneco.2017.01.027.

Khalfaoui, R., Boutahar, M. & Boubaker, H. (2015). Analyzing volatility spillovers and hedging between oil and stock markets: Evidence from wavelet analysis. *Energy Economics, 49,* 540–549. DOI: 10.1016/j.eneco.2015.03.023.

Kilian, L. (2009). Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review, 99(3),* 1053–1069. DOI: 10.1257/aer.99.3.1053.

Kilian, L. & Park, C. (2009). The impact of oil price shocks on the U.S. stock market. *International Economic Review, 50(4),* 1267–1287. DOI: 10.1111/j.1468–2354.2009.00568.x.

Kim, S. (2001). International transmission of US monetary policy shocks: Evidence from VAR's. *Journal of monetary Economics, 48(2),* 339–372. DOI: 10.1016/S0304–3932(01)00080–0.

Klößner, S. & Sekkel, R. (2014). International spillovers of policy uncertainty. *Economics Letters, 124(3),* 508–512. DOI: 10.1016/j.econlet.2014.07.015.

Koop, G. & Korobilis, D. (2014). A new index of financial conditions. *European Economic Review, 71,* 101–116. DOI: 10.1016/j.euroecorev.2014.07.002.

Koop, G., Pesaran, M. H. & Potter, S. M. (1996). Impulse response analysis in nonlinear multivariate models. *Journal of econometrics, 74(1),* 119–147. DOI: 10.1016/0304–4076(95)01753–4.

Krugman, P. (1983). Oil shocks and exchange rate dynamics. In: *Exchange rates and international macroeconomics* (pp. 259–284). University of Chicago Press.

Lippi, F. & Nobili, A. (2012). Oil and the macroeconomy: a quantitative structural analysis. *Journal of the European Economic Association, 10(5),* 1059–1083. DOI: 10.1111/j.1542–4774.2012.01079.x.

Malik, F. & Umar, Z. (2019). *Dynamic connectedness of oil price shocks and exchange rates. Energy Economics, 84,* 104501. DOI: 10.1016/j.eneco.2019.104501.

Malle, S. (2013). Economic modernization and diversification in Russia. Constraints and challenges. *Journal of Eurasian Studies, 4(1),* 78–99. DOI: 10.1016/j.euras.2012.07.004.

Mandacı, P. E., Cagli, E. Ç., & Taşkın, D. (2020). Dynamic connectedness and portfolio strategies: Energy and metal markets. *Resources Policy, 68,* 101778. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101778.

Mensi, W., Beljid, M., Boubaker, A. & Managi, S. (2013). Correlations and volatility spillovers across commodity and stock markets: Linking energies, food, and gold. *Economic Modelling, 32,* 15–22. DOI: 10.1016/j.econmod.2013.01.023.

Mensi, W., Hammoudeh, S., Reboredo, J. C. & Nguyen, D. K. (2014). Do global factors impact BRICS stock markets? A quantile regression approach. *Emerging Markets Review, 19,* 1–17.

Mokni, K., Hammoudeh, S., Ajmi, A. N. & Youssef, M. (2020). Does economic policy uncertainty drive the dynamic connectedness between oil price shocks and gold price? *Resources Policy, 69,* 101819. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101819.

Pastor, L. & Veronesi, P. (2012). Uncertainty about government policy and stock prices. *The Journal of Finance, 67(4),* 1219–1264. DOI: 10.1111/j.1540–6261.2012.01746.x.

Pesaran, H. H. & Shin, Y. (1998). Generalized impulse response analysis in linear multivariate models. *Economics letters, 58(1),* 17–29. DOI: 10.1016/S0165–1765(97)00214–0.

Raza, N., Shahzad, S. J. H., Tiwari, A. K. & Shahbaz, M. (2016). Asymmetric impact of gold, oil prices and their volatilities on stock prices of emerging markets. *Resources Policy, 49,* 290–301. DOI: 10.1016/j.resourpol.2016.06.011.

Reboredo, J. C. (2012). Modelling oil price and exchange rate co-movements. *Journal of Policy Modeling, 34(3),* 419–440. DOI: 10.1016/j.jpolmod.2011.10.005.

Reboredo, J. C. (2013). Is gold a safe haven or a hedge for the U.S. dollar? Implications for risk management. *Journal of Banking & Finance, 37(8),* 2665–2676. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2013.03.020.

Reboredo, J. C., Rivera-Castro, M. A. & Ugolini, A. (2016). Downside and upside risk spillovers between exchange rates and stock prices. *Journal of Banking & Finance, 62,* 76–96. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2015.10.011.

Sabitova, N. & Shavaleyeva, C. (2015). Oil and gas revenues of the Russian federation: Trends and Prospects. *Procedia Economics and Finance, 27,* 423–428. DOI: 10.1016/S2212–5671(15)01016–3.

Sadorsky, P. (1999). Oil price shocks and stock market activity. *Energy economics, 21(5),* 449–469. DOI: 10.1016/S0140–9883(99)00020–1.

Sadorsky, P. (2014). Modeling volatility and correlations between emerging market stock prices and the prices of copper, oil and wheat. *Energy Economics, 43,* 72–81. DOI: 10.1016/j.eneco.2014.02.014.

Sari, R., Hammoudeh, S. & Soytas, U. (2010). Dynamics of oil price, precious metal prices, and exchange rate. *Energy Economics, 32(2),* 351–362. DOI: 10.1016/j.eneco.2009.08.010.

Singh, V. K., Nishant, S. & Kumar, P. (2018). Dynamic and directional network connectedness of crude oil and currencies: Evidence from implied volatility. *Energy Economics, 76,* 48–63. DOI: 10.1016/j.eneco.2018.09.018.

Sohag, K., Gainetdinova, A. & Mariev, O. (2021). The response of exchange rates to economic policy uncertainty: Evidence from Russia. *Borsa Istanbul Review.* DOI: 10.1016/j.bir.2021.07.002.

Tiwari, A. K. & Sahadudheen, I. (2015). Understanding the nexus between oil and gold. *Resources Policy, 46,* 85–91. DOI: 10.1016/j.resourpol.2015.09.003.

Wang, E. Z. & Lee, C. C. (2020). Dynamic spillovers and connectedness between oil returns and policy uncertainty. *Applied Economics, 52(35),* 3788–3808. DOI: 10.1080/00036846.2020.1722794.

Williams, B. J. (1938). *The Theory of Investment Value.* Cambridge: Harvard University Press.

Yang, L. (2019). Connectedness of economic policy uncertainty and oil price shocks in a time domain perspective. *Energy Economics, 80,* 219–233. DOI: 10.1016/j.eneco.2019.01.006.

Yang, Z. & Zhou, Y. (2017). Quantitative easing and volatility spillovers across countries and asset classes. *Management Science, 63(2),* 333–354. DOI: 10.1287/mnsc.2015.2305.

About the authors

Kazi Sohag — PhD in Economics, Academic Head of the Laboratory for International and Regional Economics, Graduate School of Economics and Management, Ural Federal University; https://orcid.org/0000-0002-0976-2357 (Ekaterinburg, 620075, Russian Federation; e-mail: ksokhag@urfu.ru).

Shaiara Husain — PhD Scholar, Department of Economics, University of Western Australia; https://orcid.org/0000-0002-7228-3869 (Crawley, Perth, 6009, Australia; e-mail: shaiara.husain@research.uwa.edu.au).

Kristina Chukavina — Masters in Economics, Senior Lecturer, Graduate School of Economics and Management, Ural Federal University; https://orcid.org/0000-0002-0189-2923 (Ekaterinburg, 620075, Russian Federation; e-mail: k.v.chukavina@urfu.ru).

Md Al Mamun — PhD in Finance, Lecturer, Department of Economics and Finance, La Trobe University; https://orcid.org/0000-0002-6540-9195 (Bundoora, Melbourne, 3086, Australia; e-mail: M.AlMamun@latrobe.edu.au).

Информация об авторах

Сохаг Кази — кандидат экономических наук, научный руководитель, Лаборатория международной и региональной экономики, Институт экономики и управления, Уральский федеральный университет; https://orcid.org/0000-0002-0976-2357 (Российская Федерация, 620075, г. Екатеринбург; e-mail: ksokhag@urfu.ru).

Хусейн Шайара — аспирант, экономический факультета, Университет Западной Австралии; https://orcid.org/0000-0002-7228-3869 (Австралия, 6009, г. Перт, Кроули; e-mail: shaiara.husain@research.uwa.edu.au).

Чукавина Кристина — магистр экономики, старший преподаватель, Институт экономики и управления, Уральский федеральный университет; https://orcid.org/0000-0002-0189-2923 (Российская Федерация, 620075, г. Екатеринбург; e-mail: k.v.chukavina@urfu.ru).

Аль Мамун Мд — PhD в области финансов, преподаватель, кафедра экономики и финансов, Университет Ла Троба; https://orcid.org/0000-0002-6540-9195 (Австралия, 3086, г. Мельбурн, Бандура; e-mail: M.AlMamun@latrobe.edu.au).

Дата поступления рукописи: 15.12.2020.
Прошла рецензирование: 21.01.2022.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 15 Dec 2020.
Reviewed: 21 Jan 2022.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-7
УДК 330.34

И. А. Забелина
Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Российская Федерация
https://orcid.org/0000-0003-4464-2593, e-mail: i_zabelina@mail.ru

Оценка социо-эколого-экономического благополучия регионов востока России с использованием расширенной функции А. Сена[1]

Опережающее развитие Дальнего Востока входит в число национальных приоритетов страны. Его конечной целью обозначено повышение уровня благосостояния населения, важным аспектом которого является здоровая окружающая среда. В статье представлены результаты комплексной оценки благополучия регионов востока РФ в контексте достижения обозначенных в стратегических документах целей государственной политики в сфере развития дальневосточных территорий. В рамках исследования было поставлено две задачи — оценка уровня и характера социально-экономического развития и получение количественных характеристик социо-эколого-экономического благополучия восточных регионов с использованием мультипликативной модели, основанной на расширенной функции благосостояния А. Сена. Гипотезой выступает предположение, что роль экологических факторов в качестве жизни на восточных территориях существенна и введение соответствующей компоненты в мультипликативную модель приведет к понижению уровня оценок их благополучия. В результате исследования в некоторых регионах выявлены негативные тенденции, заключающиеся в закреплении и усилении сырьевой направленности экономического развития, уменьшении доли обрабатывающих производств, а также в стабильно сохраняющемся ресурсном характере экспорта приграничных территорий. Включение экологической компоненты в мультипликативную модель заметно сказалось на результатах оценки благополучия восточных регионов — в большинстве из них показатель с учетом экологических условий жизни оказался существенно ниже характеристики, не принимающей во внимание этот аспект благосостояния, при этом отдельные приграничные регионы демонстрировали наихудшую динамику за рассматриваемый период. Показано, что преимущества приграничного положения и реализуемые механизмы опережающего развития пока не способствовали заметному повышению уровня благосостояния дальневосточных территорий. Результаты работы могут использоваться в практике государственного управления и приниматься во внимание при разработке документов стратегического планирования, социально-экономических и природоохранных программ, а также при оценке эффективности реализуемых инструментов опережающего развития.

Ключевые слова: Дальний Восток, экономическое развитие, негативное воздействие на окружающую среду, экологические условия жизни населения, пробы воздуха, пробы воды, сводный экологический индекс, благополучие, функция А. Сена, российско-китайское сотрудничество

Благодарность

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИПРЭК СО РАН с использованием результатов, полученных по проекту РФФИ (№ 19-010-00434).

Для цитирования: Забелина И. А. Оценка социо-эколого-экономического благополучия регионов востока России с использованием расширенной функции А. Сена // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 398-412. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-7.

RESEARCH ARTICLE

Irina A. Zabelina
Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of RAS, Chita, Russian Federation
https://orcid.org/0000-0003-4464-2593, e-mail: i_zabelina@mail.ru

Assessment of the Socio-Ecological and Economic Welfare of the Russian Eastern Regions Using Sen's Extended Function

The accelerated development of the Russian Far East is among the country's national priorities. Since the ultimate goal is to increase the well-being of the population, it is important to create a healthy environment. The article presents the comprehensive assessment results of the welfare of the Eastern regions in the context of achieving the strategic goals of the state policy for the development of the Russian Far East. The research aims to assess the character of socio-economic development, as well as to obtain quantitative characteristics of socio-ecological and economic well-being of the Eastern regions using a multiplicative model based on Sen's extended welfare function. It is hypothesised that environmental factors play an important role in the quality of life in the Eastern regions, meaning that the inclusion of the corresponding component in the multiplicative model will lead to a decrease in the assessment of their welfare. For some regions, the study identified such negative trends as the strengthening of the raw material orientation of economic development, a decrease in the share of manufacturing industries, continuing resource export. The inclusion of the environmental component into the multiplicative model significantly affected the assessment results: in most of the Eastern regions, environmentally adjusted characteristic of regional development was significantly lower than the indicator that does not consider this aspect. Moreover, some border regions showed the worst dynamics of the examined indicators. Advantages of the border situation and accelerated development mechanisms currently implemented in the Far East have not yet contributed to a noticeable increase in the welfare of these regions. The research results can be used in the public administration practice for developing strategic planning documents, socio-economic and environmental programmes, as well as for evaluating the effectiveness of implemented accelerated development mechanisms.

Keywords: Far East, economic development, negative impact on the environment, environmental living conditions of the population, air samples, water samples, integrated environmental index, welfare, Sen's function, Russian-Chinese cooperation

Acknowledgments

The article has been prepared in the framework of the state task to the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of RAS using the results obtained in the project of the Russian Foundation for Basic Research (№ 19-010-00434).

For citation: Zabelina, I. A. (2022). Assessment of the Socio-Ecological and Economic Welfare of the Russian Eastern Regions Using Sen's Extended Function. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 398-412, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-7.

Введение

В настоящее время вопросы опережающего развития регионов Востока РФ находятся в фокусе внимания государства. В последние годы принят ряд документов стратегического характера[1] (в том числе отдельные программы развития для приграничных территорий) и федеральных законов[2], действие которых направлено на создание институциональных условий для формирования одобренной в 2013 г. новой модели развития[3] Дальневосточного макрорегиона (Антонова, Ломакина, 2018). Конечной целью реализации предпринятых мер является достижение среднероссийских показа-

[1] Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года. URL: http://docs.cntd.ru/document/902195483; Концепция развития приграничных территорий субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа. URL: http://docs.cntd.ru/document/420313859; Программа сотрудничества между регионами Дальнего Востока и Восточной Сибири РФ и Северо-Востока КНР. 2009–2018 годы. URL: http://www.chinaruslaw.com/RU/CnRuTreaty/004/201035210624_735729.htm и др. (дата обращения: 19.02.2020).

[2] Например, Федеральный закон от 29.12.2014 № 473-ФЗ. Ред. от 26.07.2019. «О территориях опережающего социально-экономического развития в Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_172962/ (дата обращения: 19.02.2020).

[3] Доклад о комплексном развитии регионов Дальнего Востока. URL: https://minvr.ru/upload/doc/22-12-2017/doklad-o-kompleksnom-razvitii-dalnego-vostoka.pdf (дата обращения: 19.02.2020).

телей социально-экономического развития, увеличение и укрепление численности населения на восточных территориях РФ за счет обеспечения комфортных условий проживания людей и роста количества рабочих мест. Последний аспект имеет большое значение, поскольку на сегодняшний день для многих регионов Востока России актуальна проблема оттока населения, особенно высококвалифицированных специалистов (Природный капитал…, 2014). При этом социодемографическая ситуация на периферийных и приграничных территориях остается наиболее напряженной из-за того, что они характеризуются, с одной стороны, большими потерями собственного населения, а с другой — слабой приживаемостью мигрантов (Шворина, Фалейчик, 2018). В число ключевых факторов, влияющих на миграционные процессы в обозначенных регионах, входит уровень благосостояния населения. В работе (Стиглиц, Сен, Фитусси, 2016) авторы отмечают многогранность данного понятия и выделяют определяющие благосостояние аспекты, которые должны рассматриваться в совокупности — материальный уровень жизни (доход, потребление и достаток), здоровье и образование, персональная активность, политическое представительство и управление, социальные связи и отношения, окружающая среда (настоящие и будущие условия) и уровень безопасности.

Вопросам построения показателей, характеризующих уровень благосостояния стран и регионов, посвящен ряд работ российских и зарубежных исследователей. Некоторые из них направлены на преодоление недостатков существующих измерителей экономического развития с целью получения корректных характеристик результатов хозяйственной деятельности и уровня инновационного развития региональных экономик. К их числу можно отнести, например, экологически скорректированный валовой региональный продукт (Забелина, Клевакина, 2011; Рюмина, 2013; Pyzhev и др., 2015). В подготовленном докладе Комиссии по измерению эффективности экономики и социального прогресса подчеркивается, что на современном этапе развития необходимо «сместить акцент в нашей системе показателей с измерения экономического производства на измерение благосостояния людей» (Стиглиц, Сен, Фитусси, 2016, с. 55). Значительный вклад в развитие экономической теории благосостояния внес нобелевский лауреат по экономике 1998 г. А. Сен, в работах которого особое внимание уделяется разработке подходов к оценке измерителей благосостояния с учетом пространственного распределения благ и неравенства (Sen, 1973; Sen, 1976; Sen, 1979).

Другие исследователи предлагают альтернативные показатели, позволяющие оценить достигнутый уровень развития и качество экономического роста. Особое место среди них занимает индекс устойчивого экономического благосостояния, который впервые был предложен Х. Дейли и Дж. Коббом в 1998 г. (Daly, Cobb, 1989). Этот индикатор учитывает экологические и социальные аспекты в традиционной экономической системе учета и отражает ту часть экономической деятельности, которая обеспечивает реальное повышение благосостояния. В работах многих зарубежных авторов благосостояние стран и регионов оценивается на основе этого индекса (Armiento, 2018; Castaneda, 1999; Clarke, Islam, 2005). Экологическая компонента также была введена в широко используемый для межстрановых сопоставлений интегральный показатель — индекс человеческого развития (Рюмина, 2016; Bravo, 2014). К числу прочих эколого-экономических характеристик можно отнести также характеристики «истинные сбережения» (Сырцова, Пыжев, Зандер, 2016; Lindmark, Thu, Stage, 2018) и «индекс скорректированных чистых накоплений» (Бобылев, Соловьева, Ситкина, 2013).

В отечественной литературе особое внимание уделяется построению рейтингов российских регионов на основе индексов, полученных путем сведения к интегральной характеристике частных показателей благосостояния и качества жизни населения (Васильева, 2014; Мхитарян, Бакуменко, 2011; Найден, Белоусова, 2018). В работе (Малкина, 2017) М. Ю. Малкина дает обобщающую оценку этим и некоторым другим методикам оценки благосостояния, а также убедительно обосновывает целесообразность применения расширенной функции А. Сена (Sen, 1976) для оценки уровня социального благополучия российских регионов, преимущество которой перед другими показателями определяется ее методологической точностью. В отличие от альтернативных подходов, для которых проблемным вопросом остается способ нормирования частных показателей благосостояния для сведения их в интегральную характеристику, данная мультипликативная модель представляет собой корректировку реальных среднедушевых доходов на показатель неравенства — это «позволяет сохранить и динамику, и естественный разброс базовых показателей благополучия» (Малкина, 2017, с. 51).

В настоящей работе предпринята попытка оценки благополучия регионов востока РФ с учетом экологического фактора на основе расширенной функции благосостояния А. Сена. Необходимость включения в модель экологической компоненты обусловливается тем, что жители большинства восточных регионов с сырьевой специализацией экономики проживают в условиях повышенной антропогенной нагрузки (Забелина, 2019), а некоторые приграничные территории испытывают последствия экологически неравноценного обмена в связи с реализацией российско-китайских инвестиционных проектов (Глазырина, 2016). В соответствии с обозначенной целью на первом этапе исследования была выполнена оценка уровня и характера социально-экономического развития восточных регионов в контексте достижения упомянутых выше ориентиров государственной политики в сфере развития дальневосточных территорий. На втором этапе были изучены показатели, характеризующие состояние атмосферного воздуха и водных объектов, построены сводные экологические индексы с последующим введением их в мультипликативную модель для оценки уровня социо-эколого-экономического благополучия анализируемых регионов. В настоящей работе под уровнем социо-эколого-экономического благополучия мы будем понимать меру обеспеченности населения регионов необходимыми материальными и нематериальными благами. Основными составляющими социо-эколого-экономического благополучия являются уровень экономического развития, уровень доходов населения и его дифференциация, стоимость жизни в регионе и экологические условия проживания населения. В рамках данного исследования мы будем рассматривать понятия «благополучие» и «благосостояние» как взаимозаменяемые.

Методика исследования и источники информации

Оценка социального благополучия регионов может быть выполнена с использованием мультипликативной модели, основанной на расширенной функции А. Сена (Sen, 1976) и адаптированной для региональных экономик. Она включает в себя следующие компоненты (Малкина, 2017):

$$S_i = \frac{Y_i}{N_i} \cdot \frac{D_i}{Y_i} \cdot \frac{\overline{CI}}{CI_i}\left(1 - G_i\right), \quad (1)$$

где $\frac{Y_i}{N_i}$ — ВРП в расчете на душу населения в i-м регионе; $\frac{D_i}{Y_i}$ — доля доходов населения в ВРП в i-м регионе; $\frac{\overline{CI}}{CI_i}$ — индекс, учитывающий уровень цен в i-м регионе (представляет собой отношение стоимости фиксированного набора потребительских товаров и услуг в стране к стоимости аналогичного набора в регионе); $(1 - G_i)$ — показатель, учитывающий уровень дифференциации доходов населения в i-м регионе (G_i — внутрирегиональный коэффициент Джини).

Представленная модель может быть расширена путем включения в нее дополнительных компонентов (Малкина, 2016), в частности экологической составляющей. Основными характеристиками уровня негативного воздействия на природную среду в регионах выступают объемы сброса сточных вод и эмиссий вредных веществ в атмосферу. Эти показатели широко используются во многих эколого-экономических исследованиях, в т. ч. при построении интегральных индексов благосостояния регионов (Васильева, 2014; Мхитарян, Бакуменко, 2011). Однако Е. В. Рюмина отмечает, что «выбросы и сбросы неоднозначно определяют экологические условия жизни населения» (Рюмина, 2016, с. 1114). Так, они формируются не только за счет негативного воздействия хозяйственной деятельности, но и под влиянием других объективных факторов — фоновое содержание загрязняющих ингридиентов в природных средах, климатические условия и др. Автор предлагает характеризовать экологические условия жизни населения показателем доли негативных проб воды и воздуха, обосновывая целесообразность и эффективность его использования для компактного учета состояния окружающей среды в экономическом анализе. Е. В. Рюмина приводит ключевой аргумент в пользу этого показателя — для оценки уровня загрязненности природных сред отбор проб осуществляется не повсеместно, а следующим образом: по воде — в местах ее забора из поверхностных источников, а по воздуху — в местах компактного проживания людей. Таким образом, применение показателя доли негативных проб в рамках данного исследования позволит преодолеть упомянутые выше недостатки традиционно используемых характеристик уровня негативного воздействия на окружающую среду и оценить реальные экологические условия жизни в регионе.

Дополним представленную выше мультипликативную функцию компонентой, учитывающей этот аспект благосостояния:

$$S_{Ei} = \frac{Y_i}{N_i} \cdot \frac{D_i}{Y_i} \cdot \frac{\overline{CI}}{CI_i} \left(1 - G_i\right) E_i, \qquad (2)$$

где E_i — сводный экологический индекс, характеризующий состояние окружающей среды в i-м регионе.

Компонент E_i представляет собой среднее арифметическое нормированных частных экологических индексов, которые рассчитываются на основе следующих показателей: удельный вес исследованных проб воздуха с превышением предельно допустимых концентраций (P_1), удельный вес исследованных проб воды, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по санитарно-химическим показателям (P_2) и микробиологическим показателям (P_3).

Нормирование частных экологических индексов было выполнено с использованием подхода, предложенного в работе (Рюмина, 2016):

$$P_i = \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}}, \qquad (3)$$

где x_i — фактический удельный вес неудовлетворительных проб в общем числе исследованных проб в i-м регионе; $x_{\max}$, $x_{\min}$ — максимальное и минимальное количество неудовлетворительных проб среди регионов РФ.

Сводный экологический индекс изменяется в диапазоне от 0 до 1: чем выше значение E_i, тем благоприятнее экологические условия проживания населения. Таким образом, в регионах с наиболее высоким качеством окружающей среды (т. е. с минимальным количеством негативных проб воды и воздуха) показатель S_E будет соответствовать значению четырехкомпонентной функции благосостояния.

В исследовании были использованы официальные данные, опубликованные Федеральной службой государственной статистики РФ[1] — ВРП, индекс физического объема ВРП, вклад основных видов экономической деятельности в ВРП, стоимость фиксированного набора потребительских товаров и услуг в стране и регионах, среднедушевые доходы населения, индекс потребительских цен, коэффициент Джини, среднегодовая численность населения. Стоимостные характеристики социально-экономического развития были приведены к сопоставимым ценам: ВРП скорректирован с использованием показателя «индекс физического объема ВРП», а среднедушевые доходы — «индекс потребильских цен». В качестве базового периода выбран 2008 г.

При сравнении регионов по величине среднедушевого ВРП были учтены межрегиональные различия покупательной способности населения. Переоценка показателя с учетом стоимости корзины товаров и услуг в регионе выполнена с использование подхода, предложенного в работе (Мельников, 2005):

$$Y_{i,t}^{*} = \frac{Y_{i,t}\overline{CI}_t}{CI_{i,t}}, \qquad (4)$$

где $Y_{i,\,t}$ — ВРП в i-м регионе в период t; $\overline{CI}_t$ — среднее арифметическое стоимостей фиксированного набора потребительских товаров и услуг по стране на конец периодов $t - 1$ и t; $CI_{i,\,t}$ — аналогичное среднее арифметическое в i-м регионе.

Ввиду отсутствия информации, характеризующей отдельные виды негативного воздействия в региональном разрезе (например, загрязнение почв тяжелыми металлами), экологические условия жизни мы будем оценивать на основе следующих имеющихся показателей[2]: удельный вес исследованных проб воздуха с превышением предельно допустимых концентраций, удельный вес исследованных проб воды, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по санитарно-химическим и микробиологическим показателям (для водоемов II категории, т. е. находящихся в местах рекреации). В случае доступности данных оценка уровня благополучия может быть дополнена включением дополнительных частных экологических индексов на основе представленного в настоящей работе алгоритма.

В исследовании были выделены следующие опорные периоды:

1) 2008 г. — базовый период (до начала активного расширения трансграничного сотрудничества восточных регионов РФ с КНР[3]);

2) после 2012 г. — период реализации комплекса мер, направленных на формирование новой модели развития Дальневосточного макрорегиона.

[1] Национальные счета. URL: https://rosstat.gov.ru/accounts; Регионы России. Социально-экономические показатели. URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204 (дата обращения: 20.08.2020).

[2] Охрана окружающей среды в России (выпуски за 2012, 2014 и 2018 гг.). URL: https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13209 (дата обращения: 28.07.2020).

[3] В 2009 г. был принят документ «Программа сотрудничества между регионами Дальнего Востока и Восточной Сибири РФ и Северо-Востока КНР», включающий список ключевых инвестиционных проектов.

Оценка уровня и характера социально-экономического развития регионов востока РФ

Результаты проведенного сравнительного пространственного анализа экономического развития регионов Дальнего Востока демонстрируют, что большинство из них в 2018 г. не дотягивали по величине среднедушевого ВРП до среднероссийского уровня — 262,3 тыс. руб. на душу населения (рис. 1).

Более высокие значения отмечались только в четырех природно-ресурсных регионах: Сахалинской области (в 2,2 раза выше среднероссийского показателя), Чукотском АО (1,2 раза), Республике Саха и Магаданской области (по 1,1 раза). При этом приграничные территории оказались в числе наименее успешных, существенно уступая регионам-лидерам по уровню социально-экономического развития. Обращает на себя внимание то, что за последнее десятилетие, которое характеризовалось масштабным расширением взаимодействия России и Китая, почти все дальневосточные приграничные регионы ухудшили свое положение в рейтинге по анализируемому показателю.

Исследование динамики экономического развития показало, что с 2008 г. по 2018 г. все рассматриваемые регионы характеризовались увеличением среднедушевого ВРП (рис. 2а), за исключением Республики Бурятия (в этом регионе ВРП на душу населения снизился на 7,6 %). В большинстве регионов, активно участвующих в трансграничном взаимодействии с КНР, скорость экономического роста была выше среднероссийской (9,8 % по отношению к 2008 г.).

В период реализации мер активной государственной политики, направленной на формирование новой модели экономического развития Дальнего Востока, ситуация ухудшилась: почти во всех приграничных регионах отмечался отрицательный экономический рост (рис. 2б). Исключение составляют только Приморский и Хабаровский края, в которых показатель несущественно увеличился — на 1,9 % и 2,3 % соответственно. Наиболее заметное снижение среднедушевого ВРП с 2012 г. по 2018 г. наблюдалось в Республике Бурятия (на 6,5 %), Еврейской АО (5,7 %) и Амурской области (4,5 %).

Реализуемые в настоящее время меры по развитию восточных территорий РФ нацелены на увеличение доли высокотехнологичных производств в структуре промышленности и цифровизацию экономики Дальнего

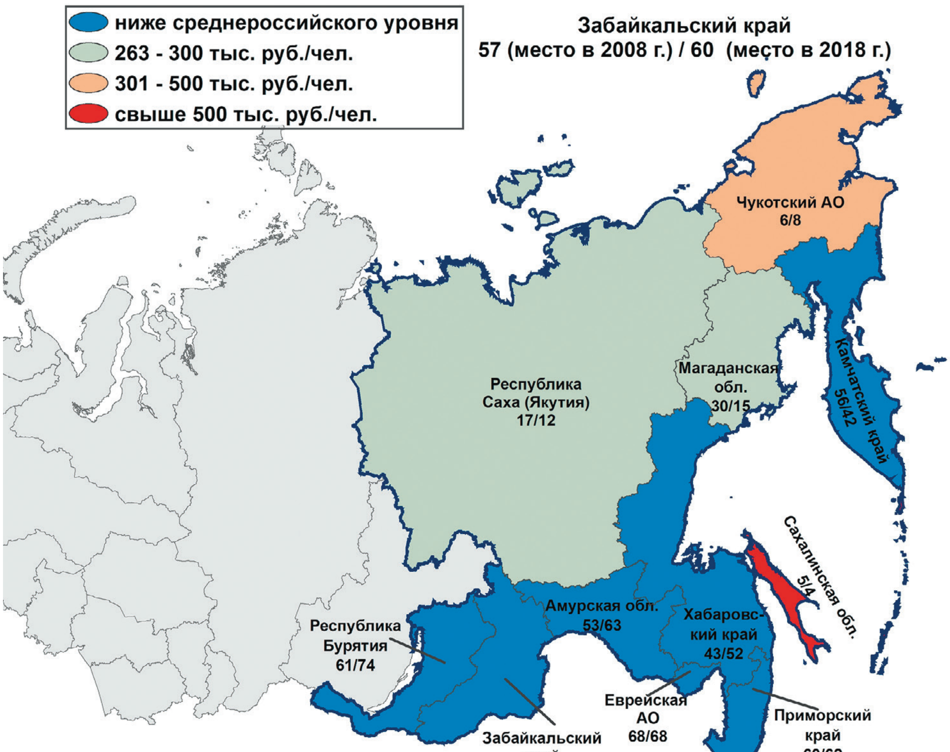
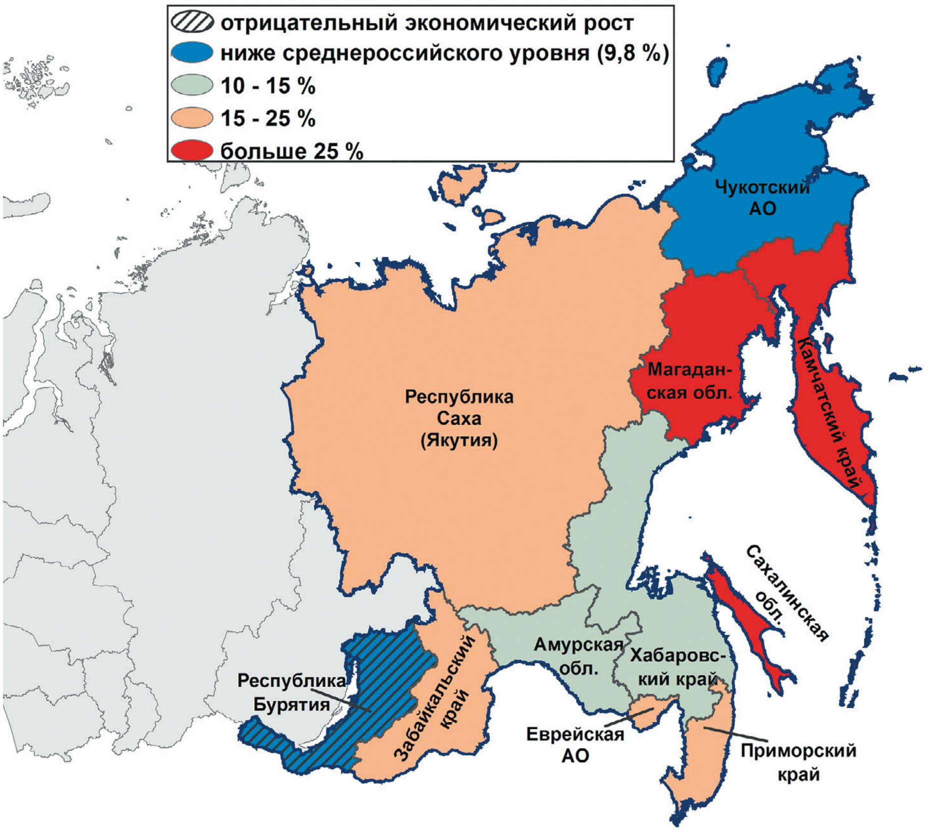
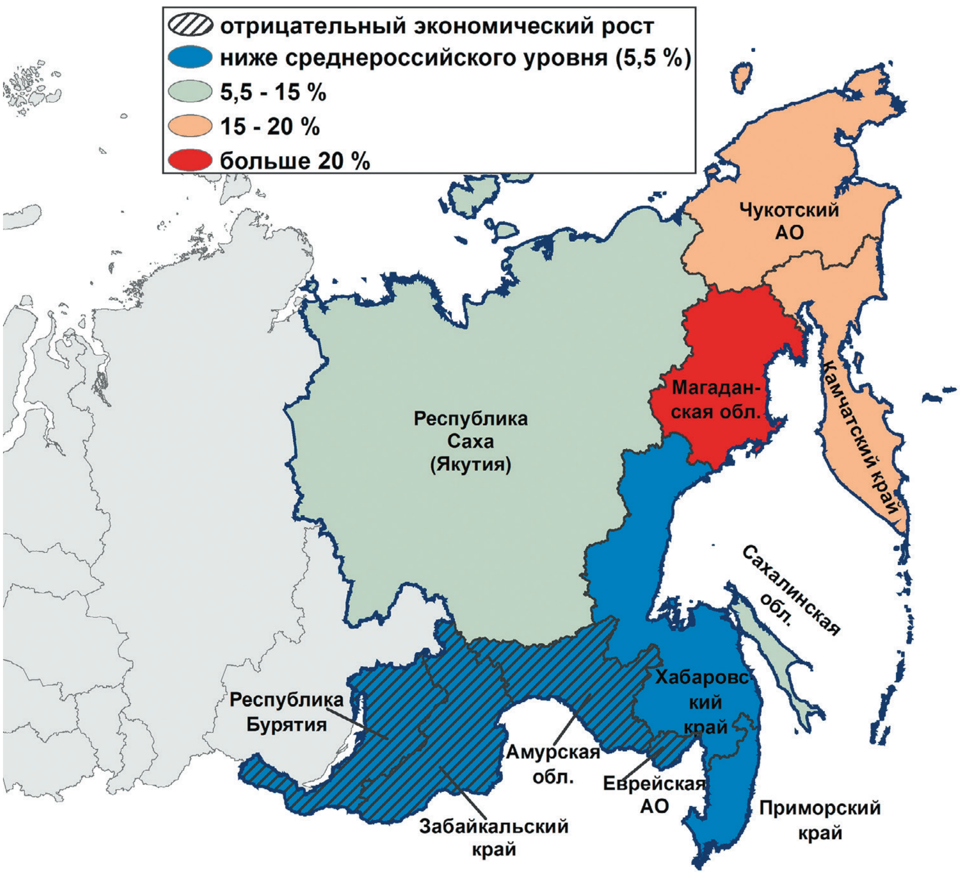


Рис. 1. *Среднедушевой ВРП для регионов Дальнего Востока в 2018 г., скорректированный с учетом уровня цен и приведенный к 2008 г.*

Fig. 1. *Gross regional product (GRP) per capita of the Eastern regions in 2018, adjusted for the price level of 2008*



а) 2008–2018 гг.



б) 2012–2018 гг.

Рис. 2. Пространственное распределение скорости экономического роста в регионах Дальнего Востока

Fig. 2. Spatial distribution of the economic growth rate in the Eastern region

Таблица 1

Вклад базовых отраслей промышленности в ВРП регионов Дальнего Востока и РФ

Table 1

The contribution of basic industries in GRP of the Eastern regions and the Russian Federation, % and percentage points

Регион	Добыча полезных ископаемых					Обрабатывающие производства				
	2008, %	2012, %	2018, %	изменение, п. п.		2008, %	2012, %	2018, %	изменение, п. п.	
				2008–2018	2012–2018.				2008–2018	2012–2018
Р. Бурятия	6,5	5	6,4	–0,1	1,4	11,3	13,2	9,9	–1,4	–3,3
Р. Саха (Якутия)	36	42,8	51,5	15,5	8,7	2	2	1,2	–0,8	–0,8
Забайкальский край	6,5	9,1	15	8,5	5,9	3,4	6	2,8	–0,6	–3,2
Камчатский край	3	4,4	5,6	2,6	1,2	7,5	9,6	14,6	7,1	5
Приморский край	0,9	1,2	1,3	0,4	0,1	8,4	8,7	9,5	1,1	0,8
Хабаровский край	4,4	6,5	6,9	2,5	0,4	12,6	8,1	9,9	–2,7	1,8
Амурская обл.	6,9	14,9	10,4	3,5	–4,5	4,8	3,6	4,9	0,1	1,3
Магаданская обл.	17,1	18,3	38,1	21	19,8	2,3	2,8	1,2	–1,1	–1,6
Сахалинская обл.	49,9	61,5	71	21,1	9,5	4,4	3,5	2,4	–2	–1,1
Еврейская АО	0,6	0,5	10,1	9,5	9,6	7,1	4,8	5,5	–1,6	0,7
Чукотский АО	29,9	37,8	40,3	10,4	2,5	0,7	0,2	0,3	–0,4	0,1
РФ в целом	9,9	11,2	12,1	2,2	0,9	19,3	17,3	17,4	–1,9	0,1

Источник: Национальные счета. URL: https://www.gks.ru/accounts (дата обращения: 27.07.2020).

Востока[1]. За период с 2008 г. по 2018 г. снижение вклада вида экономической деятельности (ВЭД) «Обрабатывающие производства» в ВРП наблюдалось в восьми регионах (табл. 1).

Наиболее существенное снижение доли обрабатывающей промышленности в структуре валовой добавленной стоимости произошло в Хабаровском крае: в 2009 г. здесь отмечалось падение объемов производства в пищевой и химической промышленности, металлургическом и некоторых других производствах[2]. В последующие годы данная отрасль демонстрировала в целом положительную динамику. В период с 2012 г. по 2018 г. в восточных регионах наблюдалась различная динамика структуры ВРП — в шести из них доля ВЭД «Обрабатывающие производства» увеличилась, тогда как в остальных субъектах отмечалось ее снижение (наиболее существенное — в Республике Бурятия и Забайкальском крае). Выполненный в работе Глазыриной и соавторов (Глазырина, Фалейчик, Фалейчик, 2019) анализ развития обрабатывающей промышленности Забайкальского края в контексте процессов реиндустриализации позволил выявить некоторые позитивные изменения в структуре экономики приграничного региона: в числе немногих отраслей, демонстрирующих положительный прирост поступлений налога на доходы физических лиц, оказался ВЭД «Обрабатывающие производства» (на 55 % за период с 2011 г. по 2016 г.). Авторы делают вывод, что заметный рост реальных доходов в обрабатывающем секторе может служить стимулом для привлечения в отрасль квалифицированных кадров. Но поскольку данный сектор экономики обеспечивает столь незначительный вклад в ВДС, это очень несущественно влияет на качество рабочих мест в регионе в целом.

Исторически сложилось так, что природные ресурсы являются базисом экономики многих восточных регионов РФ. В работе Н.Е. Антоновой и Н.В. Ломакиной (Антонова, Ломакина, 2018) показано, что в последние годы роль минерально-сырьевого сектора Дальнего Востока в экономике страны заметно возросла. Этот факт подтверждают данные, представленные в таблице 1. Почти все анализируемые регионы (исключение составляет только Республика Бурятия) характеризовались увеличением доли добывающего сектора в структуре экономики за период с 2008 г. по 2018 г. Наиболее существенно вклад ВЭД «Добыча полезных ископаемых» вырос в Сахалинской области и Республике Саха. Среди приграничных территорий выделяется Забайкальский край, в котором за рассматриваемый период показатель увеличился в 2,3 раза.

Близость к КНР и расширение масштабов российско-китайского сотрудничества оказали влияние на развитие пригра-

[1] Доклад о комплексном развитии регионов Дальнего Востока. URL: https://minvr.ru/upload/doc/22-12-2017/doklad-o-kompleksnom-razvitii-dalnego-vostoka.pdf (дата обращения: 19.02.2020).

[2] Промышленное производство Приморского края 2009: стат.сб. Владивосток: Приморскстат, 2010. 14 с.

Таблица 2

Структура внешней торговли между Забайкальским краем и КНР

Table 2

Foreign trade structure between Zabaykalsky Krai and China

Товарная группа	Импорт из Китая				Экспорт в Китай			
	млн долл.		% к итогу		млн долл.		% к итогу	
	2008	2019	2008	2019	2008	2019	2008	2019
Продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (кроме текстильного)	213,2	146,0	45,7	39,6	0,44	14,3	0,2	2,6
Минеральные продукты	11,2	9,5	2,4	2,6	—	494,0	—	90,1
Продукция химической промышленности, каучук	—	42,7	—	11,6	—	0,05	—	0,01
Древесина и целлюлозно-бумажные изделия	2,5	0,1	0,5	0	194,7	35,7	92,6	6,5
Машины, оборудование и транспортные средства	110,5	60,4	23,7	16,4	0,4	0,4	0,2	0,1
Другие товары	129,4	109,6	27,7	29,8	14,82	3,98	7,0	0,7
Всего	466,8	368,3	100	100	210,4	548,5	100	100

Источник: Внешнеэкономическая деятельность Забайкальского края с Китаем: стат. сб. Чита: Забайкалкрайстат, 2012. 30 с.; Внешняя торговля Забайкальского края: стат. сб. Чита: Забайкалкрайстат, 2020. 48 с.

ничных территорий Востока РФ (Антонова, 2019; Глазырина, Калгина, Лавлинский, 2012; Ломакина, 2014). Заметное усиление сырьевой направленности экономического развития отмечено в двух приграничных регионах — Еврейской АО и Забайкальском крае. Это связано с реализацией некоторых ключевых проектов российско-китайского сотрудничества[1], направленных на освоение природно-ресурсного потенциала данных территорий[2]. Н.Е. Антонова и Н.В. Ломакина отмечают, что «близость к Китаю, с одной стороны, позволила выжить природно-ресурсным отраслям в кризисный период за счет экспорта своей продукции, но, с другой стороны, он же поддерживает их сырьевую направленность» (Антонова, Ломакина, 2018, с. 54). Дальний Восток по-прежнему остается основным поставщиком природного сырья (в частности древесины) в соседний Китай, а динамика его экспорта оказывает заметное влияние на общенациональные показатели (Антонова, 2019). Устойчивой тенденции снижения сырьевой составляющей экспорта в пользу производимых на приграничных территориях товаров, работ и услуг, что заложено в основу новой модели опережающего развития Дальнего Востока, пока не прослеживается. Это показывает анализ товарной структуры экспорта и импорта, выполненный для Забайкальского края (табл. 2).

В 2019 г. внешнеторговый оборот Забайкальского края с Китаем составил 916,8 млн долл. США, что заметно выше уровня 2008 г. — 677,2 млн долл. США. В структуре товарного импорта Забайкальского края преобладают следующие категории: продовольственные товары и сельскохозяйственное сырье (кроме текстильного), машины, оборудование и транспортные средства, продукция химической промышленности, каучук. Принципиально иную структуру имеет экспорт, основу которого составляют сырьевые товары. За период с 2008 г. по 2019 г. структура экспорта заметно изменилась: фокус сместился в сторону минеральных продуктов, удельный вес которых в общем объеме составил 90 % (по данным за 2019 г.). Расширение экспорта данной товарной группы связано с увеличением объемов поставок угля, добываемого на месторождениях Забайкальского края[3]. Также вклад внесли

[1] Список ключевых проектов сотрудничества между регионами Дальнего Востока и Восточной Сибири Российской Федерации и Северо-Востока Китайской народной республики. URL: http://www.chinaruslaw.com/RU/CnRuTreaty/004/201035211202_170376.htm (дата обращения: 19.02.2020).

[2] Промышленный рост в ЕАО обеспечивается сырьевым сектором. URL: https://nabat.news/2017/07/11/promyshlennyj-rost-v-eao-obespechivaetsya-syrevym-sektorom/; Кимкано-Сутарский ГОК. URL: http://www.petropavlovsk-io.ru/rus/projects/ks/; Быстринский ГОК. Первые впечатления. URL: https://www.chita.ru/articles/105842/; Нойон-Тологой. URL: https://nedradv.ru/nedradv/invetsp/?obj=9c868f71f88691a37e333c945b01dc2f (дата обращения: 29.01.2020).

[3] Уголь из Забайкалья впервые начали экспортировать через Находку в Азию. URL: https://www.chita.ru/news/113917/; Интегрированный отчет СУЭК за 2018 г. URL: http://www.suek.ru/upload/files/pdf/SUEK_AR2018_RUS_FINAL.pdf (дата обращения: 25.02.2020).

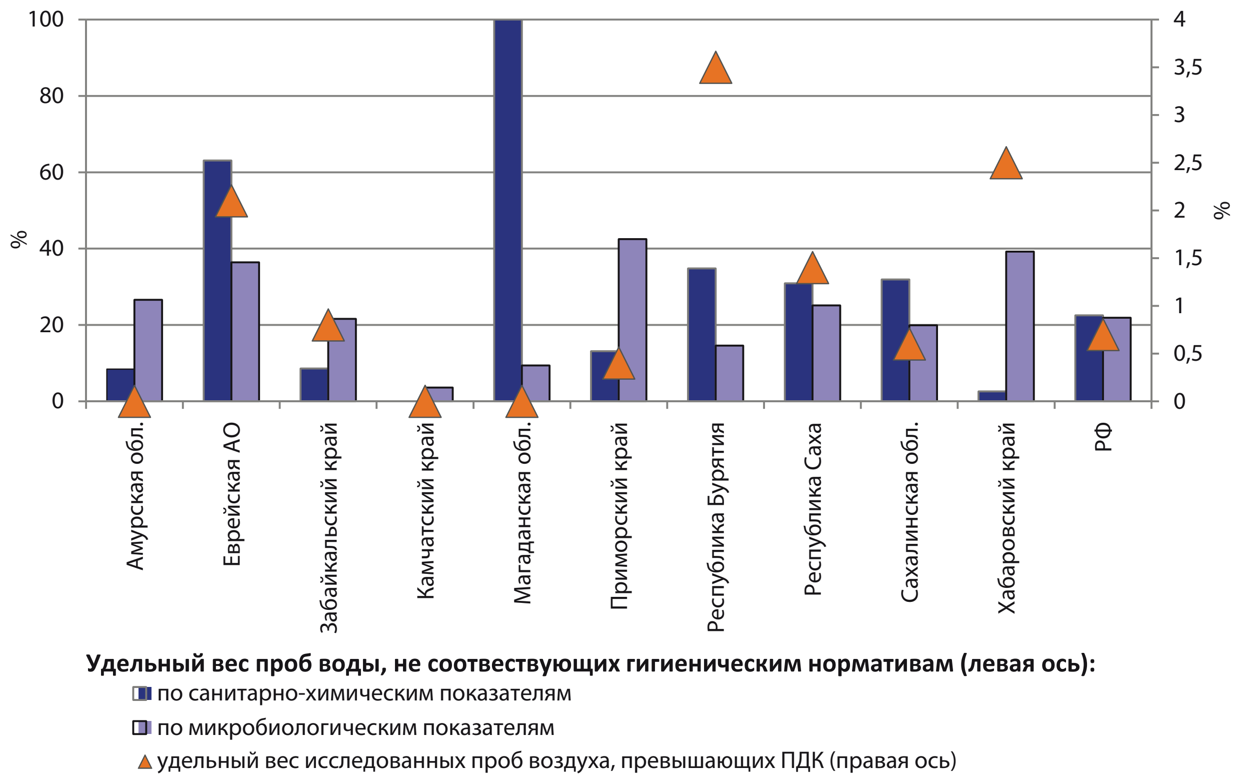


Рис. 3. *Удельный вес негативных проб воды и воздуха в регионах Дальнего Востока и РФ, 2017 г.*
Fig. 3. *The share of the negative water and air samples in the Eastern regions and Russia in 2017*

предприятия горнодобывающей отрасли, реализующие совместные российско-китайские проекты, среди которых, например, инициативы по разработке Нойон-Тологойского и Березовского месторождений[1].

Социо-эколого-экономическое благополучие приграничных регионов Дальнего Востока

Качество окружающей среды является важным аспектом благосостояния и зависит от уровня негативного воздействия хозяйственной деятельности и других объективных факторов. В отдельных восточных регионах отмечается сложная экологическая ситуация — они устойчиво входят в десятку российских регионов с самой высокой удельной экологической нагрузкой. Наибольшее число неудовлетворительных проб воздуха в 2017 г. отмечалось в Республике Бурятия — 3,5 % от общего числа исследованных в регионе (рис. 3).

Наиболее высокое качество водных объектов отмечается на Камчатке: удельный вес негативных проб воды по микробиологическим показателям составил всего 3,6 %, а по санитарно-химическим показателям таких проб не было выявлено. Сложная ситуация с загрязнением водных объектов наблюдается в Магаданской области, Еврейской АО, Приморском и Хабаровском краях.

Результаты оценки уровня социо-эколого-экономического благополучия восточных регионов РФ представлены на рисунке 4. Высокие показатели, полученные на основе четырехкомпонентной мультипликативной модели (т. е. без учета экологической составляющей), отмечаются в Республике Саха, Сахалинской и Магаданской областях. Эти регионы специализируются на добыче природного сырья и входят в двадцатку российских субъектов по величине подушевого ВРП. Среди приграничных территорий выделяется Хабаровский край. Наименее благополучные — Еврейская АО, Забайкальский край и Республика Бурятия.

Включение экологической составляющей в модель заметно сказалось на результатах оценки. В большинстве регионов экологически скорректированная характеристика регионального развития оказалась существенно ниже показателя, полученного на основе четырехкомпонентной мультипликативной модели. Наиболее существенная разница наблюдается в Еврейской АО, Магаданской области и Республике Саха.

[1] Продукция Нойон-Тологойского месторождения пошла на экспорт в Китай. URL: https://zab.ru/news/71017_produkciya_nojon_tologojskogo_mestorozhdeniya_poshla_na_eksport_v_kitaj: Березовское месторождение. URL: https://nedradv.ru/nedradv/invetsp/?obj=9c868f71f88691a37e333c945b016e15#about (дата обращения: 14.11.2019).

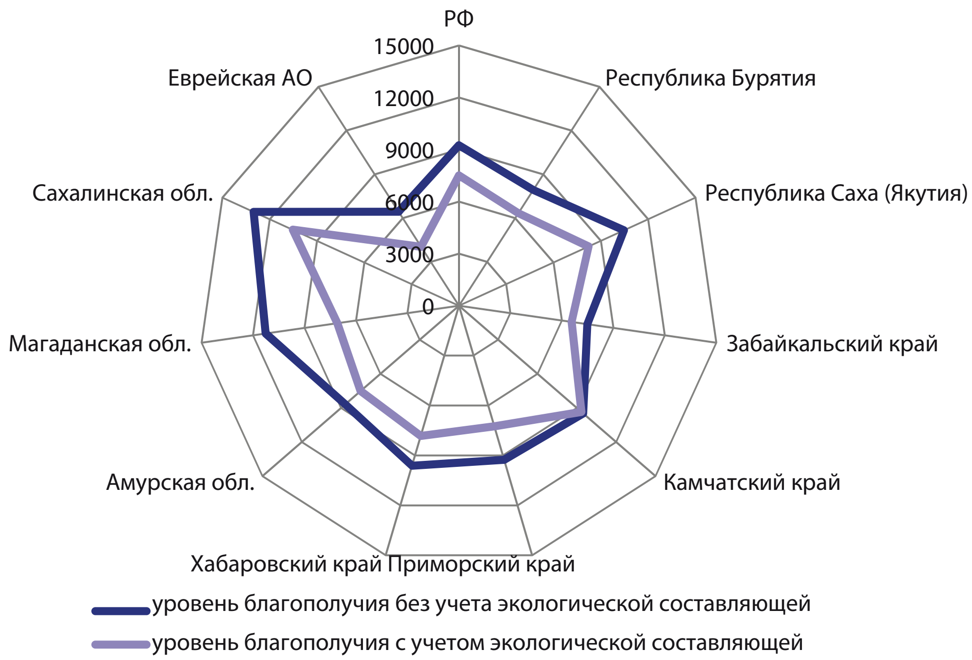


Рис. 4. *Уровень социального благополучия восточных регионов в 2017 г., руб/чел.*
Fig. 4. *The social welfare of the Eastern regions in 2017, Russian roubles per capita*

Как следует из представленных в таблице 3 данных, эти территории имели в 2017 г. низкие значения сводного экологического индекса. Решающее влияние на его величину оказали частные индексы по воде. Так, например, высокий уровень экологического неблагополучия водоемов отмечается в Магаданской области, в которой все отобранные в 2017 г. пробы не соответствовали требованиям нормативов по санитарно-химическим показателям. Самое высокое значение сводного экологического индекса, означающее более благоприятные экологические условия проживания населения, наблюдается в Камчатском крае (0,99 в 2017 г.).

Анализируемые регионы демонстрируют различную динамику показателей, характе-

Таблица 3

Экологические индексы, уровень социального благополучия и его изменение в регионах Дальнего Востока и РФ

Table 3

Environmental indices, social welfare and its changes in the Eastern regions and the Russian Federation

Регион	Экологические индексы, 2017				Благополучие (без учета экологического фактора)			Благополучие (с учетом экологического фактора)		
	Р1	Р2	Р3	Е	2017, руб / чел.	изменение (2008–2017 / 2012–2017), %	место врейтинге (2008 / 2017)*	2017, руб / чел.	изменение (2008–2017 / 2012–2017), %	место в рейтинге (2008 / 2017)*
Р. Бурятия	0,92	0,65	0,83	0,80	7934	17,3 / 4,6	66/66	6336	20,7 / 46,4	55/64
Р. Саха (Якутия)	0,97	0,69	0,70	0,79	10 463	27,1 / 2,6	23/15	8219	47,8 / –1,6	45/26
Забайкальский край	0,98	0,91	0,74	0,88	7478	4,6 / –9,7	56/71	6570	21,0 / 48,22	50/63
Камчатский край	1,00	1,00	0,96	0,99	9477	33,9 / 12,2	59/28	9347	47,3 / 28,7	21/7
Приморский край	0,99	0,87	0,49	0,78	9263	42,8 / 10,7	69/32	7247	32,9 / 3,6	48/46
Хабаровский край	0,94	0,97	0,53	0,81	9614	29,2 / 10,8	44/24	7829	216,4 / 17,5	78/30
Амурская обл.	1,00	0,92	0,68	0,87	8681	27,5 / 2,3	65/48	7512	26,6 / 10,2	35/37
Магаданская обл.	1,00	0,00	0,89	0,63	11 263	33,6 / 15,2	20/11	7090	67,4 / 20,6	69/51
Сахалинская обл.	0,99	0,68	0,76	0,81	13 021	34,7 / 32,1	10/5	10540	65,3 / 41,0	20/3
Еврейская АО	0,95	0,37	0,56	0,63	6443	6,5 / –2,5	76/79	4041	1,0 / –31,1	71/80
РФ в целом	0,98	0,77	0,74	0,83	9247	17,4 / 2,13	—	7515	32,1 / 6,7	—

* Примечание: регионы РФ были ранжированы от большего значения к меньшему. Ввиду отсутствия информации по числу негативных проб за отдельные годы следующие субъекты были исключены из анализа: Ненецкий АО, Республика Ингушетия, Республика Тыва, Чеченская Республика, Чукотский АО, Республика Крым и г. Севастополь.
Источник: рассчитано автором.

ризующих уровень благополучия. Заметный рост благосостояния без учета экологической составляющей за весь анализируемый период отмечался в Приморском и Камчатском краях, Сахалинской и Магаданской областях. Наибольшее увеличение экологически скорректированного показателя наблюдалось в Хабаровском крае (216,4 % по отношению к 2008 г.), который в базовом году занимал последнее место в рейтинге регионов РФ по этому показателю. Существенное влияние на динамику социо-эколого-экономического благополучия оказал экологический фактор. В 2008 г. реальные экологические условия жизни населения в данном регионе характеризовались как неблагоприятные — значение сводного экологического индекса было минимальным среди всех рассматриваемых регионов Востока РФ и составило 0,33; в последующие годы ситуация улучшилась: существенно сократилась доля негативных проб воздуха и воды по санитарно-химическим показателям.

Отдельно стоит упомянуть Еврейскую АО, которая демонстрировала наихудшую динамику. Этот регион, наряду с Забайкальским краем, потерял в ранге социального благополучия по обоим анализируемым показателям. Республика Бурятия также ухудшила свое положение по экологически скорректированной характеристике регионального развития. Обращает на себя внимание снижение в Забайкальском крае, Еврейской АО и Республике Саха некоторых показателей, произошедшее в период становления институтов развития на Дальнем Востоке.

Заключение

Результаты проведенного исследования позволяют заключить, что пока нет достаточных оснований для утверждения, что восточные регионы движутся по направлению к поставленным в стратегических документах целям. Большинство из них по-прежнему не дотягивают до среднероссийского уровня социально-экономического развития, при этом заметного сокращения отставания этих регионов по базовым макроэкономическим показателям не выявлено. Более того, за последнее десятилетие почти все приграничные территории ухудшили свое положение в рейтинге российских регионов по величине среднедушевого ВРП.

Исследование характера развития региональных экономических систем показало, что присущие зеленой экономике черты (структурные изменения в экономике в пользу развития высокотехнологичных и наукоемких производств, улучшение экологических условий жизни, экономичное использование природных ресурсов и др.) на восточных территориях пока не проявляются или проявляются слабо. В некоторых из них выявлены антиустойчивые тенденции — усиление сырьевой составляющей экономического развития, снижение доли обрабатывающих производств и стабильно сохраняющийся в последние годы ресурсный характер экспорта, что вызывает серьезные опасения консервации отставания восточных регионов от общенациональных трендов (Глазырина, Калгина, Лавлинский, 2012).

Включение экологической компоненты в мультипликативную модель заметно сказалось на результатах оценки благополучия восточных регионов — в большинстве из них показатель с учетом экологических условий жизни оказался существенно ниже характеристики, не принимающей во внимание этот аспект благосостояния, при этом отдельные приграничные регионы демонстрировали наихудшую динамику за рассматриваемый период. Несмотря на преимущества приграничного положения и реализацию механизмов опережающего развития, в регионах Дальнего Востока, по оценке П.А. Минакира, «прорыва пока не наблюдается» (Минакир, 2019), как и заметного повышения уровня их благосостояния.

Некоторая ограниченность полученных оценок благополучия регионов заключается в невозможности их использования в прогнозных целях. Однако применение представленного подхода в практике государственного управления позволит более адекватно оценивать достигнутый уровень развития, избегать прежних ошибок и корректировать реализуемые направления региональной политики. Результаты исследования могут приниматься во внимание при разработке документов стратегического планирования, социально-экономических и природоохранных программ, а также при оценке эффективности реализуемых инструментов опережающего развития территорий Востока РФ.

Для повышения эффективности проведения исследования разработана информационная система для оценки уровня социо-эколого-экономического благополучия регионов РФ. В настоящее время система протестирована и находится на этапе внедрения с целью обеспечения возможности ее использования заинтересованными лицами.

Список источников

Антонова Н. Е. Лесной комплекс Дальнего Востока. Есть ли задел под будущее развитие? // ЭКО. 2019. № 5 (539). С. 27–47. DOI: doi.org/10.30680/ECO0131-7652-2019-5-27-47.

Антонова Н. Е., Ломакина Н. В. Природно-ресурсные отрасли Дальнего Востока. Новые факторы развития // Экономические и социальные перемены. Факты, тенденции, прогноз. 2018. Т. 11, № 1. С. 43–56. DOI: doi.org/10.15838/esc/2018.1.55.3.

Бобылев С. Н., Соловьева С. В., Ситкина К. С. Индикаторы устойчивого развития Уральского региона // Экономика региона. 2013. № 2. С. 10–17. DOI: doi.org/10.17059/2013-2-1.

Васильева Е. В. Рейтинг субъектов Российской Федерации по уровню благосостояния населения // Региональная экономика. Теория и практика. 2014. № 44 (371). С. 14–24.

Глазырина И. П. Принцип «загрязнитель платит» и экологически неравноценный обмен // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т. 22, № 3. С. 93–100.

Глазырина И. П., Калгина И. С., Лавлинский С. М. Проблемы освоения минерально-сырьевой базы востока России и перспективы модернизации региональной экономики в условиях сотрудничества с КНР // Регион. Экономика и социология. 2012. № 4 (76). С. 202–220.

Глазырина И. П., Фалейчик А. А., Фалейчик Л. М. Дальневосточное будущее Забайкалья. Надежды и реальность // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25, № 8. С. 87–98. DOI: doi.org/10.21209/2227-9245-2019-25-8-87-98.

Забелина И. А. Эффект декаплинга в эколого-экономическом развитии регионов — участников трансграничного взаимодействия // Экономические и социальные перемены. Факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, № 1. С. 241–255. DOI: doi.org/10.15838/esc.2019.1.61.15.

Забелина И. А., Клевакина Е. А. Оценка экологических затрат в произведенном валовом региональном продукте // Регион. Экономика и социология. 2011. № 2. С. 223–232.

Ломакина Н. В. Промышленное развитие Дальнего Востока России и Северо-Востока Китая. Цели, результаты и возможности для сотрудничества // ЭКО. 2014. № 6 (480). С. 25–39.

Малкина М. Ю. Оценка социального благополучия российских регионов, уровня и динамики межрегиональных различий на основе функций благосостояния // Terra Economicus. 2016. Т. 14, № 3. С. 29–49. DOI: doi.org/10.18522/2073-6606-2016-14-3-29-49.

Малкина М. Ю. Социальное благополучие регионов Российской Федерации // Экономика региона. 2017. Т. 13, № 1. С. 49–62. DOI: doi.org/10.17059/2017-1-5.

Мельников Р. М. Анализ динамики межрегионального экономического неравенства. Зарубежные подходы и российская практика // Регион. Экономика и социология. 2005. № 4. С. 3–18.

Минакир П. А. Дальневосточные институциональные новации. Имитация нового этапа // Пространственная экономика. 2019. Т. 15, № 1. С. 7–17. DOI: doi.org/10.14530/se.2019.1.007-017.

Мхитарян В. С., Бакуменко Л. П. Интегральная оценка качества жизни населения Республики Марий Эл // Вопросы статистики. 2011. № 6. С. 60–67.

Найден С. Н., Белоусова А. В. Методический инструментарий оценки благосостояния населения: межрегиональное сопоставление // Экономика региона. 2018. Т. 14, № 1. С. 53–68. DOI: doi.org/10.17059/2018-1-5.

Природный капитал региона и российско-китайские трансграничные отношения. Перспективы и риски / под ред. И. П. Глазыриной, Л. М. Фалейчик. Чита : ЗабГУ, 2014. 527 с.

Рюмина Е. В. Экологически скорректированный ВВП. Сферы использования и проблемы оценки // Экономика региона. 2013. № 4. С. 107–115. DOI: doi.org/10.17059/2013-4-10.

Рюмина Е. В. Экологические аспекты оценки качества жизни // Экономика региона. 2016. Т. 12, № 4. С. 1113–1122. DOI: doi.org/10.17059/2016-4-13.

Стиглиц Д., Сен А., Фитусси Ж.-П. Неверно оценивая нашу жизнь. Почему ВВП не имеет смысла? Доклад Комиссии по измерению эффективности экономики и социального прогресса / пер. с англ. И. Кушнаревой; науч. ред. пер. Т. Дробышевская. Москва : Изд-во Института Гайдара, 2016. 216 с.

Сырцова Е. А., Пыжев А. И., Зандер Е. В. Истинные сбережения регионов Сибири. Новые оценки, старые проблемы // ЭКО. 2016. № 6 (504). С. 109–129.

Шворина К. В., Фалейчик Л. М. Основные тренды миграционной мобильности населения регионов Сибирского и Дальневосточного федеральных округов // Экономика региона. 2018. Т. 14, № 2. С. 485–501. DOI: doi.org/10.17059/2018-2-12.

Armiento M. The Sustainable Welfare Index: Towards a Threshold Effect for Italy // Ecological Economics. 2018. Vol. 152. P. 296–309. DOI: doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.06.014.

Bravo G. The Human Sustainable Development Index: New calculations and a first critical analysis // Ecological Indicators. 2014. Vol. 37. P. 145–150. DOI: doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.10.020.

Castaneda B. An Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW) for Chile // Ecological Economics. 1999. Vol. 28. P. 231–244.

Clarke M., Islam S. Diminishing and negative welfare returns of economic growth: an index of sustainable economic welfare (ISEW) for Thailand // Ecological Economics. 2005. Vol. 54. P. 81–93. DOI: doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.003.

Daly H., *Cobb J.* For the Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment and a Sustainable Future. Boston : Beacon Press, 1989. 534 p.

Lindmark M., *Thu H. N.*, *Stage J.* Weak support for weak sustainability: Genuine savings and long-term wellbeing in Sweden, 1850–2000 // Ecological Economics. 2018. Vol. 145. P. 339–345. DOI: doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.11.015.

Sustainable development of Krasnoyarsk Krai: new estimates / A. I. Pyzhev, E. A. Syrtsova, Yu. I. Pyzheva, E. V. Zander // Журнал Сибирского федерального университета. 2015. Т. 8, № 11. С. 2590–2595. (Гуманитарные науки).

Sen A. On the Development of Basic Income Indicators to Supplement the GNP Measure // Economic Bulletin for Asia and the Far East. 1973. Vol. 24. P. 1–11.

Sen A. Real national income // Review of Economic Studies. 1976. Vol. 43 (1). P. 19–39. DOI: doi.org/10.2307/2296597.

Sen A. The Welfare Basis of Real Income Comparisons: A Survey // Journal of Economic Literature. 1979. Vol. 17. P. 1–45.

References

Antonova, N. E. & Lomakina, N. V. (2018). Natural Resource-Based Industries of the Far East: New Drivers of Development. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast], 11(1),* 43–56. DOI: 10.15838/esc/2018.1.55.3. (In Russ.)

Antonova, N. E. (2019). Forest Complex of the Far East: is there Groundwork for Future Development? *EKO [ECO], 5(539),* 27–47. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2019-5-27-47. (In Russ.)

Armiento, M. (2018). The Sustainable Welfare Index: Towards a Threshold Effect for Italy. *Ecological Economics, 152,* 296–309. DOI: doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.06.014.

Bobylev, S. N., Solovyova, S. V. & Sitkina, K. S. (2013). Sustainable development indicators of the Ural region. *Ekonomika regiona [Economy of Region], 2,* 10–17. DOI: 10.17059/2013-2-1. (In Russ.)

Bravo, G. (2014). The Human Sustainable Development Index: New calculations and a first critical analysis. *Ecological Indicators, 37,* 145–150. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.10.020.

Castaneda, B. (1999). An index of sustainable economic welfare (ISEW) for Chile. *Ecological Economics, 28,* 231–244.

Clarke, M. & Islam, S. (2005). Diminishing and negative welfare returns of economic growth: an index of sustainable economic welfare (ISEW) for Thailand. *Ecological Economics, 54,* 81–93. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2004.10.003.

Daly, H. & Cobb, J. (1989). *For the Common Good: Redirecting the Economy toward Community, the Environment and a Sustainable Future.* Boston: Beacon Press, 534.

Glazyrina, I. P. & Faleychik, L. M. (Eds.). (2014). *Prirodnyy kapital regiona i rossiysko-kitayskie transgranichnye otnosheniya. Perspektivy i riski [Natural capital of the region and Russian-Chinese cross-border relations: prospects and risks].* Chita, ZabGU, 527. (In Russ.)

Glazyrina, I. P. (2016). The principle of "polluter pays" and ecologically unequal exchange. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta [Transbaikal State University Journal], 22(3),* 93–100. (In Russ.)

Glazyrina, I. P., Faleychik, A. A. & Faleychik, L. M. (2019). Far eastern future of Transbaikalia: expectations and reality. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta [Transbaikal State University Journal], 25(8),* 87–98. DOI: 10.21209/2227-9245-2019-25-8-87-98. (In Russ.)

Glazyrina, I. P., Kalgina, I. S. & Lavlinsky, S. M. (2012). Problems in development of the mineral resources base in the eastern part of Russia and perspectives of modernizing the regional economy in the context of its cooperation with China. Region. *Ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 4(76),* 202–220. (In Russ.)

Lindmark, M., Thu, H. N. & Stage, J. (2018). Weak support for weak sustainability: Genuine savings and long-term wellbeing in Sweden, 1850–2000. *Ecological Economics, 145,* 339–345. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2017.11.015.

Lomakina, N. V. (2014). Industrial Development of the Far East Russia and Northeast of China: the Purposes, Results and Opportunities for Cooperation. *EKO [ECO], 6(480),* 25–39. (In Russ.)

Malkina, M. Yu. (2016). Evaluation of the social well-being of Russian regions, the level and dynamics of inter-regional disparities based on a welfare functions. *Terra Economicus, 14(3),* 29–49. DOI: 10.18522/2073-6606-2016-14-3-29-49. (In Russ.)

Malkina, M. Yu. (2017). Social Well-Being of the Russian Federation Regions. *Ekonomika regiona [Economy of Region], 13(1),* 49–62. DOI: 10.17059/2017-1-5. (In Russ.)

Melnikov, R. M. (2005). Analysis of the dynamics of regional economic differentiation: foreign approaches and domestic practice. Region. *Ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 4,* 3–18. (In Russ.)

Mhitarian, V. S. & Bakumenko L. P. (2011) Integral estimation of living standards of population in the Republic of Marii El. *Voprosy statistiki, 6,* 60–67. (In Russ.)

Minakir, P. A. (2019). Far eastern institutional novations: imitation of a new stage. *Prostranstvennaya ekonomika [Spatial Economics], 15(1),* 7–17. DOI: 10.14530/se.2019.1.007-017.

Naiden, S. N. & Belousova, A. V. (2018). Methodological Tools to Assess the Population Welfare: Interregional Comparison. *Ekonomika regiona [Economy of Region], 14(1),* 53–68. DOI: 10.17059/2018-1-5. (In Russ.)

Pyzhev, A. I., Syrtsova, E. A., Pyzheva, Yu. I. & Zander, E. V. (2015). Sustainable development of Krasnoyarsk Krai: new estimates. *Journal of Siberian federal university. Humanities and social sciences, 8(11),* 2590–2595.

Ryumina, E. V. (2013). Ecologically adjusted GDP: spheres of using and assessment problems. *Ekonomika regiona [Economy of Region], 4,* 107–115. DOI: 10.17059/2013–4-10. (In Russ.)

Ryumina, E. V. (2016). Ecological Aspects of the Assessment of Quality of Life. *Ekonomika regiona [Economy of Region], 12(4),* 1113–1122. DOI: 10.17059/2016–4-13. (In Russ.)

Sen, A. (1973). On the Development of Basic Income Indicators to Supplement the GNP Measure. *Economic Bulletin for Asia and the Far East, 24,* 1–11.

Sen, A. (1976). Real national income. *Review of Economic Studies, 43(1),* 19–39. DOI: 10.2307/2296597.

Sen, A. (1979). The Welfare Basis of Real Income Comparisons: A Survey. *Journal of Economic Literature, 17,* 1–45.

Shvorina, K. V. & Faleychik L. M. (2018). Main Directions of Migration Mobility in the Siberian and Far Eastern Federal Districts. *Ekonomika regiona [Economy of Region], 14(2),* 485–501. DOI: 10.17059/2018–2-12. (In Russ.)

Stiglitz, J., Sen, A. & Fitoussi, J.-P. (2010). *Mis-measuring Our Lives. Why GDP doesn't add Up. The report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress [Neverno otsenivaya nashu zhizn. Pochemu VVP ne imeet smysla? Doklad Komissii po izmereniyu effektivnosti ekonomiki i sotsialnogo progressa].* Trans. from English. Moscow: Gaidar Institute Press, 216. (In Russ.)

Syrtsova, E. A., Pyzhev, A. I., & Zander, E. V. (2016). Genuine Savings for Siberian Regions: new Estimates, Old Problems. *EKO [ECO], 6(504),* 109–129. (In Russ.)

Vasil'eva, E. V. (2014). Rating of the RF subjects according to the level of well-being of the population. *Regionalnaya ekonomika. Teoriya i praktika [Regional economics: theory and practice], 44(371),* 14–24. (In Russ.)

Zabelina, I. A. & Klevakina, E. A. (2011). Assessing the share of environmental costs in GRP. Region. *Ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 2,* 223–232. (In Russ.)

Zabelina, I. A. (2019). Decoupling in Environmental and Economic Development of Regions-Participants of Cross-Border Cooperation. *Ekonomicheskie i sotsialnye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz [Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast], 12(1),* 241–255. DOI: 10.15838/esc.2019.1.61.15. (In Russ.)

Информация об авторе

Забелина Ирина Александровна — кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН; Scopus Author ID: 57192109413; https://orcid.org/0000-0003-4464-2593 (Российская Федерация, 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а; e-mail: i_zabelina@mail.ru).

About the author

Irina A. Zabelina — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Senior Research Associate, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of RAS; Scopus Author ID: 57192109413; https://orcid.org/0000–0003–4464–2593 (16a, Nedorezova St., Chita, 672014, Russian Federation; e-mail: i_zabelina@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 15.06.2020.
Прошла рецензирование: 25.08.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 15 Jun 2020.
Reviewed: 25 Aug 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

RESEARCH ARTICLE
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-8
UDC 339.923
JEL F01, F60

Boris A. Kheyfets [a]***, Veronika Yu. Chernova*** [b]
[a] Institute of Economics of RAS, Moscow, Russian Federation
[a] Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation
[b] RUDN University, Moscow, Russian Federation
[b] State University of Management, Moscow, Russian Federation
[a] https://orcid.org/0000-0002-6009-434X
[b] https://orcid.org/0000-0001-5951-9091; e-mail: veronika.urievna@mail.ru

Consumer Involvement in the Globalisation of Trade: Case of the European Union[1]

Consumer globalisation is a fundamentally new stage in modern economic development. The Internet and digital technologies are becoming key drivers of consumer globalisation. To assess these processes, a quantitative evaluation method was developed that distinguishes consumer globalisation twofold — actual and potential. The example of the EU countries was analysed for consumer globalisation. The results obtained allow concluding that consumers in countries with high per capita income and higher prevalence and availability of Internet technologies are more globalised. The highest growth rates of globalisation were noted in countries with basically low globalisation indicators — among consumers in Cyprus, Bulgaria, Greece, Slovenia and Romania. There are differences between the EU countries in the intensity of globalisation processes due to different levels of economic development, different provision of infrastructure and information and communication technologies. The assessment of consumer globalisation showed that consumers of all EU countries in 2018 became more globalised in comparison with 2014. The results obtained make it possible to speak with confidence about the beginning of a new stage of economic globalisation, which will be determined by new technologies and consumer networks. The research findings contribute to the better understanding of the ongoing globalisation processes. The consumer globalisation index can serve as a tool for studying the involvement of consumers in international relations, exploring the potential for these relations' development, as well as the differences in consumer globalisation between different countries, particular regions within the same country and between various social groups of population.

Keywords: globalisation index, consumer globalisation, economic differentiation, consumer networks, producer integration, economic growth, European Union, market behaviour, factors of globalisation, trade flows

For citation: Kheyfets, B. A. & Chernova, V. Yu. (2022). Consumer Involvement in the Globalisation of Trade: Case of the European Union. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 413-422, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-8.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

Б. А. Хейфец [а)], В. Ю. Чернова [б)]
[а)] Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва, Российская Федерация
[а)] Институт экономики РАН, г. Москва, Российская Федерация
[б)] Российский университет дружбы народов (РУДН), г. Москва, Российская Федерация
[б)] Государственный университет управления, г. Москва, Российская Федерация
[а)] https://orcid.org/0000-0002-6009-434X
[б)] https://orcid.org/0000-0001-5951-9091; e-mail: veronika.urievna@mail.ru

Глобализация потребления: пример Европейского союза

Глобализация потребления — принципиально новый этап современного экономического развития. Интернет и цифровые технологии стали ключевыми факторами такой глобализации. Для исследования происходящих процессов был разработан метод количественной оценки, который рассматривает как фактическую, так и потенциальную глобализацию потребления. Процесс потребительской глобализации был проанализирован на примере стран Европейского союза. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что уровень глобализации потребителей выше в странах с высоким доходом на душу населения и большей доступностью интернет-технологий. Самые высокие темпы роста глобализации отмечены в странах с низкими показателями глобализации — среди потребителей на Кипре, в Болгарии, Греции, Словении и Румынии. Разный уровень экономического развития, а также обеспеченности инфраструктурой и информационно-коммуникационными технологиями в государствах ЕС обуславливает различия в интенсивности процессов глобализации. Оценка глобализации потребления показала, что потребители всех стран Европейского союза в 2018 г. стали более глобализированными по сравнению с 2014 г. Полученные данные позволяют с уверенностью говорить о начале нового этапа экономической глобализации, в котором важную роль играют современные технологии и потребительские сети. Результаты исследования способствуют лучшему пониманию происходящих процессов глобализации. Индекс глобализации потребления может использоваться для анализа вовлеченности потребителей в международные отношения, изучения потенциала развития этих отношений, а также исследования различий в глобализации потребления между разными странами, отдельными регионами внутри одной страны и различными социальными группами населения.

Ключевые слова: индекс глобализации, глобализация потребления, экономическая дифференциация, потребительские сети, интеграция производителей, экономический рост, Европейский союз, рыночное поведение, факторы глобализации, торговые потоки

Для цитирования: Хейфец Б. А., Чернова В. Ю. Глобализация потребления: пример Европейского союза // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 413-422. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-8.

1. Introduction

The development of economic globalisation has an evolutionary character. Its first stage included the financial aspect, and the driver was the integration of manufacturers. At the present stage, when information and digital technologies are of particular importance (Akberdina, Kalinina, Vlasov, 2018), consumer networks are becoming the driver of globalisation (Romanova, Korovin, Kuzmin, 2017). In 1983, Levitt pointed out that technology is one of the most important prerequisites for the globalisation of consumers. He wrote that a powerful force pushed the world towards convergence and community, and this force was technology (Levitt, 1983). The growing role of consumers in globalisation processes is due to the fact that modern consumers increase their influence in the market as a result of the exchange of information on what should or should not be bought; share their experience; create new directions of commodity supply and demand; stimulate innovations (Manyika, Lund, 2019; Litau, 2018a; Litau, 2018b; Toffler, Toffler, 2008). The trend towards consumer globalisation is convincingly reflected by the dynamics of coverage of the population with social networks. If in 1995 there were 15 million Internet users (0.39 % of total population of the Earth), in 2007 — 1.15 billion (17.2 %), then on 1 April 2020, there were 4.6 billion users (58.7 % of all people)[1].

However, globalisation is not homogeneous. There are differences in the intensity of globalisation between countries, between regions within

[1] Statista. (2020). Most Popular Social Networks Worldwide as of July 2020, Ranked by Number of Active Users (in Millions). Retrieved from: https://www.statista.com/statistics/272014/global-social-networks-ranked-by-number-of-users/ (Date of access: 10.09.2020).

countries, and even between social groups. The patterns of the spread of globalisation as a whole repeat the infrastructural and communication differences between urban and rural areas (Zhadnova, 2014), between age groups (Yessenbekova et al., 2020). As for social status, wealthy people in general have much more access to international connections, and, therefore, are more involved in global trends (Brussevich, Dabla-Norris, Khalid, 2020). The complexity of the formation of consumer networks means the problem of assessing and analysing the course of globalisation. This requires improved research methods, since tracking only the flows of physical goods (assets) does not give a sufficient idea of the real situation in this area (Kheyfets, 2018).

The formulated statements allowed proposing the research hypothesis: consumers have become more globalised, which results in an increase in their spending on foreign products and services, including tourism and information ones, and the current differences in the globalisation level are due to heterogeneous differentiation in income and infrastructure development. The problem of observability and fixation of these trends underlies the purpose of this study, which was to develop a consumer globalisation index. To achieve this goal, we summarised the achievements of quantitative assessment of various manifestations of globalisation, which made it possible to identify the factors characterising the scale of the spread of consumer networks, their degree of coverage and to determine the factors contributing to the development of the potential for consumer globalisation.

2. Literature Review

A fairly large number of scientific works are devoted to measuring the processes of globalisation, in particular, Gygli et al. (2019), Kluver and Fu (2015), Vujakovic (2010), Figge and Martens (2014), Martens and Raza (2009), Amburn (2009), Raab et al. (2008), and others. As a rule, macroeconomic indicators are used in globalisation indices that take into account its multidimensional nature. They measure economic and political globalisation, less often social and environmental globalisation, and poorly characterise the participation of a person-personality and a person-consumer in the globalisation processes (Ley, 2004; Ray, 2007).

Attempts to take into account social and cultural aspects, personal contacts of citizens, and technological development when measuring globalisation have been undertaken in Martens et al. (2008); Vujakovic (2010); Caselli (2006). Human participation in the globalisation processes is usually described by social globalisation (GlobalIndex; Maastricht Globalisation Index (MGI)), cultural globalisation (GlobalIndex; Maastricht Globalisation Index (MGI); Cultural Globalisation Index), and personal contacts (A. T. Kearney/Foreign Policy Globalisation Index (ATK/FP); New Globalisation Index (NGI)), and the factors contributing to the development of social and cultural globalisation are often identified in the sub-index of technological (Maastricht Globalisation Index (MGI)); A. T. Kearney/Foreign Policy Globalisation Index (ATK/FP)) or information globalisation (CSGR Globalisation Index; DHL Global Connectedness Indicator (GCI)). These tools often differ from each other in the methodological approach of assessment (Table 1).

The existing globalisation indices, although they contain indicators and variables that can be fully or partially related to the consumer aspects of globalisation, take into account mainly the economic and political aspects. The inclusion of social and cultural aspects in the indices does not give a complete picture of the participation of consumers in the processes of economic globalisation.

3. Materials and Methods

From the authors' point of view, the KOF Globalisation Index 2018v is of the greatest scientific interest for the development of the consumer globalisation index. According to its developers, globalisation is de jure a prerequisite for de facto globalisation. The authors have developed this approach and highlight the globalisation of consumers as twofold — the actual globalisation and the potential of consumer globalisation.

Actual consumer globalisation is taken into account in the form of consumer spending on the purchase of imported food and consumer goods and in the form of consumer spending on the purchase of goods and services produced by foreign companies in the country. Purchases of foreign goods and services in another country are statistically taken into account in consumer spending on tourism services abroad. In recent years, online purchases of goods, services, information products have become increasingly widespread, which is also reflected in the authors' index as online purchases of foreign goods and services, and online purchases of information content.

The potential of consumer globalisation is shaped by the factors contributing to its development. These factors include the availability of the Internet, knowledge of at least one foreign language, the number of tourist trips, the number of consumers using the Internet to order goods and

Table 1

Globalisation at the level of individuals in globalisation indices

Globalisation index	Globalisation at the level of individuals
KOF Globalisation Index — 2018 Version (Gygli et al., 2019)	Social globalisation. Interpersonal globalisation: De facto globalisation — international voice traffic; cross-border transfers; international tourism; international student mobility; population migration. De jure globalisation — telephone services; freedom of visit; international airports. Information globalisation: De facto globalisation — the used bandwidth of the Internet; international patents; export of high technologies. De jure globalisation — access to television; access to the Internet; freedom of the press. Cultural globalisation. De facto globalisation — trade in cultural goods; trade in personal services; international trade marks; McDonald's restaurants; IKEA stores. De jure globalisation — gender parity; human capital; civil liberties
Maastricht Globalisation Index [MGI] version 2012 (Figge, Martens, 2014; Martens, Raza, 2009)	Social and cultural globalisation: flows of migrants; flows of tourists. Technological globalisation: incoming and outgoing telephone traffic in minutes per capita; the share of Internet users in a country's population
A. T. Kearney/Foreign Policy Globalisation Index [ATK/FP] (Amburn, 2009)	Social and cultural globalisation: international travel and tourism, international telephone traffic and cross-border remittances by the population, and other personal and private transfers. Technological globalisation: number of Internet users, the Internet hosts and secure servers
GlobalIndex (Raab et al., 2008)	Socio-technical globalisation. Personal contacts: outgoing telephone traffic; cross-border money transfers; international tourism; the share of the foreign population in the total population. Information flows: the Internet hosts per capita; the share of the Internet users in a country's population; cable TV for 1,000 people; daily newspapers for 1,000 people; radio for 1,000 people; international trade in books and brochures in USD per capita; international trade in newspapers and periodicals per capita; the availability of fixed communications and mobile phones per 1,000 people. Cultural globalisation. Development factors: the share of the urban population in the total population; the share of high-tech exports in industrial exports; research and development (R&D) spending as a percentage of the GDP. Values and standards: Freedom House Index; government spending on education as % of the GDP; accessibility of primary education, including for women; number of McDonald's restaurants
CSGR Globalisation Index (University of Warwick, n.d.)	Globalisation of the population: the share of the foreign population in the total population; influx of the foreign population into the total population; cross-border remittances by labour migrants in % of the GDP; the share of arriving and departing tourists in the total population. Globalisation of information: international outgoing telephone traffic per capita; the share of the Internet users in a country's population; the number of imported and exported films; the cost of imported and exported books and newspapers per capita; number of international letters sent and received per capita
New Globalisation Index [NGI] (Vujakovic, 2010)	Indicators: flow of migrants; international tourism; student mobility; international phone calls; international bandwidth of the Internet network; international trade in newspapers; international trade in books; international money transfers
DHL Connectedness Indicator [GCI] (Altman, Bastian, 2019)	Globalisation of the population: international tourism; flow of migrants; student mobility. Globalisation of information: international Internet traffic; minutes of phone calls; trade in printed publications
Cultural Globalisation Index (Kluver, Fu, 2015)	Indicators: films; television programs; volume of imported printed publications; availability of foreign satellite channels from cable television systems

End of Table 1

Globalisation index	Globalisation at the level of individuals
Person-Based Globalisation Index [PBGI] (Caselli, 2013)	Indicator groups: possession of resources and abilities necessary for life in the global world; effective mobility and activity in supranational and global spheres; belonging and a sense of belonging to global organisations; integration into the global streams of mass communication; participation in global communication flows; degree of global consciousness

Table 2

Methodology for calculating indicators included in the indicator of actual globalisation and the indicator of the potential of consumer globalisation

Indicator	Calculation methodology
GS	consumer spending on the purchase of imported food and consumer goods per capita in the *i*-th country/ consumer spending on the purchase of imported food and consumer goods per capita in the country with the highest per capita costs
GSF	consumer spending on the purchase of goods and services produced by foreign companies in the *i*-th country per capita/consumer spending on the purchase of goods and services produced by foreign companies in the country with the highest costs
TS	spending of consumers of the *i*-th country on services of the tourism industry in a foreign country / spending of consumers of a country with maximum costs on services of the tourism industry in a foreign country
TSO	share of consumers purchasing foreign goods and services via the Internet in the total population of the *i*-th country
EO	share of consumers who receive educational services online in the total population of the *i*-th country
OC	share of consumers purchasing online content in the total population of the *i*-th country
IA	share of consumers using the Internet at least once a week in the total population of the *i*-th country
FL	share of consumers who speak at least one foreign language in the total population of the *i*-th country
OP	share of consumers using the Internet to order goods and services in the total population of the *i*-th country
BO	share of consumers using the Internet for financial transactions in the total population of the *i*-th country
QT	number of tourist trips per capita of the *i*-th country
GDPC	GDP per capita in the *i*-th country/GDP per capita in the country with the highest GDP per capita

services, as well as to carry out financial transactions. In addition, the ability of consumers to purchase goods and services plays a significant role in consumer globalisation. The authors use gross domestic product (GDP) per capita as a measure of this ability.

The consumer globalisation index, in this approach, is defined as the geometric mean of the actual consumer globalisation and the potential for its development:

$$IGC = \sqrt{GF \times PG}, \qquad (1)$$

where *IGC* — index of consumer globalisation, *GF* — actual consumer globalisation, *PG* — potential of consumer globalisation.

Actual consumer globalisation is defined as

$$GF = \sqrt[6]{GS \times GSF \times TS \times TSO \times EO \times OC}, \qquad (2)$$

where *GS* — consumer spending on the purchase of imported food and consumer goods; *GSF* — consumer spending on the purchase of goods and services produced by foreign companies in the country; *TS* — consumer spending on tourism services in a foreign country; *TSO* — online purchases of foreign goods and services by consumers; *EO* — online education at foreign universities; *OC* — online purchase of foreign content.

The potential for consumer globalisation is calculated using the formula

$$PG = \sqrt[6]{IA \times FL \times OP \times BO \times QT \times GDPC}, \qquad (3)$$

where *IA* — Internet access; *FL* — knowledge of foreign languages; *OP* — online purchases of goods and services; *BO* — online financial services; *QT* — tourist trips; *GDPC* — GDP per capita.

The methodology for calculating the indicators included in the indicator of actual globalisation and the indicator of the potential for consumer globalisation is presented in Table 2.

The assessment of consumer globalisation was carried out by the authors via a case study of the EU countries, which is associated with the availability of statistical information, its completeness, and uniform principles for collecting and presenting data. The source of information is Eurostat[1]. The lack of some statistics for 2019 prevented the

[1] Eurostat. (2020). Database. Retrieved from: https://ec.europa.eu/eurostat/data/database?p_p_id=NavTreeportletprod_WAR_NavTreeportletprod_INSTANCE_nPqeVbPXRmWQ&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_

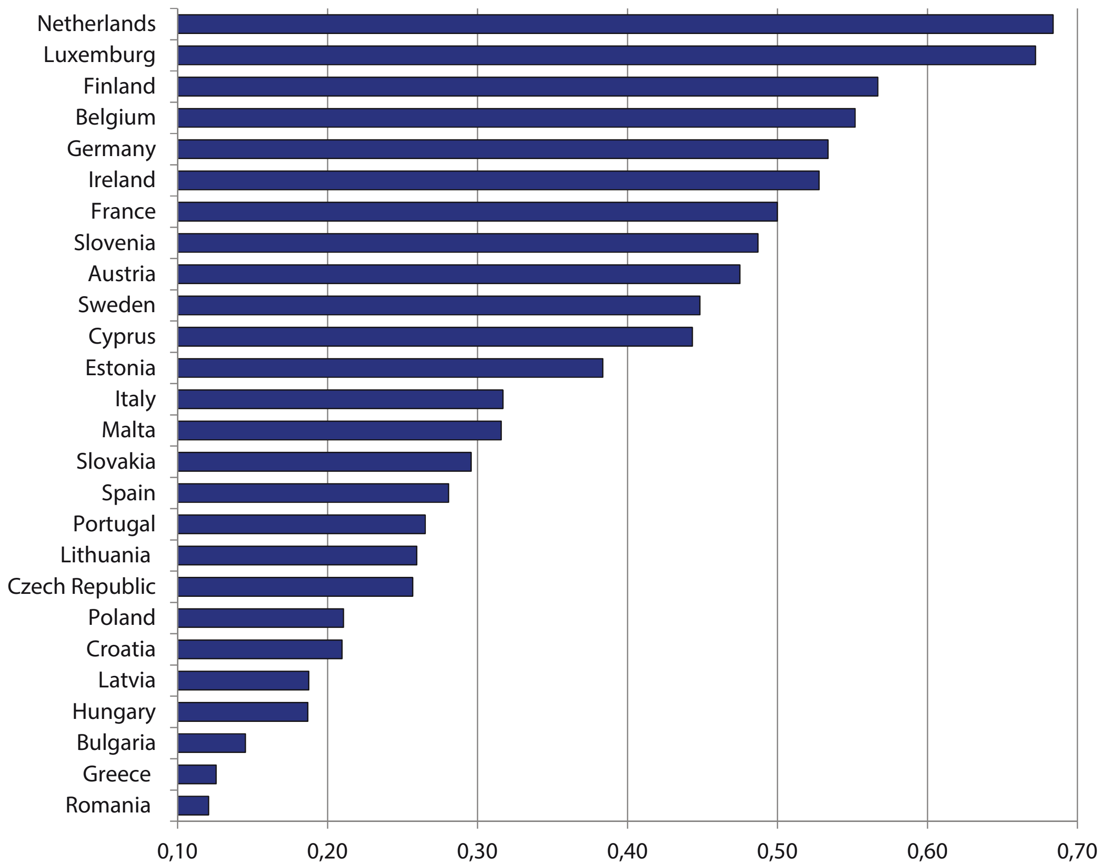


Fig. 1. *Consumer globalisation (actual) as of 2018 (source: Eurostat. (2020). Database. Retrieved from: https://ec.europa.eu/eurostat/data/database?p_p_id=NavTreeportletprod_WAR_NavTreeportletprod_INSTANCE_nPqeVbPXRmWQ&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=3 (Date of access: 10.09.2020))*

authors from including this year in the analysis of consumer globalisation at the time of the study.

4. Results and Discussion

Among the EU countries, the highest rates of actual globalisation are observed among consumers in the Netherlands and Luxembourg, followed by Finland, Belgium, Germany, and Ireland by a significant margin. The least globalised consumers are Romania, Greece, and Bulgaria (Fig. 1).

The high rates of actual globalisation of consumers in the Netherlands are due to a significant excess of imports of consumer goods and food products (4.71 thousand EUR/person in 2019) over the same indicator in other EU countries. For example, imports of food products and consumer goods per capita in Romania in 2019 amounted to 0.37 thousand EUR/person, in Croatia — 0.48 thousand EUR/person, in Slovakia — 0.51 thousand EUR/person. The production of foreign companies in Luxembourg and Ireland is also significantly higher than in other European countries: in Luxembourg — 73.17 thousand EUR, in Ireland — 35.1 thousand EUR, in Greece — 1.81 thousand EUR, in Bulgaria — 3.57 thousand EUR.

The highest expenses of tourists from the EU countries when they visit other countries are among consumers of Luxembourg (3.49 thousand EUR/year/person), Finland (2.63 thousand EUR/year/person), Denmark (2.6 thousand EUR/year/person), Germany (2.01 thousand EUR/year/person) and Austria (1.75 thousand EUR/year/person). Consumers in Bulgaria (0.12 thousand EUR/year/person), Romania (0.137 thousand EUR/year/person), Greece (0.21 thousand EUR/year/person) spend the least on tourist trips. In addition, Luxembourg consumers are more likely to purchase online content compared to consumers from the other European countries (36 % of the country's residents), but they are inferior to consumers from Denmark, Scandinavian countries, the Netherlands, and Germany in the frequency of online orders. Therefore, during 2019, 84 % of Danish residents, 82 % of Swedish residents, 81 % of Netherlands residents, 79 % of German residents, 73 % of Finland residents, and 72 % of Luxembourg residents ordered goods and services

id=column-2&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=3 (Date of access: 10.09.2020).

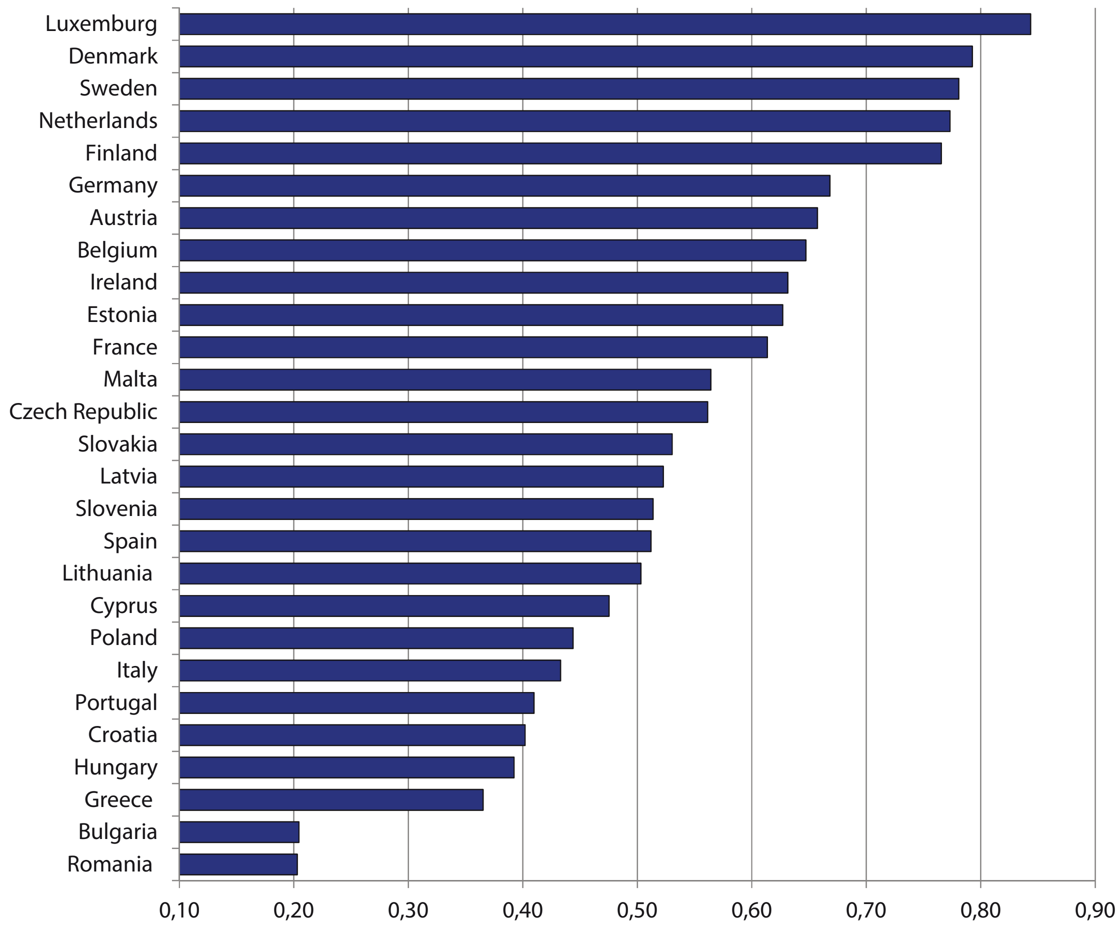


Fig. 2. *Potential for consumer globalisation as of 2018 (source: Eurostat. (2020). Database. Retrieved from: https://ec.europa.eu/eurostat/data/database?p_p_id=NavTreeportletprod_WAR_NavTreeportletprod_INSTANCE_nPqeVbPXRmWQ&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=2&p_p_col_count=3 (Date of access: 10.09.2020))*

via the Internet. Most of the online purchases in foreign countries were made by Luxembourg (62 % of the population). Online shopping is the least common among consumers in Romania (4 %), Poland (9 %), and Bulgaria (11 %).

Largely, the difference in the levels of consumer globalisation is caused by the level of globalisation potential (Fig. 2).

The high potential for the development of consumer globalisation in Luxembourg, Denmark, Sweden, the Netherlands and Finland is provided by such indicators as GDP per capita, the number of tourist trips, and the availability of the Internet. Thus, the GDP per capita of Luxembourg in 2019 amounted to 328.6 % of the GDP of the EU-27 countries. In addition to Luxembourg, the following countries have high GDP per capita: Ireland (232.3 %), Denmark (171.3 %), the Netherlands (150.2 %), Sweden (148.3 %), Austria (144.4 %), Finland (140.1 %), Germany (132.9 %), Belgium (132.4 %). The lowest indicators of GDP per capita are in Bulgaria (27.9 %), Romania (37 %), Croatia (42.9 %), Poland (44.3 %), Latvia (51.2 %), Slovakia (55.5 %), Lithuania (55.8 %) and other countries of Eastern Europe. Residents of these countries make fewer tourist trips. Therefore, only 27 % of the population of Romania and 33 % of the population of Bulgaria are consumers of the tourism industry, while among the residents of Finland, they are more than 91 %, among the residents of Sweden and Luxembourg — 85 % and 81 %, respectively.

Poor digital accessibility, including Internet accessibility, is also limiting consumer globalisation in several countries. Among the residents of Sweden, the Netherlands and Denmark, according to data for 2019, 95 % of the population constantly use the Internet. In Luxembourg and Finland, 93 % of the population use the Internet, 91 % in Germany. Meantime, in Bulgaria, only 67 % use the Internet at least once a week.

An assessment of the globalisation of consumers in the EU countries using the index showed that consumers of all EU countries in 2018 became more globalised in comparison with 2014 (Fig. 3).

The highest growth rates of globalisation were noted in countries with low globalisation indi-

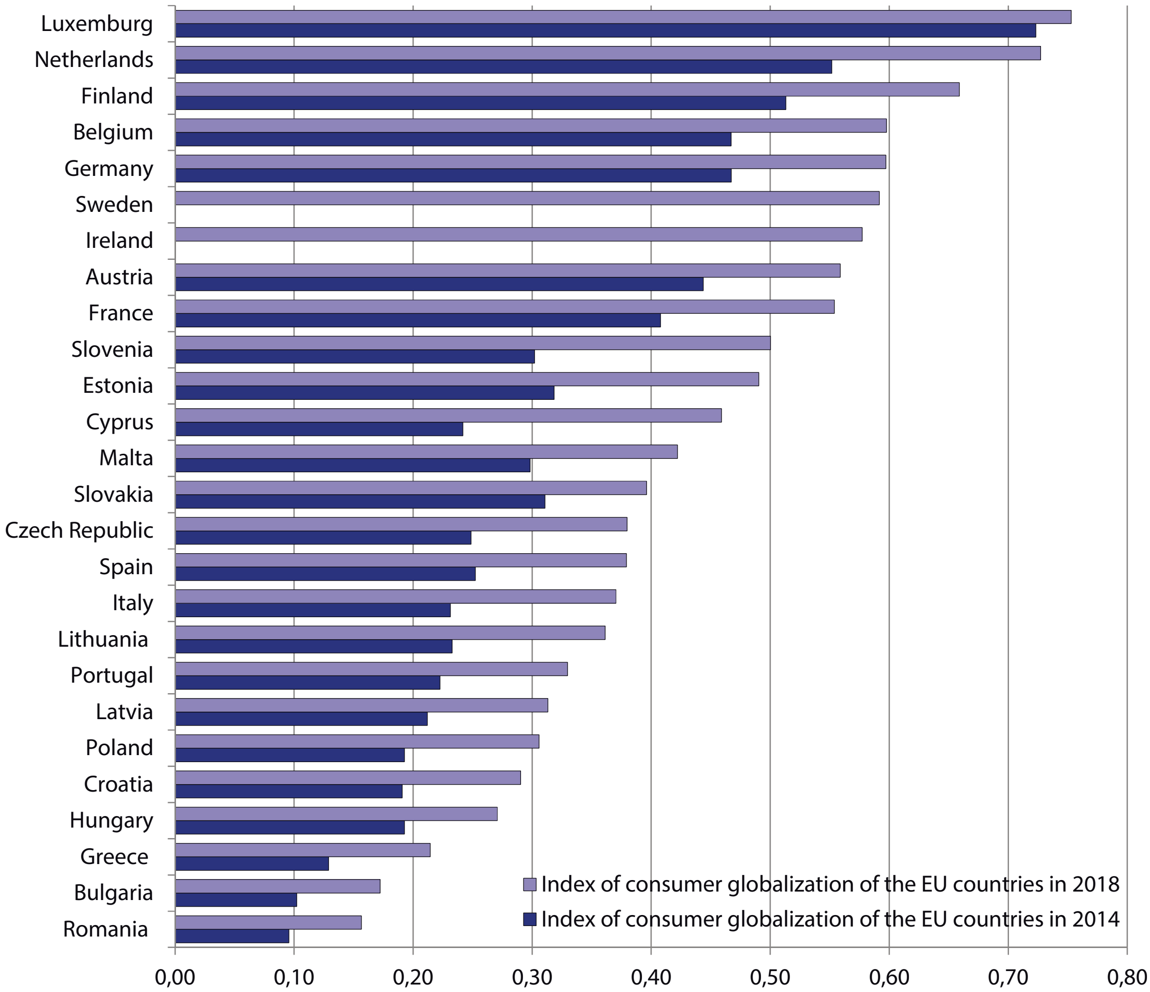


Fig. 3. *Index of consumer globalisation of the EU countries in 2014 and 2018*

cators — among consumers in Cyprus, Bulgaria, Greece, Slovenia, and Romania.

Testing of the index using the example of the EU countries showed that there were some differences between countries in the intensity of globalisation processes due to different levels of economic development, which limits consumer spending on the purchase of foreign goods and services, different infrastructure provision and development of information and communication technologies. This feature is also supported by an analysis of business activity in the EU countries. In general, in countries with a low average enterprise survival rate, in the first year, there is a persisting low rating in almost all of the industries, assuming that trends in enterprise sustainability dynamics depend on an overall economic situation instead of specifics in a particular sector (Kuzmin, Vinogradova, Guseva, 2019).

The results obtained allow speaking with confidence about the beginning of a new stage of globalisation, which will be governed by new technologies and consumer networks. As some researchers note, pre-existing differences in national or regional preferences are gradually being eliminated. Therefore, the index can be used for a comparative analysis of the involvement of consumers in certain regions/countries in the globalisation processes.

Limitations in the use of the index for assessing the globalisation of consumers in a wider range of countries are caused by the unavailability of statistical data on a number of indicators, primarily related to the use of Internet technologies.

5. Conclusions

Currently, when information and digital technologies are gaining importance, one of the manifestations of globalisation has become the expansion of the range of subjects involved in international relations. Consumers are playing a pivotal role in the development of globalisation processes. In practice, the development of consumer globalisation takes the form of growing consumer spending on foreign products and services, including tourism and information ones. In theory, the development of consumer globalisation implies adopting new approaches to measuring and conceptualising the next stage of globalisation.

The incipient consumer globalisation marked new trends in economic development. The Internet and digital technologies are becoming its key drivers. Assessing these changes required the application of appropriate metrics. The proposed Consumer Globalisation Index takes into account the factors that both characterise its actual state and identify its development potential. This approach to assessing globalisation makes it possible to substantiate the cause-and-effect relationships of the ongoing processes, making it possible to predict the dynamics of globalisation in the future. The analysis of the globalisation of consumers in the EU countries showed that consumers in 2018 became more globalised in comparison with 2014. However, between the EU countries, there are some differences in the intensity of globalisation processes due to different levels of economic development, which limits consumer spending on the purchase of foreign goods and services, different infrastructure provision and development of information and communication technologies.

The research results contribute to the better understanding of the ongoing globalisation processes. The consumer globalisation index can serve as a tool for studying the involvement of consumers in international relations, exploring the potential for these relations' development. The future research can aim to identify the differences of consumer globalisation not only between various countries, but also individual regions within the same nation, as well as between various groups of population.

References

Akberdina, V., Kalinina, A. & Vlasov, A. (2018). Transformation Stages of the Russian Industrial Complex in the Context of Economy Digitization. *Problems and Perspectives in Management, 16(4),* 201–211. DOI: https://doi.org/10.21511/ppm.16(4).2018.17.

Altman, S. A. & Bastian, P. (2019). *DHL Global Connectedness Index.* Retrieved from: https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/case-studies/global-connectedness-index.html (Date of access: 10.09.2020).

Amburn, B. (2009). *How the Index is Calculated.* Retrieved from: https://foreignpolicy.com/2009/10/29/how-the-index-is-calculated/ (Date of access: 10.09.2020).

Brussevich, M., Dabla-Norris, E. & Khalid, S. (2020). *Teleworking is Not Working for the Poor, the Young, and the Women.* Retrieved from: https://blogs.imf.org/2020/07/07/teleworking-is-not-working-for-the-poor-the-young-and-the-women/?utm_medium=email&utm_source=govdelivery (Date of access: 10.09.2020).

Caselli, M. (2006). *On the Nature of Globalization and Its Measurement. Some Notes on the A.T Kearney/Foreign Policy Magazine Globalization Index and the CSGR Globalization Index.* UNU-CRIS Occasional Papers. Milano : Universita Cattolica del Sacro Cuore, 22.

Caselli, M. (2013). Nation States, Cities, and People: Alternative Ways to Measure Globalization. *SAGE Open, 3(4).* DOI: https://doi.org/10.1177/2158244013508417.

Figge, L. & Martens, P. (2014). Globalisation Continues: The Maastricht Globalisation Index Revisited and Updated. *Globalizations, 11(6),* 875–893. DOI: https://doi.org/10.1080/14747731.2014.887389.

Gygli, S., Haelg, F., Potrafke, N. & Sturm, J. E. (2019). The KOF Globalisation Index — Revisited. *The Review of International Organizations, 14,* 543–574. DOI: https://doi.org/10.1007/s11558–019–09344–2.

Kheyfets, B. A. (2018). Globalization does not end, it becomes another. *Kontury globalnykh transformatsiy: politika, ekonomika, pravo [Outlines of global transformations: politics, economics, law], 11(1),* 14–33. DOI: https://doi.org/10.23932/2542–0240–2018–11–1-14–33 (In Russ.)

Kluver, R. & Fu, W. (2015). *The Cultural Globalization Index.* Retrieved from: https://www.academia.edu/18519759/The_Cultural_Globalization_Index_extended_ (Date of access: 10.09.2020)

Kuzmin, E. A., Vinogradova, M. V. & Guseva, V. E. (2019). Projection of Enterprise Survival Rate in Dynamics of Regional Economic Sustainability: Case Study of Russia and the EU. *Entrepreneurship and Sustainability Issues, 6(4),* 1602–1618. DOI: https://doi.org/10.9770/jesi.2019.6.4(4)

Levitt, T. (1983). The Globalization of Markets. *Harvard Business Review.* Retrieved from: https://hbr.org/1983/05/the-globalization-of-markets. (Date of access: 10.09.2020).

Ley, D. (2004). Transnational Spaces and Everyday Lives. *Transactions of the Institute of British Geographers, 29,* 151–164. DOI: https://doi.org/10.1111/j.0020–2754.2004.00122.x.

Litau, E. (2018a). Entrepreneurship and Economic Growth: A Look from the Perspective of Cognitive Economics. In: *ICEME 2018: Proceedings of the 2018 9th International Conference on E-business, Management and Economics* (pp. 143–147). Association for Computing Machinery, New York, NY, United States. DOI: https://doi.org/10.1145/3271972.3271978.

Litau, E. (2018b). The Information Problem on the Way to Becoming a "Gazelle". In: *Proceedings of the European Conference on Innovation and Entrepreneurship, ECIE, 2018 September* (pp. 394–401).

Manyika, J. & Lund, S. (2019). *The Next Era of Globalization Will Be Shaped by Customers, Technology, and Value Chains*. Retrieved from: https://hbr.org/2019/02/the-next-era-of-globalization-will-be-shaped-by-customers-technology-and-value-chains (Date of access: 10.09.2020)

Martens, P., Dreher, A. & Gaston, N. (2008). *The Global Village and the Social and Cultural Aspects of Globalisation*. GDC Working Papers, Vol. 17, 10.

Martens, P. & Raza, M. (2009). Globalisation in the 21st Century: Measuring Regional Changes in Multiple Domains. *Integrated Assessment, 9,* 1–18.

Raab, M., Ruland, M., Schönberger, B., Blossfeld, H. P., Hofäcker, D., Buchholz, S. & Schmelzer, P. (2008). GlobalIndex: A Sociological Approach to Globalization Measurement. *International Sociology, 23(4),* 596–631. DOI: https://doi.org/10.1177/0268580908090729.

Ray, L. (2007). *Globalization and Everyday Life*. Abingdon, UK : Routledge, 260. DOI: https://doi.org/10.4324/9780203463345.

Romanova, O. A., Korovin, G. B. & Kuzmin, E. A. (2017). Analysis of the Development Prospects for the High-Tech Sector of the Economy in the Context of New Industrialization. *Espacios, 38(59),* 25.

Toffler, E. & Toffler, H. (2008). *Revolyutsionnoe bogatstvo [Revolutionary Wealth]*. Trans. from English. Moscow : AST. (In Russ.)

University of Warwick. (n.d.). *The CSGR Globalisation Index*. Retrieved from: https://warwick.ac.uk/fac/soc/pais/research/researchcentres/csgr/index/ (Date of access: 10.09.2020)

Vujakovic, P. (2010). How to Measure Globalisation? A New Globalisation Index (NGI). *Atlantic Economic Journal, 38(2),* 237. DOI: https://doi.org/10.1007/s11293-010-9217-3.

Yessenbekova, U. M., Turzhan, O. I., Koshanova, K. A., Yegemberdiyev, I. D. & Kutym, B. K. (2020). Role of Media in Addressing the Socialization Problems of the Younger Generation: The Case of Kazakhstan. *Media Watch, 11(2),* 348–355. DOI: https://doi.org/10.15655/mw/2020/v11i2/195659.

Zhadnova, E. V. (2014). Methodology approaches to studies in urban-area' interference with the countryside. *Istoricheskaya i sotsialno-obrazovatelnaya mysl [Historical and Socio-Educational Thought], 1,* 194–199. (In Russ.)

About the authors

Boris A. Kheyfets — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Chief Research Associate, Institute of Economics of RAS; Professor, Financial University under the Government of the Russian Federation; Scopus Author ID: 57194977918; https://orcid.org/0000-0002-6009-434X (32, Nakhimovskiy Ave., Moscow, 117418; 49, Leningradskiy Ave., Moscow, 125167, Russian Federation; e-mail: bah4l2@rambler.ru).

Veronika Yu. Chernova — Dr. Sci. (Econ.), Associate Professor, Department of International Economic Relations, RUDN University; Associate Professor, Faculty of Advertising and PR, State University of Management; Scopus Author ID: 57191925715; https://orcid.org/0000-0001-5951-9091 (6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198; 99, Ryazanskiy Ave., Moscow, 109542, Russian Federation; e-mail: veronika.urievna@mail.ru).

Информация об авторах

Хейфец Борис Аронович — доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт экономики РАН; профессор, Финансовый университет при Правительстве РФ; Scopus Author ID: 57194977918; https://orcid.org/0000-0002-6009-434X (Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский пр-т, 32; 125167, г. Москва, Ленинградский пр-т, 49; e-mail: bah4l2@rambler.ru).

Чернова Вероника Юрьевна — доктор экономических наук, доцент кафедры международных экономических отношений, Российский университет дружбы народов (РУДН); доцент кафедры рекламы и связи с общественностью, Государственный университет управления; Scopus Author ID: 57191925715; https://orcid.org/0000-0001-5951-9091 (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; 109542, г. Москва, Рязанский пр-т, 99; e-mail: veronika.urievna@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 13.10.2020.
Прошла рецензирование: 22.12.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 13 Oct 2020.
Reviewed: 22 Dec 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-9
УДК 332.12+332.14+338.24

А. А. Широв [а)], М. Н. Узяков [б)], Е. С. Узякова [в)]
[а, б, в)] Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, г. Москва, Российская Федерация
[а)] https://orcid.org/0000-0003-0806-9777, e-mail: schir@ecfor.ru
[б)] https://orcid.org/0000-0003-3452-7188
[в)] https://orcid.org/0000-0003-3773-9725

Перераспределение первичных доходов населения как фактор снижения неравенства и ускорения экономического роста на региональном уровне[1]

Имеющиеся разрывы в уровне доходов населения являются существенным ограничением развития регионов и экономики в целом. Вместе с тем высокий потенциал ускорения экономического роста за счет использования потребительского спроса делает актуальным изучение механизмов активного задействования этого фактора экономической динамики, в том числе за счет политики перераспределения имеющихся ресурсов. В статье рассматривались вопросы макроэкономической эффективности перераспределения первичных доходов[2] домашних хозяйств на региональном уровне. Предметом исследования являлось региональное распределение общего объема денежных доходов населения по 20-процентным доходным группам, исходные данные — статистика Росстата. В качестве важнейшего фактора повышения динамики потребительского спроса рассматривается перераспределение доходов населения через дифференциацию ставок подоходного налога (в расчете используется приращение ставки НДФЛ на 12 п. п. (до 25 %) для 5-й доходной группы). Целью исследования являлась оценка возможного влияния такого перераспределения на снижение уровня дифференциации по доходам населения и экономическую динамику в разрезе страны и отдельных регионов. С использованием методов математического анализа, межотраслевого и межрегионального моделирования был оценен потенциал роста ВРП за счет увеличения объемов социальной поддержки наименее доходных групп населения. В результате прирост потребительских расходов в условиях 2019 г. в целом по экономике мог бы составить +5,2 %, а увеличение суммарного ВРП — +2,7 %. При этом соотношение максимального и минимального регионального уровня душевого дохода снизилось бы с 5 до 4 раз, соотношение душевого ВРП (без учета межрегиональной дифференциации цен) сократилось с 61,8 раза до 56,7 раза (максимальный / минимальный уровень). Результаты расчетов рассматриваются как предварительная оценка возможностей преодоления ограничений регионального развития, обусловленных низким уровнем доходов населения и их значительной дифференциацией, позволяющая перейти к более подробным исследованиям, предполагающим выработку практических системных решений в области экономической политики.

Ключевые слова: региональное развитие, экономический рост, доходы населения, дифференциация доходов, перераспределение доходов, подоходный налог

Благодарность

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта, предоставленного в форме субсидии на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития в рамках подпрограммы «Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства» государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», проект «Социально-экономическое развитие Азиатской России на основе синергии транспортной доступности, системных знаний о природно-ресурсном потенциале, расширяющегося пространства межрегиональных взаимодействий», номер соглашения с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2020-804 (внутренний номер гранта № 13.1902.21.0016).

Для цитирования: Широв А. А., Узяков М. Н., Узякова Е. С. Перераспределение первичных доходов населения как фактор снижения неравенства и ускорения экономического роста на региональном уровне // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 423-436. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-9.

[2] Первичные доходы в логике Системы национальных счетов — это доходы, получаемые институционными единицами в процессе производства и управления активами.

RESEARCH ARTICLE

Alexander A. Shirov [a], *Marat N. Uzyakov* [b], *Elena S. Uzyakova* [c]
[a, b, c] Institute of Economic Forecasting of RAS, Moscow, Russian Federation
[a] https://orcid.org/0000-0003-0806-9777, e-mail: schirov-mse@yandex.ru
[b] https://orcid.org/0000-0003-3452-7188
[c] https://orcid.org/0000-0003-3773-9725

Redistribution of Primary Household Incomes as a Factor for Reducing Inequality and Accelerating Economic Growth at the Regional Level

The existing income gaps significantly limit the regional and economic development. At the same time, the high economic growth potential due to the use of consumer demand necessitates the examination of the intensification of this factor of economic dynamics, including through the resource allocation policy. The article considers the macroeconomic efficiency of the redistribution of primary household incomes at the regional level. Regional distribution of the total income of the population by income quintile groups, as well as the average per capita income were analysed based on the data obtained from the Federal State Statistics Service. The redistribution of primary incomes through the differentiation of tax rates is considered the most important factor in increasing the dynamics of consumer demand (an increment of the personal income tax by 12 percentage points (up to 25 %) for the fifth quintile group is used in the calculations). The study aims to assess the possible impact of such redistribution on the income inequality and economic dynamics of Russia and its regions. The potential for gross regional product (GRP) growth resulting from an increase in social support for the least income groups was estimated using the methods of mathematical analysis, multisectoral and interregional modelling. The calculations show that an increase in consumer spending in 2019 in the economy as a whole could have amounted to +5.2 %; the estimate of the increase in total GRP was +2.7 %. Simultaneously, the ratio of the maximum and minimum regional per capita income decreased from 5 to 4 times, while the ratio of per capita GRP (excluding interregional price differentiation) decreased from 61.8 to 56.7 times (maximum/minimum level). The calculation results can be considered the first assessment of the possibilities of overcoming the limitations of regional development caused by low incomes and their significant differentiation. Future detailed studies should focus on developing comprehensive solutions in the field of economic policy.

Keywords: regional development, economic growth, personal income, income differentiation, income redistribution, income tax

Acknowledgments

The article has been prepared with the support of the grant in the form of a subsidy for major scientific projects in priority areas of scientific and technological development under the subprogram «Fundamental scientific research for long-term development and ensuring the competitiveness of society and the state» of the state program of the Russian Federation «Scientific and Technological Development of the Russian Federation», the project «Social and economic development of Asian Russia on the basis of synergy of transport accessibility, system knowledge of natural resource potential, and expanding area of interregional interactions», agreement with the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. 075-15-2020-804 (internal grant No. 13.1902.21.0016).

For citation: Shirov, A. A., Uzyakov, M. N. & Uzyakova, E. S. (2022). Redistribution of Primary Household Incomes as a Factor for Reducing Inequality and Accelerating Economic Growth at the Regional Level. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 423-436, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-1-9.

Введение

Самое простое и, может быть, наиболее выразительное впечатление о характере неравенства в стране связано с обычными визуальными наблюдениями за изменениями в столичных городах и в сельской местности, в том числе в непосредственной близости от столиц. По мере удаления от столичных мегаполисов или крупных агломераций эти контрасты становятся все более отчетливыми. Аналогичное визуальное сравнение характера и качества застройки сельской местности в России и в странах Европы говорит о том, что усилия по снижению неравенства и обустройству всего пространства России совершенно недостаточны.

При этом количественные характеристики неравенства в России не позволяют сделать столь же однозначную качественную оценку состояния неравенства в стране. С одной стороны, в терминах распространенного в странах ОЭСР децильного коэффициента дифференциации (P90/P10) уровень неравенства в России не выглядит слишком высоким. Его величина для России оценивается в 4,6 в 2016 г. при среднем для стран ОЭСР значении на уровне 4,4[1]. В то же время близкий по смыслу к этому показателю коэффициент фондов[2], используемый в России, уже достаточно высок (выше, чем в Германии, Великобритании, Канаде и Китае) и продолжает увеличиваться: за период с 1995 г. по 2019 г. коэффициент вырос с 13,5 раза до 15,4 раза[3]. По некоторым оценкам (Суворов, 2008; Piketty, 2014), дифференциация может быть еще более высокой, принимая во внимание ограниченное представление групп с высокими и сверхвысокими доходами в выборочных обследованиях Росстата.

В целом следует исходить из того, что высокий уровень неравенства сдерживает потребительский спрос и ухудшает его качественные характеристики, что является одним из очевидных ограничений развития российской экономики. Полностью устранить негативное влияние этого фактора на экономическое развитие, по-видимому, невозможно, но реализация специальных мер экономической политики в этой области необходима. В связи с этим высокую актуальность имеют исследования, связанные с получением количественных оценок макроэкономической эффективности мер экономической политики, направленной на снижение уровня дифференциации доходов.

Теория

Изменение неравенства во времени и взаимосвязь неравенства с экономическим ростом достаточно широко исследованы в экономических и социальных науках (Иванов, Суворов, 2012; Лисоволик, 2016; Любимов, 2016; Меркулова, 2009; Barro, 2000; Bigsten, Levin, 2001; Kuznets, 1995; Piketty, 2014; Rajan, Zingales, 2004).

В работе С. Кузнеца (Kuznets, 1995) была выдвинута гипотеза о том, что экономический рост в долгосрочной перспективе снижает неравенство, что обусловлено влиянием процесса индустриализации. Однако со временем выяснилось, что эта гипотеза имеет ограниченное подтверждение (Ahluwalia, Carter, 1976; Savvides, Stengos, 2000), особенно для развивающихся стран (Любимов, 2016). В других работах (Меркулова, 2009) утверждается, что экономический рост — необходимое, но не достаточное условие для снижения уровня неравенства в стране. Однозначно можно сказать лишь, что экономический рост сокращает абсолютную бедность (Ravallion, Lyn, 1996; Rigolini, Arias, 2002).

Проблемы неравенства населения и дифференциации по доходам и уровню жизни в России в последнее время находятся в центре общественно-экономических и политических дискуссий (Иванов, Суворов, 2012; Капелюшников, 2019; Лисоволик, 2016). Президент страны В.В. Путин регулярно в своих выступлениях обращается к проблемам уровня жизни и бедности.

Особенность современного этапа борьбы с бедностью в Российской Федерации состоит в том, что реализуемые и предлагаемые меры по-прежнему имеют ограниченный локальный характер. Достаточно сказать, что уровень бедности[4] в России, по данным Росстата, с 2010 г. по 2020 г. практически не изменился (12,5 % и 12,1 % соответственно).

Принятие закона о повышении ставки НДФЛ[5], по сути, свидетельствует о том, что в обществе зреет понимание, что проблема неравенства в стране имеет комплексный характер и требует не только точечных мер по снижению уровня бедности, но также системных решений.

В этой связи актуальной задачей является исследование потенциала уменьшения дифференциации доходов населения, реализуемого с помощью инструментов налоговой политики.

Мировая практика показывает, что системные решения по перераспределению первичных доходов способны приводить к существенным результатам. Так, в частности, для США коэффициент Джинни[6] составлял в 2017 г. 0,39[7], а с учетом всех перераспределитель-

[1] Методология и база данных OECD (https://data.oecd.org/inequality/income-inequality.htm)

[2] Коэффициент фондов (коэффициент дифференциации доходов) характеризует степень социального расслоения и определяется как соотношение между средними уровнями денежных доходов 10 % населения с самыми высокими доходами и 10 % населения с самыми низкими доходами.

[3] Росстат, справочник «Регионы России. Социально-экономические показатели» за ряд лет, https://gks.ru/bgd/regl/b20_14p/Main.htm.

[4] Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, % от общей численности населения.

[5] С 1 января 2021 г. вступил в силу закон о повышении ставки налога на доходы физических лиц, превышающие 5 млн руб. в год, с 13 % до 15 %.

[6] Коэффициент Джини — статистический показатель, характеризующий расслоение общества по какому-либо признаку, используется, как правило, для оценки экономического неравенства и изменяется от 0 до 1. Чем больше его значение отклоняется от нуля и приближается к единице, тем в большей степени доходы сконцентрированы в руках отдельных групп населения.

[7] База данных OECD, https://data.oecd.org/inequality/income-inequality.htm.

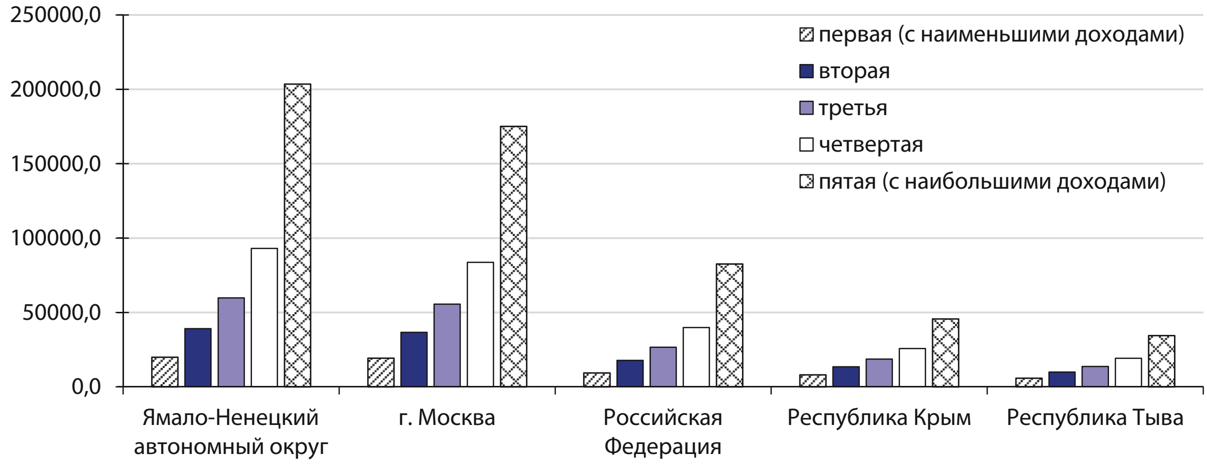


Рис. 1. *Среднедушевой денежный доход по 20-процентным группам населения в 2019 г., руб. на чел. в месяц (источник: Росстат)*

Fig. 1. *Average per capita income for quintile groups in 2019, roubles per person per month*

ных программ, трансфертов и налогов — 0,23[1] (Капелюшников, 2019), тогда как в России в 2019 г. он составлял 0,41.

Россия находится в самом начале пути создания современной системы социальной поддержки населения и перераспределения первичных доходов. При этом важно понимать, как эти изменения смогут повлиять на социальное развитие общества, на экономический рост в России, в том числе в региональном разрезе.

Межрегиональная дифференциация в России является острой экономической и социальной проблемой, которой в последнее время уделяется много внимания (Земцов, Смелов, 2018; Зубаревич, 2010; Михеева, 2018; Михеева, 2021; Социальная политика…, 2021; Coulibaly, Deichmann, 2009).

В научных публикациях, посвященных этой тематике, отмечается чрезвычайно высокий уровень различий между российскими регионами по таким показателям, как душевой ВРП, доходы, уровень обеспеченности транспортной и социальной инфраструктурой, инвестиционная активность и другие (Зубаревич, 2010; Суворов, Болдов, 2020).

Например, в Ненецком автономном округе коэффициент фондов в 2019 г. равнялся 18,5 раза. Даже при рассмотрении 20-процентных доходных групп разница по регионам между наибольшей (Ямало-Ненецкий АО) и наименьшей (Республика Тыва) величиной среднедушевого денежного дохода для V-й группы населения составляла почти 6 раз (рис. 1).

Если на уровне субъектов Федерации разрыв между максимальным и минимальным уровнем душевого ВРП, с учетом межрегиональной дифференциации цен, достигал в 2018 г. 40,1 раза (Ненецкий автономный округ и Республика Ингушетия), то на уровне федеральных округов разрыв снижается до 5,1 (Социальная политика …, 2021).

В европейских странах аналогичные разрывы составляли в 2018 г. от 2,3 раза в Германии, до 3,2 раза в Польше (Социальная политика …, 2021).

Важно иметь в виду, что сами количественные оценки различий между регионами в различных странах не всегда сопоставимы и репрезентативны в силу, в первую очередь, масштаба стран и регионов. Динамика межрегиональной дифференциации также не всегда очевидна. Так, с середины 1990-х гг. и до 2015 г. фиксируется довольно существенное (более чем в 3 раза с учетом разницы в ценах) сокращение межрегиональной дифференциации доходов (Социальная политика…, 2021). Между тем, во многом это было эффектом чрезвычайно низкого в 1990-х гг. уровня доходов в ряде регионов. При этом соотношение среднедушевых доходов для группы наиболее высокодоходных регионов[2] и группы регионов с наименьшими доходами[3] уже не показывает

[1] Оценка для 2016 г., по располагаемым доходам.

[2] К высокодоходным регионам будем относить 11 регионов: Ямало-Ненецкий автономный округ, Ненецкий автономный округ, Чукотский автономный округ, город Москва, Магаданская область, Сахалинская область, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, Камчатский край, Город Санкт-Петербург, Московская область, Республика Саха (Якутия).

[3] К низкодоходным регионам будем относить 12 регионов: Республика Калмыкия, Республика Крым (после 2015 г.), Республика Ингушетия, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Республика

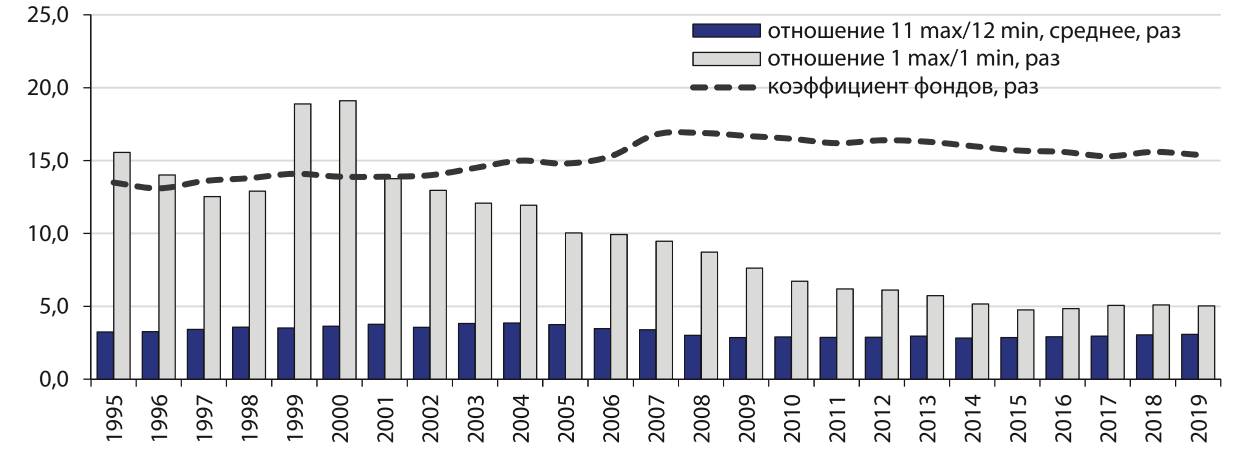


Рис. 2. *Отношение максимального и минимального среднедушевого дохода по регионам РФ и коэффициент фондов (источник: Росстат, расчеты авторов)*

Fig. 2. *The ratio of the maximum and minimum average per capita income by regions of the Russian Federation and R/P 10 % ratio*

столь существенного снижения межрегиональной дифференциации, при этом сам период снижения межрегиональной дифференциации охватывает лишь 5 лет: с 2004 г. по 2009 г. (рис. 2).

Как следует из результатов работ (Михеева, 2021; Социальная политика…, 2021) главными факторами снижения межрегиональной дифференциации доходов являются экономический рост и повышение реальных доходов населения. Однако изменение дифференциации доходов далеко не всегда коррелировало с соответствующим изменением дифференциации душевого ВРП (Экономико-географические…, 2007). Например, с 2004 г. по 2018 г. дифференциация душевого ВРП, рассчитанная для группы высокодоходных регионов по отношению к низкодоходным, возросла с 5 раз до 7,8 раза, одновременно за этот же период дифференциация по доходам снизилась с 3,9 раза до 3 раз.

Россия в основной своей части остается страной с достаточно низким уровнем доходов и, в этой связи, усилия именно по борьбе с бедностью обеспечивали на определенном этапе некоторые приращения в снижении межрегиональной дифференциации доходов.

Ситуацию с дифференциацией доходов в России, на наш взгляд, уместно анализировать в терминах концепции безусловного базового дохода, которая апеллирует к принципам выравнивания базовых возможностей населения. Она, как известно, опирается на идею равенства всех людей от рождения и стремление обеспечить им равные стартовые условия. При этом речь не идет о том, чтобы гарантировать всем полное и всеобщее равенство. Речь идет о гарантировании некоторых базовых потребностей, таких как потребность в еде, одежде, жилище.

Однако лишь достаточно богатые страны могут теоретически позволить себе в полной мере реализовать этот замысел. Это означает, что из «безусловного» базовый доход во многих относительно небогатых странах превращается нечто весьма условное, зависящее, в первую очередь, от уровня среднего дохода. Тем не менее, мы склонны считать, что всякое движение в сторону снижения уровня дифференциации доходов, реализуемое через систему выделения населению выравнивающей величины дохода или иных гарантированных выплат, является в определенной степени реализацией идеологии безусловного базового дохода.

Российская экономика, выросшая из советской патерналистской системы, отчасти сохранила ее черты и тот негласный общественный договор между населением и властью, который предполагает пусть скромный, но гарантированный достаток, наряду с достаточно широким набором социальных благ. В то же время, следует отметить, что в его рамках создаются определенные ограничения экономического роста, поскольку, по сути, такой общественный договор консервирует разделение населения в России на небольшую часть очень богатых и значительную часть — не очень бедных.

Уровень доходов у значительной части российского населения остается все еще крайне низким для того, чтобы перейти на качественно иной уровень благосостояния или начать собственное дело. В этом смысле уже достигнутая

Марий Эл, Республика Мордовия, Курганская область, Республика Алтай, Республика Тыва, Республика Хакасия, Еврейская автономная область.

цель развития Китая — построение общества среднего уровня зажиточности — в определенном смысле могла бы подойти для сегодняшней России. В то же время если в Китае достижение этой цели, предполагавшей, в частности, создание обширного среднего класса, опиралось на высокие темпы экономического роста, то в России в последние годы даже цель 3,5 % роста в год остается нереализованной.

Все большее число экспертов (Иванов, Суворов, 2012; Лисоволик, 2016; Меркулова, 2009; Bigsten, Levin, 2001; Rajan, Zingales, 2004) склоняются к тому, что именно неравенство является одним из ключевых факторов, тормозящих современное экономическое развитие. По оценкам экономистов МВФ, повышение на 1 процентный пункт доли доходов населения с низким и средним уровнем в течение пяти лет приводит к ускорению экономического роста на 0,4 процентных пункта, при этом такой же рост доли доходов наиболее обеспеченной части населения приводит к снижению темпов роста ВВП почти на 0,1 процентных пункта (Лисоволик, 2016).

Перераспределительные возможности бюджетной системы, работавшие в 2000–2015 гг. на снижение межрегионального неравенства и также на снижение остроты проблемы бедности, практически исчерпаны, и определенное повышение межрегиональной дифференциации является тому подтверждением. В то же время имеется достаточно оснований утверждать, что перераспределительные возможности экономики в целом еще достаточно велики.

В этой связи вполне уместно вернуться к вопросам перераспределения доходов, порождаемых экономикой, в том числе в рамках концепции безусловного базового дохода.

Конечно, остается открытым вопрос о том, какую систему мотиваций формирует реализация принципов безусловного базового дохода или его элементов и как это сказывается на долгосрочном развитии. Но не вызывает сомнения, что в кратко- и среднесрочной перспективе их использование ведет к повышению степени экономической свободы населения, снижению общего уровня неравенства и, как правило, к увеличению текущего спроса населения.

Очевидно, что первым и, видимо, наиболее значимым ресурсом перераспределения являются доходы населения. Следующим структурным источником не столько снижения неравенства, сколько повышения темпов экономического роста является валовая прибыль экономики.

Материалы и методы

Одна из главных задач макроэкономической политики состоит в том, чтобы сформировать условия, при которых доходы экономики работают на экономический рост. Мы видим, что сейчас огромная часть доходов экономики России обращается за пределами внутреннего производственного контура. В частности, по этой причине экономика России в последние десять лет демонстрирует низкие темпы экономического роста. Для того, чтобы доходы работали на рост, важно канализировать их к тем субъектам рынка, которые заинтересованы в экономическом росте. В этой связи уместно вспомнить, что наиболее обеспеченные слои населения России ориентируются преимущественно на импортную продукцию и услуги. При этом значительная часть их сбережений является одним из источников вывоза капитала.

Макроэкономическая оценка последствий перераспределения доходов населения (в рамках 20-процентных доходных групп) за счет существенного повышения ставки НДФЛ для 5-й наиболее обеспеченной группы населения была получена в (Посткризисное восстановление…, 2020). При этом предполагалось, что дополнительные налоговые поступления от увеличения поступлений НДФЛ распределяются между представителями первых четырех групп по уравнительному принципу. Влияние увеличения ставки на экономический рост оценивалось с использованием межотраслевого инструментария с учетом доли импорта товаров в потреблении разных доходных групп.

По расчетам (Посткризисное восстановление…, 2020) потенциал прироста ВВП от предлагаемого перераспределения доходов составляет, как минимум, 2 %. Если повысить налоговую ставку (для 5-й доходной группы) с 13 % до 25 % это обеспечит, при прочих равных условиях, прирост ВВП в 2,2 %; ставка на уровне 30 % дает более 3,0 % прироста ВВП.

При всей важности макроэкономических условий и предпосылок роста, таких как инфляция, цена нефти, ставка Центробанка, уровень бюджетного дефицита, а также налоговых ставок, имеется достаточно оснований утверждать, что экономический рост в значительной степени зависит от реализации инвестиционных проектов, ориентированных не только на решение крупных задач, но и на спрос населения, который зарождается в том или ином регионе страны.

Количество крупных инвестиционных проектов весьма ограниченно, и они не могут вы-

Таблица 1

Среднедушевой денежный доход по доходным группам в регионах — представителях федеральных округов (регионы с нижним, средним и верхним уровнем дохода)

Table 1

Average per capita income for quintile groups in the regions presenting federal districts (lower, middle and upper income regions)

Регион	Доходы в месяц, руб. на чел. (2019 г.) по группам				
	первая	вторая	третья	четвертая	пятая
Российская Федерация	9340,5	17 799,7	26 611,5	39 829,1	82 654,2
Центральный федеральный округ					
Костромская область	8976,2	15 171,0	21 113,0	29 204,2	51 960,7
Московская область	13 688,3	24 780,5	36 580,8	53 809,1	107 146,3
г. Москва	19 253,8	36 656,2	55 539,8	83 679,9	175 135,3
Северо-Западный федеральный округ					
Ненецкий автономный округ	19 449,8	38 089,3	58 754,7	90 765,9	198 145,2
Псковская область	8678,2	14 803,9	20 929,7	29 352,6	53 855,6
г. Санкт-Петербург	12 735,6	24 056,2	35 848,4	53 536,8	109 667,9
Южный федеральный округ					
Республика Калмыкия	6662,9	11 104,8	15 454,2	21 376,7	37 941,4
Краснодарский край	9988,4	18 550,0	27289,8	40 488,9	82 047,9
Астраханская область	8240,4	14 233,5	20 226,5	28 716,7	53 437,9
Северо-Кавказский федеральный округ					
Республика Дагестан	7811,3	14 389,2	21 241,2	31 245,1	62 353,2
Карачаево-Черкесская Республика	6587,4	11 198,5	15 527,3	21 738,3	39 053,6
Ставропольский край	7675,3	13 523,1	19 371,0	27 899,1	53 361,5
Приволжский федеральный округ					
Республика Мордовия	6813,1	11 651,3	16 292,1	22 808,9	41 174,6
Республика Татарстан	10 176,5	18 567,6	27 494,4	40 527,4	81 769,0
Самарская область	8973,4	16 034,4	23 242,6	33 687,0	65 167,5
Уральский федеральный округ					
Курганская область	7243,4	12 356,3	17 469,3	24 499,6	44 951,4
Свердловская область	10 750,9	19 937,9	29 711,4	44 371,7	90 698,1
Ямало-Ненецкий автономный округ	19 941,1	39 051,4	59 823,4	93 058,6	203 565,6
Сибирский федеральный округ					
Республика Тыва	5804,1	9866,9	13 681,0	19 153,4	34 409,7
Красноярский край	9204,3	16 821,7	24 756,4	36 182,5	71 730,1
Кемеровская область	8461,2	14 558,3	20 406,5	28 618,9	52 385,0
Дальневосточный федеральный округ					
Хабаровский край	12 437,7	22 387,9	32 545,3	47 470,6	92 453,6
Сахалинская область	15 343,9	29 212,4	43 966,2	66 391,9	140 160,6
Еврейская автономная область	9443,7	15 961,2	22 079,7	30 725,3	54 800,1

Источник: Росстат, расчеты авторов.

ступать в качестве ключевого фактора снижения межрегиональной дифференциации. Мы видим, что несмотря на наращивание объемов финансирования таких проектов, значительное число российских регионов ими в должной мере не охвачено и имеет крайне низкие темпы экономического роста. За период 2011–2018 гг. более 20 регионов имели среднегодовые темпы роста ниже 1,5 % в год.

В этих условиях важно обеспечить ускорение общей экономической активности на региональном уровне, причем совсем не обязательно, чтобы она опиралась на экспортоориентированные проекты и проекты высокого технологического уровня. Ориентация на внутренний спрос, в том числе на спрос внутри регионов, должна превратиться в главный движитель регионального экономического развития (Басарева, Михеева, 2017). Позитивный опыт столичных городов показывает, что усилия по воспроизводству на новом уровне городской жилой среды, повышение качества транспортно-логистической, торговой и социальной инфраструктуры могут стать важными драйверами экономического развития города и региона.

Спрос на жилье и сопутствующие товары является важнейшим драйвером регионального развития, связывающим инвестиционную и потребительскую активность. Однако во многих регионах крайне слабо работает такой мультипликатор спроса домашних хозяйств, как кредиты, в первую очередь, ипотечные. При современном уровне доходов и сложившейся на сегодня дифференциации доходов ставить перед собой задачу строительства жилья могут в основном представители 4-й и 5-й доходных групп.

Увеличение доходов в низкодоходных группах населения в результате перераспределительного маневра может существенно нарастить масштабы платежеспособного спроса на региональных рынках потребительских товаров и жилья. Поэтому даже грубая оценка такого рода приращения спроса может быть полезна в рамках формирования макроструктурных и региональных сценариев развития нашей экономики.

В то же время, прежде чем пытаться делать какие-либо оценки по региональным потребительским рынкам, важно оценить потенциальное изменение доходов и расходов населения во всех субъектах Федерации в результате перераспределения первичных доходов[1].

Определенная сложность реализации такого рода расчета состоит в том, что доходные группы по регионам автоматически не собираются в доходные группы по стране. Так, например, в 5-ю доходную группу по стране (первая строка таблицы 1) может попасть значительная часть 4-й группы Москвы, а значительная часть 5-й доходной группы Тывы или Калмыкии может оказаться только в 3-й доходной группе по стране.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы по возможности корректно в рамках структуры распределения доходов по группам, сложившейся в регионах, оценить масштабы потенциального перераспределения доходов в экономике Российской Федерации.

Технически этот расчет был реализован следующим образом.

Общий объем дополнительных доходов, являющихся источником перераспределения, оценивался на основе экзогенно задаваемого приращения ставки НДФЛ на 12 п. п. (до 25 %) и величины доходов 5-й доходной группы РФ.

Соответственно, в тех доходных группах субъектов Федерации, где среднедушевые доходы оказались не ниже, чем в 5-й группе по РФ, располагаемые доходы уменьшались в соответствии с увеличением ставки НДФЛ.

Одновременно все те доходные группы регионов, которые имеют душевой доход ниже среднего дохода 4-й группы по Российской Федерации, становятся реципиентами процедуры перераспределения доходов.

Наиболее сложный случай с теми доходными группами регионов, чьи среднедушевые доходы оказываются в интервале между среднедушевыми доходами 4-й и 5-й групп РФ. Это те группы, в которых часть населения облагается повышенным подоходным налогом, а другая часть получает перераспределительную надбавку. Пропорции распределения доходов в этих группах между двумя частями населения определяются мерой близости средней для данной доходной группы региона к значению средней для 5-й доходной группы РФ.

Результат изменения среднемесячных доходов по трем регионам — представителям (с нижним, средним и верхним уровнем доходов) федеральных округов представлен в таблице 2.

В качестве графической иллюстрации характера и масштаба изменений распределения доходов по доходным группам ниже представлены соответствующие графики по двум субъектам Федерации — г. Москва и Республика Тыва (рис. 3).

Москва как один из регионов с наиболее обеспеченным населением в рамках рассматриваемого сценария перераспределения доходов, демонстрирует сокращение доходов населения в трех верхних доходных группах. Тем не менее достаточно большая дифференциация доходов в Москве приводит к тому, что значительная часть населения столицы может в рамках предложенной схемы перераспределения претендовать на дополнительный выравнивающий доход.

Что касается Республики Тыва, то в этом регионе, относящемся к наименее обеспеченным регионам страны, на дополнительные доходы претендуют представители всех доходных групп.

Из сопоставления данных таблиц 1 и 2 следует, что чем меньше исходный среднемесячный доход, тем большим является относительное приращение общего суммарного дохода для данной группы. В этом, собственно, и про-

[1] Для расчета использовалась региональная статистика Росстата в части распределения общего объема денежных доходов по 20-процентным группам населения за ряд лет, среднедушевых денежных доходах населения, данные о среднегодовой численности населения, валовом региональном продукте, а также индексе физического объема ВРП и другие региональные данные за ряд лет.

Таблица 2

Изменение денежных доходов по доходным группам в регионах — представителях федеральных округов (регионы с нижним, средним и верхним уровнем доходов)

Table 2

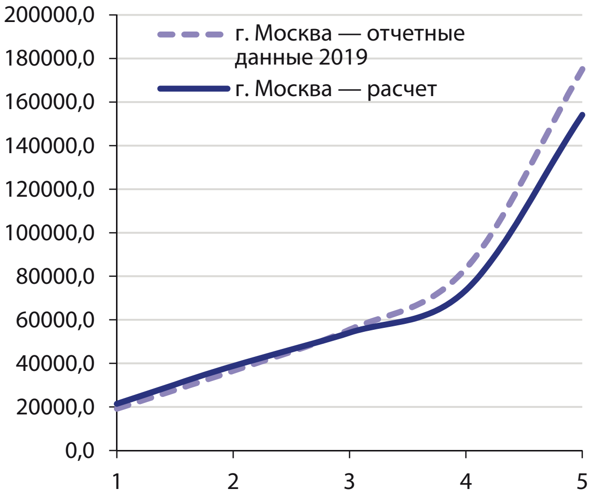
Income changes for quintile groups in the regions presenting federal districts (lower, middle and upper income regions)

Регион	Изменение доходов в результате перераспределения по группам, %				
	первая	вторая	третья	четвертая	пятая
Центральный федеральный округ					
Костромская область	124,3	114,4	110,3	107,5	99,1
Московская область	116,0	108,8	106,0	98,2	88,0
г. Москва	111,3	106,0	97,4	88,0	88,0
Северо-Западный федеральный округ					
Ненецкий автономный округ	111,2	105,7	96,0	88,0	88,0
Псковская область	125,2	114,7	110,4	107,4	98,2
г. Санкт-Петербург	117,1	109,1	106,1	98,4	88,0
Южный федеральный округ					
Республика Калмыкия	132,8	119,7	114,1	110,2	105,8
Краснодарский край	121,9	111,8	108,0	105,1	86,4
Астраханская область	126,5	115,3	110,8	107,6	98,4
Северо-Кавказский федеральный округ					
Республика Дагестан	128,0	115,2	110,3	107,0	94,4
Карачаево-Черкесская Республика	133,1	119,5	114,1	110,0	105,6
Ставропольский край	128,4	116,1	111,3	107,8	98,4
Приволжский федеральный округ					
Республика Мордовия	132,0	118,7	113,4	109,6	104,7
Республика Татарстан	121,5	111,8	107,9	105,1	86,5
Самарская область	124,3	113,6	109,4	106,5	93,2
Уральский федеральный округ					
Курганская область	130,1	117,7	112,5	108,9	102,6
Свердловская область	120,3	111,0	107,3	102,9	88,0
Ямало-Ненецкий автономный округ	111,0	105,6	95,5	88,0	88,0
Сибирский федеральный округ					
Республика Тыва	137,6	122,1	116,0	111,4	106,3
Красноярский край	123,7	113,0	108,8	106,0	90,5
Кемеровская область	125,8	115,0	110,7	107,6	98,9
Дальневосточный федеральный округ					
Хабаровский край	117,6	109,8	106,7	101,3	88,0
Сахалинская область	114,2	107,5	103,2	92,7	88,0
Еврейская автономная область	123,1	113,7	109,9	107,1	97,8

Источник: расчеты авторов.

является использование принципов безусловного базового дохода в предлагаемой схеме перераспределения в некотором смысле «излишних» доходов наиболее обеспеченной части населения (пятой общероссийской доходной группы) в пользу представителей первых четырех доходных групп. В силу того, что каждый представитель первых четырех групп получает абсолютно одинаковый дополнительный доход, большее относительное приращение дохода наблюдается для групп, имеющих меньший исходный доход.

Необходимо еще раз подчеркнуть, что предлагаемая схема носит достаточно общий характер и имеет своей главной целью получение предварительных количественных оценок макроэкономических и региональных последствий введения в том или ином виде прогрессивной шкалы налогообложения и соответствующего перераспределения доходов населения. Решения по повышению ставки подоходного налога должны сопровождаться разработкой детальных механизмов доставки средств до той части населения, которая нуждается в увеличении объемов социальной поддержки. Кроме того, рост ставки подоходного налога для более обеспеченных слоев населения должен сопровождаться мерами стимули-



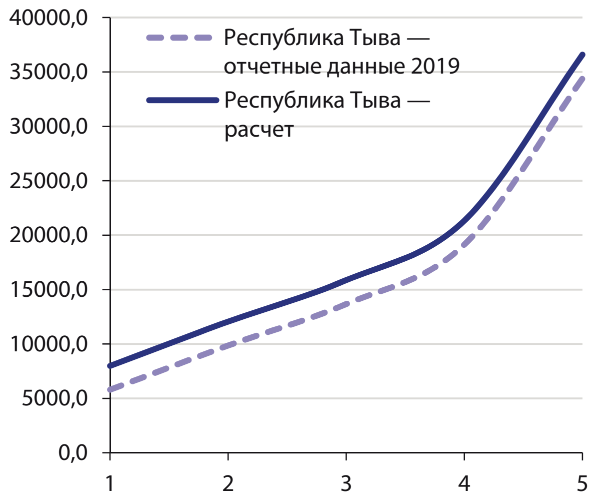


Рис. 3. *Перераспределение доходов по доходным группам в г. Москва и Республике Тыва (источник: расчеты авторов).*
Fig. 3. *Redistribution of income by income quintile groups in Moscow and the Republic of Tuva*

рования спроса, через широкую систему налоговых вычетов.

Для того, чтобы завершить часть счета, с проекцией перераспределения доходов на изменение конечного спроса домашних хозяйств и динамику ВРП, необходимо, в первую очередь, принять гипотезу относительно того, как изменение доходов трансформируется в спрос домашних хозяйств. Полагаем, что в целом можно принять два следующих ключевых предположения:

— дополнительные доходы первых четырех доходных групп населения Российской Федерации полностью трансформируются в дополнительный потребительский спрос;

— снижение располагаемых доходов (в результате повышения подоходного налога на 12 п. п.) представителей пятой доходной группы Российской Федерации не приводит к какому-либо снижению потребительского спроса, сокращаются только сбережения наиболее обеспеченной части населения.

В рамках принятых предположений естественно ожидать увеличения общего потребительского спроса населения (расходов на конечное потребление) и, соответственно, роста ВВП (ВРП), одним из элементов расчета которого в рамках концепции Системы национальных счетов является потребление домашних хозяйств. При этом ключевой структурный параметр в такого рода расчетах — это доля расходов населения в ВРП. Полагаем, что уместно в данном случае принять это соотношение на уровне последнего отчетного года.

Результаты

С учетом принятых предположений и по результатам соответствующих расчетов были получены оценки роста ВРП по федеральным округам и Российской Федерации (табл. 3). Так же, как и в в двух предыдущих таблицах, в итоговой таблице представлены результаты по субъектам — представителям федеральных округов.

Полученный в целом по экономике результат — увеличение суммарного по стране ВВП на 2,7 %, сопоставим с оценкой, полученной на основе макроэкономических расчетов — 2,2 % (Посткризисное восстановление..., 2020). Различие обусловлено, главным образом, влиянием импорта в рамках макроэкономического счета, учесть влияние которого в региональном счете в силу статистических ограничений практически невозможно.

Имея в виду неучтенное в последнем расчете влияние импорта, представленные в таблице 3 оценки потенциального приращения ВРП естественно рассматривать как оценки верхней границы возможных приращений валового регионального продукта.

Введение прогрессивного налогообложения доходов, помимо дополнительного роста региональной экономики, может также существенно снизить уровень межрегиональной дифференциации по доходам и уровню экономического развития. По результатам проведенных расчетов соотношение максимального и минимального уровня душевого дохода в 2019 г. снижается с 5 до 4 раз, аналогичное соотношение для верхней и нижней групп регионов (11/12) уменьшится с 3,1 до 2,6 раз.

Соотношение душевого ВРП снизится (без учета межрегиональной дифференциации цен) с 61,8 раза до 56,7 раза (максимальный/минимальный уровень) и с 9,3 раза до 8,7 раза (для групп регионов 11/12).

Таблица 3

Оценка роста потребительских расходов и динамики ВРП

Table 3

Assessment of consumer spending growth and GRP dynamics

Регион	Динамика расходов населения, %	Доля расходов населения в ВРП, %	Динамика ВРП, %
Российская Федерация	105,2	51,6	102,7
Центральный федеральный округ	103,5	53,1	101,8
Костромская область	108,1	74,6	106,1
Московская область	103,4	70,8	102,4
г. Москва	101,6	40,6	100,6
Северо-Западный федеральный округ	104,7	46,3	102,2
Ненецкий автономный округ	101,4	4,5	100,1
Псковская область	108,0	81,0	106,5
г. Санкт-Петербург	103,4	46,3	101,6
Южный федеральный округ	106,4	76,0	104,9
Республика Калмыкия	111,8	47,6	105,6
Краснодарский край	104,9	80,6	103,9
Астраханская область	108,2	40,4	103,3
Северо-Кавказский федеральный округ	108,4	105,6	108,8
Республика Дагестан	107,1	121,4	108,7
Карачаево-Черкесская Республика	111,6	73,7	108,5
Ставропольский край	108,4	94,8	108,0
Приволжский федеральный округ	106,9	58,6	104,0
Республика Мордовия	111,0	54,1	105,9
Республика Татарстан	104,9	50,5	102,5
Самарская область	106,5	56,6	103,7
Уральский федеральный округ	104,9	30,7	101,5
Курганская область	110,0	71,6	107,2
Свердловская область	104,3	67,5	102,9
Ямало-Ненецкий автономный округ	101,3	6,8	100,1
Сибирский федеральный округ	107,3	44,5	103,2
Республика Тыва	113,2	46,5	106,1
Красноярский край	105,9	31,4	101,8
Кемеровская область	108,3	40,7	103,4
Дальневосточный федеральный округ	104,6	49,2	102,3
Хабаровский край	104,0	68,4	102,8
Сахалинская область	102,4	17,8	100,4
Еврейская автономная область	107,6	62,1	104,7

Источник: расчеты авторов.

Заключение

Неравенство по доходам на уровне страны в целом и регионов в частности в настоящее время является одним из ключевых ограничений для развития российской экономики и экономики регионов. Уровень разрыва по величине доходов домашних хозяйств настолько высок, что требуется реализация комплекса системных мер, направленных на перераспределение первичных доходов населения, в рамках реализации концепции гарантированного базового дохода и использование потенциала роста спроса населения.

Одним из обсуждаемых механизмов перераспределения доходов может выступать изменение ставок подоходного налога. В связи с этим необходимо понимать масштаб макроэкономических эффектов, которые он может вызвать. Приведенные в статье расчеты демонстрируют общий положительный вклад этой меры в экономическую динамику, доходы и спрос населения на уровне страны и отдельных регионов.

Следует отметить, что в рамках рассматриваемой системы расчетов положительный импульс для экономической динамики формируется по двум направлениям: через сокращение уровня дифференциации по доходам населения и через сокращение межрегиональной дифференциации доходов.

Решения о введение дополнительных инструментов перераспределения доходов, в том числе изменение шкалы подоходного налога, предполагают их всестороннюю оценку. Приведенные в данном исследовании расчеты показывают, что в связи с положительным влиянием на ВВП, измеряемым процентами, было бы целесообразно продолжить исследования по данной тематике с учетом действия вторичного перераспределения на структуру потребления домашних хозяйств и развитие ситуации на товарных рынках.

Список источников

Басарева В. Г., *Михеева Н. Н.* Сибирский федеральный округ. Что мешает экономическому росту // Регион. Экономика и социология. 2017. № 2 (94). С. 104–125.

Земцов С. П., *Смелов Ю. А.* Факторы регионального развития в России. География, человеческий капитал или политика регионов // Журнал Новой Экономической Ассоциации. 2018. № 4 (40). С. 84–108.

Зубаревич Н. В. Регионы России. Неравенство, кризис, модернизация. Москва : Независимый институт социальной политики, 2010. 160 с.

Иванов В. Н., *Суворов А. В.* Задачи снижения уровня бедности населения и стимулирования потребительского спроса в российской экономике // Проблемы прогнозирования. 2012. № 4 (133). С. 100–117.

Капелюшников Р. И. Экономическое неравенство — вселенское зло? // Вопросы экономики. 2019. № 4. С. 91–106.

Лисоволик Я. Неравенство как «новая нормальность» // Banki.ru 23.06.2016. URL: https://www.banki.ru/news/columnists/?id=9021379 (дата обращения: 16.11.2021).

Любимов И. Взгляд на эволюцию неравенства доходов. Пикетти против Кузнеца — 60 лет спустя // Экономическая политика. 2016. Т. 11. № 1. С. 27–42.

Меркулова Т. В. Экономический рост и неравенство. Институциональный аспект и эмпирический анализ // Экономическая теория. 2009. Т. 6, № 1. С. 81–91.

Михеева Н. Н. Приоритеты регионального развития как фактор экономического роста // Научные труды. Ин-т народнохозяйственного прогнозирования РАН. Москва : МАКС Пресс, 2018. 608 с. С. 32–55.

Михеева Н. Н. Пространственные аспекты разработки экономических прогнозов. Научный доклад. Москва : Артик Принт, 2021. 120 с.

Посткризисное восстановление экономики и основные направления прогноза социально-экономического развития России на период до 2035 г. // под ред. чл.-корр. РАН А. А. Широва. Москва : Наука, 2020. 152 с.

Социальная политика в России. Проблемы и решения // под ред. члена-корреспондента РАН А. А. Широва. Москва : Артик Принт, 2021. 112 с.

Суворов А. В. Проблемы оценки дифференциации доходов населения в современной России // Проблемы прогнозирования. 2008. № 2 (107). С. 3–19.

Направления социальной политики, обеспечивающей восстановление экономического роста в России / А. В. Суворов, О. Н. Болдов, В. Н. Иванов и др. // Проблемы прогнозирования. 2020. № 4 (181). С. 3–15.

Экономико-географические и институциональные аспекты экономического роста в регионах / О. Луговой, В. Дашкеев, И. Мазаев и др.; Консорциум по вопр. приклад. экон. исслед., Канадское агентство по международному развитию [и др.]. Москва : ИЭПП, 2007. 164 с.

Ahluwalia M. S., *Carter N.*, *Chenery H.* (1979). Growth and poverty in developing countries // Journal of Development Economics. 1976. Vol. 6, No. 3. P. 299–341.

Barro R. J. Inequality and growth in a panel of countries // Journal of Economic Growth. 2000. Vol. 5, No. 1. P. 5–32.

Bigsten A., *Levin J.* Growth, Income Distribution, and Poverty: A Review // WIDER Discussion Paper 129. World Institute for Development Economics research (WIDER). Helsinki, 2001. 25 p.

Lustig, N., *Rigolini J.*, *Arias O.* Poverty Reduction and Economic Growth: A Two-Way Causality // Sustainable Development Department Technical Papers Series 111. Washington, D.C. : Inter- American Development Bank, 2002. 26 p.

Kuznets S. Economic growth and income inequality // American Economic Review. 1995. Vol. 45, No. 1. P. 1–28.

Piketty T. Capital in the 21st century. Cambridge, MA : Harvard University Press, 2014. 696 p.

Rajan R., *Zingales L.* Saving Capitalism from the Capitalists. Princeton : Princeton University Press, 2004. 392 p.

Ravallion M., *Lyn S.*, *Michael B.* Equity and Growth in Developing Countries: Old and New Perspectives on the Policy Issues // Policy Research Working Paper 1563. Washington, D.C. : World Bank, 1996. 30 p.

Reshaping Economic Geography / S. Coulibaly, U. Deichmann, M-E. Freire, et al. eds.. Washington, DC : World Bank, 2009. 383 p.

Savvides A., *Stengos T.* Income inequality and economic development: evidence from the threshold regression model // Economics Letters. 2000. Vol. 69, No. 2. P. 207–212.

References

Ahluwalia, M. S., Carter, N. & Chenery, H. (1979). Growth and poverty in developing countries. *Journal of Development Economics, 6(3),* 299–341.

Barro, R. J. (2000). Inequality and growth in a panel of countries. *Journal of Economic Growth, 5(12),* 5–32.

Basareva, V. G. & Mikheeva, N. N. (2017). Siberian Federal District: what prevents economic growth. Region. *Ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 2(94),* 104–125. (In Russ.)

Bigsten, A. & Levin, J. (2001). *Growth, Income Distribution, and Poverty: A Review.* WIDER Discussion Paper 129. Helsinki: World Institute for Development Economics research (WIDER), 25.

Coulibaly, S., Deichmann, U. K., Freire, M. E. et al. (Eds.). (2009). *Reshaping Economic Geography.* Washington, DC: World Bank, 383.

Ivanov, V. N. & Suvorov, A. V. (2012). How to decrease the national poverty rate and encourage consumer demand in Russia. *Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development], 4(133),* 100–117. (In Russ.)

Kapeliushnikov, R. I. (2019). Is economic inequality a universal evil? *Voprosy ekonomiki, 4,* 91–106. (In Russ.)

Kuznets, S. (1995). Economic growth and income inequality. *American Economic Review, 45(1),* 1–28.

Lisovolik, Ya. (23.06.2016). Neravenstvo kak «novaya normalnost». *Banki.ru.* Retrieved from: https://www.banki.ru/news/columnists/?id=9021379 (Date of access: 16.11.2021). (In Russ.)

Lugovoy, O., Dashkeyev, V., Mazayev, I., Fomchenko, D., Polyakov, E. & Hecht, A. (2007). *Analysis of economic growth in regions: geographical and institutional aspect.* Moscow: IEPP, 164. (In Russ.)

Lustig, N., Rigolini, J. & Arias, O. (2002). *Poverty Reduction and Economic Growth: A Two-Way Causality.* Sustainable Development Department Technical Papers Series 111. Washington, D.C.: Inter- American Development Bank, 26.

Lyubimov, I. (2016). Income Inequality Revisited 60 Years Later: Piketty vs Kuznets. *Ekonomicheskaya politika [Economic Policy], 11(1),* 27–42. (In Russ.)

Merkulova, T. V. (2009). Economic growth and inequality. Institutional aspect and empirical analysis. *Ekonomicheskaya teoriya, 6(1),* 81–91. (In Russ.)

Mikheeva, N. N. (2018). Priorities of regional development as a factor of economic growth. *Nauchnye trudy. Institut narodnokhozyaystvennogo prognozirovaniya RAN [Scientific Articles — Institute of Economic Forecasting Russian Academy of Sciences],* 16, 32–55. (In Russ.)

Mikheeva, N. N. (2021). *Spatial aspects of the development of economic forecasts.* Moscow: Artik Print, 120. (In Russ.)

Piketty, T. (2014). *Capital in the Twenty-First Century.* Cambridge, MA: Harvard University Press, 696.

Rajan, R. & Zingales, L. (2004). *Saving Capitalism from the Capitalists.* Princeton: Princeton University Press, 392.

Ravallion, M., Lyn, S. & Michael, B. (1996). *Equity and Growth in Developing Countries: Old and New Perspectives on the Policy Issues.* Policy Research Working Paper 1563. Washington, D.C.: World Bank, 30.

Savvides, A. & Stengos, T. (2000). Income inequality and economic development: evidence from the threshold regression model. *Economics Letters, 69(2),* 207–212.

Shirov, A. A. (Ed.). (2011). *Sotsialnaya politika v Rossii. Problemy i resheniya [Social policy in Russia. Problems and solutions].* Moscow: Artik Print, 112. (In Russ.)

Shirov, A. A. (Ed.). (2020). *Post-crisis economic recovery and the main directions of the socio-economic development forecast of Russia for the period up to 2035.* Moscow: Nauka, 152. (In Russ.)

Suvorov, A. V. (2008). Problems in estimating income differences in contemporary Russia. *Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development], 2(107),* 3–19. (In Russ.)

Suvorov, A. V., Boldov, O. N., Ivanov, V. N., Sukhorukova, G. M. & Budanova, A. I. (2020). Social Policy Directions Ensuring Revival of Economic Growth in Russia. *Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development], 4(181),* 3–15. (In Russ.)

Zemtsov, S. P. & Smelov, Yu. A. (2018). Factors of regional development in Russia: geography, human capital and regional policies. *Zhurnal Novoy Ekonomicheskoy Assotsiatsii [The Journal of the New Economic Association], 4(40),* 84–108. (In Russ.)

Zubarevich, N. V. (2010). *Regiony Rossii. Neravenstvo, krizis, modernizatsiya [Russian regions: inequality, crisis, modernization].* Moscow: Independent Institute for Social Policy, 160. (In Russ.)

Информация об авторах

Широв Александр Александрович — член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, директор, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН; Scopus Author ID: 16234922500; https://orcid.org/0000-0003-0806-9777 (Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский пр-кт, 47; e-mail: schirov-mse@yandex.ru).

Узяков Марат Наильевич — доктор экономических наук, профессор, зам. директора, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН; Scopus Author ID: 15019919900; https://orcid.org/0000-0003-3452-7188 (Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский пр-кт, 47; e-mail: uzyakov@inbox.ru).

Узякова Елена Сергеевна — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН; Scopus Author ID: 54397575700; https://orcid.org/0000-0003-3773-9725 (Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский пр-кт, 47; e-mail: mironova_helen@mail.ru).

About the authors

Alexander A. Shirov — Corresponding Member of RAS, Dr. Sci. (Econ.), Director, Institute of Economic Forecasting of RAS; Scopus Author ID: 16234922500; https://orcid.org/0000-0003-0806-9777 (47, Nakhimovsky Ave., Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: schirov-mse@yandex.ru).

Marat N. Uzyakov — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Deputy Director, Institute of Economic Forecasting of RAS; Scopus Author ID: 15019919900; https://orcid.org/0000-0003-3452-7188 (47, Nakhimovsky Ave., Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: uzyakov@inbox.ru).

Elena S. Uzyakova — Cand. Sci. (Econ.), Senior Research Associate, Institute of Economic Forecasting of RAS; Scopus Author ID: 54397575700; https://orcid.org/0000-0003-3773-9725 (47, Nakhimovsky Ave., Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: mironova_helen@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 02.09.2021.
Прошла рецензирование: 12.11.2021.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 02 Sep 2021.
Reviewed: 12 Nov 2021.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-10
УДК 339.376.42

С. В. Кульпин [а]**, *Г. А. Савчук*** [б]**, *О. А. Якимова*** [в]
[а, б, в] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Российская Федерация
[в] ВЦИОМ, г. Москва, Российская Федерация
[а] https://orcid.org/0000-0002-3998-9341, e-mail: s.v.kulpin@urfu.ru
[б] https://orcid.org/0000-0003-2980-8970
[в] https://orcid.org/0000-0003-2212-4357

Региональный анализ цифровой инклюзии на российском рынке C2C[1]

Цифровизация экономики создает новые рыночные механизмы и возможности для развития территорий. Интернет-рынок C2C при определенных условиях может рассматриваться как база для формирования предпринимательской культуры населения, а в последствии — стать точкой экономического роста региона. Вместе с тем, предпринимательский потенциал региональных цифровых рынков различается. По мнению авторов, важно исследовать эти различия и выяснять, с чем они связаны. В проведенном исследовании предпринимательский потенциал жителей регионов замерялся через цифровую инклюзию на интернет-рынках C2C. Был проведен анализ доли и дана характеристика активных продавцов онлайн-классифайда Avito в регионах РФ. Сбор данных осуществлялся методом контент-анализа объявлений частных лиц, размещенных на платформе Avito (n = 1 597). Для интерпретации данных использовались методы корреляционного и факторного анализа. Получены следующие результаты: во-первых, выявлена связь между уровнем цифровизации региона и величиной группы активных продавцов — более высокий уровень цифровизации территории (федерального округа) способствует тому, что большее число пользователей Avito начинают активно задействовать данный сервис для электронной торговли. Во-вторых, определена роль населенного пункта: среди пользователей Avito, проживающих в крупных городах, больше активных продавцов, чем среди тех, кто проживает в малых. В-третьих, зафиксировано, что дополнительные возможности цифрового пространства рынка C2C более привлекательны для женщин, чем для мужчин. Полученные результаты могут быть полезны органам государственной и муниципальной власти при планировании развития региона, а также использоваться исследователями интернет-экономики при описании и анализе процессов цифровизации. Развитие данной тематики может заключаться в выявлении и детальном изучении факторов, определяющих цифровую инклюзию на рынках C2C в российских регионах.

Ключевые слова: цифровая инклюзия, интернет-рынок C2C, регионы РФ, онлайн-классифайды, цифровая экономика, предпринимательский потенциал региона, цифровые платформы

Благодарность

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Программы развития Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина в соответствии с программой стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

Для цитирования: Кульпин С. В., Савчук Г. А., Якимова О. А. Региональный анализ цифровой инклюзии на российском рынке C2C // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 437-449. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-10.

RESEARCH ARTICLE

Sergey V. Kulpin [a], ***Galina A. Savchuk*** [b], ***Olga A. Iakimova*** [c]
[a, b, c] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation
[c] VCIOM, Moscow, Russian Federation
[a] https://orcid.org/0000-0002-3998-9341, e-mail: s.v.kulpin@urfu.ru
[b] https://orcid.org/0000-0003-2980-8970
[c] https://orcid.org/0000-0003-2212-4357

Regional Analysis of Digital Inclusion in the C2C Market of Russia

Economy digitalisation creates new market mechanisms and regional development opportunities. In certain circumstances, the C2C (consumer-to-consumer) Internet market can act as a basis for establishing an entrepreneurial culture; subsequently, it can turn into an economic growth point of a region. However, since the entrepreneurial potential of regional digital markets varies, it is crucial to investigate these differences and the reasons for their occurrence. In the present study, the entrepreneurial potential of residents is measured through their digital inclusion in C2C Internet markets. The article analyses and characterises the active sellers of the Avito online classified in Russian regions. The data were collected using the content analysis of ads posted by individuals on the Avito platform (n = 1,597). Correlation and factor analysis were used for interpretation. The conducted analysis showed the following results. First, the study revealed a relationship between regional digitalisation and the size of the group of active sellers: a higher level of digitalisation of a territory (federal district) means that more residents start to actively use Avito for e-commerce. Second, the paper demonstrated the importance of locality, since the number of active sellers among Avito users is bigger in large cities. Third, it was proved that additional opportunities provided by the C2C market are more attractive for women than for men. The obtained findings can be used by authorities planning the regional development, as well as by researchers of the Internet economy describing and analysing the digitalisation processes. Further studies may identify and examine in detail the factors defining digital inclusion in C2C markets of Russian regions.

Keywords: digital inclusion, C2C Internet market, Russian regions, online classifieds, digital economy, entrepreneurial potential of regions, digital platforms

Acknowledgments

The article has been prepared with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within Ural Federal University Program of Development in accordance with the program of strategic academic leadership «Priority-2030».

For citation: Kulpin, S. V., Savchuk, G. A. & Iakimova, O. A. (2022). Regional Analysis of Digital Inclusion in the C2C Market of Russia. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 437-449, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-10.

Введение

С начала XXI в. повсеместное развитие интернет-рынков меняет взаимоотношения людей, систему их коммуникации и трансакций, трансформируя экономическое мышление потребителя. В 2020 г. объем интернет-экономики России составил 6,7 трлн руб., что на 22 % больше, чем в предыдущий период[1]. Столь резкий рост связан как с общемировыми трендами, так и со следствиями пандемии. В связи с этим исследования интернет-рынка сегодня оказываются крайне актуальными.

В соотношении с понятием равенства термин «цифровая инклюзия» можно интерпретировать как «положение тех или иных слоев общества, имеющих дополнительные возможности для качественной социально-экономической жизни за счет доступности информационно-технических сервисов». Противоположным понятием выступает «цифровая эксклюзия — социально неблагоприятное положение (с точки зрения образования, квалификации, трудоустройства, экономического поведения и т. д.) вследствие отсутствия / нехватки доступа, цифровых навыков, мотивации, ощутимых результатов от использования информационно-коммуникационных технологий, специфики социального статуса» (Плотичкина, 2020).

Отдельный пласт исследований цифровой инклюзии посвящен процессам цифровизации экономики совместного пользования (sharing economy), к которой относится электронная торговля на рынке C2C. Механизмы сетевой экономики, основной идеей которой выступает переход от строгой иерархии к горизонтальным связям, дают населению возможность, ис-

[1] Экономика Рунета // Цифровая экономика России 2020/2021. URL: http://www.xn--80aaokjbmheeb2a2al4l.xn--p1ai/ (дата обращения: 26.09.2021).

пользуя принципы совместного потребления, более гибко отнестись к личным расходам, повысив при этом качество жизни. Современные интернет-сервисы сгруппированных по темам объявлений (онлайн-классифайды) избавляют людей от необходимости приобретения дорогостоящих товаров для получения непосредственного доступа к ним. Поэтому в настоящее время C2C торговля считается одним из самых больших сегментов рынка совместного потребления по объему трансакций.

Важность оценки предпринимательского потенциала интернет-рынка C2C в контексте стимулирования экономического роста территорий определила цель нашей статьи — анализ доли и характеристик активных продавцов онлайн-классифайдов (на примере платформы Avito) в пространстве регионов РФ.

В ходе исследования мы хотели выяснить, одинаково ли в регионах формируется совокупность людей, функционально и на регулярной основе использующих цифровую платформу Avito в повседневной жизни (не в профессиональной деятельности), предполагая, что именно эта группа и будет демонстрировать цифровую инклюзию на рынке C2C. В связи с этим нами были сформулированы следующие гипотезы.

Гипотеза 1. Чем выше уровень цифровизации региона, тем активнее в нем поведение пользователей классифайдов. При определении уровня цифровизации региона мы использовали данные индекса «Цифровая Россия». Учитывая, что он рассчитывается на основе субиндексов, включающих ряд социально-экономических показателей (в частности развитие сетей связи, системы центров обработки данных и внедрение цифровых платформ работы в регионе, уровень влияния внедренных инновационных цифровых решений на экономический результат субъекта РФ, долю сектора информационных и коммуникационных технологий в экономике и др.)[1], мы исходили из предположения, что чем выше в регионе эти социально-экономические показатели, тем активнее вовлечено население в электронную торговлю на рынке C2C.

Гипотеза 2. В каждом регионе сформировалась группа активных продавцов, использующих приемы предпринимательской деятельности на платформе Avito.

Гипотеза 3. Женщины в большей степени вовлечены в торговлю на платформе Avito как вид цифровой экономической деятельности, чем мужчины.

Обзор литературы

Понятие цифровой инклюзии затрагивает классическую для социально-экономической теории проблематику равенства и неравенства, которая на разных этапах общественного развития акцентировалась как финансовая, гендерная, возрастная, расовая дискриминация и т. д. В настоящее время к этому перечню добавляется цифровое неравенство, связанное с ограничением возможностей социальной группы, возникающим вследствие отсутствия у нее доступа к информационно-технологическим средствам коммуникации. Исследователи обращают внимание на взаимовлияние социальной и цифровой инклюзии (Helsper, 2012), теоретические основания появления цифрового неравенства (Ragnedda, Muschert, 2018), а также на споры между приверженцами изменений цифровой эпохи и их противниками (Norris, 2001).

В эпоху пандемии COVID-19 проблема цифрового неравенства вышла на новый уровень значимости. Исследователи подчеркивают, что вопрос наличия качественных информационно-технических сервисов в разных регионах внутри одной страны превратился из «некомфортного» в «чрезвычайный», так как практически все государства столкнулись с трудностями в обеспечении равнодоступности цифровых сервисов (Lai, 2021). Ученые отмечают, что цифровые сервисы в эпоху пандемии ушли из разряда удобств и стали просто необходимыми для нормальной социальной, экономической, образовательной жизни (Beaunoyer, Dupere, Guitton, 2020). Сегодня цифровое неравенство рассматривается в одном контексте с благополучием семей, гендерным неравенством, экологическими проблемами, проблемами, связанными с предоставлением индивидуальных прав в противовес коллективным правам (Shek, 2021).

В современных зарубежных исследованиях цифровая инклюзия рассматривается в разных сферах: образовании (Patricio, Gil, 2021), здравоохранении (Borg, Boulet, Smith, 2019), финансовой сфере (Srouji, 2020), социальной работе (Gonzales, Martinez, Perez, 2020). Российские ученые занимаются проблематикой цифровой инклюзии преимущественно в сфере инклюзивного образования (Инновационный взгляд…, 2017).

[1] Подробнее о методологии расчета индекса и группировке на его основании территорий РФ см.: Индекс «Цифровая Россия» // Московская школа управления «Сколково». 2018. URL: https://www.skolkovo.ru/researches/indeks-cifrovaya-rossiya/ (дата обращения: 28.07.2021).

Развитие экономики совместного потребления нельзя привязать к цифровизации конкретных отраслей хозяйства, поскольку ее границы широки и размыты, что оказывается критичным при попытках измерить ее потенциал. Тем не менее в условиях высокой динамики развития интернет-рынка и современных средств коммуникации оценка предпринимательского потенциала саморазвивающихся сетевых экономических структур, к которым относится интернет-рынок C2C, приобретает высокую значимость.

Исходя из сказанного, мы предполагаем, что интернет-рынок C2C при направленном развитии цифровой инклюзии населения может рассматриваться как база для формирования его предпринимательской культуры и впоследствии стать точкой экономического роста территории.

Анализируя цифровую инклюзию на примере трансформированного C2C рынка, мы прибегаем к региональному подходу, используемому в практике международных и отечественных исследований. Так, Д. Сантана и соавторы (Accessibility and digital inclusion..., 2021) в контексте цифровой инклюзии сравнивали разные города в Бразилии и Южной Корее. А. Маршалл (Australian farmers..., 2020) с коллегами рассматривали доступность цифровых сервисов для фермеров различных регионов Австралии. В России группа ученых под руководством Т.В. Миролюбовой (Миролюбова, Карлина, Николаев, 2020) предложила методологию измерения объемов цифровой экономики на региональном уровне и провела ее апробацию на основе экономико-статистического анализа данных по Пермскому краю.

Многие исследователи изучают цифровую инклюзию в контексте гендерного неравенства, анализируя факторы вовлечения женщин в цифровую среду в условиях социальной, профессиональной и политической дискриминации. Например, развитость цифровых навыков у женщин, проживающих в сельской местности (Social inclusion of rural women..., 2021) или цифровую инклюзию женщин в контексте существующей государственной политики и программ развития (Rodrigez-Diaz, Jimenez-Cortes, 2020). В подобного рода проектах, когда оценивается цифровая инклюзия женщин в разных странах (Thompson, Paul, 2020; Arroyo, 2020), часто используется региональный аспект. Эти исследования мотивировали нас проверить гипотезу об активном вовлечении женщин в экономические процессы на региональных цифровых рынках C2C.

Основываясь на анализе научной литературы, мы делаем вывод, что, во-первых, цифровизация социально-экономических процессов оказала существенное влияние на систему как формальных, так и неформальных институтов, во-вторых, пандемия COVID-19 не только обнажила проблему цифровой эксклюзии, но и способствовала ускорению трансформации институциональной среды под новые потребности и вызовы общества (Faraj, Renno, Bhardwaj, 2021). При этом характер данного влияния оказался двояким. С одной стороны, внедрение цифровых технологий способствует созданию новых моделей поведения, в том числе и в цифровой среде, а с другой — развитие неформальных норм и правил взаимодействия между экономическими агентами формирует потребность в разработке нормативных актов, регулирующих подобные взаимодействия (Hinings, Gegenhuber, Greenwood, 2018). В контексте человеческого капитала эти процессы способствуют росту цифрового неравенства, что обусловило ответ социально-экономической системы в части активизации процессов развития цифровой инклюзии, в том числе в рамках цифровизации рынка C2C.

Методология исследования и описание выборки

Для анализа цифровой включенности населения регионов в процессы совместного использования вещей, в декабре 2020 г. нами был проведен контент-анализ объявлений частных лиц, размещенных на платформе Avito, поскольку именно она занимает первое место на российском рынке онлайн-классифайдов[1]. Выборка строилась следующим образом: в каждом из восьми федеральных округов РФ были выбраны два города — самый крупный в этом округе и типичный (медианный) по численности населения. Затем на Avito для анализа была выбрана категория товара «персональные вещи», так как в ней представлено больше всего объявлений. Далее, в соответствии со сконструированной выборкой, на сайте определялся город, и в разделе «частные лица» случайным образом отбирались две страницы объявлений, которые анализировались сплошным образом за исключением информации, размещенной на платной основе (с пометкой VIP). В результате мы получили выборку из 1597 объявлений (табл. 1).

[1] Рожков Р., Новый В. Naspers сорвала объявления // Коммерсант. 2015. № 197 (26 окт.). URL: https://www.kommersant.ru/doc/2840618 (дата обращения: 23.09.2021).

Таблица 1

Выборка объявлений на сайте Avito (в абсолютных числах)

Table 1

The sample of ads on the Avito platform (in absolute values)

Федеральный округ РФ	**Наиболее крупный город**	***N***	**Типичный (медианный) город**	***N***
Центральный	Москва	100	Звенигород	100
Северо-Западный	Санкт-Петербург	100	Пестово	99
Южный	Ростов-на-Дону	100	Апшеронск	100
Северо-Кавказский	Махачкала	100	Баксан	100
Приволжский	Нижний Новгород	100	Петровск	100
Уральский	Екатеринбург	98	Трехгорный	100
Сибирский	Новосибирск	100	Обь	100
Дальневосточный	Хабаровск	100	Кяхта	100
Всего: 1 597				

Поскольку целью регионального анализа было выявление группы активных продавцов и их характеристик в федеральных округах России, под поведением пользователей Avito мы понимали не только частоту размещения рекламных объявлений, но и подход к их составлению — использование маркетинговых приемов при продвижении «своего товара», таких как логическая последовательность текста, его эмоциональная окраска, стимулирование и побуждение к покупке.

Чтобы отделить продавцов, использующих платформу Avito как один из инструментов продажи товаров наряду с другими (то есть выставляющих товары, приобретенные специально для последующей перепродажи), от тех, кто предлагает товары «спонтанно», мы, во-первых, ввели в бланк контент-анализа[1] индикатор однородности / неоднород-

[1] Бланк контент-анализа состоял из четырех тематических блоков — они представлены в таблице 2.

Таблица 2

Категории контент-анализа объявлений на сайте Avito и их индикаторы

Table 2

Categories for the content analysis of ads on the Avito platform and their indicators

Категория анализа	**Индикаторы**
Социально-демографические характеристики продавца	Пол Категория продавца (производит / перепродает товар)
Активность продавца	Длительность существования профиля Число объявлений в профиле Число объявлений, в которых предлагаются однородные товары: — по функционалу — целевой аудитории — пользователю товара Детализация категории товара в объявлении (указание дополнительных подкатегорий товара) Число размещенных объявлений за последние три месяца Число товарных категорий, представленных продавцом за последние три месяца
Контент объявления	Наличие информации: — о технических характеристиках товара — о состоянии товара после использования — об условиях покупки — о причинах продажи — о цене Наличие эмоциональной окраски в тексте объявления Наличие логической последовательности в тексте. Объявления Наличие в тексте стимулирования и побуждения к покупке Акцент на бренде товара в тексте или фотографиях Число фотографий Тип фотографий: — из каталогов — профессиональные — любительские Наличие фотографий упаковки, документов Наличие информации об условиях доставки
Характеристика профиля продавца	Число просмотров последнего объявления Число отзывов о продавце Рейтинг продавца

ности продаваемых товаров[1] и, во-вторых, мы фиксировали признак — продается новая вещь или вещь, которая была в употреблении (табл. 2).

Анализ собранных данных показал, что объявления о продаже персональных вещей размещают преимущественно женщины (73 %), в основном товар перепродается (98 %), в редких случаях предлагается самостоятельно произведенный товар (2 %). Новые вещи рекламируются в 15 % объявлений. Несколько чаще одним продавцом предлагаются неоднородные товары (59 %), в остальных случаях пользователи сайта размещают объявления об однородных товарах. Чаще всего на продажу выставляются одежда, обувь, аксессуары (44 %), детская одежда и обувь (29 %), товары для детей и игрушки (13 %). В контенте объявления встречается информация о цене (91 % случаев), о технических характеристиках вещи (71 %), о состоянии товара после использования (56 %). Значительно реже указывается причина продажи (18 %), описание условий покупки (15 %) и доставки (14 %). Маркетинговые приемы при составлении своего объявления использовала лишь небольшая часть продавцов: логическая последовательность[2] в тексте объявления отмечается в 39 % случаев, акцент на бренде товара есть в 29 % случаев, эмоциональная окраска[3] присутствует лишь в 24 % текстах объявлений, стимулирование и побуждение к покупке[4] — в 24 %. Фотографии товара с разных ракурсов есть в большинстве объявлений (64 %), как правило, это любительские фотографии (82 % случаев). Данные параметры в одинаковой степени характерны для всех регионов, корреляционных связей между ними и регионом размещения объявления не выявлено.

[1] Мы сделали это, исходя из предположения, что те, кто покупает товары специально для перепродажи, будут размещать объявления однородных категорий товаров.

[2] Логическая последовательность определялась нами через наличие композиции и логики повествования, нелогичность — через перескакивание с одного тезиса на другой, фрагментарность текста объявления.

[3] Эмоциональная окраска определялась через использование специальных приемов: метафор, эпитетов, олицетворений, сравнений, гиперболизации, метонимии и др.

[4] Стимулирование и побуждение к покупке определялось через использование следующих приемов: призывающие фразы, упоминания об акциях, «остался последний товар», «цена ниже, чем в магазине» и т. п.

Результаты исследования

Поведение продавцов на Avito с точки зрения предпринимательской деятельности

Первое, что нам необходимо было сделать для проверки гипотез, — разделить продавцов, отобранных в выборочную совокупность, на «активных» и «пассивных». Для этого мы использовали признак «количество рекламных объявлений, размещенных продавцом за последние три месяца». Диапазон значений этой переменной оказался весьма велик — от отсутствия новых сообщений вовсе до 6840 постов, поэтому для выделения интересующих нас групп мы использовали медианное значение, а не среднее (из-за наличия выбросов) или модальное (поскольку оно присутствует лишь в 6 % случаев) (табл. 3).

На основе деления выборки по второму квартилю мы сконструировали вторичную переменную, позволяющую нам идентифицировать поведение продавца как активное или пассивное. В результате в группу «активных» продавцов вошло 49 % отобранных для анализа аккаунтов, а в группу «пассивных» — 51 %.

Следующий вопрос, который необходимо было выяснить, — включает ли поведение активных продавцов на Avito элементы предпринимательской деятельности? Для ответа на него мы прибегли к корреляционному анализу признака, измеряющего активность пользователей классифайда, и переменных, включенных в инструмент в качестве индикаторов предпринимательской деятельности: длительность регистрации продавца на Avito, количество рекламных объявлений и представленных в них товарных категорий, наличие сведений о предлагаемом товаре, стимулирование к его покупке и пр. (табл. 4).

Анализируя данные, представленные в таблице 4, можно сделать вывод, что по сравнению с пассивными, активные продавцы дольше присутствуют / имеют профили на Avito, они чаще размещают в своих аккаунтах рекламные объявления, в которых представлено большее число товарных категорий. В постах активных продавцов чаще встречаются неоднородные товары, а если они предлагают однородные товары, то обновляют информацию о них с большей регулярностью. Активные пользователи платформы склонны размещать информацию о технических характеристиках товара, указывать цену и описывать условия покупки. Они используют элементы / механизмы вербального стимулирования и побуждения к приобретению товара, размещают больше его фото-

Таблица 3

Описательные статистики признака «количество рекламных объявлений, размещенных продавцом за последние три месяца»

Table 3

Descriptive statistics for the variable “the number of ads posted by the seller in the last three months”

Среднее значение	38,5
Медиана	14
Мода	2
Стандартное отклонение	207,8
Минимум	0
Максимум	6 840
n	1 597

Таблица 4

Корреляции признаков активности продавцов и элементов предпринимательской деятельности

Table 4

Correlation between the activity of sellers and elements of entrepreneurship

Переменная	Активность продавца
Какое количество товарных категорий представлено продавцом за три месяца	–0,251**
Сколько всего объявлений присутствует в профиле продавца	–0,102**
Сколько месяцев существует профиль продавца	–0,231**
Категории товаров, которые предлагаются для продажи	–0,067**
Сколько объявлений, в которых предлагаются однородные товары, присутствует в профиле	–0,064*
Наличие информации о технических характеристиках	0,096**
Описание условий покупки	0,079**
Указание цены	0,062*
Стимулирование и побуждение к покупке	0,090**
Количество фотографий	–0,081**
Фотографии с разных ракурсов	0,120**
Фотографии упаковки, документов	0,098**
Рейтинг продавца	–0,377**

* корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя).

** корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

графий, в том числе с разных ракурсов, а также изображения упаковки и документов. Наконец, чем активнее продавец, тем выше его рейтинг.

Таким образом, основываясь на результатах корреляционного анализа, группу активных продавцов на Avito можно описать посредством следующих характеристик:

— они стабильно / постоянно присутствуют на рынке;

— предлагают широкий / разнообразный ассортимент;

— регулярно обновляют ассортимент;

— предоставляют подробную информацию о предлагаемых товарах / услугах;

— указывают информацию о стоимости и условиях покупки;

— используют приемы стимулирования к совершению покупки;

— имеют положительную репутацию / пользуются доверием покупателей (рейтинг).

Поведение, обладающее перечисленным набором признаков, можно назвать характерным для предпринимательской деятельности. Более того, факторный анализ (анализ главных компонент) переменных, выступающих в нашем исследовании индикаторами элементов предпринимательской деятельности продавца, позволил нам выделить два фактора, представляющие собой его различные паттерны (табл. 5).

Первый фактор соответствует поведенческому паттерну, согласно которому продавец размещает большое количество фотографий товара, представляя его с разных ракурсов, описывает его технические характеристики, демонстрирует фотографии упаковки и документов, указывает цену. Мы назвали этот паттерн «рациональные продажи».

Для второго паттерна характерно, как и для первого, размещение большого числа изображений продаваемых вещей, описа-

Таблица 5

Результаты факторного анализа* признаков, относящихся к предпринимательской деятельности

Table 5

Results of the principal component analysis of variables related to entrepreneurship

Признак	Главные компоненты (факторы)	
	***F*1**	***F*2**
Фотографии с разных ракурсов	0,797	
Указание цены	0,733	
Наличие информации о технических характеристиках	0,589	
Количество фотографий	–0,509	–0,480
Фотографии упаковки, документов	0,315	
Стимулирование и побуждение к покупке		0,761
Описание условий покупки		0,687

* Метод выделения факторов: метод главных компонент. Метод вращения: варимакс с нормализацией Кайзера (вращение сошлось за три итерации). Мера адекватности выборки Кайзера — Майера — Олкина (КМО): 0,607 (удовлетворительная адекватность). Критерий сферичности Бартлетта: 0,000 (данные приемлемы для проведения факторного анализа).

Таблица 6

Корреляция переменной «активность продавца» и факторов, относящихся к характеристикам предпринимательской деятельности

Table 6

Correlation between the variable "activity of sellers" and factors related to elements of entrepreneurship

Фактор	Активность продавца
Рациональные продажи (*F*1)	0,125**
Эмоциональные продажи (*F*2)	0,119**

** корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

ние условий покупки (как произвести оплату, где можно забрать вещь, или она будет доставлена покупателю на дом) и стимулирование к ее совершению посредством вербальных инструментов (использование в тексте объявления призывающих фраз, упоминание об акциях, например «остался последний товар», «цена ниже, чем в магазине» и т. п.). Этот паттерн мы обозначили как «эмоциональные продажи».

Сочетание рационального и эмоционального компонента продаж свойственно активным продавцам практически в равной степени. Оба фактора демонстрируют значимую статистическую связь с признаком «активность продавца» (табл. 6), что также подтверждает нашу гипотезу о формировании на платформе классифайда группы активных продавцов, использующих элементы предпринимательской деятельности.

После того как мы выделили группу активных продавцов и охарактеризовали их поведение с точки зрения элементов предпринимательской деятельности, интерес представляет описание портрета этой группы: кто эти люди, где они живут. На платформе Avito доступными для сбора данными о пользователях являются пол, определяемый по имени человека, на которого зарегистрирован аккаунт, и место проживания, фиксируемое посредством параметров поиска. Далее мы проанализируем активность продавцов с точки зрения регионального аспекта и гендерных характеристик.

Активность продавцов Avito через призму территорий РФ

Региональный аспект активности продавцов Avito мы проанализировали в контексте размера городов и географии федеральных округов. Отобранные на этапе сбора данных города были разделили на две группы: 1) крупные, куда вошли административные центры федеральных округов РФ (как правило, это города-миллионники) и 2) малые, куда вошли типичные по размеру в рамках каждого федерального округа города (с медианной численностью населения). В соответствии с этим, одну половину нашей выборки составили аккаунты продавцов, проживающих в крупных городах (50 %), а другую — в малых (50 %). При этом зарегистрированные на Avito жители административных центров федеральных округов в большей степени относятся к активным продавцам, нежели жители малых городов (рис. 1) — корреляция Пирсона для переменных «активность продавца» и «тип населенного пункта» статистически значима на уровне 0,2.

Данные, представленные на рисунке 1, свидетельствуют, что если в крупных городах больше половины продавцов Avito (57 %) оказываются активными, то в малых городах примерно такая же по размеру их группа (59 %) относится к пассивным пользователям классифайда.

В контексте административно-географического деления России на федеральные округа можно выделить регионы, где продажи на Avito ведутся с большей активностью, чем в остальных (рис. 2). Согласно полученным данным, к активным продавцам относятся более половины зарегистрированных на Avito с целью ведения продаж жителей Центрального (62 %), Уральского (56 %), Приволжского (54 %) и Сибирского (53 %) федеральных округов. Значительно более пассивны в продажах товаров пользователи Avito, зарегистрированные в Южном (64 %), Дальневосточном (57 %) и Северо-Кавказском (56 %) федеральных округах.

Для проверки гипотезы о связи степени активности продаж пользователей классифайда

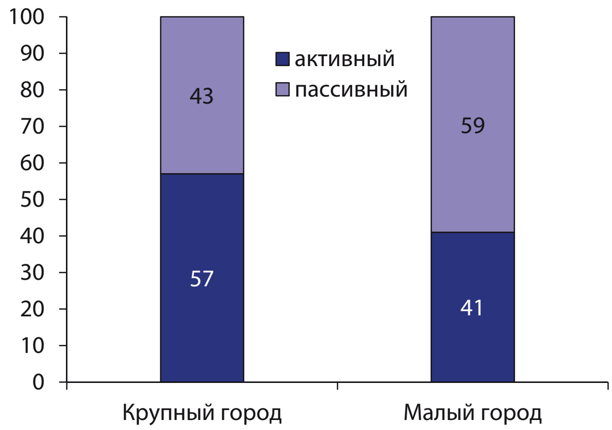


Рис. 1. *Активные и пассивные продавцы среди жителей крупных и малых городов (в %)*

Fig. 1. *Active and passive sellers among residents of large and small cities (%)*

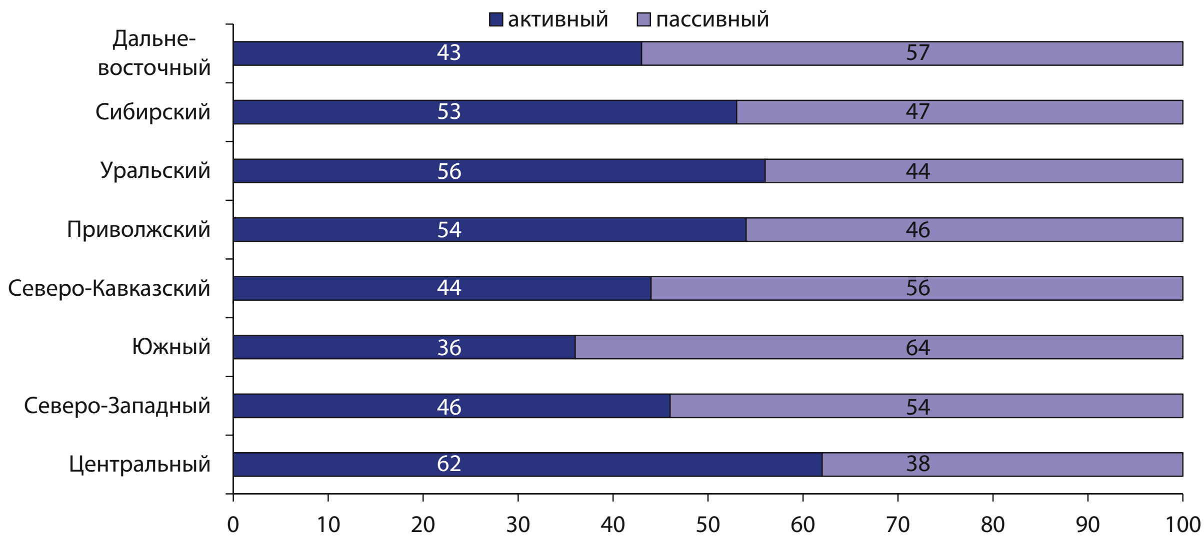


Рис. 2. *Соотношение активных и пассивных продавцов на Avito в федеральных округах РФ (в %)*
Fig. 2. *The ratio of active and passive sellers on Avito in federal districts of the Russian Federation (%)*

и уровня цифровизации региона их проживания мы сконструировали вторичную переменную, где федеральные округа были разделены по четырем группам на основе индекса «Цифровая Россия»[1]: 1) лидер (УрФО), 2) догоняющая тройка (ЦФО, ПФО, СЗФО), 3) вторая тройка (СФО, ДФО, ЮФО) и 4) замыкающий (СКФО).

Корреляционный анализ переменных, измеряющих активность продавцов и уровень цифровизации регионов демонстрирует наличие между ними значимой статистической связи[2], что позволяет нам подтвердить гипотезу о наличии зависимости между степенью цифрового развития региона и активностью его населения в осуществлении индивидуальных продаж в цифровом пространстве.

Гендерная характеристика продавцов Avito

Продавцы Avito — это преимущественно женщины, что подтверждает последнюю из выдвинутых гипотез: из проанализированных нами 1597 профилей пользователей им принадлежит 73 %, тогда как мужчинам — только 17 %[3]. Чуть больше половины женщин, предлагающих товары на Avito, относятся к активным продавцам (52 %), среди мужчин таких — меньше трети (29 %) (рис. 3).

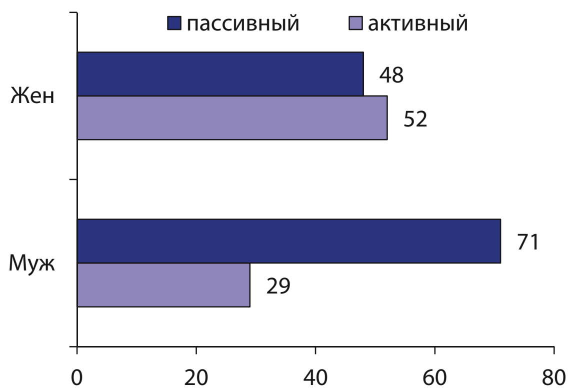


Рис. 3. *Активные и пассивные продавцы среди женщин и мужчин, продающих товары на Avito (в %)*
Fig. 3. *Active and passive sellers among women and men selling goods on Avito (%)*

Переменная «пол» демонстрирует невысокую, однако статистически значимую корреляцию с признаками, измеряющими активность поведения продавца и степень рациональности его подхода к продвижению своих товаров на площадке классифайда (табл. 7).

Таблица 7

Корреляция признака «пол» с переменными, характеризующими активность продавца и рациональность его поведения

Table 7

Correlation between the variable “gender” and variables measuring the activity and rationality of sellers

Признак	Пол
Активность продавца	–0,074**
Рациональные продажи	–0,089**

** корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

[1] Подробнее о методологии расчета индекса и группировке на его основании территорий РФ см.: Индекс «Цифровая Россия» // Московская школа управления «Сколково». 2018. URL: https://www.skolkovo.ru/researches/indeks-cifrovaya-rossiya/ (дата обращения: 28.07.2021).

[2] Коэффициент корреляции 0,1**: корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

[3] У оставшихся 8 % попавших в выборку аккаунтов продавцов гендерную принадлежность идентифицировать не удалось, и еще 2 % были зарегистрированы на юридические лица.

Корреляционный анализ подтверждает, что по сравнению с мужчинами, женщины более активны в ведении продаж на Avito. Тем не менее, им в чуть меньшей степени, чем мужчинам, в этом отношении свойственен рациональный подход.

Заключение

Рост экономической активности индивидуальных продавцов на платформе Avito привлекает внимание исследователей — в ежегодных аналитических обзорах консалтинговых агентств представлены информация о росте и объемах сделок в различных товарных сегментах, сравнение регионов по объему сделок, основные социально-демографические характеристики продавцов и покупателей[1].

Нас интересовал отличный от перечисленных фокус анализа, а именно — насколько дополнительные возможности для активной экономической деятельности, возникающие благодаря классифайду, используются россиянами в разных регионах.

В результате исследования мы подтвердили гипотезу, предполагающую, что чем выше уровень цифровизации региона, тем активнее в нем поведение пользователей классифайдов. Следовательно, чем лучше в регионе социально-экономические показатели, определяющие его цифровизацию (такие как развитие сетей связи, системы центров обработки данных, внедрение цифровых платформ работы в регионе, уровень влияния внедренных инновационных цифровых решений на экономический результат субъекта РФ, доля сектора информационных и коммуникационных технологий в экономике и др.), тем активнее вовлечено население в электронную торговлю на рынке С2С.

Мы выяснили, что тип населенного пункта играет важную роль в контексте вовлеченности его жителей в цифровую экономическую деятельность: среди пользователей Avito, проживающих в крупных городах, больше активных продавцов, чем среди тех, кто проживает в малых. Можно утверждать, что более развитая цифровая инфраструктура способствует большей инклюзии жителей региона на рынках электронной торговли С2С. Безусловно, это влияние может быть связано и с другими факторами — половозрастным составом населения, развитостью предпринимательства в регионе и особенностями предпринимательской культуры, уровнем доверия населения различным социальным институтам. Так, например, отечественные исследователи выявили взаимосвязь между возрастом, уровнем институционального доверия, уровнем беспокойства о сохранности личной информации в интернете, возможностями планирования будущего, отношением к применению цифровых технологий в повседневной жизни и уровнем использования интернет-услуг (Лысова, 2018). Однако связь между уровнем цифровизации региона и степенью цифровой инклюзии, выраженной в активном поведении пользователя платформы Avito, также существует и имеет логическое объяснение.

Вторая гипотеза тоже нашла подтверждение: в каждом регионе сформировалась группа активных продавцов, использующих приемы предпринимательской деятельности на платформе Avito.

Анализ данных показал, что дополнительные возможности цифрового пространства рынков С2С более привлекательны для женщин. Они не только составляют большинство продавцов, но и демонстрируют большую активность в продажах по сравнению с мужчинами. Это служит подтверждением третьей выдвинутой гипотезы — женщины в большей степени вовлечены в данный вид цифровой экономической деятельности, чем мужчины. Этот вывод важен в контексте первого — с развитием цифровой инфраструктуры в регионах, которые в этом нуждаются, у жительниц этих территорий появится больше возможностей для реализации собственного предпринимательского потенциала на рынках электронной торговли С2С.

Следует обратить внимание на вклад цифровизации в развитие предпринимательской культуры населения, что важно в региональном аспекте, поскольку в объявлениях активных продавцов классифайда отмечается использование маркетинговых приемов, характерных для профессиональных продаж, в них просматриваются классические рациональный и эмоциональный подходы к составлению рекламного сообщения.

Подводя итог, можно отметить, что вовлечение населения в активную торговлю на рынке С2С способствует развитию предпринимательской культуры в регионе. Поэтому важно уделять внимание созданию равных цифровых возможностей для жителей различных территорий — как центральных, так и периферии.

Исследование может быть полезно органам государственной и муниципальной власти

[1] Рынок С2С онлайн-торговли. Интернет-торговля между частными лицами. URL: https://datainsight.ru/sites/default/files/DI_Avito_C2C_2020.pdf. (дата обращения: 23.09.2021).

для оценки предпринимательского потенциала региональных цифровых рынков, а также исследователям интернет-экономики. Дальнейшее развитие изучаемой нами тематики может быть связано с выявлением факторов, определяющих цифровую инклюзию на рынках C2C в российских регионах, таких как социально-демографический состав населения, этническое разнообразие региона, уровень институционального доверия, уровень социальной напряженности, безработицы, а также развития предпринимательства. Это позволит понять, при каких условиях в регионе население будет активнее вовлекаться в электронную торговлю на рынках C2C.

Список источников

Инновационный взгляд на инклюзию / А. Р. Самкаев, А. Н. Грязнов, А. Р. Хайруллина, В. Е. Баскакова // Актуальные проблемы инновационного педагогического образования. 2017. № 3. С. 37–41.

Лысова Т. С. Пользование интернет-услугами и факторы, влияющие на их разнообразие // Вестник общественного мнения. Данные. Анализ. Дискуссии. 2018. № 1–2(126). P. 133–144. DOI: doi.org/10.24411/2070–5107–2018–00008.

Миролюбова Т. В., *Карлина Т. В.*, *Николаев Р. С.* Цифровая экономика. Проблемы идентификации и измерений в региональной экономике // Экономика региона. 2020. Т. 16, Вып. 2. С. 377–390. DOI: doi.org/10.17059/2020–2-4.

Плотичкина Н. В. Цифровая инклюзия: теоретическая рефлексия и публичная политика // Вестник Томского государственного университета. 2020. № 58. С. 216–226. (Философия. Социология. Политология). DOI: doi.org/10.17223/1998863X/58/20.

Accessibility and digital inclusion in Brazil and South Korea: A comparison between micro and macro territorial approach / D. A. Sant'Ana, M. C. B. Pache, P. P. Borges, J. L. E. Dias // Sustainable Cities And Society. 2021. Vol. 64. 102524. DOI: doi.org/10.1016/j.scs.2020.102524.

Arroyo L. Implications of Digital Inclusion: Digitalization in Terms of Time Use from a Gender Perspective // Social Inclusion. 2020. Vol. 8 (2). P. 180–189. DOI: doi.org/10.17645/si.v8i2.2546.

Australian farmers left behind in the digital economy — Insights from the Australian Digital Inclusion Index / A. Marshall, M. Dezuanni, J. Burgess, et al. // Journal of Rural Studies. 2020. Vol. 80. P. 195–210. DOI: doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.09.001.

Beaunoyer E., *Dupere S.*, *Guitton M.* COVID–19 and digital inequalities: Reciprocal impacts and mitigation strategies // Computers in human behavior. 2020. Vol. 111 (106242). DOI: doi.org/10.1016/j.chb.2020.106424.

Borg K., *Boulet M.*, *Smith L.* Digital Inclusion & Health Communication: A Rapid Review of Literature // Health Communication. 2019. Vol. 34 (11). P. 1320–1328. DOI: doi.org/10.1080/10410236.2018.1485077.

Faraj S., *Renno W.*, *Bhardwaj A.* Unto the breach: What the COVID-19 pandemic exposes about digitalization // Information and Organization. 2021. Vol. 31 (1). 100337. DOI: doi.org/10.1016/j.infoorg.2021.100337.

Gonzalez M. V., *Martinez R. G.*, *Perez M. G.* Perceptions of social educators about digital leisure for the inclusion of socially disadvantaged young people // Pedagogia Social Revista Interuniversitaria. 2020. No. 36. P. 97–110. DOI: doi.org/10.7179/PSRI_2020.36.06.

Helsper E. J. A corresponding fields model for the links between social and digital exclusion // Communication Theory. 2012. Vol. 22 (4). P. 403–426. DOI: doi.org/10.1111/j.1468–2885.2012.01416.x.

Hinings B., *Gegenhuber T.*, *Greenwood R.* Digital innovation and transformation: An institutional perspective // Information and Organization. 2018. Vol. 28 (1). P. 52–61. DOI: doi.org/10.1016/j.infoandorg.2018.02.004.

Lai J., *Widmar N. O.* Revisiting the Digital Divide in the COVID-19 Era // Applied economic perspectives and policy. 2021. Vol. 43 (1). P. 458–464. DOI: doi.org/10.1002/aepp.13104.

Norris P. Digital divide: civic engagement, information poverty, and the Internet worldwide. New York : Cambridge University Press, 2001. 320 p.

*Patricio M.*R., *Gil H.* Digital inclusion: Education Policies and Proposals for Ageing Territories // Revista EducaOnline. 2021. Vol. 15 (1). P. 97–114.

Ragnedda M., *Muschert G. W.* Theorizing Digital Divides. London : Routledge, 2018. 218 p.

Rodriguez-Diaz M. R., *Jimenez-Cortes R.* Digital inclusion of women in the spanish policies of the society of the information // Athenea Digital. 2020. Vol. 20 (2). e2702. DOI: doi.org/10.5565/rev/athenea.2702.

Shek D. COVID–19 and Quality of Life: Twelve Reflections // Applied research in quality of life. 2021. Vol. 16 (1). P. 1–11. DOI: doi.org/10.1007/s11482–020–09898-z.

Social inclusion of rural women through digital literacy programs for employment / F. J. G. Aguilera, J. J. L. Olivencia, E. E. Fontoura, F. A. P. Fontoura // Revista complutense de educacion. 2021. Vol. 32 (1). P. 15–25. DOI: doi.org/10.5209/rced.67590.

Srouji J. Digital Payments, the Cashless Economy, and Financial Inclusion in the United Arab Emirates: Why Is Everyone Still Transacting in Cash? // Journal of Risk and Financial Management. 2020. Vol. 13 (11). 260. DOI: doi.org/10.3390/jrfm13110260.

Thompson K. M., *Paul A.* Factors of Digital Inclusion among Women: Revisiting India and Extending to Chile and Australia for Additional Analysis // Library quarterly. 2020. Vol. 90 (2). P. 173–188. DOI: doi.org/10.1086/707673.

References

Aguilera, F. J. G., Olivencia, J. J. L., Fontoura, E. E. & Fontoura, F. A. P. (2021). Social inclusion of rural women through digital literacy programs for employment. *Revista complutense de educacion, 32(1),* 15–25. DOI: 10.5209/rced.67590. (In Spanish)

Arroyo, L. (2020). Implications of Digital Inclusion: Digitalization in Terms of Time Use from a Gender Perspective. *Social Inclusion, 8(2),* 180–189. DOI: 10.17645/si.v8i2.2546.

Beaunoyer, E., Dupere, S. & Guitton, M. (2020). COVID-19 and digital inequalities: Reciprocal impacts and mitigation strategies. *Computers in human behavior, 111,* 106242. DOI: 10.1016/j.chb.2020.106424.

Borg, K., Boulet, M. & Smith, L. (2019). Digital Inclusion & Health Communication: A Rapid Review of Literature. *Health Communication, 34(11),* 1320–1328. DOI: 10.1080/10410236.2018.1485077.

Faraj, S., Renno W. & Bhardwaj, A. (2021). Unto the breach: What the COVID-19 pandemic exposes about digitalization. *Information and Organization, 31(1),* 100337. DOI: 10.1016/j.infoorg.2021.100337.

Gonzalez, M. V., Martinez, R. G. & Perez, M. G. (2020). Perceptions of social educators about digital leisure for the inclusion of socially disadvantaged young people. *Pedagogia Social Revista Interuniversitaria, 36,* 97–110. DOI: 10.7179/PSRI_2020.36.06.

Helsper, E. J. (2012). A corresponding fields model for the links between social and digital exclusion. *Communication Theory, 22(4),* 403–426. DOI: 10.1111/j.1468–2885.2012.01416.x.

Hinings, B., Gegenhuber, T. & Greenwood, R. (2018). Digital innovation and transformation: An institutional perspective. *Information and Organization, 28(1),* 52–61. DOI: 10.1016/j.infoandorg.2018.02.004.

Lai, J. & Widmar, N. O. (2021). Revisiting the Digital Divide in the COVID-19 Era. *Applied economic perspectives and policy, 43(1),* 458–464. DOI: 10.1002/aepp.13104.

Lysova, T. (2018). Use of Internet services and factors affecting the variety thereof. *Vestnik obshhestvennogo mneniya. Dannye. Analiz. Diskussii [The Russian Public Opinion Herald. Data. Analysis. Discussions], 1–2(126),* 133–144. DOI: 10.24411/2070–5107–2018–00008. (In Russ.)

Marshall, A., Dezuanni, M., Burgess, J., Thomas, J. & Wilson, C. K. (2020). Australian farmers left behind in the digital economy — Insights from the Australian Digital Inclusion Index. *Journal of Rural Studies, 80,* 195–210. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2020.09.001.

Mirolyubova, T. V., Karlina, T. V. & Nikolaev, R. S. (2020). Digital Economy: Identification and Measurements Problems in Regional Economy. *Ekonomika regiona [Economy of region], 16(2),* 377–390. DOI: 10.17059/2020–2-4. (In Russ.)

Patricio, M. R. & Gil, H. (2021). Digital inclusion: Education Policies and Proposals for Ageing Territories. *Revista Educa Online, 15(1),* 97–114.

Norris, N. (2001). *Digital divide: civic engagement, information poverty, and the Internet worldwide.* New York: Cambridge University Press, 320.

Plotichkina, N. V. (2020). Digital inclusion: theoretical reflection and public policy. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya. Sotsiologiya. Politologiya [Tomsk State University Journal of Philosophy, Sociology and Political Science], 58,* 216–226. DOI: 10.17223/1998863X/58/20. (In Russ.)

Ragnedda, M. & Muschert, G. W. (2018). *Theorizing Digital Divides.* London: Routledge, 218.

Rodriguez-Diaz, M. R. & Jimenez-Cortes, R. (2020). Digital inclusion of women in the Spanish policies of the society of the information. *Athenea Digital, 20(2),* e2702. DOI: 10.5565/rev/athenea.2702. (In Spanish)

Samkaev, A. R., Gryaznov, A. N., Khajrullina, A. R. & Baskakova, V. E. (2017). An innovative perspective on inclusion. *Aktualnye problemy innovatsionnogo pedagogicheskogo obrazovaniya [Actual problems of innovative pedagogical education], 3,* 37–41. (In Russ.)

Sant'Ana, D. A., Pache, M. C. B., Borges, P. P. & Dias J. L. E. (2021). Accessibility and digital inclusion in Brazil and South Korea: A comparison between micro and macro territorial approach. *Sustainable Cities and Society, 64,* 102524. DOI: 10.1016/j.scs.2020.102524.

Shek, D. (2021). COVID-19 and Quality of Life: Twelve Reflections. *Applied research in quality of life, 16(1),* 1–11. DOI: 10.1007/s11482–020–09898-z.

Srouji, J. (2020). Digital Payments, the Cashless Economy, and Financial Inclusion in the United Arab Emirates: Why Is Everyone Still Transacting in Cash? *Journal of Risk and Financial Management, 13(11),* 260. DOI: 10.3390/jrfm13110260.

Thompson, K. M. & Paul, A. (2020). Factors of Digital Inclusion among Women: Revisiting India and Extending to Chile and Australia for Additional Analysis. *Library quarterly, 90(2),* 173–188. DOI: 10.1086/707673.

Информация об авторах

Кульпин Сергей Владимирович — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры интегрированных маркетинговых коммуникаций и брендинга, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина; Scopus Author ID: 57216868677; https://orcid.org/0000-0002-3998-9341 (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; e-mail: s.v.kulpin@urfu.ru).

Савчук Галина Анатольевна — кандидат социологических наук, доцент, заведующий кафедрой интегрированных маркетинговых коммуникаций и брендинга, Уральский федеральный университет им. первого Президента

России Б. Н. Ельцина; Scopus Author ID: 57213002265; https://orcid.org/0000-0003-2980-8970 (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; e-mail: galina.savchuk@urfu.ru).

Якимова Ольга Александровна — кандидат социологических наук, доцент кафедры интегрированных маркетинговых коммуникаций и брендинга, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина; редактор-переводчик департамента издательских программ, ВЦИОМ; Scopus Author ID: 57213002265; https://orcid.org/0000-0003-2212-4357 (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; 119034, Москва, ул. Пречистенка, 38, e-mail: o.a.iakimova@urfu.ru).

About the authors

Sergey V. Kulpin — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Academic Department of Integrated Marketing Communications and Branding, Ural Federal University; Scopus Author ID: 57216868677; http://orcid.org/0000-0002-3998-9341 (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation; e-mail: s.v.kulpin@urfu.ru).

Galina A. Savchuk — Cand. Sci. (Soc.), Associate Professor, Head of the Academic Department of Integrated Marketing Communications and Branding, Ural Federal University; Scopus Author ID: 57213002265; http://orcid.org/0000-0003-2980-8970 (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation; e-mail: galina.savchuk@urfu.ru).

Olga A. Iakimova — Cand. Sci. (Soc.), Associate Professor, Academic Department of Integrated Marketing Communications and Branding, Ural Federal University; Editor-Translator of the Department of Publishing Programs, VCIOM; Scopus Author ID: 57213002265; https://orcid.org/0000-0003-2212-4357 (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002; 38, Prechistenka St., Moscow, 119034, Russian Federation; e-mail: o.a.iakimova@urfu.ru).

Дата поступления рукописи: 10.10.2021.
Прошла рецензирование: 10.12.2021.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 10 Oct 2021.
Reviewed: 10 Dec 2021.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-11
УДК 338.2

А. А. Чурсин [а], Т. В. Кокуйцева [б]
[а, б] Российский университет дружбы народов, г. Москва, Российская Федерация
[а] https://orcid.org/0000-0003-0697-5207
[б] https://orcid.org/0000-0002-0126-170X, e-mail: kokuytseva-tv@rudn.ru

Развитие методов оценки цифровой зрелости организации с учетом регионального аспекта[1]

Цифровая трансформация в Российской Федерации происходит во всех регионах. В связи с этим первостепенное значение приобретает оценка цифровой зрелости организаций. При этом ввиду межрегиональных дисбалансов при разработке проектов по цифровой трансформации требуется учет региональных особенностей, что обусловливает актуальность исследования. Цель исследования — разработать экономический инструмент оценки цифровой зрелости организации с учетом регионального аспекта. Для достижения этой цели поставлены и решены следующие задачи: проведен анализ теоретических подходов к оценке цифровой зрелости, обоснована система показателей, учитывающих региональные аспекты, и разработан алгоритм оценки цифровой зрелости организаций и интерпретации результатов. В статье представлен экономический инструмент оценки цифровой зрелости организаций, включающий оценку уровня внутренней и внешней цифровой зрелости посредством количественных показателей. Внутренняя цифровая зрелость учитывает две группы факторов: научно-технические и производственные. Внешняя цифровая зрелость учитывает четыре региональных аспекта: кадровый, финансовый, потребительский, инфраструктурный, — что отличает авторскую методику от других подходов. Расчет цифровой зрелости производится с применением методов нормирования данных для их соизмеримости и метода анализа иерархий для учета веса каждого фактора. Анализ полученных оценок цифровой зрелости с учетом шкалы, основанной на применении метода простой группировки по равным интервалам, позволяет сделать вывод об уровне цифровой зрелости — базовом, формирующемся, среднем, продвинутом или высоком. Кроме того, оценка цифровой зрелости позволяет выявить узкие места организации для разработки мер по их устранению в обеспечение повышения эффективности цифровой трансформации. Экономический инструмент оценки цифровой зрелости организаций верифицирован на примере организаций наукоемкой промышленности РФ. Показана взаимосвязь полученных оценок с цифровым развитием регионов РФ. Полученные с помощью представленной методики результаты могут быть использованы для реализации стратегий управления цифровой трансформацией организаций и при разработке региональной политики.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровая трансформация, оценка цифровой зрелости, экономический инструмент оценки, региональные факторы, управление регионом, ресурсное обеспечение, цифровизация

Благодарности

Публикация выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

Для цитирования: Чурсин А. А., Кокуйцева Т. В. Развитие методов оценки цифровой зрелости организации с учетом регионального аспекта // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 450-463. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-11.

RESEARCH ARTICLE

Alexander A. Chursin [a]***, Tatiana V. Kokuytseva*** [b]
[a, b)] RUDN University, Moscow, Russian Federation
[a)] https://orcid.org/0000-0003-0697-5207
[b)] https://orcid.org/0000-0002-0126-170X, e-mail: kokuytseva-tv@rudn.ru

Development of Methods for Assessing the Digital Maturity of Organisations Considering the Regional Aspect

Digital transformation has reached all regions of the Russian Federation. In this regard, it is essential to assess the digital maturity of various companies. Simultaneously, digital transformation projects should take into account interregional imbalances and regional specificities. The present study aims to develop an economic tool for assessing the digital maturity of organisations considering the regional aspect. To achieve this goal, we analysed theoretical approaches to assessing the digital maturity, presented a system of indicators that consider regional aspects, and created an assessment algorithm for interpreting the results. The developed economic tool allows the assessment of internal and external digital maturity in terms of quantitative indicators. Internal digital maturity considers scientific and technical, as well as production factors. In the presented methodology, external digital maturity considers four regional aspects: human, financial, consumer, infrastructural. Digital maturity was calculated using data normalisation methods to ensure their commensurability and analytic hierarchy process to consider the weight of each factor. Based on the presented scale, obtained via the method of simple grouping into equal intervals, digital maturity of organisations can be classified as basic, emerging, medium, advanced or high. Additionally, the conducted assessment of digital maturity allowed us to identify the "bottlenecks" in organisations that should be eliminated in order to increase the effectiveness of digital transformation. The developed economic tool was tested on the example of high-tech enterprises of the Russian Federation. The relationship between the calculated estimates and digital development of Russian regions was demonstrated. The obtained results can be used to implement strategies for managing the digital transformation of organisations, as well as to develop regional policies.

Keywords: digital economy, digital transformation, digital maturity assessment, economic assessment tool, regional factors, regional management, resource allocation, digitalisation

Acknowledgements

The article has been prepared with the support of the RUDN University Strategic Academic Leadership Program.

For citation: Chursin, A. A. & Kokuytseva, T. V. (2022). Development of Methods for Assessing the Digital Maturity of Organisations Considering the Regional Aspect. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(1), 450-463, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-1-11.

1. Введение

В настоящее время переход к цифровой экономике стал одним из основных трендов в мировой экономике. Практически во всех передовых странах мира разработаны и утверждены стратегические документы по переходу к цифровой экономике, характеризующей новый технологический уклад, основанный на технологиях Индустрия 4.0. Наиболее высокий уровень цифровизации бизнеса в странах Западной Европы (Финляндия — 50, Бельгия — 49, Нидерланды — 48 и т. д.) и Республике Корея (42).[1]

Уровень цифровизации на макроуровне достигается за счет соответствующей политики государства и регионов. Для достижения высокого уровня цифровизации в стране, обладающей такими масштабными территориями, как Российская Федерация, и включающей несколько десятков регионов, требуется сбалансированная политика по цифровой трансформации регионов с учетом их региональных особенностей и цифровой зрелости организаций, ведь именно организации являются ключевыми субъектами региональной экономики, определяющими возможность цифровизации секторов региональной экономики.

Уровень цифровизации регионов РФ крайне неоднороден: в 2021 г. лишь 9 регионов РФ относятся к регионам с высоким уровнем цифровой зрелости, а 62 — к регионам со средним уровнем цифровой зрелости.[2] Среди причин —

[1] Индикаторы цифровой экономики: 2020: статистический сборник / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва : НИУ ВШЭ, 2020. 360 с. URL: https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/387609461.PDF (дата обращения 01.06.2021).

[2] Высокого уровня цифровой зрелости достигли 9 регионов — Минцифры. URL: https://d-russia.ru/vysokogo-urovnja-

недостаток финансирования, цифровое неравенство, отсутствие мотивации у промышленных предприятий и их неготовность (в т. ч. отсутствие компетенций у работников). С целью сокращения таких межрегиональных различий, обеспечения устойчивого и сбалансированного пространственного развития РФ утверждена Стратегия пространственного развития РФ на период до 2025 года, план реализации которой включает, в частности, развитие цифровой инфраструктуры. Уже сегодня при разработке федерального проекта «Цифровой регион» обсуждается вопрос об учете глубины проникновения цифровых технологий в каждом субъекте[1], однако подхода к оценке этого индикатора не разработано ни на региональном, ни на корпоративном уровне.

В области управления многие ученые и практики сходятся во мнении, что управлять можно тем, что можно измерить, оценить. Действительно, как управлять регионом и реализовывать проекты по цифровизации в регионе, не понимая текущего уровня. Несмотря на наличие различных экономических инструментов управления на уровне региона и на уровне организации, позволяющих управлять инновационным развитием, оценивать конкурентоспособность компании (Belkin и др., 2015), социально-экономический потенциал региона, оценивать эффективность регионов и т. д., до настоящего времени отсутствует экономический инструмент оценки цифровой зрелости организации с учетом региональных аспектов. Гипотеза настоящего исследования состоит в том, что учет региональных аспектов в оценке цифровой зрелости организаций позволит выявить узкие места с позиции цифровизации для разработки мер по их сокращению путем проведения соответствующей региональной политики и мероприятий в области развития образовательной сферы, ИТ-инфраструктуры и т. д.

Уровень развития и возможности организаций зачастую крайне неоднородны и переход к цифровой экономике оказывается для них затруднительным по ряду внешних и внутренних причин. Для выявления слабых и сильных сторон организации в части цифровой зрелости организации, поиска узких мест для разработки мер по их устранению в обеспечение перехода к цифровой экономике требуется оценка цифровой зрелости организаций. В связи с чем цель настоящего исследования состоит в разработке экономического инструментария оценки цифровой зрелости организации с учетом региональных аспектов.

2. Материалы и методы

2.1. Теоретические аспекты цифровой экономики

Под цифровой экономикой рассматривается экономика, которая характеризуется активным внедрением и использованием цифровых технологий для сбора, хранения, обработки, преобразования и передачи данных абсолютно во всех сферах жизнедеятельности человека (Borremans и др., 2018). Цифровая экономика не только расширяет знания людей, но и открывает новые возможности для всех (Abbate и др., 2022), в том числе малого и среднего бизнеса (Thrassou и др., 2020).

Н. Лане утверждает, что данный термин относится к конвергенции вычислительных и коммуникационных технологий в интернете и, как следствие, к потоку информации и технологий, который стимулирует всю электронную торговлю и огромные организационные изменения (Lane, 1999).

П. М. Гуреев, В. В. Дегтярева и И. С. Прохорова рассматривают цифровую экономику как феномен проникновения цифровых технологий в реальные экономические процессы, охватывающий все сферы экономических взаимоотношений субъектов (Gureev и др., 2020).

Анализ подходов к определению «цифровая экономика» проведен в ряде работ (Mizintseva и др., 2018; Bukht и др., 2017; Белоусов и др., 2019; Басаев, 2018; Головенчик, 2019). Вопросы перехода к цифровой экономике освещены в таких научных работах, как (Issa и др., 2018; Hamidi и др., 2018; Akberdina и др., 2018; De Carolis и др., 2017). Резюмируя результаты изучения научных исследований, посвященных подходам к определению термина «цифровая экономика», можно сформулировать следующее определение: цифровая экономика — система отношений между хозяйствующими субъектами, складывающаяся в области производства, обмена, распределения и потребления и основанная на применении цифровых технологий и управлении большими данными.

Для характеристики состояния организации с позиции ее функционирования в условиях цифровой экономики в научной литературе используется понятие «цифровая зрелость». Подходы к определению цифровой зрело-

cifrovoj-zrelosti-dostigli-9-regionov-mincifry.html.

[1] Запуск федерального проекта «Цифровой регион» перенесен на осень с туманными перспективами. 2021. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2021-04-27_zapusk_federalnogo_proekta (дата обращения 01.06.2021).

сти приведены в различных научных работах (Новичков и др., 2018; Петрова и др., 2018) и аналитических отчетах[1 2]. Одно из наиболее точных определений: «Цифровая зрелость — это состояние, в котором эффективность цифровых процессов достигает своего максимума, все выстроено таким образом, что весь коллектив с помощью внедренных IT-решений работает как слаженная команда на достижение бизнес-целей компании» (Халилова и др., 2019).

Цифровая зрелость влияет на показатели компаний согласно данным консалтинговой компании BCG: «зрелые» компании имеют более высокие экономические показатели, нежели «отстающие» (т. е. с меньшим уровнем цифровой зрелости): по росту EBITDA (в 1,8 раза), по расходам на НИОКР (в 1,5 раза), по росту стоимости компаний (в 2,4 раза).[3]

2.2. Инструменты оценки цифровой зрелости

Оценка цифровой зрелости объекта хозяйственной деятельности может осуществляться на трех уровнях (табл. 1): макроуровень, мезоуровень (уровень отраслей или регионов), микроуровень (уровень организации).

Подходы к оценке цифровой зрелости рассматриваются в научных публикациях российских и зарубежных ученых (Cognet и др., 2021; Minonne и др., 2018; Sándor, Gubán, 2021; Tutak, Brodny, 2022).

Исследование подходов к оценке цифровой зрелости на трех уровнях управления позволяет сделать следующие выводы, которые будут положены в основу разрабатываемого экономического инструмента оценки цифровой зрелости организации:

— все исследованные инструменты едины в выделении 3–5 субиндексов (блоков) по направлениям, характеризующим, в первую очередь, развитие человеческих ресурсов и уровень применения цифровых технологий, а также организационно-управленческую составляющую, взаимодействие с внешним миром (с клиентами, поставщиками, государством). Уровень компетенций работников — это первая составляющая фундамента развития любого предприятия. Вторая ключевая составляющая — это уровень внедрения цифровых технологий, что особенно важно, когда речь идет о промышленных предприятиях. Без автоматизации производства, использования современных гибких автоматизированных производств, роботизированного производства, «умных» фабрик и цифровых двойников уже не представляется возможным создание конкурентоспособной продукции, так как конкуренция растет все большими темпами и требуется сокращение срока производственного цикла;

— практически каждый подход основан на расчете интегрального показателя посредством применения следующих методов исследования: метод экспертных оценок, метод анкетирования, метод нормирования, статистические методы, метод сравнения;

— недостатком проанализированных подходов нам представляется то, что оценка цифровой зрелости носит абсолютный характер, т. е. оценка происходит по определенному набору параметров. Причем в этом случае результат, полученный в ходе оценки, может служить маяком при сравнении себя с конкурентами или в динамике, однако сделать вывод о том, какая поддержка необходима со стороны региональных властей на основании проанализированных экономических инструментов, не представляется возможным. В этой связи разрабатываемый экономический инструмент должен закрыть этот пробел в научно-методическом аспекте.

2.3. Региональные аспекты оценки цифровой зрелости организации

Оценка цифровой зрелости организаций требует учета региональных аспектов, представляющих собой внешние факторы макросреды организации. Среди таких основных региональных аспектов выделим следующие:

— кадровый аспект. Как правило, подавляющее большинство выпускников школ поступают в вузы, расположенные в своем регионе проживания, поэтому можно сделать вывод, что кадровый аспект является региональным. В том случае, если речь идет о высокотехнологичных промышленных предприятиях, они, как правило, создаются в крупных городах или вблизи них, так как именно в них сосредоточены высококвалифицированные кадры.

[1] Оценка цифровой зрелости организации. На примере Счетной палаты Российской Федерации. URL: https://cpur.ru/konsalting/oczenka-czifrovoj-zrelosti-organizaczii-na-primere-schetnoj-palaty-rossijskoj-federaczii-2/ (дата обращения 05.07.2021).

[2] Цифровая трансформация в России — 2020. Обзор и рецепты успеха.67 с. URL: https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020 (дата обращения 05.07.2021).

[3] «Цифре» ищут порог зрелости // Тематическое приложение к газете «Коммерсантъ». 2020. № 224/П. С. 14. URL: https://www.kommersant.ru/doc/4603071 (дата обращения 05.07.2021).

Таблица 1

Подходы к оценке цифровой зрелости

Table 1

Approaches to assessing the digital maturity

№	Наименование подхода (автор)	Суть подхода
		Макроуровень
1	Национальный индекс развития цифровой экономики (Росатом)[*1]	Оценка на основе анализа групп показателей: — 7 групп факторов развития цифровой экономики; — 5 групп факторов использования цифровых технологий; — 3 группы факторов воздействия цифровой трансформации
2	Типологизация архетипов цифровой экономики (Хуавей)[*2]	Анализ семи архетипов цифровой экономики: — в области технологического дизайна и разработки продуктов: инновационный хаб, эффективные просьюмеры; — в области производства: сервисные центры, глобальные заводы; — в области торговли: бизнес-хаб; — в области потребления: ИКТ-покровитель, ИКТ-новичок
3	Методология Digital Economy Country Assessment (Мировой банк)[*3]	Оценка на основе расчета трех групп показателей: цифровой трансформации государственного сектора; цифровой трансформации частного сектора; цифровых граждан и потребителей
		Мезоуровень
1	Оценка цифровизации отраслей экономики России (Росатом)	Оценка цифровизации отраслей экономики России на основе 11 групп показателей: государственная политика и регулирование, человеческий капитал, НИОКР, деловая среда, кибербезопасность, цифровой сектор, цифровая инфраструктура, цифровое правительство, здравоохранение, цифровой бизнес, цифровые граждане[*4]
2	Методика оценки готовности отраслей к цифровой экономике	Расчет интегрального индекса путем суммирования трех подиндексов: обеспеченность оборудованием, программное обеспечение, кадровый потенциал отраслей. (Ввиду отсутствия национальных или международных аналогичных методик использован научный подход ученых Института экономики УрО РАН) (Попов и др., 2017)
		Микроуровень
1	Модель цифровой зрелости Forrester 4.0[*5]	Методика основана на 28 вопросах, распределенных по 4 секциям: культура, организация, технологии, понимание. В зависимости от полученных баллов идет распределение на 4 группы: скептиков, испытателей, продвинутых и инноваторов (Исаев и др., 2018)
2	Оценка цифровой зрелости компании (KMDA)[*6]	Оценка уровня развития и проблемных зон компании по ключевым направлениям: цифровая культура и компетенции; уровень цифровизации бизнес-процессов; управление на основе данных; цифровая инфраструктура; управление клиентским опытом и маркетингом; управление ценностью продуктов и услуг; R&D и инновации
3	Модель оценки цифровых способностей KPMG[*7]	Оценка по 5 областям: видение и стратегия, цифровые таланты, ключевые цифровые процессы, гибкие источники и технологии, руководство. По итогам оценки результаты предприятия сравнивают со среднеотраслевым уровнем (Орлова, 2020; Гилева, 2019)

[*1] Национальный индекс развития цифровой экономики: Пилотная реализация. Москва, Госкорпорация «Росатом», 2018. 92 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/331470670_Nacionalnyj_indeks_razvitia_cifrovoj_ekonomiki_Pilotnaa_realizacia (дата обращения 05.07.2021).

[*2] Think differently. Think archetype. Your digital economy model. 2020. 45 p. URL: https://www.huawei.com/-/media/corp2020/pdf/public-policy/adl_huawei_digital_transformation_main_report.pdf?la=en (дата обращения 05.07.2021).

[*3] Digital Economy Country Assessment for Russia. Moscow: Institute of the Information Society, 2018. 158 p. URL: https://iis.ru/wp-content/uploads/2020/12/DECARussia2018eng.pdf (дата обращения 15.04.2022).

[*4] Национальный индекс развития цифровой экономики: Пилотная реализация. М., Госкорпорация «Росатом»., 2018. 92 с. URL: https://digital.msu.ru/wp-content/uploads/National-DE-Development-Index.pdf (дата обращения 05.07.2021).

[*5] The Digital Maturity Model 4.0. / Forrester research, 2017. 17 с. URL: https://www.forrester.com/report/The+Digital+Maturity+Model+50/-/ERES137561 (дата обращения 05.07.2021).

[*6] Цифровая трансформация в России — 2020. Обзор и рецепты успеха. 67 с. URL: https://komanda-a.pro/projects/dtr_2020 (дата обращения 05.07.2021).

[*7] Are you ready for digital transformation? Measuring your digital business aptitude. 8 p. URL: https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2016/04/measuring-digital-business-aptitude.pdf (дата обращения 05.07.2021).

Однако учитывая то, что так называемый период полураспада знаний составляет сегодня 2–3 года, для того, чтобы предприятие развивалось с применением актуальных цифровых технологий, требуется ежегодное повышение квалификации работников, поэтому для оценки этого аспекта предлагается использование показателя «доля персонала, ежегодно повышающего квалификацию в области информационно-коммуникационных технологий»;

— финансовый аспект. Цифровая трансформация невозможна без привлечения контрагентов (для разработки новой бизнес-модели предприятия, для закупки оборудования и/или программного обеспечения и т. д.), а для этого необходимо, чтобы предприятие было бы финансово устойчиво. Наличие собственных средств позволит реализовать цифровую трансформацию, и даже при необходимости привлечения заемных средств предприятие будет иметь больше шансов на получение кредита в случае, если будет как минимум платежеспособно. Наиболее часто используемым и информативным показателем, характеризующими платежеспособность предприятия, является коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами. И хотя на первый взгляд, может показаться, что финансовый аспект не является региональным, однако если посмотреть глубже, то окажется, это не совсем так. Дело в том, что на объемы финансовых ресурсов, представляющих собой совокупность всех денежных средств, которые имеются в распоряжении организаций, оказывают влияние региональные факторы: с одной стороны, средний уровень заработной платы, тарифы в регионе и т. д., а с другой стороны, возможности получения региональных субсидий и льгот и т. д. на цифровизацию;

— потребительский аспект. Важным фактором размещения производства является наличие спроса на выпускаемую продукцию, а следовательно, наличие рынка сбыта является одним из региональных аспектов в размещении предприятия. В то же время организация может также рассматриваться, как потребитель комплектующих, оборудования и т. д. Однако в условиях развития цифровой экономики предприятия посредством использования цифровых технологий расширяют свои возможности по продвижению продукции (использования цифровых каналов сбыта и цифровых средств коммуникации), поэтому для оценки данного аспекта в контексте цифровой зрелости предлагается использовать два показателя «доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является заказчиком», «доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является поставщиком». Соответственно, предприятия с более высоким уровнем цифровой зрелости, использующие активно цифровые технологии для коммуникации, для продвижения продукции, для поиска контрагентов, будут иметь большее количество и / или объемы договоров с контрагентами из отдаленных регионов;

— инфраструктурный аспект. Под инфраструктурой в данном случае понимается цифровая инфраструктура, представляющая собой комплекс технологий и построенных на их основе цифровых продуктов, обеспечивающих вычислительные, телекоммуникационные и сетевые мощности и работающих на цифровой основе. Учитывая то, что абсолютные значения отдельных показателей, характеризующих уровень развития цифровой инфраструктуры в регионе, вряд ли будут информативными в рамках нашего исследования, предлагается использовать удельный вес в регионе организаций, использовавших средства защиты информации, для характеристики инфраструктурного аспекта.

Таким образом, для учета указанных региональных аспектов предлагается использование следующих обоснованных выше показателей:

— доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является заказчиком;

— доля персонала, ежегодно повышающего квалификацию в области информационно-коммуникационных технологий;

— коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами (отношение разницы собственного капитала и внеоборотных активов к оборотным активам);

— доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является поставщиком;

— удельный вес организаций, использовавших средства защиты информации, в регионе.

Чем выше эти показатели, тем выше уровень внешней цифровой зрелости организации.

2.4. Экономический инструмент оценки цифровой зрелости организации

Оценка цифровой зрелости организации — это оценка состояния его подсистем / подразделений / элементов, уровень которого обеспечивает возможность эффективного функционирования в условиях цифровой экономики,

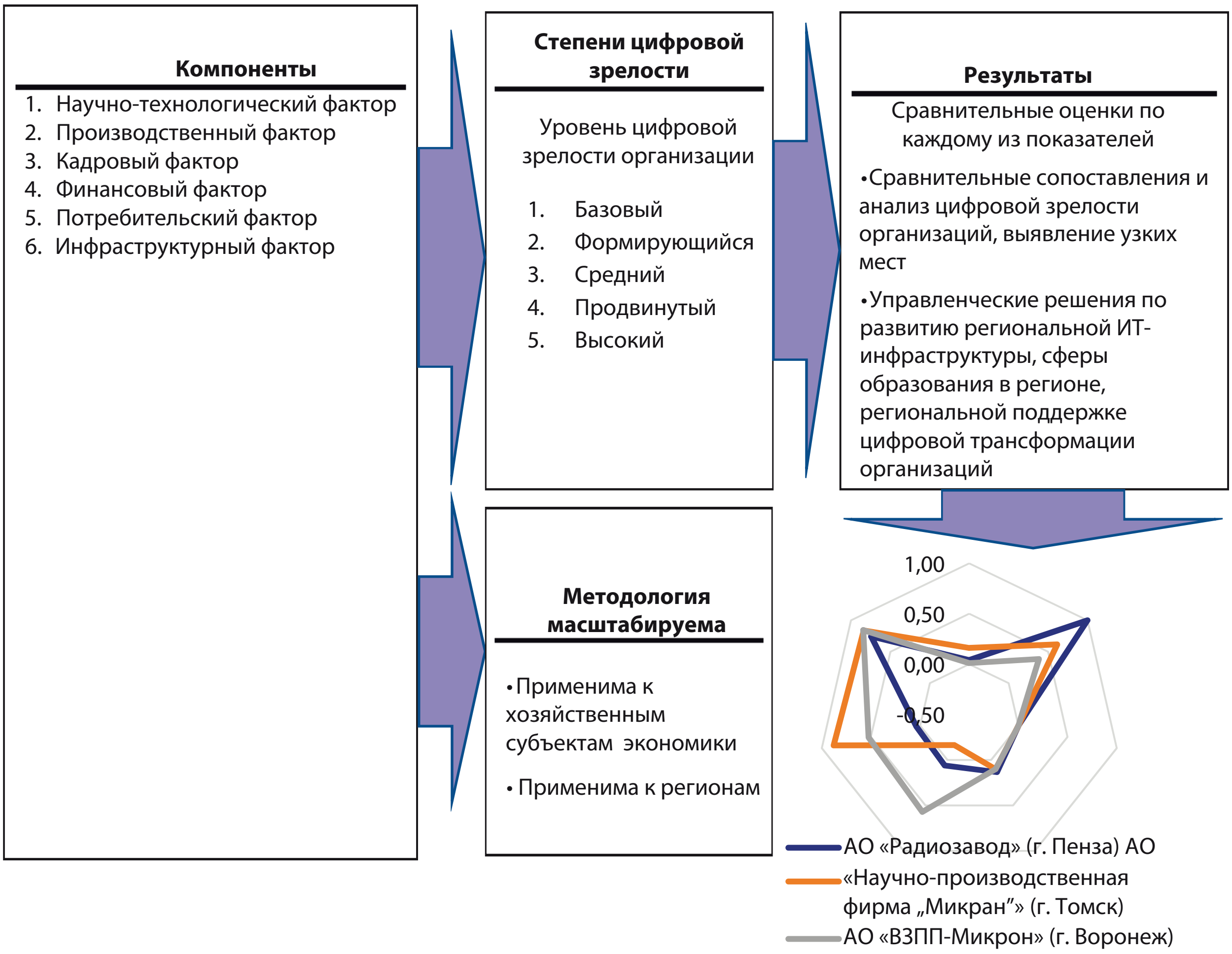


Рис. 1. *Концептуальная схема оценки цифровой зрелости организации*
Fig. 1. *Conceptual framework for assessing the digital maturity of an organisation*

применения цифровых технологий в бизнес-процессах в обеспечение достижения своих стратегических целей. Это начальный шаг на пути к разработке и реализации стратегии цифровой трансформации организации, так как для того, чтобы управлять системой, необходимо оценить ее текущее состояние, определить целевой уровень и затем разработать план по достижению целевого уровня. В то же время определение уровня цифровой зрелости организаций в регионе в целом и по отдельным направлениям позволит выявить узкие места — будь то человеческие ресурсы, финансы или ИТ-инфраструктура.

Настоящий экономический инструмент предусматривает оценку цифровой зрелости организации, исходя из следующих групп факторов:

— внутренняя цифровая зрелость (научно-технологическая и производственная готовность предприятий к внедрению цифровых технологий):

— внешняя цифровая зрелость (готовность организации к цифровой экономике). Именно оценка внешней зрелости позволяет учесть региональные аспекты и может стать основой для проведения региональной политики в области образования, развития ИТ-инфраструктуры и разработки инструментов финансовой поддержки организаций.

Концептуальная схема оценки цифровой зрелости организации представлена на рисунке 1.

В качестве исходных данных для оценки цифровой зрелости организации предлагаются следующие показатели, представленные в таблице 2.

Подготовка расчетов цифровой зрелости организации производится со следующей периодичностью:

1) при разработке стратегии цифровой трансформации;

2) при реализации стратегии цифровой трансформации;

3) при уточнении (актуализации) стратегии цифровой трансформации.

Алгоритм оценки цифровой зрелости организации представлен на рисунке 2.

Таблица 2

Факторы и показатели оценки цифровой зрелости организации

Table 2

Factors and indicators for assessing the digital maturity of an organisation

Фактор	Показатель	Ед. измерения
Внутренняя цифровая зрелость		
Научно-технологический фактор	Доля расходов на НИОКР от выручки	Процент
Производственный фактор	Производительность труда	Условные единицы (рубли)
Внешняя цифровая зрелость		
Кадровый фактор	Доля персонала, ежегодно повышающего квалификацию	Процент (или доля от единицы)
Финансовый фактор	Коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами	Процент (или доля от единицы)
Потребительский фактор	Доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является поставщиком	Процент (или доля от единицы)
	Доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является заказчиком	Процент (или доля от единицы)
Инфраструктурный фактор	Удельный вес организаций, использовавших средства защиты информации, в регионе	Процент (или доля от единицы)

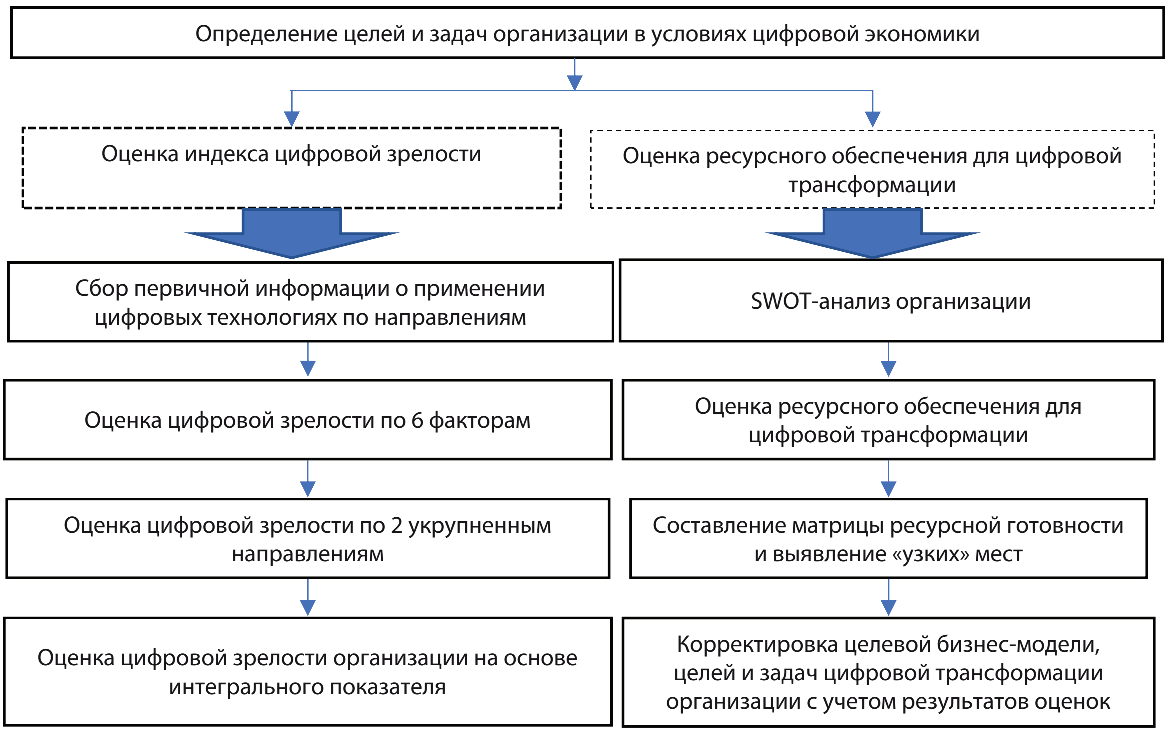


Рис. 2. *Алгоритм оценки цифровой зрелости организации*
Fig. 2. *Algorithm for assessing the digital maturity of an organisation*

Оценка субиндекса внутренней цифровой зрелости

Исходя из данных внутренней отчетности с целью сбора первичных данных составляется вектор внутренней цифровой зрелости организации:

$$R_i = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \end{pmatrix}, \qquad (1)$$

где R_i — внутренняя цифровая зрелость организации; r_{ij} — нормированный фактор внутренней цифровой зрелости организации. Нормирование осуществляется по максимальному значению оцениваемых организаций.

Далее производится оценка индекса внутренней цифровой зрелости организации посредством расчета среднеарифметического значения нормированных факторов с учетом веса каждого показателя. Вес показателя рассчитывается с применением классического метода анализа иерархий или посредством экспертных оценок.

$$R_i = \sum_{i=1}^{2} w_i r_{ij}. \qquad (2)$$

Оценка субиндекса внешней цифровой зрелости

Исходя из результатов анкетирования работников с целью сбора первичных данных составляется вектор внешней цифровой зрелости организации:

$$R_{ex} = \begin{pmatrix} r_{ex1} \\ r_{ex2} \\ r_{ex3} \\ r_{ex4} \end{pmatrix}, \qquad (3)$$

где R_{ex} — внешняя цифровая зрелость организации; r_{ij} — показатель внешней цифровой зрелости организации (перечень показателей приведен выше).

Субиндекс внешней цифровой зрелости организации является, на наш взгляд, ключевым, так как показывает ресурсные возможности (наличие финансовых средств и квалифицированных кадров) организации, что сегодня является определяющим. В связи с этим данный субиндекс может быть использован как самостоятельный индекс для принятия решения.

Оценка субиндекса внешней цифровой зрелости организации производится посредством расчета суммы значений показателей (все они являются соразмерными величинами, как показано выше, а потому не требуют нормирования). Полученное значение оценивается по следующей шкале:

$R_{ex} < 1{,}2$ — низкий уровень внешней цифровой зрелости;

$1{,}2 \le R_{ex} \le 2{,}15$ — средний уровень внешней цифровой зрелости;

$2{,}15 \le R_{ex} \le 5$ — высокий уровень внешней цифровой зрелости.

Пограничное значение 2,15 определено на основе рекомендуемых значений показателей:

— доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является заказчиком — более 50 %;

— доля персонала, ежегодно повышающего квалификацию в области ИКТ, — более 30 %;

— коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами — более 10 % (рекомендуемое значение в финансовом менеджменте в РФ);

— доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является поставщиком — более 50 %;

— удельный вес организаций, использовавших средства защиты информации — более 75 % (так как 75,3 % — это значение по РФ)[1].

Таким образом, получаем первое пограничное значение:

$$R'_{ex} = 0{,}5 + 0{,}3 + 0{,}1 + 0{,}5 + 0{,}75 = 2{,}15.$$

Пограничное значение 1,2 определено на основе следующих значений показателей:

— доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является заказчиком — более 25 %;

— доля персонала, ежегодно повышающего квалификацию в области ИКТ — более 10 % (стандартный показатель для российских предприятий);

— коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами — более 10 % (допустимое значение в финансовом менеджменте в РФ);

— доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является поставщиком — более 25 %;

— удельный вес организаций, использовавших средства защиты информации — более 50 %.

Таким образом, получаем второе пограничное значение:

$$R'_{ex} = 0{,}25 + 0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}25 + 0{,}5 = 1{,}2.$$

В случае, если требуется оценить интегральный показатель цифровой зрелости, субиндекс внешней цифровой зрелости по анализируемым предприятиям необходимо нормировать относительно максимального значения.

Оценка индекса цифровой зрелости

Оценка индекса цифровой зрелости производится посредством суммирования результатов, полученных в ходе вышеописанных расчетов:

$$R = \alpha R_i + \beta R_{ex}, \qquad (4)$$

[1] Росстат. Удельный вес организаций, использовавших средства защиты информации (в процентах от общего числа обследованных организаций) в 2020 г. URL: https://rosstat.gov.ru/science (дата обращения: 01.03.2022).

Таблица 3

Исходные и расчетные данные по оценке цифровой зрелости организаций

Table 3

Initial and estimated data for assessing the digital maturity of organisations

Показатель	№ 1	№ 2	№ 3
Расходы на инициативные НИР/НИОКР, доля от выручки	0,04	0,16	0,01
Производительность (выручка на 1 сотрудника) (нормированные данные)	1,00	0,62	0,38
Доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является заказчиком	0,00	0,00	0,00
Доля персонала, ежегодно повышающего квалификацию	0,13	0,10	0,10
Коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами	0,06	-0,16	0,57
Доля объемов договоров с внешними (по отношению к региону) контрагентами, в которых предприятие является поставщиком	0,04	0,88	0,52
Удельный вес организаций, использовавших средства защиты информации (в процентах от общего числа обследованных организаций) (данные по регионам РФ)	0,74	0,84	0,84
Субиндекс внутренней цифровой зрелости	0,52	0,39	0,20
Субиндекс внешней цифровой зрелости	0,98	1,66	2,04
Субиндекс внешней цифровой зрелости (нормированный)	0,48	0,81	1,00
Индекс цифровой зрелости	0,50	0,60	0,60

Примечания: 1) АО «Радиозавод» (г. Пенза), 2) АО «Научно-производственная фирма «Микран» (г. Томск), 3) АО «ВЗПП-Микрон» (г. Воронеж).
Составлено авторами.

где R — индекс цифровой зрелости; α — вес субиндекса внутренней цифровой зрелости; β — вес субиндекса внешней цифровой зрелости.

Трактовка значений индекса цифровой зрелости

Значение индекса может варьироваться от 0 до 1. Для оценки полученного индекса предлагается ввести шкалу группировки с использованием метода простой группировки на равные интервалы:

$R < 0{,}2$ — базовый уровень цифровой зрелости;

$0{,}2 \le R < 0{,}4$ — формирующийся уровень цифровой зрелости;

$0{,}4 \le R < 0{,}6$ — средний уровень цифровой зрелости;

$0{,}6 \le R < 0{,}8$ — продвинутый уровень цифровой зрелости;

$0{,}8 \le R < 1{,}0$ — высокий уровень цифровой зрелости.

Оценка ресурсного обеспечения организации для цифровой трансформации

Для оценки необходимого ресурсного обеспечения организации для цифровой трансформации требуется сопоставление фактических и необходимых человеческих ресурсов (численность работников, обладающих необходимыми профессиональными цифровыми компетенциями), финансовых ресурсов (с учетом собственных и заемных) и мощностей материально-технической базы (мощность серверов, количество компьютеров, наличие программного обеспечения и т. д.), а также определение источников их получения.

Для этого предлагается построение матрицы ресурсных возможностей, позволяющей увидеть критические точки (т. е. нехватку финансовых или иных ресурсов), и использование метода SWOT-анализа, позволяющего выявить сильные и слабые стороны организации как с позиции ресурсных возможностей, так и с точки зрения цифровой зрелости организации, а также угрозы и возможности.

Далее с учетом полученных результатов анализа корректируется целевая бизнес-модель в обеспечение достижения целей и задач цифровой трансформации организации.

3. Результаты

Рассмотрим, как применять на практике разработанный экономический инструмент для оценки цифровой зрелости предприятий радиоэлектронного комплекса. Ввиду специфики раскрытия информации российскими организациями использованы исходные данные, доступные в интернете на последнюю дату их размещения в открытом режиме, что обусловливает возможные погрешности полученных результатов. Исходные данные и расчетные значения, полученные в ходе применения методики сведены в таблицу 3.

Источниками исходных данных для таблицы 3 послужили следующие интернет-ресурсы: Рейтинг организаций радиоэлектронной промышленности, 2020[1], Всероссийская система проверки контрагентов[2], официальные сайты АО «Радиозавод»[3], АО «ВЗПП-Микрон»[4], Росстат[5].

На основе использования описанного подхода к оценке цифровой зрелости сделан вывод о том, что наиболее высокий уровень цифровой зрелости у компаний АО «Научно-производственная фирма «Микран» и АО «ВЗПП-Микрон», уровень цифровой зрелости которых приблизился к отметке «продвинутый». В то же время если сравнить Томскую, Воронежскую и Пензенскую области по уровню цифровизации, то очевидно, что первые две области являются более успешными, в частности, по таким рассчитываемым Росстатом показателям, как удельный вес организаций, использовавших персональные компьютеры (88,3 %; 91,2 % и 79,6 % соответственно), удельный вес организаций, использовавших цифровые технологии (88,4 %; 91,4 % и 79,7 % соответственно) и др., что подтверждает выдвинутый нами тезис о влиянии региональных факторов на цифровую зрелость организаций.

Создание условий в регионах РФ со стороны государства для развития цифровой экономики подталкивает и предприятия, и вузы, и науку в регионе к развитию и цифровым трансформациям, что, в частности, отражает рассмотренный выше пример.

Заключение

В ходе проведенного исследования проанализированы подходы к оценке цифровой зрелости на микро-, мезо- и макроуровне. С учетом выявленных недостатков существующих подходов разработан экономический инструментарий, опирающийся на расчет интегрального индекса, методы экспертных оценок и нормирования данных, учитывающий региональные аспекты и позволяющий оценить внешнюю и внутреннюю зрелость организации, а на основе проведенных расчетов и данных выявить слабые и сильные стороны организации в части цифровой зрелости, определить узкие места для разработки мер по их устранению в обеспечение эффективного функционирования в условиях цифровой экономики.

Обоснована гипотеза, что учет региональных аспектов, таких как финансовый, кадровый, инфраструктурный, потребительский, в оценке цифровой зрелости организаций позволяет выявить узкие места с позиции цифровизации путем их количественной оценки и сопоставления с показателями других организаций и независимой шкалой значений, разработанной авторами. Учет количественных оценок региональных аспектов при расчете показателей цифровой зрелости организаций позволяет повысить объективность принятия управленческих решений при разработке и реализации региональной политики в части финансовой поддержки организаций (выделения субсидий организациям на закупку ИТ-оборудования и технологий и т. д.), в области ИТ-образования, развития ИТ-инфраструктуры.

Повышение цифровой зрелости организаций является основой для повышения их конкурентоспособности. Благодаря этому возможно, в частности, расширение рынков сбыта продукции, так как в цифровой среде уже нет физических границ. Рост спроса будет способствовать наращиванию объемов производства и, следовательно, развитию организации, наращиванию потребности в высококвалифицированных работниках, что позволит привлечь в соответствующие регионы рабочую силу и снизить социально-экономическую напряженность. В итоге организация сможет повысить конкурентоспособность, а регион решить социально-экономические задачи.

[1] Рейтинг организаций радиоэлектронной промышленности (2020). URL: https://www.instel.ru/deyatelnost/reyting-organizatsiy-radioelektronnoy-promyshlennosti.html (дата обращения: 15.04.2022).

[2] Портал проверки контрагентов в РФ. URL: https://zachestnyibiznes.ru/ (дата обращения: 15.04.2022).

[3] Официальный сайт АО «Радиозавод». URL: https://penza-radiozavod.ru/ (дата обращения: 15.04.2022).

[4] Официальный сайт АО «ВЗПП-Микрон». URL: http://www.vsp-mikron.com/ (дата обращения: 15.04.2022).

[5] Росстат. URL: https://rosstat.gov.ru/science (дата обращения: 15.04.2022).

Список источников

Басаев З. В. Цифровизация экономики. Россия в контексте глобальной трансформации // Мир новой экономики. 2018. № 12 (4). С. 32–38.

Белкин В. Н., *Белкина Н. А.*, *Владыкина Л. Б.* Теоретические основы оценки конкурентоспособности предприятий // Экономика региона. 2015. № 1. С. 144–155. DOI: doi.org/10.17059/2015–1-13.

Белоусов Ю. В., *Тимофеева О.* И. Методология определения цифровой экономики // Мир новой экономики. 2019. № 13 (4). С. 79–89. DOI: doi.org/10.26794/2220–6469–2019–13–4-79–89. URL: https://wne.fa.ru/jour/article/viewFile/237/228.pdf (дата обращения: 04.07.2021).

Гилева Т. А. Цифровая зрелость предприятия. Методы оценки и управления // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. 2019. № 1 (27). (Экономика). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-zrelost-predpriyatiya-metody-otsenki-i-upravleniya (дата обращения: 05.07.2021).

Головенчик Г. Теоретические подходы к определению понятия цифровая экономика // Наука и инновации, 2019. № 1. С. 54–59.

Исаев Е. А., *Коровкина Е. А.*, *Табакова М. С.* Оценка готовности ИТ-подразделения компании к цифровой трансформации бизнеса // Бизнес-информатика. 2018. № 2 (44). С. 55–64.

Новичков Н., *Долганова О.*, *Новичкова А.* Об оценке готовности компании к цифровой трансформации // Общество и экономика. 2018. № 8. С. 84–95. DOI: doi.org/10.31857/S020736760000815–5.

Орлова Н. А. Подходы к оценке готовности малых производственных предприятий к цифровой экономике // Вестник университета. 2020. № 2. С. 26–34. DOI: doi.org/10.26425/1816–4277–2020–2-26–34. URL: https://vestnik.guu.ru/jour/article/viewFile/2068/1640 (дата обращения: 05.07.2021).

Петрова А. К., *Лашманова Н. В.* Цифровая трансформация. Кадровые подсистемы управления инновационным развитием промышленных предприятий // Инновации. 2019. № 8 (250). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-kadrovye-podsistemy-upravleniya-innovatsionnym-razvitiem-promyshlennyh-predpriyatiy (дата обращения: 05.07.2021).

Попов Е. В., *Семячков К. А.* Оценка готовности отраслей РФ к формированию цифровой экономики // Инновации. 2017. № 4 (222). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-gotovnosti-otrasley-rf-k-formirovaniyu-tsifrovoy-ekonomiki (дата обращения: 05.07.2021).

Халилова Г. Р., *Кузнецова Д. В.* Оценка цифровой зрелости российских предприятий // Цифровая экономика. Проблемы и перспективы развития: сб. науч. статей Межрегиональной науч.-практ. конф. Курск : Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 226–231.

From knowledge ecosystems to capabilities ecosystems: When open innovation digital platforms lead to value co-creation / T. Abbate, A. Codini, B. Aquilani, D. Vrontis // Journal of the Knowledge Economy. 2022. No. 13 (1). P. 290–304. DOI: doi.org/10.1007/s13132–021–00720–1.

Akberdina V., *Kalinina A.*, *Vlasov A.* Transformation stages of the russian industrial complex in the context of economy digitization // Problems and Perspectives in Management. 2018. No. 16 (4). P. 201–211. DOI: doi.org/10.21511/ppm.l6(4).2018.17.

Borremans A. D., *Zaychenko I. M.*, *Iliashenko O. Y.* Digital economy. IT strategy of the company development // MATEC Web of Conferences. 2018. P. 170. DOI: doi.org/10.1051/matecconf/201817001034.

Bukht R., *Heeks R.* Defining, Conceptualising and Measuring the Digital Economy // International Organisations Research Journal. 2018. No. 13 (2). P. 143–172. DOI: doi.org/10.17323/1996–7845–2018–02–07.

Digital maturity models: Comparing manual and semi-automatic similarity assessment frameworks / B. Cognet, J. Pernot, L. Rivest, C. Danjou // International Journal of Product Lifecycle Management. 2021. No. 13 (4). P. 291–316.

A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies / A. De Carolis, M. Macchi, E. Negri, S. Terzi // Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing / *Lödding H.*, *Riedel R.*, Thoben KD., et al. ed. // APMS. IFIP Advances in Information and Communication Technology. Vol. 513. Cham : Springer, 2017. DOI: doi.org/10.1007/978–3-319–66923–6_2.

Gureev P. M., *Degtyareva V. V.*, *Prokhorova I. S.* National Features of Forming a Digital Economy in Russia // Advances in Intelligent Systems and Computing / *Popkova E.*, *Sergi B.* ed. Cham : Springer, 2020. DOI: doi.org/10.1007/978–3-030–39319–9_2.

SMEs Maturity Model Assessment of IR4.0 Digital Transformation / S. R. Hamidi, A. A. Aziz, S. M. Shuhidan, et al. // Proceedings of the 7th International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2018 / A. Lokman, T. Yamanaka, P. Lévy, et al. ed. // KEER 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol 739. Singapore : Springer. DOI: doi.org/10.1007/978–981–10–8612–0_75.

Industrie 4.0 roadmap: Framework for digital transformation based on the concepts of capability maturity and alignment / A. Issa, B. Hatiboglu, A. Bildstein, T. Bauernhansl // Paper presented at the Procedia CIRP. 2018. No. 72. P. 973–978. DOI: doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.151.

Lane N. Advancing the digital economy into the 21st century // Information Systems Frontiers. 1999. No. 11 (3). P. 317–320. DOI: doi.org/10.1023/A:1010010630396.

Digital maturity variables and their impact on the enterprise architecture layers / C. Minonne, R. Wyss, K. Schwer, et al. // Problems and Perspectives in Management. 2018. No. 16 (4). P. 141–154. DOI: doi.org/10.21511/ppm.16(4).2018.13.

Mizintseva M. F., *Gerbina T. V.* Knowledge management: A tool for implementing the digital economy // Scientific and Technical Information Processing. 2018. No. 45 (1). P. 40–48. DOI: doi.org/10.3103/S0147688218010094.

Sándor Á., *Gubán Á.* A measuring tool for the digital maturity of small and medium-sized enterprises // Management and Production Engineering Review. 2021. No. 12 (4). P. 133–143. DOI: doi.org/10.24425/mper.2021.140001.

Digitalization of SMEs: A Review of Opportunities and Challenges / A. Thrassou, N. Uzunboylu, D. Vrontis, M. Christofi // The Changing Role of SMEs in Global Business (Palgrave Studies in Cross-disciplinary Business Research, in Association with EuroMed Academy of Business) / A. Thrassou, D. Vrontis, Y. Weber, et al. ed. 2020. Palgrave Macmillan. P. 179–200. DOI: doi.org/10.1007/978–3-030–45835–5_9.

Tutak M., *Brodny J*. Business digital maturity in Europe and its implication for open innovation // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. 2022. No. 8 (1). DOI: doi.org/10.3390/joitmc8010027.

References

Abbate, T., Codini, A., Aquilani, B. & Vrontis, D. (2022). From knowledge ecosystems to capabilities ecosystems: When open innovation digital platforms lead to value co-creation. *Journal of the Knowledge Economy, 13(1),* 290–304. DOI: 10.1007/s13132-021-00720-1.

Akberdina, V., Kalinina, A. & Vlasov, A. (2018). Transformation stages of the Russian industrial complex in the context of economy digitization. *Problems and Perspectives in Management, 16(4),* 201–211. DOI: 10.21511/ppm.l6(4).2018.17.

Basaev, Z. V. (2018). The Digitalisation of the Economy: Russia in the Context of Global Transformation. *Mir novoy ekonomiki [The world of new economy], 12(4),* 32–38. (In Russ.)

Belkin, V. N., Belkina, N. A. & Vladykina, L. B. (2015). Theoretical basis of the company competitiveness assessment. *Ekonomika regiona [Economy of Region], 1(1),* 144–155. DOI: 10.17059/2015-1-13. (In Russ.)

Belousov, Yu. V. & Timofeeva, O. I. (2019). Methodology for defining the digital economy. *Mir novoy ekonomiki [The world of new economy], 13(4),* 79–89. DOI: 10.26794/2220-6469-2019-13-4-79-89. Retrieved from: https://wne.fa.ru/jour/article/viewFile/237/228.pdf (Date of access: 04.07.2021) (In Russ.)

Borremans, A. D., Zaychenko, I. M. & Iliashenko, O. Y. (2018). Digital economy. IT strategy of the company development. *MATEC Web of Conferences, 170.* DOI: 10.1051/matecconf/201817001034.

Bukht, R. & Heeks, R. (2018). Defining Conceptualising and Measuring the Digital Economy. *International Organisations Research Journal, 13(2),* 143–172. DOI: 10.17323/1996-7845-2018-02-07

Cognet, B., Pernot, J., Rivest, L. & Danjou, C. (2021). Digital maturity models: Comparing manual and semi-automatic similarity assessment frameworks. *International Journal of Product Lifecycle Management, 13(4),* 291–316.

De Carolis, A., Macchi, M., Negri, E. & Terzi, S. (2017). A Maturity Model for Assessing the Digital Readiness of Manufacturing Companies. In: *H. Lödding, R. Riedel, K.-D. Thoben, G. von Cieminski, D. Kiritsis (Eds.), Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing* (pp. 13–20). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6_2.

Gileva, T. A. (2019). Digital maturity of the enterprise: methods of assessment and management. *Vestnik UGNTU. Nauka, obrazovanie, ekonomika. Seriya: Ekonomika [Bulletin USPTU. Science, Education, Economy. Series Economy], 1(27),* 38–52. Retrieved from: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-zrelost-predpriyatiya-metody-otsenki-i-upravleniya (Date of access: 05.07.2021). (In Russ.)

Golovenchik, G. (2019). Theoretical approaches to the digital economy definition. *Nauka i innovatsii [Science and innovation], 1,* 54–59. (In Russ.)

Gureev, P. M., Degtyareva, V. V. & Prokhorova, I. S. (2020). National Features of Forming a Digital Economy in Russia. In: *E. Popkova, B. Sergi (Eds.), Advances in Intelligent Systems and Computing* (pp. 13–20). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-39319-9_2.

Hamidi, S. R., Aziz, A. A., Shuhidan, S. M., Aziz, A. A. & Mokhsin, M. (2018). SMEs Maturity Model Assessment of IR4.0 Digital Transformation. In: *A. Lokman, T. Yamanaka, P. Lévy, K. Chen, S. Koyama, S. (Eds.), Proceedings of the 7th International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research 2018. KEER 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 739* (pp. 721–732). Singapore: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-10-8612-0_75.

Isaev, E. A., Korovkina, N. L. & Tabakova, M. S. (2018). Evaluation of the readiness of a company's it department for digital business transformation. *Biznes-informatika [Business Informatics], 2(44),* 55–64. (In Russ.)

Issa, A., Hatiboglu, B., Bildstein, A. & Bauernhansl, T. (2018). Industrie 4.0 roadmap: Framework for digital transformation based on the concepts of capability maturity and alignment. *Procedia CIRP, 72,* 973–978. DOI: 10.1016/j.procir.2018.03.151.

Khalilova, G. R. & Kuznecova, D. V. (2019). Assessment of digital maturity of Russian enterprises. In: *Tsifrovaya ekonomika. Problemy i perspektivy razvitiya: sb. nauch. statey Mezhregionalnoy nauch.-prakt. konf. [Digital Economy: Problems and Development Prospects: Collection of Scientific Articles of the Interregional Scientific and Practical Conference]* (pp. 226–231). Kursk: The Southwest State University. (In Russ.)

Lane, N. (1999). Advancing the digital economy into the 21st century. *Information Systems Frontiers, 11(3),* 317–320. DOI: 10.1023/A:1010010630396.

Mizintseva, M. F. & Gerbina, T. V. (2018). Knowledge management: A tool for implementing the digital economy. *Scientific and Technical Information Processing, 45(1),* 40–48. DOI: 10.3103/S0147688218010094.

Novichkov, N., Dolganova, O. & Novichkova, A. (2018). On the assessment of the company readiness for digital transformation. *Obshchestvo i ekonomika [Society and economy], 8,* 84–95. DOI: 10.31857/S020736760000815-5 (In Russ.)

Orlova, N. A. (2020). Approaches to the assessment of small industrial enterprises readiness for the digital economy. *Vestnik universiteta, 2,* 26–34. DOI: https://doi.org/10.26425/1816-4277-2020-2-26-34 Retrieved from: https://vestnik.guu.ru/jour/article/viewFile/2068/1640 (Date of access: 05.07.2021) (In Russ.)

Petrova, A. K. & Lashmanova, N. V. (2019). Digital transformation: personnel subsystems of management of the industrial enterprises innovative development. *Innovatsii [Innovations], 8(250).* Retrieved from: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-kadrovye-podsistemy-upravleniya-innovatsionnym-razvitiem-promyshlennyh-predpriyatiy (Date of access: 05.07.2021). (In Russ.)

Popov, E. V. & Semyachkov, K. A. (2017). An assessment of readiness of the branches of Russian Federation for formation of digital economy. *Innovatsii [Innovations], 4(222).* Retrieved from: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-gotovnosti-otrasley-rf-k-formirovaniyu-tsifrovoy-ekonomiki (Date of access 05.07.2021). (In Russ.)

Sándor, Á. & Gubán, Á. (2021). A measuring tool for the digital maturity of small and medium-sized enterprises. *Management and Production Engineering Review, 12(4),* 133–143. DOI: 10.24425/mper.2021.140001.

Schwer, K., Hitz, C., Wyss, R., Wirz, D. & Minonne, C. (2018). Digital maturity variables and their impact on the enterprise architecture layers. *Problems and Perspectives in Management, 16(4),* 141–154. DOI: 10.21511/ppm.16(4).2018.13.

Thrassou, A., Uzunboylu, N., Vrontis, D. & Christofi, M. (2020). Digitalization of SMEs: A Review of Opportunities and Challenges. In: *A. Thrassou, D. Vrontis, Y. Weber, S. M. R. Shams, E. Tsoukatos (Eds.), The Changing Role of SMEs in Global Business (Palgrave Studies in Cross-disciplinary Business Research, in Association with EuroMed Academy of Business)* (pp. 179–200). Palgrave Macmillan. DOI: https://doi.org/10.1007/978–3-030–45835–5_9.

Tutak, M. & Brodny, J. (2022). Business digital maturity in Europe and its implication for open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 8(1).* DOI: 10.3390/joitmc8010027.

Информация об авторах

Чурсин Александр Александрович — доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экономики, Российский университет дружбы народов; Scopus Author ID: 56901090800; ORCID: 0000-0003-0697-5207 (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: chursin-aa@rudn.ru).

Кокуйцева Татьяна Владимировна — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры прикладной экономики, Российский университет дружбы народов; Scopus Author ID: 42061803800; ORCID: 0000-0002-0126-170X (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: kokuytseva-tv@rudn.ru).

About the authors

Alexander A. Chursin — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Head of the Department of Applied Economics, RUDN University; Scopus Author ID: 56901090800; http://orcid.org/0000-0003-0697-5207 (6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: chursin-aa@rudn.ru).

Tatiana V. Kokuytseva — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Economics, RUDN University; Scopus Author ID: 42061803800; http://orcid.org/0000-0002-0126-170X (6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: kokuytseva-tv@rudn.ru).

Дата поступления рукописи: 29.11.2021.
Прошла рецензирование: 21.01.2022.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 29 Nov 2021.
Reviewed: 21 Jan 2022.
Accepted: 07 Apr 2022.

RESEARCH ARTICLE
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-12
UDC 332.1
JEL: O31, O32, R12

Anel A. Kireyeva [a], *Zaira T. Satpayeva* [b], *Marat T. Urdabayev* [c]
[a, b] Institute of Economics CS MES RK, Almaty, Republic of Kazakhstan
[c] Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan
[a] https://orcid.org/0000-0003-3412-3706, e-mail: kireyeva.anel@ieconom.kz
[b] https://orcid.org/0000-0002-1644-3709
[c] https://orcid.org/0000-0001-8270-6821

Analysis of the Digital Readiness and the Level of the ICT Development in Kazakhstan's Regions[1]

The level of digital readiness and the application of information and communication technologies (ICT) are key factors of any innovation policy. This research has highlighted the development of analysis of the degree of digital readiness and assessment methods of digital transformations, which can be used at various levels of business management to formulate digital transformation strategies. The present study investigates the theoretical framework in the field of innovation and spatial development considering the impact of the level of ICT. The research was conducted using index and economic-statistical methods based on a systematic approach. We developed a methodological tool adapted to the regional management level. The ICT development index, Krugman localisation index and Herfindahl-Hirschman index were modified to analyse digital readiness and ICT development at the regional level. The algorithm includes the following steps: assessment of the internet usage level; analysis of the degree of costs for the production of ICT; evaluation of the digital literacy rate of the population; evaluation of the degree of regional industry specialisation in the field of ICT. It was revealed that Kazakhstan's regions have varying levels of ICT development, which is why they have different prerequisites and prospects for digitalising their economy. The agglomerations that could become "growth poles" of Kazakhstan's knowledge-based economy were identified, such as Almaty city, Nur-Sultan city, Karaganda, and Aktobe regions. Government bodies can use the research findings for Kazakhstani territories' digital modernisation.

Keywords: regional development, growth pole, localisation, information technology, innovations, hyper-innovation, digital economy, digital literacy, information flows, information and communication technologies, Kazakhstan

Acknowledgments

The article has been prepared based on the conducted scientific research, the grant-funding project IRN BR05236639 "Kazakhstan's path to a knowledge-based economy based on the third technological modernization: strategy, models and mechanisms of development".

For citation: Kireyeva, A. A., Satpayeva, Z. T. & Urdabayev, M. T. (2022). Analysis of the Digital Readiness and the Level of the ICT Development in Kazakhstan's Regions. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 464-478, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-12.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

А. А. Киреева [а], З. Т. Сатпаева [б], М. Т. Урдабаев [в]
[а, б] Институт экономики КН МОН РК, г. Алматы, Республика Казахстан
[в] Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, Республика Казахстан
[а] https://orcid.org/0000-0003-3412-3706, e-mail: kireyeva.anel@ieconom.kz
[б] https://orcid.org/0000-0002-1644-3709
[в] https://orcid.org/0000-0001-8270-6821

Анализ цифровой готовности и уровня развития информационных и коммуникационных технологий в регионах Казахстана

Ключевыми аспектами инновационной политики являются цифровая готовность и применение информационных и коммуникационных технологий. В статье представлены методы анализа уровня цифровой готовности и оценки цифровых трансформаций, которые могут быть использованы для разработки стратегий цифровой трансформации на всех уровнях управления бизнесом. Теоретические основы в области инноваций и пространственного развития были рассмотрены с учетом влияния информационных и коммуникационных технологий. В исследовании применялись индексный и экономико-статистический методы, опирающиеся на системный подход. Разработанная методика была адаптирована для оценки уровней управления в регионах. Для анализа цифровой готовности и развития информационных и коммуникационных технологий на региональном уровне были использованы модифицированные показатели: индекс развития информационных и коммуникационных технологий, индекс локализации Кругмана и индекс Херфиндаля — Хиршмана. Предложенный в статье алгоритм состоит из следующих этапов: оценка уровня использования интернета, анализ затрат на производство информационных и коммуникационных технологий, оценка уровня цифровой грамотности населения, оценка степени отраслевой специализации регионов в сфере информационных и коммуникационных технологий. Выявлено, что разный уровень развития информационных и коммуникационных технологий в регионах Казахстана влияет на перспективы цифровизации их экономики. Определены агломерации, которые могут стать полюсами роста экономики знаний в Казахстане — г. Алматы, г. Нур-Султан, Карагандинская и Актюбинская области. Полученные результаты исследования могут быть использованы государственными органами Казахстана для цифровой модернизации регионов страны.

Ключевые слова: региональное развитие, полюс роста, локализация, информационные технологии, инновации, гиперинновации, цифровая экономика, цифровая грамотность, информационные потоки, информационные и коммуникационные технологии, Казахстан

Благодарности

Статья подготовлена на основе научного исследования, проведенного в рамках грантового проекта ИРН BR05236639 «Казахстанский путь к наукоемкой экономике на основе третьей технологической модернизации: стратегия, модели и механизмы развития».

Для цитирования: Киреева А. А., Сатпаева З. Т., Урдабаев М. Т. Анализ цифровой готовности и уровня развития информационных и коммуникационных технологий в регионах Казахстана // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 464-478. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-12.

1. Introduction

The effect of COVID-19 on the world economy and the mass closure of borders had a negative impact on many countries, including Kazakhstan. Therefore, it becomes an important task to optimise life in regions and cities. Despite the large number of residents, a certain level of comfort implies the possibility of prompt notification in case of emergencies. Today in many countries, the application of information and communication technologies (ICT) and digital readiness are considered a crucial driver for economic development and a key factor in improving business. Increasing the role of ICT in the public and private sectors is based on the transition to digital transformation.

Thus, Kazakhstan needs to follow the trend of global changes, such as global digitalisation of society, urbanisation, increasing the role of new smart cities with a knowledge-based economy, and reducing social imbalances. Nevertheless, the specificity of raw materials regions of Kazakhstan and many of the Commonwealth of Independent States (CIS) countries does not contribute to the transition to new technological structures.

In this regard, the main prerequisite for conducting this study is the need to analyse the ICT development and determine the level of digital readiness. The CIS countries should strive to ensure the interaction of national information systems and networks within a single information space.

In recent years, the level of digitalisation of the social sector has been growing. The number of effective ICT applications in the field of accounting for citizens, electronic document management systems (e-government), and control over budget spending increased significantly. The number of databases available to the population through ICT and portals of government agencies also expanded.

However, according to the values of indicators adopted by the UN, the level of digital readiness of national economies remains low. The effectiveness of ICT use in the CIS member countries is constrained by the lack of ICT infrastructure development, especially in remote and hard-to-reach regions. Within the concept of Industry 4.0, full integration of the digital ecosystem is planned, which will cover the whole world.

In this regard, it is necessary to create a new policy of the digital economy for the development of digital infrastructure and digital economy for the CIS countries, including Kazakhstan. In the digital environment, the role and format of traditional academic research, scientific organisations, and universities are changing; new requirements are placed on researchers in regards to their competencies. Therefore, the research on scientific environment readiness to work in the digital economy and the active development of the digital information infrastructure supports the study's relevance and practical importance.

Analysis of digital research models and the level of digital readiness allows establishing the dependence on the prosperity. Over the past ten years, these processes have significantly accelerated: they had a direct effect on economic development and expansion of foreign economic activity, as well as encouraged exchange of information, optimised management and control functions at all levels. Moreover, the processes of the latest information flows and neural network economic revolution are unfolding, transforming traditional economic structure and changing the content of the entire diverse system of socio-economic relations. Thus, Kazakhstan needs to follow the trend of global changes (digitalisation of society, robotics, urbanisation, increasing the role of new types of cities with a knowledge-based economy, reducing social imbalances). At the same time, the raw material specialisation of Kazakh regions and global challenges do not facilitate the transition to new technological modes, hamper the implementation of the "science — education — production" interaction, and do not allow to overcome the fragmented nature of the existing institutional environment and infrastructural support for innovative development.

Hypotheses statement. In this study, we proceeded from the scientific suggestion that digitalisation processes are beginning to develop in Kazakhstan. There are specific sources for the development of ICT in different types of regions. It is evident that the global transition to digital technologies will lead to the transformation of many economic sectors of Kazakhstan and completely change the technological structure. Based on this assumption, we decided that the initial diagnostic algorithm should be based on methodological assessments, which have a quantitative basis by examining the industry specialisation and determining the force of the agglomeration effect. This study is one of the scientific papers that identify the main factors of ICT potential development by assessing the level of the digital readiness of the region.

Thus, this research paper presents tools for assessing the degree of the digital readiness of the regions of Kazakhstan, which can be used at various levels of government to formulate and adjust strategies and plans for digital transformation. Toolkit development and assessment methodology can be used in emerging economies that are ready for digital transformation. The speed, complexity, and scale of the digital changes that are occurring require a specific methodology for assessing digital readiness as a tool for managing change. Based on these suggestions, the methodology is focused on the analysis and evaluation using the algorithm that includes four stages:

1) analysis of the degree of Internet use (share of Internet users);

2) analysis of the degree of costs for the production of ICT;

3) analysis of the digital literacy rate of the population (i. e., public readiness for the global use of ICTs);

4) analysis of the degree of regional specialisation in the field of ICT (identification of promising regions in the field of ICT).

A version of the methodology was developed and adapted to the regional management level. Indicators of industry localisation and specialisation were chosen as methodological assessment tools. Thus, the proposed methodological tools will allow us to conduct a reliable analysis to find the prospects and prerequisites of the territories of Kazakhstan for digitalisation.

In this research, section 2 discussed relevant literature. The methods of scientific research are described in section 3. Section 4 presents an assessment and estimation results. In addition, section 5 offers conclusions.

2. Literature Review

The global transformation and integration of the digital ecosystem will have a global reach soon due to advances in nanotechnology, microelectronics, digital flows, ICT, etc. Thus, the invasion of ICT in society is an inevitable process that can no longer be suspended. Additionally, it will lead to the transformation of digital technologies. The basic premise for the analysis of theoretical views, on the one hand, is the need for high-tech sector development, and, on the other hand, the need to transition from industrial to hyper-innovative development.

The processes of the information and neural network economic revolution are unfolding, leading to the transformation of traditional economy structure and a change in the content of the entire diverse system of social and economic relations. Therefore, among global challenges, two can be distinguished:

— The first task, especially critical for the raw materials regions of Kazakhstan, is the depletion of mineral resources; changing the global energy landscape; strengthening the influence of new technological structures; global digitalisation of advanced industries; replacing management tools for regional development.

— The second task is the transition from a market economy to a management sector based on advanced technologies that are associated with the modification of approaches to scientific and technological development based on the increasing role of ICT, digital transformation, and digital flows.

In the scientific literature on mainstreaming participation of regions and cities of a new type, considering the influence of the digital economy, a wide range of modern approaches is used. At this point, there are no similar views and similar systems of laws of conceptual foundations based on digitalisation in the field of spatial development. Given the importance of the digital economy in influencing regional growth, we conduct a literature study to synthesise numerous detailed observations and assumptions about innovation. Studies show a wide range of ICT effects on economic growth and creating conditions for ensuring the process of initiating regional development (Brynjolfsson, Yang, 1996; Motohashi, 1997; Kraemer, Dedrick, 2001). Thus, some researchers state that there are required multi-level interventions to maintain the ICT services sector's growth trajectory and realise the social and economic benefits associated with the development of a domestically inter-connected ICT sector (Aridi, Hayter, Radosevic, 2021). As for ICT-induced prosperity, there is a need to promote supporting policies in combination with a stable government, adequate funds provision, macro-economic determinants, and an innovative environment to transfer to industry and society (Sarangi, Pradhan, 2020).

Under the institutional approach, the region's innovation system is considered a set of institutions that determine the principles, rules, and methods of implementation of the formation and distribution of innovative products (Quintas, 1994; Christensen, Lundvall, 2004; Afonin, 2007; Kireyeva et al., 2020). Such institutions rely on the system of informal restrictions and formal rules and act as key factors affecting the functioning and development of the innovations and technologies of a region based on clustering (Zubarevich, 2009; Zvereva, Belyaeva, Sohag, 2019).

Innovation shows the process of invention and the creative act during which extended use is carried out. It involves the use of modern ideas to create transformations in the practice of individuals or groups of persons, such as customers or users (Elam, Mead, 1987). A theoretical distinction can be made among product innovations based on new software applications and new software development methodologies, which proceed to process innovations (Carlo, Lyytinen, Rose, 2011).

Finally, innovations are characterised as either sustainable or destructive (Christensen, Overdorf, 2000). Sustainable innovations often help organisations compete within existing value configurations and markets. Disruptive innovations ensure the creation of completely fresh markets and valuable networks. As a result, the various scientific views described in the literature review aim to note the definitions of innovation and the truly clear outcomes. So, multiple categories of innovations can be used for different institutions and their vast environment.

Many researchers have estimated the effect of ICT, digital economy and neural network technologies on economic growth over the past decade. Because ICT has a significant role in economic development, many researchers and scientists have concentrated on studying the effect of ICTs on economic growth at the regional and national levels. For example, Oliner and Sichel (2000) used ICT components, such as software, computer equipment, and digital equipment, such as input, and empirically tested for an extremely high share of ICT in economic growth in the late 1990s. Kurniawati (2022) claims that appropriate ICT infrastructure policy supports feasible ICT penetration, and it drives the processes of economic development and innovation that contribute to economic growth. Other experts have shown that the attachment of economic growth to ICT is due to the replacement of computers, related equipment, and services, and not technological changes (Jorgenson, Stiroh, 2000).

While several empirical studies have confirmed that the spread of ICT plays a positive and significant role in improving economic growth, especially in developed countries (Röller, Waverman, 2001; Inklaar, O'Mahony, Timmer, 2005; Koutroumpis, 2009; Fernández-Portillo, Almodóvar-González, Hernández-Mogollón, 2020), other studies have shown that the spread of ICT adversely affects economic growth in many regions and countries of the world (Dewan, Kraemer, 2000; Pohjola, 2002; Bahrini, Qaffas, 2019).

It should be highlighted that there are studies that have examined the relations between investment and economic growth in telecommunications infrastructure, such as landline telephones and mobile phones in developed regions (Lee, Levendis, Gutierrez, 2012). On the other hand, they noted that in developing countries, such as the CIS countries, ICT have a significant impact on economic growth.

Several scientific studies examined the mechanisms of statistical research of ICT and digital technologies, including IT clusters (Popov, Semyachkov, Simonova, 2016; Kireyeva, Mussabalina, Tolysbaev, 2018). In addition to this, researchers also identified the ICT factor as an essential element of economic production. Palvia, Baqir and Nemati (2018) assessed the effect of ICT on social and economic development at different levels. Nevertheless, it has not been thoroughly studied from of the perspective of the final stakeholder, i. e., populations that are end-users of technology.

Roztocki and Weistroffer (2008) concluded that a broad framework linking economic development and ICT is important. In addition, the structure shows ICT, such as computing resources, the Internet, mobile telephony, GPS, and Wi-Fi, which allows researchers to analyse the degree of Internet use (the share of Internet users), estimate the cost of ICT production, etc. Further, Yurieva (2012) analysed the classification of regional economic entities in the following areas:

1) Analysis of the degree of communication, including the degree of integration and adaptability of communication.

2) Analysis of the degree of openness of the communicative process.

3) Analysis of the degree of communicative desire and management expectations.

According to the theoretical review, it becomes evident that the focus should give important topics that relate to rates of the benefit of the digital transformation in the spatial context. Currently, there are no exact and clear answers to these questions. Moreover, their design requires holistic scientific research with a deep analytical review. This will allow organising the process and study in detail the actual situation in Kazakhstan.

At present, ICTs are the engine of accelerated growth in many areas of the economy. Regional economic development, considering the effect of ICT, depends on two main pathways.

First is the production of ICT products and digital services. This is one of the economy's innovative and dynamically developing sectors, which significantly contributes to the development of innovations in the region and the country.

Second is the consumption and implementation of ICT in different economic and social sectors. This pathway is a particularly important cause that promotes digital competencies, for example, improving digital literacy, reducing routine operations, speeding up productivity, improving the population's quality of life, improving the quality of service, etc.

3. Research Methods

Many studies have attempted to quantify the geographical concentration of regions by industry (Bertinelli, Decrop, 2005; Feser, Renski, Koo, 2009; Aiginger, Rossi-Hansberg, 2006), including Russian scientists (Rastvortseva, 2013; Piskun, Khokhlov, 2019). The Network Readiness Index was used to assess digital readiness (Silva et al., 2022). The Herfindahl-Hirschman index and the Krugman localisation index were used to assess the concentration of regions by manufacturing subsector (Mirolyubova, 2013). However, they were not considered for IT industries. Some works analysed the potential of digitalisation of the region based on the example of the Central Federal District in Russia, using fuzzy-set methods (Tolstykh et al., 2018).

Among Kazakh scientists, there were also attempts to assess the digitalisation of the country's economy based on the WEF data "The Global Information Technology Report" (Berdykulova et al., 2014) or an organisational level (Alzhanova et al., 2020). However, this assessment was carried out at the country level and was static. A distinctive feature of the authors' methodological tools is the assessment of the potential of the economy of Kazakhstan in the spatial context, considering the dynamic analysis of statistical data. Thus, the study was conducted based on a systematic approach using index and economic-statistical methods. The methodological base was ICT Development Index (IDI), Krugman Localisation Index (KLI), and Herfindahl — Hirschman Index (HHI) (Krugman, 1991; Hirschman, 1964). These indices were combined to assess the digitalisation potential of the regions in the case of Kazakhstan. The work used secondary data gathered from multiple sources at various time points from 2010 to 2020; wherever possible, there is data up to 2018. It included the examination of content in Russian, English, and Kazakh languages from the official websites of the Bureau of National Statistics of the Agency for Strategic Planning and Reforms of the Republic of Kazakhstan and the International Telecommunication Union. For processing statistical data, Microsoft Excel was used. We also critically assessed and synthesised findings from academic articles, media publications, and country officials' statements.

When analysing the prerequisites and prospects for digitalisation of the regional economies, we proceeded from the statement that the main structure of the assessment indicators for the national and regional monitoring remains common, which in practice allows us to revise reasonably the strategic guidelines of the region for the implementation of innovations and to obtain an economic effect.

Certain aspects of the methodology of the combined ICT development index were used to assess intra-regional differences in Kazakhstan. So, the proposed methodological tools (determining the extent and level of ICT development) are performed according to an algorithm consisting of four steps:

The first step is the analysis of the degree of Internet use (the share of Internet users).

The second step is the analysis of the degree of costs for the production of ICT.

The third step is the analysis of the degree of digital literacy of the population (i. e., readiness of the population for the widespread use of ICT).

The fourth step is the analysis of the degree of regional specialisation in the field of ICT (identifying promising regions in the field of ICT).

Thus, the algorithm proposed by the authors has a four-stage gradation, which should be understood as a set of assessment indicators that contribute to and determine the prerequisites for digitalising the territories of Kazakhstan. This four steps research algorithm is based on developed countries' toolkit of assessing the country's readiness for digital transformation and its ICT development adapted for Kazakhstan in accordance with the available statistical information, especially in the context of regions.

As methodological tools for assessing industry localisation and specialisation, we suggest using the following complementary indices.

1) Krugman Localisation Index (KLI) is an absolute indicator for assessing industry localisation in regions (can be used for international comparisons). For calculations, we will use the modified Krugman index, which reflects the level of concentration of the ICT industry in this region according to the formula below:

$$IJ_{KLI} = V_{ITJ} / V_{IT}, \tag{1}$$

where: J — the country of regions; V_{ITJ} — gross value added to ICT industry in the region; V_{IT} — gross value added to ICT industry in the country.

2) Herfindal — Hirschman Index (HHI) is a relative value of the industry specialisation in the region, indicating the impact of the agglomeration effect. For calculations, we will use the aggregated Herfindahl — Hirschman index (IHHI), which reflects the degree of regional specialisation of the ICT industry according to the formulas (2) and (3) below:

$$IJ_{HHI} = (V_{IT} / V_{GRP}\ 100\ \%)^2 \tag{2}$$

where: J — the country of regions; V_{IT} — gross value added to ICT industry in the region; V_{GRP} — gross value added of the region; IJ_{HHI} — HHI index for the J-th region in the ICT industry.

The proposed indicators — modified Krugman localisation index and aggregated Herfindahl-Hirschman index — are distinguished by their accessibility, simplicity of evaluation, and ability to measure various indexes in the territorial context. Nevertheless, HHI indicator demonstrates the impact of the force of the agglomeration effect, as well as shows agglomerations that can become "growth poles" of the knowledge-based economy of Kazakhstan in the future. To summarise, the proposed methodological tools for assessing the industry localisation and specialisation of the region will allow a more objective and realistic characterisation of the degree of growth of areas in the ICT industry.

4. Analysis and Results

4.1 Analysis of the Level of Internet Use in the Territories of Kazakhstan

Extensive application of the capabilities of digital and computer networks, as well as the creation of a global ICT infrastructure can give users

Table 1

The percentage of Internet users in Kazakhstan from 2010 to 2020

Region	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Akmola	29.0	50.8	76.4	75.4	76.0	62.4	72.1	72.4	74.5	80.0	85.6
Aktobe	39.2	59.3	81.3	79.8	80.1	69.5	81.2	83.7	83.8	88.2	89.4
Almaty	26.4	48.7	57.8	56.0	57.3	87.3	88.2	88.9	88.2	89.8	89.2
Atyrau	28.0	66.0	85.0	82.8	82.9	71.6	74.2	75.0	80.4	83.3	78.6
West-Kazakhstan	35.2	59.4	72.2	70.8	71.0	93.9	69.4	75.6	78.8	81.3	84.2
Zhambyl	23.8	28.2	59.4	57.6	57.8	67.6	71.4	73.2	82.0	84.9	86.2
Karaganda	35.9	53.6	68.4	68.1	68.4	72.4	74.1	74.3	74.6	84.3	93.5
Kostanay	26.9	45.2	81.9	80.4	80.5	78.0	87.1	87.8	88.0	88.6	87.2
Kyzylorda	21.6	32.7	72.1	76.6	76.7	77.7	80.7	79.4	81.8	81.9	82.7
Mangistau	37.4	51.6	61.9	77.7	77.9	71.4	74.8	75.0	82.5	86.0	86.5
Turkestan	23.0	43.5	54.8	51.8	52.5	86.1	85.4	84.9	84.4	86.6	94.6
Pavlodar	30.3	58.0	68.3	70.5	70.8	70.2	76.9	77.1	78.8	82.3	88.6
North Kazakhstan	36.0	49.1	74.8	73.1	73.3	82.0	79.7	81.0	85.3	91.7	94.6
East Kazakhstan	31.4	43.4	71.7	71.0	71.4	70.4	77.2	78.7	80.9	82.6	83.3
Nur-Sultan c.	41.0	52.2	68.5	68.1	68.9	86.9	89.2	90.1	90.1	92.3	95.3
Almaty c.	49.0	63.3	71.6	73.1	73.6	80.9	86.2	87.1	87.7	89.5	92.9

a wide range of opportunities. In turn, it leads to strengthening the effectiveness of management in all areas of economic activity. In the last years, the growth of ICT and distribution of new types of services over networks led to the creation of new market practices in Kazakhstan.

Further, we propose considering the indicators of Internet access in the regional context, including broadband and mobile Internet (Table 1).

It should be highlighted that the data show the proportion of Internet users aged 16–74 years by regions of Kazakhstan. Most of the territories of Kazakhstan have a high level of ICT use in organisations and households. This suggests that Kazakhstan places significant emphasis on the growth of ICT sector. Additionally, the level of Internet users has grown significantly in many regions of Kazakhstan during the period from 2010 to 2020. Thus, in 2020, high level of ICT use was typical for the following regions of Kazakhstan: Nur-Sultan city (95.3 %), North-Kazakhstan (94.6 %), Almaty city (92.9 %), Kostanay region (87.2 %) and Aktobe (89.4 %). This clearly shows that the degree of digitalisation in these regions is much higher than in others. In turn, a low level of use was recorded in three regions of Kazakhstan: Akmola (85.6 %), West-Kazakhstan (84.2 %), and Kostanay (87.2 %).

Based on the percentage of the number of Internet users, it was revealed that many regions of Kazakhstan are characterised by growth trends. At the same time, the ICT market of Kazakhstan showed the following trends:

1) The number of users of Internet services for data transfer through programmes that provide communication services (for example, Viber, WhatsApp, Telegram, Skype, etc.) is increasing.

2) The volume of local telephone services and long-distance and international communications has been reduced.

The reason for these changes is the distributed use of the Internet. The country's population is increasingly using the Internet as a connection tool due to its low cost compared to mobile and fixed communications. In the meantime, the growth rate of Internet services does not coincide with the growth rate of Internet traffic in Kazakhstan. According to estimates, internet traffic in Kazakhstan is growing annually by 200 %. The reason for this discrepancy is that mobile operators annually reduce tariffs for Internet access services. In this regard, given the high growth rate of Internet traffic, operators are encouraged to focus on increasing the number of IT services, as this type of service has good potential in our country.

The portal of the electronic government of Kazakhstan — Egov.kz — deserves special attention. This digital resource is a progressive information structure designed to facilitate the interaction of state power with the country's population in many territories of Kazakhstan. E-government is based on a distributed ICT infrastructure deployed nationwide. Egov.kz is part of the administrative reform, digital transformation set by the principles of the digital economy.

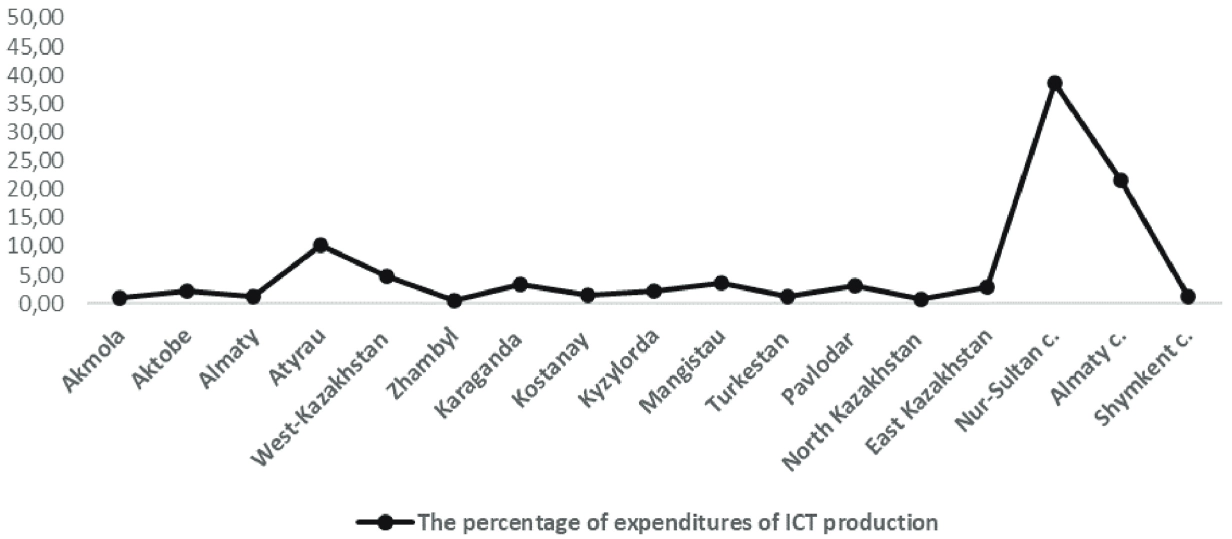


Fig. 1. *The percentage of expenditures on ICT production in Kazakhstan for 2020*

4.2. Estimation of ICT Production Cost

The main value of the analysis of ICT effectiveness is the degree of costs to produce ICT. Expenditures on ICT show the actual costs expressed in cash for developing, acquiring, implementing and using ICT.

In our scientific study, ICT expenditures are grouped as follows:

— acquisition of software (purchase of ready-made software of all types, operating systems, translators and compilers, software design and development tools, and other auxiliary tools necessary for developing software on their own);

— independent software development within the organisation;

— training of human resources related to the use and implementation of ICT (payment for training services for specialists and employees of the organisation, if retraining is not included in the sheet of their job responsibilities and is paid separately);

— payment for the services of third-party organisations and specialists related to ICT (payment for ICT services provided by a third-party organisation that performed work under civil law contracts, except for the cost of communication services and staff training).

Table 2 presents the costs of ICT production from 2010 to 2020.

According to the data for 2010–2020, the level of costs to produce ICT has grown 2.6 times. Thus, in 2010, the level of costs to produce ICT was estimated at 147.54 billion KZT. In turn, in 2020, the level of costs amounted to 388.93 billion KZT. In addition, most of the cost goes to the acquisition of software and a third-party organisation's payment for services.

Hereinafter, the goal of the research is to assess the costs of the different regions of Kazakhstan on ICT in order to identify promising areas that have regional competitive advantages. The information base of the study was composed of data for the regions of Kazakhstan by 2020 (Fig. 1).

The data demonstrate that, in the regional context, ICT costs are presented rather randomly. The largest and most significant increase in ICT production costs in 2020 was observed in two regions of Kazakhstan: Nur-Sultan city (38.60 %) and Almaty city (21.58 %). In monetary terms, 84.4 billion KZT was spent in Almaty city and 150.1 billion KZT in Nur-Sultan city. Moreover, territories with the lowest degree of ICT production costs are highlighted: Akmola (0.95 %), North-Kazakhstan (0.82 %), Zhambyl (0.6 %). This is causing the low

Table 2

Expenditures of ICT production in Kazakhstan from 2010 to 2020, in billion KZT

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Software acquisition	27.3	23.7	34.5	21.3	32.9	69.2	37.1	75.0	52.3	55.7	64.7
Independent software development within the organisation	2.18	2.0	3.8	5.5	3.3	8.7	11.6	10.9	5.2	13.1	17.3
Staff training	1.4	1.4	2.2	3.4	1.8	1. 4	1.3	11.8	2.1	8.1	1.4
Payment for third-party ICT related services	15.6	25.0	51.7	35.3	46.5	36.6	78.6	105.1	107.5	121.7	165.3

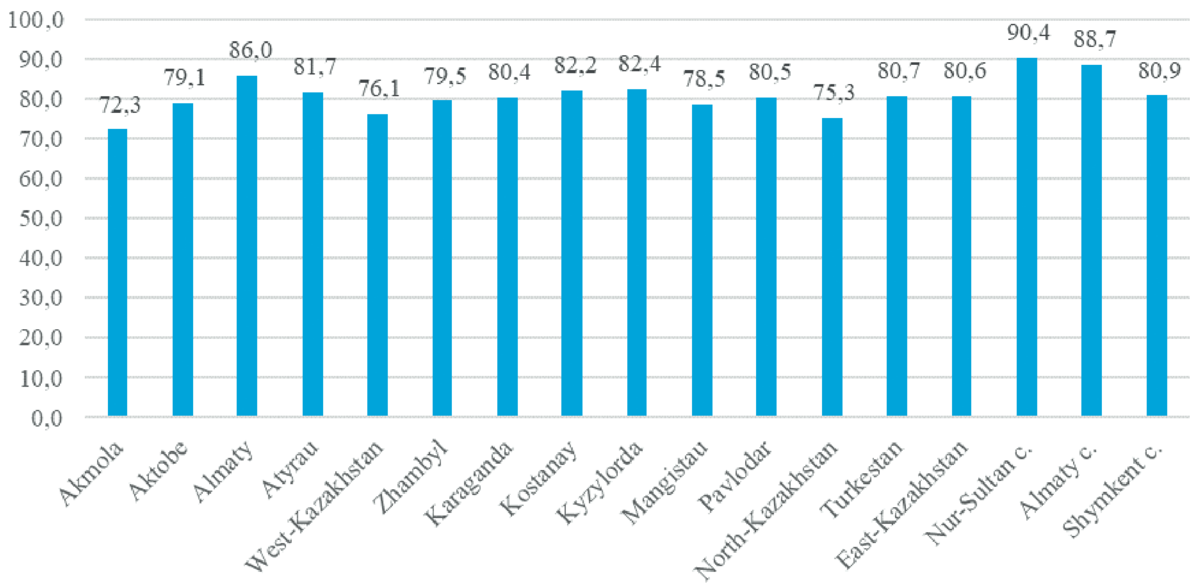


Fig. 2. *The percentage of the population in Kazakhstan with the skills to use a personal computer, smartphone, tablet, laptop in 2020*

level of economic growth in these regions and the insufficient level of development of ICT infrastructure. The indicators of Zhambyl and North-Kazakhstan regions are especially low, where the cost of ICT production amounted to 2.3 billion KZT and 3.2 billion KZT, respectively.

An analytical review of the actual situation in the field of ICT production costs shows that the role of digital and communication technologies is growing in Kazakhstan. Total cost of ICT in 2020 increased twice in comparison with 2010. It can be stated that the ICT industry is developing rapidly in Kazakhstan. Moreover, it should be noted that the tendencies of growth of the ICT sector are unbalanced in the regional context. Indeed, a great deal of ICT expenditure accounts for ICT account for two cities of republican significance, namely, Nur-Sultan city and Almaty city. Regions of this type are distinguished by a high degree of infrastructure components of ICT. Therefore, these cities have regional competitive advantages in the field of ICT development.

4.3 Assessment of digital literacy in Kazakhstan

Today, the digital economy opens enormous opportunities that provide the transition to a new technological and industrial structure of Industry 4.0, while exacerbating the problems of digital inequality between different segments of the population. In this regard, many Kaznet users are at risk and need to be educated in the proper use of ICT. Moreover, one of the essential tasks of national security becomes the problem of universal digital literacy of the population of Kazakhstan.

The degree of digital literacy is assessed in order to investigate the degree of digital knowledge and the willingness of the population of Kazakhstan to use ICT. In addition, an analysis of the degree of digital literacy will allow us to fix the imbalances in the development of the digitalisation of Kazakhstan regions' economy. Moreover, the study will provide not only an average analysis of the degree of digital knowledge, but also reveal the development index of each region, thereby allowing us to compare these parameters and find the most attractive regions in the field of ICT.

Insufficient penetration of wired telephony and the lag in providing families with home computers have become the leading causes for the delay in the growth of ICT in the western territories of Kazakhstan. As a result, cheap mass technology is inaccessible for a significant number of Kazakhstan's households.

In general, a basic set of knowledge and skills of the population of Kazakhstan was evaluated here in the following categories:

1) solution of the problems encountered in protecting the computer and personal data;

2) the use of software and hardware solutions in professional activities;

3) the use of various digital devices (digital cameras, digital video cameras, webcams, digital television, DVD players, projectors).

Figure 2 shows the proportion of the population of various Kazakhstan's regions with the skills to use a personal computer, smartphone, tablet, laptop via the Internet.

According to the presented data, almost all regions of Kazakhstan demonstrate high rates of having the skills to use a personal computer, smartphone, tablet, and laptop via the Internet. Thus, the following regions of Kazakhstan demonstrate their skills to a greater extent: Nur-Sultan city (90.4 %), Almaty city (88.7 %) and Almaty region (86.0 %). At the same time, average indicators were recorded in Kyzylorda (82.4 %), Kostanay (82.2 %), and Atyrau (81.7 %), respectively. In general, a basic set of knowledge and skills of the population of Kazakhstan is evaluated here in the following categories:

1) using a personal computer, smartphone, tablet, laptop;

2) using standard programmes (text and table editors and so on);

3) receiving services through the Internet.

Based on the analytical review, Kazakhstan is adapting to new conditions for the functioning of the ICT sector. In this connection, the development of the ICT market has outlined the following trends.

Firstly, most of the territories of Kazakhstan have a high level of ICT use in organisations and households. The data from 2010 to 2020 show that the level of Internet users has grown significantly in many regions of Kazakhstan. According to the data presented, the leader was clearly defined — this is Nur-Sultan city (95.3 %). This is not surprising since the network of data processing centres in the interests of government agencies and large corporations is actively expanding in the metropolitan region, which has a positive effect on the ICT market. However, based on the Internet access indicators during the tenth period from 2010 to 2020, it is quite obvious that Kazakhstan is pursuing an active policy to increase the digital literacy of the population and the degree of digital flows.

Secondly, in the regional context, ICT costs are presented rather randomly. An analytical review of the actual situation in the field of ICT production expenditures shows that the role of digital and communication technologies is growing in Kazakhstan. It can be reasoned that the ICT industry in Kazakhstan is rapidly developing. Moreover, it should be highlighted that there are unbalanced development trends in the ICT sector in the regional context. Therefore, most of the expenditures of ICT are in 2 cities of republican significance (Nur-Sultan city and Almaty city). Regions of this type have shown a high level of infrastructure and all components of ICT. Therefore, these cities have regional competitive advantages in the field of ICT development.

Thirdly, the regions of Kazakhstan demonstrate high rates of having the skills to use a personal computer, smartphone, tablet, and laptop via the Internet. Thus, in 2020 the following regions of Kazakhstan demonstrate their skills to a greater extent: Nur-Sultan city (90.4 %), Almaty city (88.7 %), and Almaty region (86,0 %).

Fourthly, there are backward regions, i. e., regions with low potential for developing the infrastructure. In particular, these are regions of Kazakhstan with low ICT indicators.

It is possible that the rapid transformation of the economy, which creates new opportunities for engaging in various digital and ICT, is beneficial for Kazakhstan's households who are able to use these opportunities. The main reasons for the lag in some regions of Kazakhstan in the development of ICT were the relative lag in providing families with home computers, the lack of penetration of landline telephony, and, as a result, the inaccessibility of cheap mass technology for a significant number of Kazakhstan's households. Nevertheless, there are significant imbalances in the accessibility of services for inhabitants of diverse country regions. An increase in Internet penetration may contribute to the intensive development of E-commerce and digital content.

Nevertheless, this is merely a hypothesis at this step. Further, the study is required to throw light on these issues. The final part of this research has concerned with explaining the observed level of the ICT localisation and the strength of the agglomeration effect.

4.4 Analysis of the Degree of ICT Industry Localisation in Kazakhstan

We propose to analyse the degree of localisation of the regions of Kazakhstan in the ICT sphere according to the methodology proposed above. Krugman localisation index (KLI) can show positive and negative estimation results in development dynamics. However, negative values in the dynamics of development are explained by unequal weight in various parts of the distribution: the greater the value of the regional localisation index, the higher the concentration of industry in the region.

Next, we intend to evaluate the localisation of the industry. Thus, we have identified attractive regions for the ICT industry by using the converted Krugman localisation index (KLI). All the indices used to evaluate the industry localisation have absolute units. Collected data for the estimation have been taken from the statistical information of the Committee on Statistics of the Republic of Kazakhstan.

Further, the indicators of specialisation of the ICT industry for all other regions of Kazakhstan were calculated. The estimation results are summarised in Table 3.

Table 3

Estimated indicators for the ICT industry in Kazakhstan by 2010 and 2019

Region of Kazakhstan	Estimated indicators (KLI)		Estimated indicators (HHI)	
	2010, in parts	2019, in parts	2010, in parts	2019, in parts
Atyrau	—	—	—	—
Aktobe	0.1978	0.2311	0.0771	0.0176
Akmola	0.0031	0.0028	0.0001	0.0012
Almaty region	0.0102	0.0115	0.0003	0.0002
East-Kazakhstan	0.0021	0.0045	0.0004	0.0013
West-Kazakhstan	0.0402	0.0513	0.0012	0.0156
Zhambyl	0.0014	0.0012	0.0002	0.0019
Karaganda	—	0.0338	—	0.0144
Kostanay	—	—	—	—
Kyzylorda	—	—	—	—
Mangistau	—	0.0091	—	0.0006
Pavlodar	—	0.0014	—	0.0003
North-Kazakhstan	0.0212	0.0119	0.0053	0.0271
Turkestan	0.0052	0.0063	0.0001	0.0033
Almaty city	0.6832	0.5847	0.0825	0.0756
Nur-Sultan city	0.0391	0.4564	0.0013	0.0633

Analysis of the regional specialisation of Kazakhstan allowed us to conclude the following.

First, according to calculations in the field of ICT, the most specialised region is Almaty city (about 70 % of the total ICT output). In general, the conclusions obtained are logical because there are many ICT companies in Almaty (Logycom, Asia-Soft, Ak-Cent Microsystems, Favor-IT, Real-Soft, etc.). This region has good indicators of digital literacy and ICT use by the population, investment potential, and a high level of human resources. Almaty city is a place for competitive, export-oriented, and technological production of goods (including services) in the field of ICT. Moreover, the products of Almaty developers are in demand not only in Kazakhstan but also in many CIS countries and some European countries. It should be emphasised that, in 2019, the estimates of Almaty city were lower than those in 2010, according to estimated results (KLI and HHI). The declining trend in growth rate is associated with reducing the cost of ICT projects, the reduction in investment and a decrease in demand.

Second, according to the results, the three average specialised regions of Kazakhstan are identified: Nur-Sultan city, Aktobe and Karaganda. In these regions, work has intensified, individual ICT development plans are established, and problems and pathways to solve them are discussed. In general, the planned support includes assistance in attracting direct investment, ensuring participation in international exhibitions, providing support measures within the Astana Hub, promoting data centres, developing 5G and more.

Third, there is a group of outsider regions, i. e., regions with a significant lag in developing ICT infrastructure. It turned out that not all areas of Kazakhstan have a sufficient level of ICT development. Based on Kazakhstan's statistical data for 2010–2019, we can talk about the presence of different types of territories according to the degree of availability of digital technologies, starting from the accessibility of the volume of products produced to the complete absence. In certain regions, there is no productivity in the field of ICT, such as Atyrau, Kostanay and Kyzylorda. These regions still do not have the necessary ICT development level, which limits the ability of the population to find work, improve their economic condition, access digital services, establish social ties, get education, etc.

Looking at the above and the analysis conducted, the level of ICT growth in different regions of Kazakhstan is significantly differentiated and has various indicators. That is why for Kazakhstan, like any other country, it is important to overcome the problem of digital inequality and ensure the development of ICT in large cities and backward regions. Solving this scientific problem will allow us to determine the readiness of any region for digitalisation, identify leading regions and disseminate their experience, as well as manage the development of digital infrastructure of various types of territories, tracking the dynamics of the process over time. On the one hand, the need to determine the level of digitalisation of any territorial entity is the necessary condition for the project's development. On the other hand, there is a need to decrease digital disparity and create communication among the population in the various regions of the country. In general, Almaty city, Nur-Sultan city, Karaganda, and Aktobe are attractive regions for the growth of ICT. Such areas will be favourable "growth poles", oriented to transfer high technology and knowledge to the vast periphery of the country.

5. Conclusions

According to the literature review, it becomes clear that attention should be paid to the analysis of the digitalisation of various territorial entities. This will allow researchers to identify the leading regions, disseminate their experience and implement the process of managing the development of digital infrastructure of various types of territories, tracking its dynamics over time. Currently, there are no unambiguous answers to these questions. It is necessary to analyse the degree of digitalisation of various types of territories in Kazakhstan in order to fully present and systematise the ongoing processes for the CIS countries and other developed countries that are ready for complete digitalisation. Based on the analytical review done, it is clear that Kazakhstan is adjusting to the ICT sector's new operating conditions. Therefore, following development trends in the ICT- market are expected.

First, most of the territories of Kazakhstan have a high level of ICT use in organisations and households. During the period from 2010 to 2020, the level of Internet users in many regions of Kazakhstan has grown. According to the data presented, the leader was clearly defined — this is Nur-Sultan city (94.6 %). This is not surprising since the network of data processing centres in the interests of government agencies and large corporations is actively expanding in the metropolitan region, positively affecting the ICT market. The internet testifies to the growing role of ICT in the regions of Kazakhstan. There has been a sharp increase in Internet users in 2010 and 2020, respectively, 31.6 % and 89.0 %. This is obvious since Kazakhstan is pursuing an active policy to increase the digital literacy of the population and the level of information flow.

Second, in the regional context, ICT costs are presented rather randomly. A review of the current situation in the field of ICT production costs shows that the role of digital and communication technologies is growing in Kazakhstan. It can argued that the ICT industry is developing rapidly in Kazakhstan. Moreover, it should be emphasised that the development trends of the ICT sector become unstable in the regional context. Thus, most ICT expenditures are accounted for two cities of republican significance, namely, Nur-Sultan city and Almaty city. A high level of infrastructure and all components of ICT characterise regions of this type. Therefore, these cities have regional competitive advantages in the field of ICT development.

Third, the regions of Kazakhstan demonstrate high rates of having the skills to use a personal computer, smartphone, tablet, and laptop via the Internet. Thus, the following regions of Kazakhstan demonstrate their skills to a greater extent: Nur-Sultan city (90.4 %), Almaty city (88.7 %) and Almaty region (86.0 %).

Fourth, there is a group of outsider regions, i. e., regions with a significant lag in developing IT infrastructure. In many areas, there is no productivity in the field of ICT, such as Atyrau, Kostanay, and Kyzylorda. These regions still do not have the necessary ICT development level, which limits the ability of the population to find work, improve their economic condition, access digital services, establish social ties, get education, etc.

In this fashion, after evaluating the digitalisation potential of the Kazakhstani regions, we conclude that the regions of Kazakhstan have varying levels of ICT development, which is why they have different prerequisites and prospects for digitalising their economy. Accordingly, Almaty city, Nur-Sultan city, Karaganda, and Aktobe regions have high digitalisation potential. Among those regions with a high digitalisation potential of the economy, Pavlodar and Kyzylorda regions can be mentioned, whereas Zhambul, Akmola, Karaganda North-Kazakhstan, West-Kazakhstan, Mangistau and Atyrau have the lowest digitalisation potential. The underdevelopment of ICT causes such a lag in opportunities of these regions. Insufficient provision of the households with personal computers and low penetration of wired telephony make the cheap mass technology less accessible for a notable amount of Kazakhstan's citizens. Moreover, an observable imbalance in the accessibility of various ICT services and the growth in the Internet penetration levels in those regions will contribute to the extension of E-commerce activities.

The above information and the conducted analysis present refutations and evidence of the hypothesis proposed earlier. We proceeded from the scientific suggestion that digitalisation processes are beginning to develop in Kazakhstan, and that there are specific sources for the development of ICT. Thus, we can argue the benefits and drawbacks of the following suggestion. The weak diversity of the region's economy and the backwardness of ICT infrastructure were negative factors in developing the ICT market. On the other hand, the positive factor is the presence of various programmes for the ICT development. Kazakhstan is actively working to raise the development degree of the public digitalisation and ICT market. It should be emphasised that our hypothesis proved to be accurate, as evidenced by the analysis and results obtained.

References

Afonin, I. (2007). *Innovatsionnyy menedzhment [Innovative management]*. Moscow: Gardarika, 224. (In Russ.)

Aiginger, K. & Rossi-Hansberg, E. (2006). Specialization and Concentration: a Note on Theory and Evidence. *Empirica, 33,* 255–266. DOI: 10.1007/S10663-006-9023-Y.

Alzhanova, F. G., Kireyeva, A. A., Satpayeva, Z. T., Tsoy, A. & Nurbatsin, A. (2020). Analysis of the level of technological development and digital readiness of scientific-research institutes. *The Journal of Asian Finance, Economics and Business, 7(12),* 1133–1147. DOI: 10.13106/jafeb.2020.vol7.no12.1133.

Aridi, A., Hayter, C. S. & Radosevic, S. (2021). Windows of opportunities for catching up: an analysis of ICT sector development in Ukraine. *The Journal of Technology Transfer, 46,* 701–719. DOI: 10.1007/s10961-020-09795-5.

Bahrini, R. & Qaffas, A. A. (2019). The impact of information and communication technology on economic growth: Evidence from developed and developing countries. *Open Access Journal, 7(1),* 21. DOI: 10.3390/ECONOMIES7010021

Berdykulova, G. M., Sailov, A. I., Kaliazhdarova, S. Y. & Berdykulov, E. B. (2014). The emerging digital economy: case of Kazakhstan. *Procedia — Social and Behavioral Sciences, 109,* 1287–1291.

Bertinelli, L. & Decrop, J. (2005). Geographical agglomeration: Ellison and Glaeser's index applied to the case of Belgian manufacturing industry. *Regional Studies, 39,* 567–583. DOI: 10.1080/00343400500151806.

Brynjolfsson, E. & Yang, Sh. (1996). Information technology and productivity: a review of the literature. Advances in Computers, 43, 179–214. DOI: 10.1016/S0065-2458(08)60644-0.

Carlo, J., Lyytinen, K. & Rose, G. (2011). A knowledge-based model of radical innovation in small software firms. *MIS Quarterly, 36(3),* 865–895. DOI: 10.2307/41703484.

Christensen, C. & Overdorf, M. (2000). Meeting the challenge of disruptive change. *Harvard Business Review, 78(2),* 66–76.

Christensen, J. L. & Lundvall, B. A. (2004). *Product innovation, interactive learning and economic performance*. Amsterdam: Elsevier, 361.

Dewan, S. & Kraemer, K. L. (2000). Information technology and productivity: evidence from country-level data. *Management Science, 46(4),* 548–562. DOI: 10.1287/MNSC.46.4.548.12057.

Elam, J. J. & Mead, M. (1987). Designing for creativity: considerations for DSS development. *Information & Management, 13(5),* 215–222. DOI: 10.1016/0378-7206 %2887 %2990045-0.

Fernández-Portillo, A., Almodóvar-González, M. & Hernández-Mogollón, R. (2020). Impact of ICT development on economic growth. A study of OECD European union countries. *Technology in Society, 63,* 101420. DOI: 10.1016/j.techsoc.2020.101420.

Feser, E., Renski, H. & Koo, J. (2009). Regional cluster analysis with interindustry benchmarks. *Targeting Regional Economic Development, 9780203883495,* 213–238. DOI: 10.4324/9780203883495.

Hirschman, A. O. (1964). The paternity of an index. *American Economic Review, 54(5),* 761–762.

Inklaar, R., O'Mahony, M. & Timmer, M. P. (2005). ICT and Europe's productivity performance; industry level growth account comparisons with the United States. *Review of Income and Wealth, 51(4),* 505–536. DOI: 10.1111/j.1475-4991.2005.00166.x.

Jorgenson, D. W. & Stiroh, K. J. (2000). Raising the speed limit: U.S. economic growth in the information age. *Brookings Papers on Economic Activity, 31(1),* 125–211. DOI: 10.1353/ECA.2000.0008.

Kireyeva, A. A., Mussabalina, D. S. & Tolysbaev, B. S. (2018). Assessment and identification of the possibility for creating IT Clusters in Kazakhstan regions. *Ekonomika regiona [Economy of Region], 14(2),* 463–473. DOI: 10.17059/2018-2-10.

Kireyeva, A. A., Turdalina, S., Mussabalina, D., Turlybekova, N. M. & Akhmetova, Z. B. (2020). Analysis of the efficiency technology transfer offices in management: The case of Spain and Kazakhstan. *Journal of Asian Finance, Economics and Business, 7(8),* 735–746. DOI: 10.13106/jafeb.2020.vol7.no8.735.

Koutroumpis, P. (2009). The economic impact of broadband on growth: a simultaneous approach. *Telecommunications Policy, 33(9),* 471–485. DOI: 10.1016/J.TELPOL.2009.07.004.

Kraemer, K. L. & Dedrick, J. (2001). Information Technology and productivity: results and implications of cross-country studies. In: *M. Pohjola (Ed.), Information Technology and Economic Development* (pp. 257–279). Oxford: Oxford University Press.

Krugman, P. R. (1991). *Geography and trade*. London: MIT Press, 142.

Kurniawati, M. A. (2022). Analysis of the impact of information communication technology on economic growth: empirical evidence from Asian countries. *Journal of Asian Business and Economic Studies, 29(1),* 2–18. DOI: 10.1108/JABES-07-2020-0082.

Lee, S. H., Levendis J. & Gutierrez L. (2012). Telecommunications and economic growth: an empirical analysis of Sub-Saharan Africa. *Applied Economics, 44,* 461–469. DOI: 10.2139/ssrn.1567703.

Mirolyubova, T. V., Karlina T. V. & Kovaleva, T. Yu. (2013). *Zakonomernosti i faktory formirovaniya i razvitiya regionalnykh klasterov [Regularities and factors of formation and development of regional clusters].* Perm: Perm State National Research University Publishing House, 283. (In Russ.)

Motohashi, K. (1997). ICT diffusion and its economic impact in OECD countries. *Science technology and industry review, 20,* 13–45.

Oliner, S. D. & Sichel, D. E. (2000). The resurgence of growth in the late 1990s: Is information technology the story? *Journal of Economic Perspectives, 14(4),* 3–22. DOI: 10.2139/SSRN.233139.

Palvia, P., Baqir, N. & Nemati, H. (2018). ICT for socio-economic development: A citizens' perspective. *Information & Management, 55(2),* 160–176. DOI: 10.1016/j.im.2017.05.003.

Piskun, E. I. & Khokhlov, V. V. (2019). Economic development of the Russian Federation's regions: factor-cluster analysis. *Ekonomika regiona [Economy of region], 15(2),* 363–376. DOI: 10.17059/2019–2-5 (In Russ.)

Pohjola, M. (2002). The new economy: facts, impacts and policies. *Information Economics and Policy, 14(2),* 133–144. DOI: 10.1016/S0167–6245 %2801 %2900063–4.

Popov, E. V., Semyachkov, K. A. & Simonova, V. L. (2016). Assessing the impact of information and communication technologies on innovative activity of regions. *Finansy i kredit [Finance and credit], 46(718),* 46–60. (In Russ.)

Quintas, P. (1994). A product-process model of innovation in software development. *Journal of Information Technology, 9(1), 3–17.* DOI: 10.1057/jit.1994.2.

Rastvortseva, S. N. (2013). *Upravlenie razvitiem protsessov kontsentratsii ekonomicheskoy aktivnosti v regione: podkhody novoy ekonomicheskoy geografii [Managing the Development of the Processes of Concentration of Economic Activity in the Region: the Approaches of the New Economic Geography].* Moscow: Ekon-inform, 131. (In Russ.)

Röller, L. H. & Waverman, L. (2001). Telecommunications infrastructure and economic development: A simultaneous approach. *American economic review, 91(4),* 909–923. DOI: 10.1257/AER.91.4.909.

Roztocki, N. & Weistroffer, H. R. (2008). Information technology investment in emerging economies. *Information Technology for Development, 14(1),* 1–10.

Sarangi, A. K. & Pradhan, R. P. (2020). ICT infrastructure and economic growth: a critical assessment and some policy implications. *Decision, 47,* 363–383. DOI: 10.1007/s40622–020–00263–5.

Silva, D. S., Yamashita, G. H., Cortimiglia, M. N., Brust-Renck, P. G. & Schwengber ten Caten, C. (2022). Are we ready to assess digital readiness? Exploring digital implications for social progress from the Network Readiness Index. *Technology in Society, 68,* 101875. DOI: 10.1016/j.techsoc.2022.101875.

Tolstykh, T. O., Shkarupeta, E. V., Shishkin, I. A., Dudareva, O. V. & Golub, N. N. (2018). Evaluation of the digitalization potential of region's economy. In: *E. Popkova (Ed.). The Impact of Information on Modern Humans* (pp. 736–743). Springer Nature Switzerland AG.

Yurieva, A. A. (2012). ICT in the socio-economic development of the region: posing the question. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatelskiy zhurnal [International research journal], 1(1),* 12–16. (In Russ.)

Zubarevich, N. (2009). Regional Development and Regional Policy in Russia During Ten Years of Economic Growth. *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii [Journal of the New Economic Association], 1(2),* 160–174. (In Russ.)

Zvereva, A. A., Belyaeva, Zh. S. & Sohag, K. (2019). Impact of the economy digitalization on welfare in the developed and developing countries. *Ekonomika regiona [Economy of region], 15(4),* 1050–1062. DOI: 10.17059/2019–4-7. (In Russ.)

About the authors

Anel A. Kireyeva — Cand. Sci. (Econ.), Head of the Department, Institute of Economics CS MES RK; Scopus Author ID: 56530815200; https://orcid.org/0000-0003-3412-3706 (28, Shevchenko St., Almaty, A25K1B0, Republic of Kazakhstan; e-mail: kireyeva.anel@ieconom.kz).

Zaira T. Satpayeva — PhD, Head of the Department, Institute of Economics CS MES RK; Scopus Author ID: 57214615874; https://orcid.org/0000-0002-1644-3709 (28, Shevchenko St., Almaty, A25K1B0, Republic of Kazakhstan; e-mail: satpayeva.zaira@ieconom.kz).

Marat T. Urdabayev — PhD student, Al-Farabi Kazakh National University; Scopus Author ID: 57236560100; https://orcid.org/0000-0001-8270-6821 (71, al-Farabi Ave., Almaty, 050040, Republic of Kazakhstan; e-mail: marat.ordas@mail.ru)

Информация об авторах

Киреева Анель Ахметовна — кандидат экономических наук, заведующая отделом, Институт экономики КН МОН РК; Scopus Author ID: 56530815200; https://orcid.org/0000-0003-3412-3706 (Республика Казахстан, A25K1B0, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; e-mail: kireyeva.anel@ieconom.kz).

Сатпаева Зайра Тулегеновна — PhD в области экономики, заведующая отделом, Институт экономики КН МОН РК; Scopus Author ID: 57214615874; https://orcid.org/0000-0002-1644-3709 (Республика Казахстан, A25K1B0, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; e-mail: satpayeva.zaira@ieconom.kz).

Урдабаев Марат Тагайбекович — PhD докторант, Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби; Scopus Author ID: 57236560100; https://orcid.org/0000-0001-8270-6821 (Республика Казахстан, 050040, г. Алматы, пр-т Аль-Фараби, 71; e-mail: marat.ordas@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 27.02.2020.
Прошла рецензирование: 26.05.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 27 Feb 2020.
Reviewed: 26 May 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-13
УДК 339.5
JEL F20

Л. В. Шкваря [а)], Е. Д. Фролова [б)]

[а)] Российский университет дружбы народов, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, г. Москва, Российская Федерация

[б)] Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Российская Федерация

[а)] https://orcid.org/0000-0001-6653-939X, e-mail: destard@rambler.ru

[б)] https://orcid.org/0000-0002-7176-4441

Компаративный анализ развития внешней торговли в цифровом сегменте по регионам мира[1]

Поскольку внешняя торговля под влиянием цифровизации приобретает новые характеристики, а ее развитие сформировало в мире новое распределение регионов, цель статьи состоит в поиске специфических черт и зарождающихся тенденций международной торговли в новом цифровом сегменте, а также выявлении лидеров (стран и регионов), факторов их успеха. Цифровой сегмент внешней торговли в контексте статьи представлен торговлей ИКТ-товарами и ИКТ-услугами. Использована методика структурного и сравнительного анализа внешней торговли. Исходной базой исследования явились данные международной статистической отчетности ЮНКТАД с 2000 г. по 2019 г. Выдвинута гипотеза о наличии различных этапов развития внешней торговли в цифровом сегменте и смене в них регионов-лидеров. Научный вклад состоит в выявлении трех волн в развитии внешней торговли в цифровом сегменте с отличающимися характеристиками: так, в третьей волне темп роста цифрового товарооборота сохранился, но его доля в общем мировом товарообороте снизилась по сравнению с первой волной. Выявлено преобладание доли цифрового сегмента над долей товарной торговли в совокупности стран, входящих в один регион: выявлено лидерство АТР и сдвиг США с первого места в первой волне на пятое, Китай в третьей волне вышел на первое место с долей цифрового экспорта в общем экспорте страны 27,1 %, его увеличением за 20 лет в 15,9 раза, экспортной специализацией на ИКТ-оборудовании. Россия, специализируясь на экспорте ИКТ-услуг, входит лишь в пятую десятку стран в этом сегменте, при этом выявлено отрицательное внешнеторговое сальдо. Выводы будут полезны специалистам в области разработки стратегии развития внешней цифровой торговли России. Дальнейший научный поиск должен быть сосредоточен на обосновании эффективных путей недопущения отставания национальных экономик, включая Россию, от лидеров в цифровом сегменте внешней торговли.

Ключевые слова: международная торговля, стоимостной цифровой экспорт, экспорт ИКТ-услуг, структура внешней торговли, регионы мира, цифровая торговля, цифровой сегмент, цифровая экономика, компаративный анализ

Для цитирования: Шкваря Л. В., Фролова Е. Д. Компаративный анализ развития внешней торговли в цифровом сегменте по регионам мира // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 479-493. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-13.

RESEARCH ARTICLE

Ludmila V. Shkvarya [a)]***, Elena D. Frolova*** [b)]
[a)] RUDN University, Moscow, Russian Federation
[a)] Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russian Federation
[b)] Ural Federal University, Ekaterinburg, Russian Federation
[a)] https://orcid.org/0000-0001-6653-939X; e-mail: destard@rambler.ru
[b)] https://orcid.org/0000-0002-7176-4441

Comparative Analysis of Foreign Trade Development in the Digital Segment by World Regions

Foreign trade, affected by digitalisation, acquired new features, while its development led to a new redistribution of world regions. The present article aims to reveal specific features and emerging trends in the digital segment of foreign trade and identify leading regions and success factors. In this case, the digital segment includes ICT-equipment and ICT-services trade. UNCTAD statistics for 2000–2019 were examined using the methodology of foreign trade structural and comparative analysis. We hypothesise that there are different development stages in the digital segment of foreign trade characterised by changes of leading regions. In particular, three waves in the development of the digital segment of foreign trade, corresponding to different characteristics, were identified. In the third wave, the growth rate of digital turnover remained the same but its share in the total global turnover decreased. It was revealed that the share of the digital segment is higher than the share of merchandise trade in the countries of one region. Asia-Pacific Region replaced the USA (that moved from the 1st place in the first wave to the 5th position) as the leading region. China, specialising in the export of ICT-equipment, came out on top with the 27.1 % share of digital exports in the country's total exports, increasing by 15.9 times in 20 years. Russia, whose specialisation is the export of ICT-services, is closer to the end of the top 50 ranking of countries in this segment; its negative foreign trade balance was also revealed. The obtained findings can be useful for specialists developing the foreign digital trade strategy of Russia. In order to increase the potential of national economies, including Russia, in the digital segment of foreign trade, further research should focus on ways to prevent their lagging behind the leaders.

Keywords: international trade, value digital export, ICT-services export, foreign trade structure, world regions, digital trade, digital segment, digital economy, comparative analysis

For citation: Shkvarya, L. V. & Frolova, E. D. (2022). Comparative Analysis of Foreign Trade Development in the Digital Segment by World Regions. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 479-493, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-13.

Введение

Цифровизация, получившая скачкообразное развитие с начала XXI в., захватила все этапы воспроизводственного процесса (производство, распределение, обмен и потребление), трансформируя их качество и ускоряя во времени, изменяя специализацию отдельных субъектов хозяйственной деятельности и целых стран. Глобальная экспансия интернета, увеличивающиеся глобальные потоки данных (*global data flows*) и цифровые технологии оказывают влияние и на внешнюю торговлю (Meltzer, 2019) как ключевой элемент в системе международных экономических отношений. Однако комплексные исследования, включая оценку развития цифрового сегмента внешней торговли, на сегодняшний день отсутствуют, имеются лишь разрозненные экспертные мнения, частные подходы к формированию принципов такой оценки.

Исследователи, рассматривая в отдельности различные стороны этого процесса, постулируют, что на новой стадии экономической глобализации развитие цифровой торговли становится альтернативой замедлению традиционного обмена (Смирнов, 2019а, Смирнов, 2019б) и что за счет цифровизации происходит восстановление динамики мировой торговли (Стрелец и Чебанов, 2020). Однако, на наш взгляд, процесс настолько сложен, что говорить о его линейном развитии, причем по всем видам структур внешней цифровой торговли (географической, продуктовой) и на всем временном промежутке, начиная с первого года XXI в., нельзя. Мы выдвигаем гипотезу о наличии различных характеристик и смене стран-лидеров на разных этапах (промежутках) развития цифровой торговли и в различных ее сегментах. Сравнивая характеристики разных периодов, можно выявить новые закономерности и оценить скорость происходящих изменений.

В этой связи комплексный анализ мировой торговли в ее цифровом сегменте, направленный одновременно и на изучение структуры этой торговли в региональном и продуктовом срезе, и на выявление стран-лидеров для понимания новой расстановки сил в мире, а также на исследование проблем и факторов ее развития, представляет безусловный научный интерес. Например, среди основных проблем развития международных отношений, в том числе торгово-экономических, в условиях цифровизации ученые отмечают зарождающуюся «существенную дифференциацию между странами по степени их вовлечения в цифровую торговлю» (Смирнов, 2019a). Стратегическая задача не попасть на периферию мир-системных отношений в этой сфере стоит перед многими странами, в том числе Россией. Сравнительный анализ как метод исследования позволит не только лучше понять сложившиеся в этой сфере процессы и оценить тенденции, но и выявить лучшие практики стран-лидеров для их применения в национальных экономиках, в т. ч. в России. Сегодня важно не просто стать одним из игроков в сфере мировой цифровой торговли, но и активно участвовать в формировании правил игры во всех ее сегментах. А для этого надо отчетливо видеть новые явные и скрытые закономерности, неявные особенности, зарождающиеся тенденции, включая скорость изменений.

Поскольку имеющиеся на сегодняшний день научные исследования в этой сфере представлены весьма ограниченно, в данной статье авторами предпринята попытка восполнить указанный пробел. Статья посвящена выявлению тенденций и особенностей развития внешней торговли регионов и стран, в том числе России, в ее новом цифровом сегменте на основе комплекса динамических показателей, сравнительного анализа.

Теоретический аспект исследования внешней торговли страны в цифровом сегменте

Переход мировой экономики в XXI в. к очередному этапу развития ознаменовался внедрением цифровых технологий во все сферы хозяйственной жизни, что можно рассматривать как фундаментальную системную трансформацию, которая формирует новую, а именно — цифровую, экономику. По значимости ее можно сравнить с такими процессами, как индустриализация и глобализация:

— индустриализация обеспечила вначале качественное изменение отраслевой структуры экономики, а затем и географии торговли, то есть пространственной структуры (вначале появилась новые машины, затем — качественно новые товары и, наконец, — глобальное распространение машин и товаров);

— глобализация, напротив, вначале способствовала качественному изменению пространственной структуры (качественное усиление взаимосвязи и взаимозависимости стран мира), а затем и отраслевой (новые отрасли промышленности распространились на страны, где раньше их не было, пример, Китай, Индия, Бразилия, Вьетнам).

Цифровая экономика, на наш взгляд, объединяет эти два процесса, так как она одновременно, с одной стороны, создает новые производственные возможности и качественно новые товары и услуги на основе новых технологий, а с другой стороны, формирует новые виды взаимосвязей (в том числе в международной торговле) через новые же технические возможности, которые еще больше сокращают расстояния и время.

Глобальные процессы цифровизации экономики (мировой и национальных) в последнее время активно изучаются мировым научным сообществом. Для российских ученых наиболее востребованными являются такие ее фундаментальные аспекты, как сущность цифровой экономики (Аузан, 2019), ее стратегии (Ведута, Джакубова, 2017). Иностранных ученых больше интересуют изменения, которые происходят в национальной экономике отдельных стран на макроуровне (Burma, 2016) и в отраслевом аспекте (Tuballa and Abund, 2016), а также на микроуровне, включая как техническую сторону (Radu and Rodașcă, 2013), так и способы организации и ведения бизнеса (Zimmerman, 2000), взаимодействия с государством и потребителями (Digital affordances…, 2018), влияние цифровизации на социальную сферу (Телесова и Ахтаева, 2020).

Появились научные разработки, посвященные различным аспектам развития непосредственно мировой торговли в условиях цифровизации. Наиболее востребованными являются следующие области: анализ ее развития как в целом (Спартак, 2018), так и отдельных рынков товаров и услуг (Главина и Асмятуллин, 2019) трансформация мирового рынка в условиях цифровизации и влияние этого процесса на внешнеторговую деятельность стран (Красных, 2020; Оценка влияния…, 2020), воздействие пандемии COVID-19 на цифровые торговые операции на глобальном уровне (Shkalenko and Fadeeva, 2020), необходимость создания системы новых международных правил в регулировании цифровой торговли (Meltzer, 2019), причем как в рамках ВТО, так и локальных региональных соглашений (Malkawi, 2020). Кроме того, в текущих на-

Таблица 1

Терминология международной торговли в цифровом сегменте экономики страны

Table 1

Foreign trade terminology used in the digital segment of the national economy

Термин	Содержание термина
Цифровая экономика	Новый уклад экономики, основанной на знаниях и цифровых технологиях, в рамках которой формируются новые цифровые навыки и возможности общества, бизнеса и государства*; хозяйственная деятельность, ключевым фактором производства в которой являются данные в цифровой форме, способствует «формированию информационного пространства …, а также новой технологической основы для социальной и экономической сферы»**
Цифровая (мировая) торговля	Торговля, которая включает в себя не только узкоспециализированную продажу товаров и услуг с помощью сети «Интернет» (интернет-торговля), но и взаимодействие через электронные банковские сервисы, информационно-коммуникационные и социальные сети, а также широкий спектр различных бизнес-моделей, формируя вокруг себя торговую экосистему [20]; основные и узкие области, которые относятся к сектору производства ИКТ и охватывают различные цифровые услуги***
Цифровой сегмент внешней торговли	Часть цифровой торговли, которая включает в себя узкие области, а именно внешнюю торговлю ИКТ-оборудованием и ИКТ-услугами

* Digital dividends. World development report // International Bank for Reconstruction and Development. The World Bank. 2016. P. 2.

** Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. С. 5.

*** Digitalization, Trade, Development / Information economy report. New York, Geneva: UNCTAD, 2017. P. 28.

учных трудах цифровая торговля не только рассматривается как новый ее вид, но еще идентифицируется как третья стадия эволюции торговли как таковой (напомним, первая стадия касается традиционной торговли, а вторая стадия — торговли в рамках глобальных цепочек стоимости) (Lopez-Gonzalez and Jouanjean, 2017).

Несмотря на разнообразие исследований, цифровая экономика как экономическая категория пока до конца не определена (ввиду сложности, неоднозначности и относительной кратковременности своего развития). Соответственно, хорошо проработанная теория цифровой торговли также отсутствует. В имеющихся научных трудах содержится еще не теория, но пока только попытка разработки ее основ, принципов, подходов. Также пока не существует единого признанного определения цифровой торговли.

В то же время мы отмечаем, что растет консенсус в отношении трактовки содержания цифровой торговли, в частности, понимание, что хотя цифровые технологии позволяют осуществлять все формы цифровой торговли, не вся цифровая торговля осуществляется в цифровом формате. Следовательно, цифровую торговлю можно рассматривать с двух сторон: во-первых, как торговлю цифровыми товарами и, во-вторых, как цифровые методы торговли обычными товарами. Поскольку применяемую терминологию нельзя признать устоявшейся (даже сам термин «цифровая экономика» зачастую понимается по-разному), мы используем следующие трактовки в контексте настоящего исследования (табл. 1).

Мы отталкиваемся именно от данной трактовки в рамках нашего исследования по следующим обоснованиям. Во-первых, содержание цифровой торговли рассматривается в широком и узком смысле слова. Так, китайские исследователи (Джан и Чен, 2019), опираясь на узкую трактовку цифровой экономики, включают в нее только ИКТ-отрасли (телекоммуникации, интернет, ИТ-услуги, производство комплектующих и программного обеспечения и т. п.), а при широкой трактовке дополнительно включают часть отраслей «традиционной» экономики, в которых внедряются цифровые технологии. В то же время, американские исследователи утверждают, что она включает в себя ИКТ-сектор с его инфраструктурой, электронную коммерцию и цифровой контент (Fefer, Morrison and Akhtar, 2019). Ю.В. Белоусов использует три ее компонента (Белоусов и Тимофеева, 2019): торговля классическими ИКТ-услугами, торговля услугами на основе ИКТ-технологий (*ICT-enabled services*) и трансграничная поставка товаров и услуг по линии электронной коммерции в формате B2C.

Во-вторых, цифровой торговле подчинена структура статистических и эмпирических данных, причем с учетом того, что для компаративного анализа эти данные должны быть сопоставимыми. Например, ЮНКТАД исходит из того, что основой цифровой экономики служит сектор производства ИКТ и различных цифровых услуг (например, услуги аутсорсинговых центров обработки вызовов, услуги цифровых платформ, в том числе Facebook[1] и Google)[2]. Согласно данному подходу, основой цифровой торговли, в том числе и на мировом рынке, является торговля ИКТ-оборудованием и цифровыми услугами.

Данные и методы

При проведении настоящего исследования нами была использована общепризнанная международная статистическая база ЮНКТАД, которая включает в цифровую торговлю ряд товарных позиций. Из них для анализа цифрового сегмента внешней торговли нами приняты такие компоненты из раздела «*digital economy*», как ИКТ-товары (*ICT goods*), представленные подразделами «*computers and peripheral equipment*», «*communication equipment*», «*consumer electronic equipment*», «*electronic components*», «*miscellaneous*», а также ИКТ-услуги (*ICT-services*)[3].

Данные использованы за период 2000–2020 гг. При этом 2000 г. был выбран как стартовый, в связи с тем, что именно с этого года ЮНКТАД ведет статистику в сфере цифровой экономики и торговли.

На первом этапе были использованы классические методики анализа внешней торговли (Диабатэ, Холина и Фролова, 2020), включающие в себя исследование динамики и соотношения мировой торговли в цифровом сегменте и общего мирового товарооборота, выявление темпов этой динамики, установление ее закономерностей. На втором этапе исследованы позиции стран — лидеров мировой торговли в цифровом сегменте, а также место и роль в нем России. При анализе структуры мировой торговли в цифровом сегменте сделан упор на ее географический (региональный) и страновой аспекты.

Методическую основу компаративного анализа составила сравнительная оценка динамики и тенденций развития внешней торговли в цифровом сегменте по регионам мира и странам-лидерам на основе расчета следующих показателей (Компаративный анализ..., 2019):

— доля этой торговли стран-лидеров в мировой торговле и во внешней торговле этих стран в целом и сопоставление сформировавшегося тренда с общим трендом развития мировой торговли,

— динамика экспорта и импорта в цифровом сегменте;

— коэффициент покрытия импорта экспортом, то есть отношение объема экспорта к объему импорта, что характеризует либо высокий (>1) либо низкий (<1) уровень внешнеторговой самообеспеченности страны в цифровом сегменте);

— сальдо внешней торговли (когда экспорт покрывает импорт, является предпочтительной).

Сопоставление результатов в рамках компаративного анализа позволяет установить страны (а также регионы мира) — лидеры в сфере развития внешней торговли в цифровом сегменте, а также выявить факторы, оказывающие ключевое влияние на процесс ее формирования. Кроме того, такой анализ способствует выявлению лучших практик стран-лидеров для их применения в национальной экономике других стран, в т. ч. в России, чтобы не допустить большого отставания от лидеров и участвовать в формировании новых правил (Malkawi, 2020).

Результаты исследования и их обсуждение

Общее развитие мировой торговли в цифровом сегменте

В рамках исследования динамики мировой торговли в целом и в ее цифровом сегменте (рис. 1) мы получили ряд результатов.

Прежде всего, подчеркнем, что рост товарооборота в цифровом сегменте внешней торговли с 2000 г. до 2020 г. представляется весьма убедительным. В целом он увеличился по стоимости в 2,39 раза (с 2 030 348 млн долл. до 4 848 597 млн долл.). При этом стоит отметить, что кривая темпов его роста практически совпадает с конфигурацией роста общей международной торговли, а в 2020 г. даже опережает ее. Также отметим, что этот рост нельзя считать равномерным. На наш взгляд, здесь четко прослеживаются три этапа (волны) в динамике товарооборота (далее — ТО), каждый из которых имеет свою собственную специфику (табл. 2) и факторы, его формирующие.

[1] Принадлежит компании Meta Platforms Inc., которая по решению суда от 21.03.2022 признана экстремистской организацией, ее деятельность на территории России запрещена.

[2] Digitalization, Trade and Development // Information economy report. New York, Geneva: UNCTAD, 2017. P. 3.

[3] Digital economy. Statistics. UNCTAD. URL: https://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx?sCS_ChosenLang=en (Date of access: 28.10.2021)

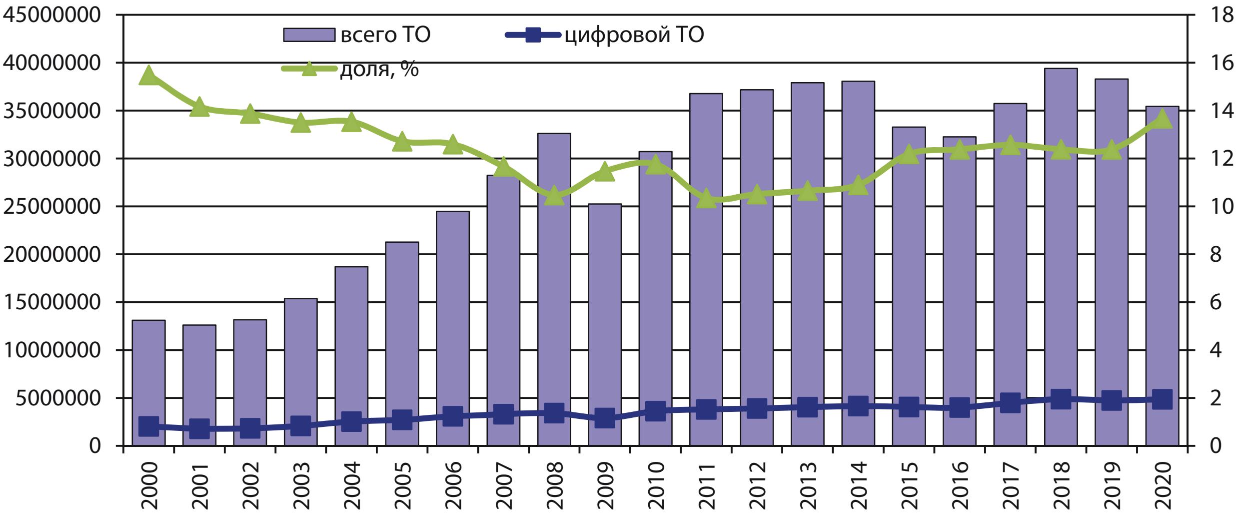


Рис. 1. *Динамика стоимости мировой торговли (общей и в цифровом сегменте) в 2000–2020 г., млн долл. в текущих ценах по текущему курсу, и доли товарооборота в цифровом сегменте (ТО) в общем товарообороте (правая вертикальная ось), %. (источник: составлено авторами по данным статистической базы ЮНКТАД URL: (дата обращения: 21.10.2021))*

Fig. 1. *Dynamics of the value of world trade (total and in the digital segment) in 2000–2020, million dollars at current prices and exchange rate, and the share of digital turnover in the total turnover (right vertical axis), %*

Таблица 2

Сравнительная количественная характеристика изменений мировой товарной и цифровой торговли

Table 2

Comparative quantitative characteristics of changes in the world merchandise and digital trade

Период	Товарный мировой ТО, %	Мировой ТО в цифровом сегменте, %	Опережающий вид ТО	Доля ТО в цифровом сегменте в общем объеме товарооборота, %
Первая волна (2001–2008 гг.)	Рост с темпом 112,32	Рост с темпом 103,7	Товарный	Сокращалась, в среднем — 13,2
Вторая волна (2009–2015 гг.)	Рост с темпом 101,38	Рост с темпом 103,1	В цифровом сегменте	Почти стабильна, в среднем — 13,42
Третья волна (2016–2020 гг.)	Рост с темпом 101,53	Рост с темпом 103,8	В цифровом сегменте	Снижалась, в среднем — 11,6 (кроме 2020 г.)

Источник: составлено и рассчитано авторами по данным статистической базы ЮНКТАД. URL: https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx; https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=15850; https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=101 (дата обращения: 21.10.2021)).

Количественные изменения, приведенные в этой таблице, говорят сами за себя. Например, на первом этапе ежегодный рост товарной торговли оставался более высоким по сравнению с товарооборотом в цифровом сегменте (исключение составил 2004 г.). При этом ее доля в мировом товарообороте сокращалась в процентном отношении.

Эти количественные изменения можно объяснить, на наш взгляд, следующими качественными характеристиками.

Первый этап (волна) связан с «предкризисным бумом», который во многом стимулировался ростом цен на углеводороды на мировом рынке, прежде всего на нефть, (кроме 2001–2002 гг., характеризовавшихся спадом в мировом товарообороте из-за терактов в США 11 сентября 2011 г.); другими словами, мировая торговля в товарном (или, как говорят некоторые исследователи, в традиционном) сегменте имела более высокие темпы роста по сравнению с цифровым ее сегментом, именно поэтому доля торговли в цифровом сегменте в общем показателе уменьшилась.

Второй этап (волна) связан с преодолением экономических последствий глобального финансово-экономического кризиса 2008 г., он характеризовался падением в 2009 г. торговых показателей и по товарному сегменту (из-за падения цен на мировом рынке углеводородов) и по цифровому сегменту. Лишь в 2011 г. мировой товарооборот превысил показатель 2008 г. В то же время с этого периода темп роста товарооборота в цифровом сегменте мирового рынка идет быстрее, чем в его товарном сегменте; следовательно, можно сделать вывод о том, что в указанный период в мире произошли важные и устойчивые качественные изменения; в частности, можно говорить о том, что развивающиеся страны Азии все более активно усиливают свое присутствие на мировом рынке (как в традиционном, так и в цифровом сегментах). Кроме того, на наш взгляд, антироссийские санкции западных стран имели негативные последствия для этих стран, в том числе и в сфере торговли.

Третий этап (волна) также характеризуется устойчивым превышением прироста в цифровом сегменте мировой торговли по сравнению с товарным, а поскольку эта тенденция наблюдается уже на протяжении более 5 лет, то можно говорить о некоторой ее устойчивости.

Таким образом, с одной стороны, полученные результаты исследования подтверждают мнение ученых о том, что динамика мировой торговли восстанавливается за счет цифровизации (Смирнов, 2019a; Стрелец, Чебанов, 2020). Но, с другой стороны, подтверждена и наша гипотеза о периодизации развития внешней торговли в цифровом сегменте. Что же касается утверждения ученых о фундаментальных сдвигах в сфере мировой торговли за счет цифровизации (Стрелец, Чебанов, 2020), то здесь потребуется провести анализ ее географической структуры, причем отдельно по экспорту и импорту.

Развитие мировой торговли в цифровом сегменте в разрезе регионов и стран

Первое. Динамика объемов экспорта в цифровом сегменте мировой торговли по регионам мира представлена на рисунке 2.

Анализ данных показывает, что среди всех регионов мира на протяжении 20 лет ведущим экспортером остается Азия: регион увеличил стоимостной объем экспорта в цифровом сегменте с 502 055,17 млн долл. в 2000 г. (что составляло 1/2 от мирового объема) до 1 815 302,48 млн долл. в 2020 г. (77 % от мирового показателя), то есть в 3,62 раза. А совокупный мировой экспорт в цифровом сегменте за тот же период вырос лишь в 2,36 раза. Второе место достаточно устойчиво занимает Европа (сократившая за исследуемый период свою долю в этом сегменте мирового рынка с 28 % до 14 %). И лишь на третьем месте располагается бывший лидер Америка, причем Северная, удельный вес которой уменьшился с 22 % до 9 % за 2000–2020 гг.). Все это говорит о росте региональной конкуренции по показателю экспорта в цифровом сегменте, причем не столько между Азией и другими регионами, сколько между Америкой и Европой. Причем если с 2008 г. Азия все более активно наращивает свой экспорт, то в Европе этот рост заметно сократился, а в Америке практически отсутствует, что подтверждает нашу точку

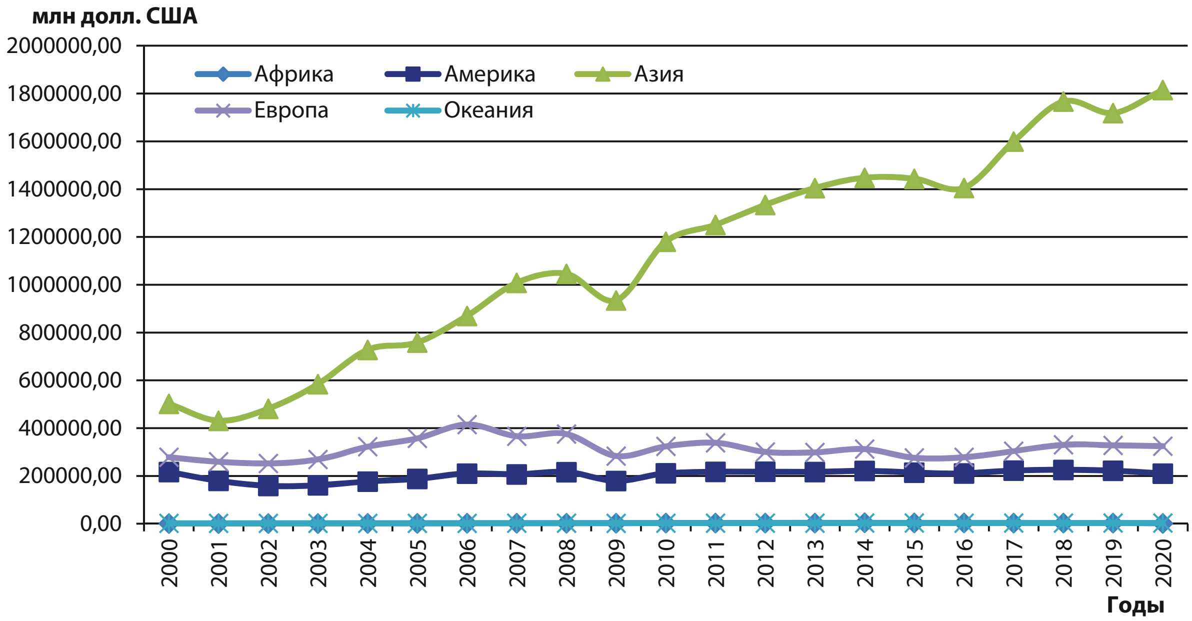


Рис. 2. *Динамика мирового экспорта в цифровом сегменте по регионам мира в 2000–2020 гг., млн долл. в текущих ценах по текущему курсу (источник: составлено авторами по данным статистической базы ЮНКТАД. URL: l https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx; https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=15850; https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=101 (дата обращения: 29.01.2022))*

Fig. 2. *Dynamics of world exports in the digital segment by world regions in 2000–2020, million dollars at current prices and exchange rate*

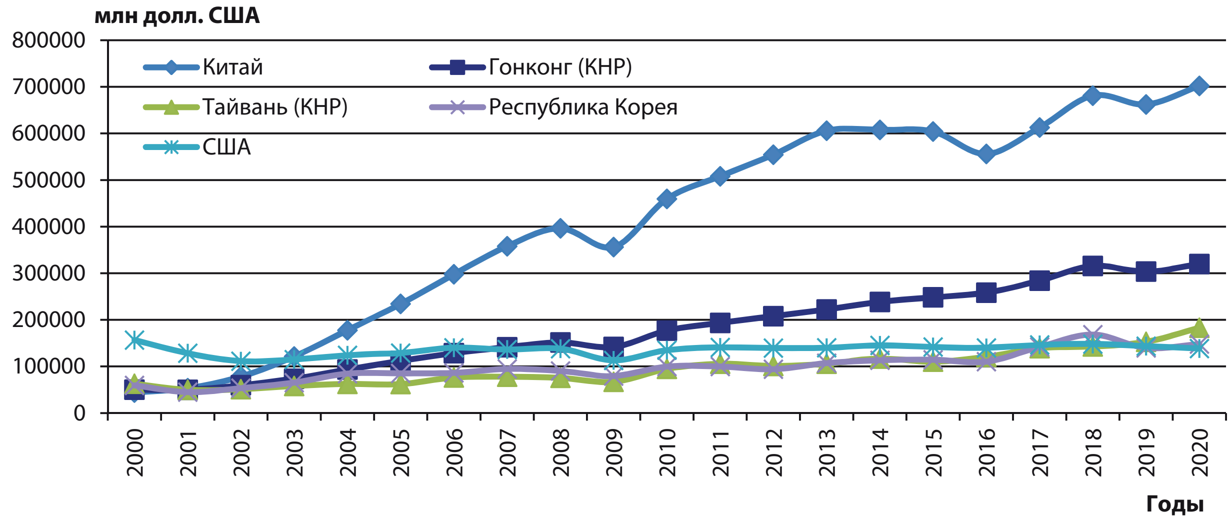


Рис. 3. *Динамика мирового экспорта в цифровом сегменте по пяти ведущим странам мира в 2000–2020 гг., млн долл. в текущих ценах по текущему курсу (источник: составлено авторами по данным статистической базы ЮНКТАД URL: https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx; https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=15850; https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=101 (дата обращения: 21.10.2021))*

Fig. 3. *Dynamics of world exports in the digital segment of five leading countries in 2000–2020, million dollars at current prices and exchange rate*

зрения относительно качественных трансформаций мирового рынка в цифровом сегменте на втором этапе его развития.

Второе. Динамика объемов экспорта в цифровом сегменте мировой торговли в разрезе стран по регионам мира представлена на рисунке 3.

Сразу бросается в глаза, что лидерами, то есть странами с максимальным присутствием (по стоимости) мирового экспорта в цифровом сегменте, являются пять стран: Китай, Гонконг, Тайвань, Республика Корея, США.

Анализ данных динамики экспорта в цифровом сегменте, а также расчет темпов его изменений позволили получить следующие результаты.

1. Крупнейшими экспортерами этого сегмента мирового рынка в страновом аспекте выступают сегодня Китай, Гонконг, Тайвань, Республика Корея. Их позиции на рынке несколько изменяются, но эти изменения не носят принципиального характера, зато в значительной степени отражают устремления и возможности данных стран, включая их внешнеторговую политику (прежде всего это касается КНР).

За исследуемый период объем экспорта в этом сегменте в стоимостном выражении у Китая вырос в 15,9 раза, у Гонконга — в 6,3 раза. Тайвань увеличил свой экспорт в 2,9 раза, а Республика Корея — в 2,5 раза. Все четыре страны достигли в 2020 г. по данному показателю своего исторического максимального уровня, при этом доля экспорта в цифровом сегменте Китая в общем объеме экспорта страны составила в 2020 г. 27,1 %, увеличившись с 17,7 % в 2000 г. Диаграммы на рисунке 3 позволяют сделать вывод, что за 20 лет XXI в. Китай пережил 3 этапа в развитии своего экспорта в цифровом сегменте, активно наращивая его на первом этапе (до 2008 г.), несколько замедлившись на втором (до 2014 г.).

Следует подчеркнуть, что три этапа развития экспорта в цифровом сегменте Китая полностью коррелируют с тремя этапами развития мировой торговли в целом (рис. 1). То есть напрашивается вывод, что катализатором роста экспорта в цифровом сегменте в мире стал именно Китай, у других же стран эта связь остается не столь ярко выраженной.

2. Среди стран Европы лидером в цифровом сегменте экспорта стала Германия, которая заняла 9-е место в мире в 2020 г. с ростом стоимостного объема экспорта в этом сегменте за исследуемый период в 1,5 раза. У других стран Европы сохраняются более низкие позиции в рейтинге. Одна из причин сложившегося положения, на наш взгляд, заключается в недостаточном развитии собственных цифровых производств.

3. США, занимавшие 1-е место в рейтинге в 2000 г., также остаются одним из 5 мировых лидеров и в 2020 г., но уже переместились на 5-е место, при этом страна заметно уступает по объемам экспорта азиатским странам —

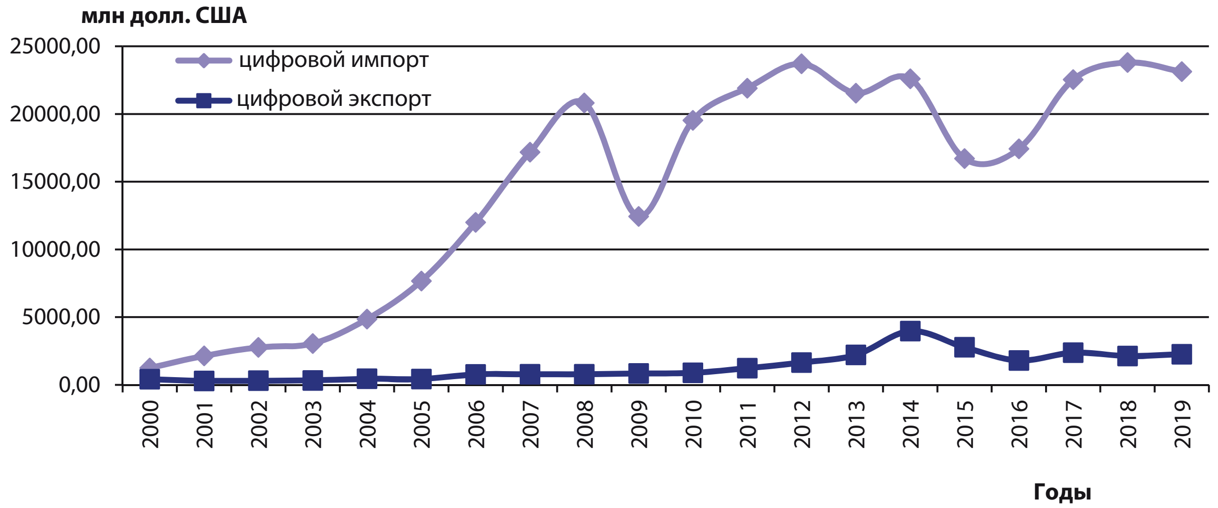


Рис. 4. *Динамика российской торговли в цифровом сегменте (товары и услуги в целом) в 2000–2019 г., млн долл. в текущих ценах по текущему курсу (источник: составлено автором по данным статистической базы ЮНКТАД. URL: https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx (дата обращения: 21.10.2021))*

Fig. 4. *Dynamics of Russian trade in the digital segment (merchandise and services together) in 2000–2019, million dollars at current prices and exchange rate*

Китаю, Гонконгу, Тайваню и Республике Корея. Стоимостной объем экспорта США в цифровом сегменте сократился за исследуемый период, хотя и не достиг пока исторического минимума. Также уменьшилась и его доля экспорта в совокупном экспорте страны — с 20 % в 2000 г. до 9,7 % в 2020 г (напомним, что в Китае она достигла 27,1 %). Эта тенденция представляется весьма неблагоприятной для США, тем более, что нет никаких данных, подтверждающих ее возможное изменение.

Третье. В рамках анализа географической структуры внешней торговли в части экспорта страны-лидера отметим, что одним из основных партнеров Китая выступает Россия (в свою очередь, для России Китай остается основным поставщиком цифровых товаров и услуг).

В контексте компаративного анализа подчеркнем, что Россия, занимая 16-е место в мире по стоимостному объему экспорта в цифровом сегменте, не входит в группу лидеров мирового цифрового рынка: так, в 2019 г. страна занимала лишь 37-е место по стоимостному объему экспорта. Однако товарооборот в цифровом сегменте заметно увеличился: с 1657,0 млн долл. в 2000 г. до 25 387,1 млн долл. в 2019 г. К сожалению, для нашей страны характерен опережающий рост импорта над экспортом[1]. Однако в третьем периоде (с 2015 г.) произошли качественные изменения: в последние 2 года (2019–2020 гг.) Россия имеет положительное сальдо в этом сегменте внешней торговли за счет увеличения в период пандемии экспорта отечественных компьютерных услуг.

Сопоставляя конфигурацию кривой экспорта Китая (рис. 3) и российского импорта (рис. 4), мы видим их совпадение. Помимо такой корреляции, следует отметить, что в развитии российского импорта в цифровом сегменте также прослеживаются три этапа (волны), как и у мировой цифровой торговли в целом. Что касается российского экспорта, то графическая кривая его развития после 2014 г. не продолжила движение вверх и еще не достигла стоимостного показателя 2014 г. По нашему мнению, основной причиной этого остаются продолжающиеся с 2014 г. (и даже ужесточающиеся) западные экономические антироссийские санкции, существенно ухудшившие положение страны в ключевых для национального развития отраслях (в первую очередь, запрет на импорт высокотехнологичных товаров в определенных отраслях, а также инвестиции именно в те сферы национальной экономики, которые производят цифровые товары и услуги и поддерживают это производство).

Компаративный анализ доли экспорта в цифровом сегменте в общем объеме экспорта страны, рассчитанный по данным рисунке 4, показал следующую картину:

— в Китае доля экспорта в его общем страновом объеме увеличилась за исследуемый период с 17,7 % в 2000 г. до 27,7 % в 2020 г. Но максимальный уровень этого показателя был зафиксирован в 2005–2006 гг. (30,7 %) и с этого момента колебался в незначительных пределах

[1] Статистическая база ЮНКТАД. URL: https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx (дата обращения: 21.10.2021).

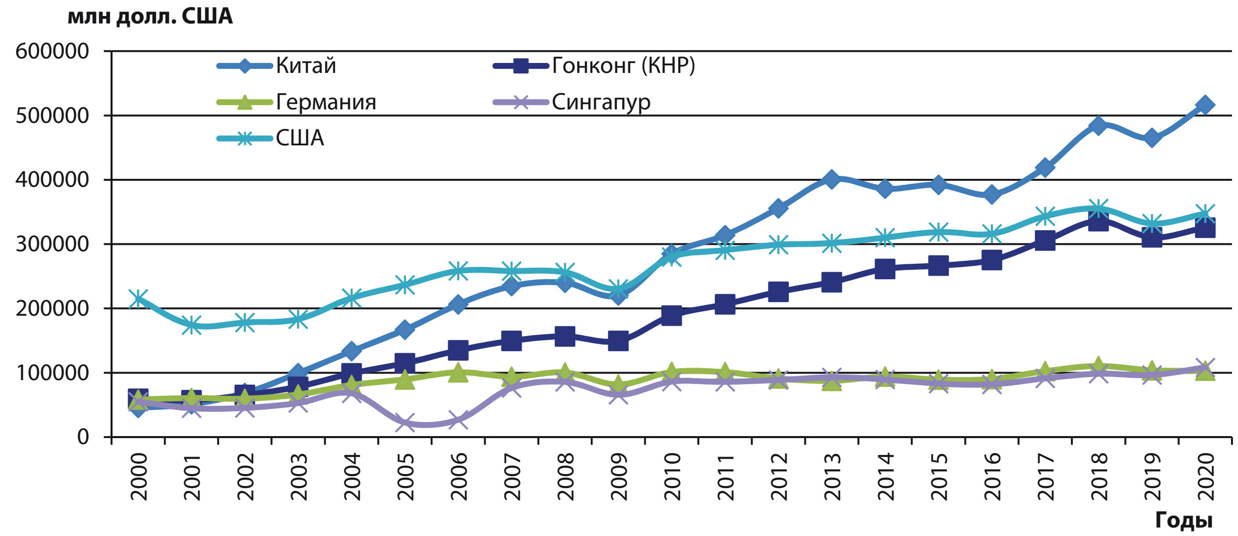


Рис. 5. *Динамика мирового импорта в цифровом сегменте по пяти ведущим странам основных регионов мира в 2000–2020 г., млн долл. в текущих ценах по текущему курсу (источник: составлено авторами по данным статистической базы ЮНКТАД. URL: https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx; https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=15850; https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=101 (дата обращения: 21.11.2021))*

Fig. 5. *Dynamics of world imports in the digital segment of five leading countries of the main world regions in 2000–2020, million dollars at current prices and exchange rate*

указанного уровня. Возможно, что эта ситуация стала результатом «сдерживания» Китая со стороны США в совокупности с сохраняющимися в инновационной сфере Китая внутренними проблемами, которые связаны, в частности, с высокой степенью зависимости инновационной сферы Китая от трансфера технологий и международного инновационного сотрудничества[1];

— для США этот показатель сократился практически в 2 раза, и аналогов в мире, как минимум среди стран-лидеров, этому нет (в Южной Корее он тоже сократился, но не так резко); это обстоятельство свидетельствует о наличии, а возможно, и нарастании внутренних проблем в стране, в том числе и в инновационной сфере; они могут быть связаны, в частности, с выводом в свое время различных производств, в том числе цифровых, за национальные границы, например, на Тайвань.

Именно Тайвань демонстрирует сегодня наиболее высокое в мире соотношение цифрового и товарного экспорта (52,7 %), наряду с Гонконгом (58 %). Этот результат позволяет высказать гипотезу, предполагающую, что Китай обеспечивает свое лидерство скорее за счет количественного (экстенсивного), а не качественного (интенсивного) фактора, что наводит на мысль о том, насколько устойчивой будет оставаться эта позиция КНР, тем более, что третий этап (с 2015 г.) пока не дает возможности сделать прогноз, особенно с учетом влияния КОВИД-19 на производственную и торговую сферу Китай и на мировые показатели спроса и предложения.

Четвертое. Такая же картина лидерства выявлена и при анализе региональной и страновой структуры импорта в этом сегменте (рис. 5).

Анализ представленных данных позволяет сделать ряд выводов:

— лидерами импорта в цифровом сегменте в мире в 2020 г. оставались страны Азии (КНР, Гонконг, Сингапур), Европы (Германия) и Северной Америки (США); но в ТОП-10 вошли также другие государства Азии (Япония, Тайвань, Корея, Вьетнам) и Европы (Нидерланды);

— объем китайского импорта в цифровом сегменте вырос за исследуемый период в 11,4 раза, США — в 1,8 раза, Гонконга — в 1,2 раза, Сингапура — в 1,97, а Германии — в 5,5 раза;

— импорт в цифровом сегменте по различным регионам растет дифференцированно: так, наиболее значительно он вырос в странах Азии, в том числе во Вьетнаме (в 116,4 раза), и в Индии (в 13,2 раза).

Активное присутствие Вьетнама в цифровом сегменте мирового рынка (но уже как экспортера) отмечено нами и в импорте России: эта страна занимает второе место после Китая, поставляя на российский рынок коммуникаци-

[1] Национальный среднесрочный и долгосрочный план научно-технического развития (2006–2020). URL: http://www.gov.cn/jrzg/2006-02/09/content_183787.htm (на китайском языке) (дата обращения: 21.11.2021)

онное оборудование и комплектующие для их производства.

Пятое. Анализ соотношения экспорта и импорта в цифровом сегменте показывает следующее: для Китая коэффициент покрытия импорта экспортом равен 1,4, что характеризует уровень внешнеторговой самообеспеченности страны как высокий; для США этот коэффициент составляет 0,3, то есть обозначает низкий уровень. России, как отмечено выше, присуще отрицательное сальдо (с положительной тенденцией изменения).

Шестое. Чтобы прояснить причины лидерства указанных стран, нами проведен анализ товарной структуры экспорта в цифровом сегменте. Установлено, что эти страны специализируются на создании системы цифрового производства и управления и используют эту систему в своей экономической деятельности. Так, на эти страны, а также Японию и Германию приходится 74 % объема производства роботов в мире (Белоусов, Тимофеева, 2019). К сожалению, Россия относится к тем государствам, которые достаточно активно закупают системы цифрового производства и управления (Белоусов и Тимофеева, 2019), а не производят их. Это подтверждает и анализ товарной структуры внешней торговли России в цифровом сегменте: в импорте доминируют (в порядке убывания) коммуникационное оборудование, компьютеры и периферийное оборудование, потребительское электронное оборудование из Китая, Вьетнама, Малайзии и Индии[1].

Несмотря на то, что США остаются на 6-м месте как поставщик импорта в цифровом сегменте для России (при 1-м месте в 2000 г.), за исследуемый период его стоимостной объем в Россию из США увеличился только в 2 раза, в то время как из Китая — в 38 раз.

Итак, по совокупности показателей однозначным мировым лидером торговли в ее цифровом сегменте остается Китай, не относящийся к группе развитых стран (а не США). Наши предыдущие исследования (Shkvarya and Hailing, 2021; Шкваря и Сичжэ, 2020), а также обобщения результатов исследований других авторов, в первую очередь, китайских ученых (Джан и Чен, 2019) и аналитических отчетов[2], позволяют среди основных факторов, объясняющих лидерство Китая в целом в мировой цифровой торговле и в ее в цифровом сегменте в частности, выделить следующие:

1. *Повышение уровня цифровизациии национальной экономики Китая,* хотя этот показатель содержит дискуссионный момент. Так, доля цифровой экономики в ВВП Китая, по оценке ОЭСР, которая применяет трактовку цифровой экономики в узком смысле (см. табл. 1), составляет 6 %. Но по оценке китайской академии ИК-технологий (CAICT), которая задействует широкий подход к трактовке цифровой экономики, показатель достигает 30 %. Соответственно, в Южной Корее и Японии этот показатель достигает 8–10 % (узкий подход), в США — 59 %, в Японии — 46 % (широкий подход) (Джан и Чен, 2019). Другими словами, можно говорить и об элементах политизации в определении этого показателя в разных странах.

2. *Концентрация на ключевых цифровых отраслях (направлениях)*. Китай стал мировым лидером в некоторых ключевых цифровых отраслях, в том числе таких, как электронная коммерция. В этой сфере на долю Китая приходится более 40 % всех транзакций в мире, а компания Alibaba создала глобальную платформу, объединяющую продавцов и покупателей из более чем 200 стран, рост общего объема выручки которой составляет более 200 % (Shkvarya and Hailing, 2021; Шкваря и Сичжэ, 2020).

3. *Целевое использование ПИИ*. В 2017 г. 11 % китайских прямых зарубежных инвестиций были направлены непосредственно в ИКТ-сектор. Как результат, например, компания Dajiang, ведущий производитель дронов в Китае, занимает сегодня 50 % рынка данных устройств в Северной Америке (Джан и Чен, 2019). А благодаря государственным инвестициям идет развитие цифровой инфраструктуры внутри страны.

4. *Создание новых рабочих мест и изменение структуры внутреннего рынка труда*. Цифровизация провинций Китая стала движущей силой в процессе создания новых рабочих мест в стране. Так, в течение последнего десятилетия 11 млн малых и средних предприятий в Китае, работающих на платформе Alibaba, создали более 30 млн рабочих мест в секторе электронной торговли. В стране, кроме того, было создано 1,4 млн рабочих мест для высоко-

---

[1] Статистическая база ЮНКТАД. URL: https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx (дата обращения: 10.11.2021)

[2] China's Digital Economy Goes Global: Study of China Business Council (2015). URL: https://www.asiabusinesscouncil.org/docs/ChinaDigital.pdf (Date of access: 10.11.2021); Digital China 2020: An action plan for Chinese enterprises). URL: https://www.accenture.com/t20160905t021124__w__/cn-en/_acnmedia/pdf-29/accenture-insight-digital-china-2020-en.pdf (date of access: 10.11.2021)

квалифицированных рабочих в ИКТ-сегменте (Джан и Чен, 2019; Шкваря и Сичжэ, 2020).

5. *Роль государства*. В Китае разрабатываются государственные пятилетние планы и программы развития цифровой (инновационной) составляющей на директивной основе. Действующее законодательство в различных сферах, прежде всего во внешней торговле и ПИИ, в регламентации деятельности свободных экономических зон и др. ориентирует на производство цифровой продукции, повышение мирового рейтинга страны в этой сфере, улучшение позиций в мировой цифровой торговле. Государство целенаправленно поддерживает отечественные цифровые платформы, в то же время ограничивая деятельность конкурентов на своей территории. Также государство поддерживает экспорт цифровых услуг. В результате этой поддержки КНР (как и США) остается крупнейшим экспортером цифровых услуг в мире.

Таким образом, цифровая экономика и торговля в цифровом сегменте действительно стали драйвером фундаментальных изменений в национальном хозяйстве Китая, генерируя также и важные изменения в его социальной сфере. Опираясь на этот опыт, по мнению ученых, активизация торговли в цифровом сегменте даст возможность и России обеспечить социально-экономический прорыв в перспективе (Шуйский, 2020).

Но следует отметить, что влияние мировой цифровой торговли имеет как положительные эффекты для отдельных стран, так и негативные. Одна из потенциальных угроз состоит в «установлении контроля крупных ТНК над экономикой принимающей страны, включая структуру и географическое направление экспорта / импорта товаров и услуг, увеличение рисков кибербезопасности для всех субъектов международной торговли и др.» (Красных, 2020; Андреева, Глухих и Красных, 2020).

Заключение

С теоретической точки зрения необходимо различать между собой два понятия (и соответственно объект исследования): цифровая внешняя (международная) торговля и цифровой сегмент внешней торговли, включающий в себя торговлю ИКТ-оборудованием и ИКТ-услугами.

В результате проведенного исследования выявлены следующие специфические черты и зарождающиеся тенденции в развитии нового цифрового сегмента международной торговли.

Международная торговля в цифровом сегменте активно растет в стоимостном (абсолютном) выражении, хотя и не увеличивается заметно в относительных показателях.

Подтвердилась выдвинутая нами гипотеза о нелинейном характере развития международной торговли в цифровом сегменте: выявлено три волны (этапа) ее развития. При этом в каждом из них наблюдается рост и товарной и цифровой международной торговли, но товарооборот в цифровом сегменте доминирует только на втором и третьем этапах (волнах). Так, статистические данные подтверждают, что доля торговли в этом сегменте в общем товарообороте на первом этапе сокращалась, на втором — после небольшого роста — стабилизировалась, на третьем вновь сокращалась, причем уже со средним уровнем 11,6 %, что ниже, чем в первом периоде (13,2 %). При этом динамика развития мировой торговли в цифровом сегменте в целом соответствует динамике экспорта Китая в нем.

Мировая торговля в цифровом сегменте значительно дифференцирована по странам и регионам мира:

— ведущими участниками цифровой торговли стали Азия и, в меньшей степени, Европа и Северная Америка;

— среди стран — лидеров этого сегмента по совокупности показателей следует отметить Китай, на долю которого приходится порядка ¼ мировой торговли в цифровом сегменте, сформировался более высокий индекс покрытия импорта экспортом и сохраняется тенденция к дальнейшему общему и относительному росту; на долю же традиционного лидера — США — приходится только порядка 10 % мировой торговли в цифровом сегменте в совокупности;

— в табеле о рангах в цифровом сегменте мировой торговли более активно присутствуют страны с развивающимися рынками, причем с четкой географической локацией в Азии (в том числе Китай, Вьетнам), а США переместились на 5-е место в 2020 г. с 1-го в 2000 г.

Выявлен рост региональной конкуренции в цифровом сегменте экспорта, причем не столько между Азией и другими регионами, сколько между Америкой и Европой.

Китай для обеспечения своего лидерства в мировом цифровом сегменте, включая и торговлю, применяет такие инструменты развития, как государственная поддержка цифровизации национальной экономики, целевое использование иностранных инвестиций, изменение структуры внутреннего рынка труда.

Дальнейший научный поиск в исследуемой области должен быть направлен на обоснование эффективных путей недопущения отставания национальных экономик, в том числе Российской Федерации, на мировом цифровом рынке в целом и в ее цифровом сегменте в частности, так как в числе регионов-лидеров присутствие России не выявлено.

Список источников

Андреева Е. Л., *Глухих П. Л.*, *Красных С. С.* Оценка влияния процессов цифровизации на развитие технологического экспорта регионов России // Экономика региона. 2020. Т. 16, № 2. С. 612–624. DOI: doi.org/10.17059/2020–2-21.

Аузан А. А. Цифровая экономика как экономика. Институциональные тренды // Вестник Московского университета. 2019. № 6. С. 12–19. (6: Экономика).

Белоусов Ю. В., *Тимофеева О. И.* Методология определения цифровой экономики // Мир новой экономики. 2019. Т. 13, Вып. 3. С. 79–89. DOI: doi.org/10.26794/2220–6469–2019–13–4-79–89.

Ведута Е. Н., *Джакубова Т. Н.* Стратегии цифровой экономики // Государственное управление. Электронный вестник. 2017. № 63. С. 43–66. URL: http://e-journal.spa.msu.ru/uploads/vestnik/2017/vipusk__63._avgust_2017_g./strategii_zifrovoi_ekonomiki/veduta_dzhakubova.pdf.

Главина С. Г., *Асмятуллин Р. Р.* Трансформация мирового рынка образовательных услуг в условиях цифровизации // Управление бизнесом в цифровой экономике / под общ. ред. И. А. Аренкова, М. К. Ценжарик. Санкт-Петербург : ИПЦ СПбГУПТД, 2019. С. 265–268.

Джан Л., *Чен С.* Цифровая экономика Китая. Возможности и риски // Вестник международных организаций. 2019. Т. 14, № 2. С. 275–303. DOI: doi.org/10.17323/1996–7845–2019–02–11. URL: https://www.hse.ru/data/2019/09/25/1540073043/Джан.%20Чен.pdf (дата обращения: 10.09.2021).

Диабатэ В., *Холина В. Н.*, *Фролова Е. Д.* Изменение структуры внешней торговли африканских стран в условиях усиления регионализации мировой экономики // Экономика региона. 2020. Т. 16, Вып. 1. С. 242–256. DOI: doi.org/10.17059/2020–1-18

Компаративный анализ внешнеэкономического развития фармацевтического сектора в РФ и США / Е.Л. Андреева, Е. В. Сапир, Д. А. Карх, И. А. Карачев // Экономика региона. 2019. Т. 15, Вып. 2. С. 576–589. DOI: doi.org/10.17059/2019–2-20.

Красных С. С. Влияние цифровизации на внешнеторговую деятельность // Вестник Челябинского государственного университета. 2020. № 11 (445). С. 212–219. DOI: doi.org/10.26425/1816–4277–2021–11–130–137.

Крупенский Н. А. Цифровая торговля. Текущее состояние и перспективы развития в России и странах — членах ЕАЭС // Торговая политика. 2020. № 1/21. С. 15–24. DOI: doi.org/10.17323/2499–9415–2020–15–24.

Смирнов Е. Н. Параметры развития и регулирования международной цифровой торговли на современном этапе // E-Management. 2019. Т. 2, № 1. С. 78–84. DOI: doi.org/10.26425/2658–3445–2019–1-78–84.

Смирнов Е. Н. Цифровая трансформация мировой экономики. Торговля, производство, рынки. Москва : Мир науки, 2019. 95 с.

Спартак А. Н. Последствия цифровой трансформации для международной торговли // Российский внешнеэкономический вестник. 2018. № 5. С. 7–23.

Стрелец И. А., *Чебанов С. В.* Цифровизация мировой торговли. Масштабы, формы, последствия // Мировая экономика и международные отношения. 2020. Т. 64, № 1. С. 15–25. DOI: doi.org/10.20542/0131–2227–2020–64–1-15–25.

Телесова Э. Б., *Ахтаева С. М.* Цифровизация здравоохранения в Республике Казахстан // Россия и Азия. 2020. № 5 (14). С. 6–13.

Шкваря Л. В., *Сичжэ В.* Социально-экономическое развитие Китая и цифровые трансформации // Экономика и предпринимательство. 2020. № 3 (116). С. 132–136.

Шуйский В. П. Цифровизация мировой экономики и структура российского экспорта // Российский внешнеэкономический вестник. 2020. № 12. С. 7–17. DOI: doi.org/10.24411/2072–8042–2020–10118.

Burma Z. A. 4-th Industrial Revolution and Innovating in the Digital Economy: World and Turkey Values for 2016 by Global Indicators // International Journal of Research in Engineering, IT and Social Sciences. 2016. Vol. 6, iss. 12. P. 20–33.

Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems / E. Autio, S. Nambisan, L.D.W. Thomas, M. Wright // Strategic Entrepreneurship Journal. 2018. Vol. 12, iss.1. P. 72–95. DOI: doi.org/10.1002/sej.1266.

Fefer R., *Morrison W.*, *Akhtar S.* Digital Trade and U.S. // Trade Policy Research Paper. 2019. 45 p. URL: https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R44565 (accessed: 3.12.2021).

Lopez-Gonzalez J., Jouanjean M-A. Digital Trade: Developing a Framework for Analysis // OECD Trade Policy Paper. 2017. No. 205. DOI: doi.org/10.1787/524c8c83-en.

Malkawi B. Digital Trade Issues in WTO Jurisprudence and the USMCA // The International Trade Journal. 2020. Vol. 35, Iss. 1. P. 123–131. DOI: doi.org/10.1080/08853908.2020.1801536.

Meltzer J. Governing Digital Trade // World Trade Review. 2019. Vol. 18, No. 1. P. 23–48. DOI: doi.org/10.1017/S1474745618000502.

Radu I., *Rodașcă R.* The Development of Information and Communication Technologies Sector in the Context of the New Economy // Business Management Dynamics. 2013. Vol. 3, iss.4. P.1–6.

Shkalenko A. V., *Fadeeva E. A.* Analysis of the Impact of Digitalization on the Development of Foreign Economic Activity During COVID-19 Pandemic // Conference: 2nd International Scientific and Practical Conference "Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth" (MTDE 2020). January 2020. (pp. 1190–1195). Atlantis Press. DOI: doi.org/10.2991/aebmr.k.200502.197.

Shkvarya L. V., *Hailing Y.* Digital Economy in China: Modern Trends // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 198. P. 1209–1216. DOI: doi.org/10.1007/978–3-030–69415–9_131.

Tuballa M. L., *Abundo M. L.* A review of the development of Smart Grid technologies // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 59. P.710–725.

Zimmerman H.-D. Understanding the Digital Economy: Challenges for New Business Models // SSRN Electronic Journal. 2000. P. 729–732. DOI: doi.org/10.2139/ssrn.2566095.

References

Andreeva, E. L., Glukhikh, P. L. & Krasnykh, S. S. (2020). Assessing the Impact of the Digitalization Processes on Technological Export of the Russian Regions. *Ekonomika regiona [Economy of region], 16(2),* 612–624. DOI: 10.17059/2020–2-21. (In Russ.)

Andreeva, E. L., Sapir, E. V., Karkh, D. A. & Karachev, I. A. (2019). Comparative Analysis of Foreign Economic Development of Pharmaceutical Sector in Russia and the USA. *Ekonomika regiona [Economy of region], 15(2),* 576–589. DOI: 10.17059/2019–2-20. (In Russ.)

Autio, E., Nambisan, S., Thomas, L. D. W. & Wright, M. (2018). Digital affordances, spatial affordances, and the genesis of entrepreneurial ecosystems. *Strategic Entrepreneurship Journal, 12(1),* 72–95. DOI: 10.1002/sej.1266.

Auzan, A. A. (2019). Digital economy as an economy: institutional trends. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6. Ekonomika [Moscow University Economic Bulletin], 6,* 12–19. (In Russ.)

Belousov, Yu. V. & Timofeeva, O. I. (2019). Methodology for Defining the Digital Economy. *Mir novoy ekonomiki [The world of new economy], 13(3),* 79–89. DOI: 10.26794/2220–6469–2019–13–4-79–89. (In Russ.)

Burma, Z. A. (2016). 4th Industrial Revolution and Innovating in the Digital Economy: World and Turkey Values for 2016 by Global Indicators. *International Journal of Research in Engineering, IT and Social Sciences, 6(12),* 20–33.

Diabate, V., Kholina, V. N. & Frolova, E. D. (2020). The Change of Foreign Trade Structure of African Countries in the Context of Increasing Regionalization in the World Economy. *Ekonomika regiona [Economy of region], 16(1),* 242–256. DOI: 10.17059/2020–1-18. (In Russ.)

Fefer, R., Morrison, W. & Akhtar, S. (2019). *Digital Trade and U.S. Trade Policy.* Research Paper, 21-st of May, 45. Retrieved from: https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R44565. (Date of access: 03.12.2021).

Glavina, S. G. & Asmyatullin, R. R. (2019). Transformation of the global education market in the age of digitalization. In: *I. A. Arenkov, M. K. Tsenzharik (Eds.), Upravlenie biznesom v tsifrovoy ekonomike [Business management in the digital economy]* (pp. 265–268). SPb.: CPI SPbGUPTD. (In Russ.)

Krasnykh, S. S. (2020). Influence of digitalization processes on foreign trade activity. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Chelyabinsk State University], 11(445),* 212–219. DOI: 10.26425/1816–4277–2021–11–130–137. (In Russ.)

Krupenskiy, N. A. (2020). Digital trade: current status and development prospects in Russia and EAEU countries. *Torgovaya politika [Trade Policy], 1(21),* 15–24. DOI: 10.17323/2499–9415–2020–15–24. (In Russ.)

Lopez-Gonzalez, J. & Jouanjean, M-A. (2017). *Digital Trade: Developing a Framework for Analysis.* OECD Trade Policy Paper, 205. DOI: 10.1787/524c8c83-en.

Malkawi, B. (2020). Digital Trade Issues in WTO Jurisprudence and the USMCA. *The International Trade Journal, 35(1),* 123–131. DOI: 10.1080/08853908.2020.1801536.

Meltzer, J. (2019). Governing Digital Trade. *World Trade Review, 18(1),* 23–48. DOI: https://doi.org/10.1017/S1474745618000502.

Radu, I. & Rodașcă, R. (2013). The Development of Information and Communication Technologies Sector in the Context of the New Economy. *Business Management Dynamics, 3(4),* 1–6.

Shkalenko, A. V. & Fadeeva, E. A. (2020). Analysis of the Impact of Digitalization on the Development of Foreign Economic Activity During COVID-19 Pandemic. In: *2nd International Scientific and Practical Conference "Modern Management Trends and the Digital Economy: from Regional Development to Global Economic Growth" (MTDE 2020). January 2020* (pp. 1190–1195). Atlantis Press. DOI: 10.2991/aebmr.k.200502.197.

Shkvarya, L. V. & Hailing, Y. (2021). Digital Economy in China: Modern Trend. *Lecture Notes in Networks and Systems, 198,* 1209–1216. DOI: 10.1007/978–3-030–69415–9_131.

Shkvarya, L. V. & Xizhe, V. (2020). China's socio-economic development and digital trends. *Ekonomika i predprinimatelstvo [Journal of Economy and entrepreneurship], 3(16),* 132–136. (In Russ.)

Shuiskiy, V. P. (2020). Digitalization of World Economy and Structure of Russian Services Exports. *Rossiyskiy vneshneekonomicheskiy Vestnik [Russian Foreign Economic Journal], 12,* 7–17. DOI: 10.24411/2072–8042–2020–10118. (In Russ.)

Smirnov, E. N. (2019). Parameters of development and regulation of the international digital trade at the present stage. *E-Management, 2(1),* 78–84. DOI: 10.26425/2658–3445–2019–1-78–84. (In Russ.)

Smirnov, E. N. (2019). *Tsifrovaya transformatsiya mirovoy ekonomiki. Torgovlya, proizvodstvo, rynki [Digital transformation of the world economy: trade, production, markets].* M.: The World of science, 95. (In Russ.)

Spartak, A. N. (2018). Effects of digital transformation on international trade. *Rossiyskiy vneshneekonomicheskiy Vestnik [Russian Foreign Economic Journal], 5,* 7–23. (In Russ.)

Strelets, I. A. & Chebanov, S. V. (2020). Digitalization of world trade: scope, forms, implications. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya [World economy and international relations], 64(1),* 15–25. DOI: 10.20542/0131222720206411525. (In Russ.)

Telessova, E. B. & Akhtayeva, S. M. (2020). Digitalization of healthcare in the Republic of Kazakhstan. *Rossiya i Aziya [Russia and Asia], 5(14),* 6–13. (In Russ.)

Tuballa, M. L. & Abundo, M. L. (2016). A review of the development of Smart Grid technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 59,* 710–725.

Veduta, E. N. & Dzhakubova, T. N (2017). Big Data and Economic Cybernetics. Gosudarstvennoe upravlenie. *Elektronnyy vestnik [Public Administration. E-journal], 63,* 43–66. URL: http://e-journal.spa.msu.ru/uploads/vestnik/2017/vipusk__63._avgust_2017_g./strategii_zifrovoi_ekonomiki/veduta_dzhakubova.pdf. (In Russ.)

Zhang, L. & Chen, S. (2019). China's Digital Economy: Opportunities and Risks. *Vestnik mezhdunarodnykh organizatsiy [International Organisations Research Journal], 14(2),* 275–303. DOI: 10.17323/1996–7845–2019–02–11. Retrieved from: https://www.hse.ru/data/2019/09/25/1540073043/Джан.%20Чен.pdf (Date of access: 10.09.2021). (In Russ.)

Zimmerman, H.-D. (2000). Understanding the Digital Economy: Challenges for New Business Models. *SSRN Electronic Journal, 1(January),* 729–732. DOI: 10.2139/ssrn.2566095.

Информация об авторах

Шкваря Людмила Васильевна — доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры политической экономии, Российский университет дружбы народов; ведущий научный сотрудник кафедры мировой экономики, РЭУ им. Г. В.Плеханова; https://orcid.org/0000-0001-6653-939X (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; e-mail: destard@rambler.ru).

Фролова Елена Дмитриевна — доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры международной экономики и менеджмента, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина; Scopus Author ID: 56434195800; Researcher ID: S-4698-2016; https://orcid.org/0000-0002-7176-4441 (Российская Федерация, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира 19; e-mail: frol-uved@yandex.ru).

About the authors

Ludmila V. Shkvarya — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Professor of Political Economy Department, RUDN University; Leading Research Associate, Academic Department of World Economy, Plekhanov Russian University of Economics; https://orcid.org/0000-0001-6653-939X (6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: destard@rambler.ru).

Elena D. Frolova — Dr. Sci. (Econ.), Associate Professor, Professor of the Academic Department of International Economics and Management, Ural Federal University; Scopus Author ID: 56434195800; Researcher ID: S-4698-2016; https://orcid.org/0000-0002-7176-4441 (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russian Federation; e-mail: frol-uved@yandex.ru).

Дата поступления рукописи: 24.11.2021.
Прошла рецензирование: 24.01.2022.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 24 Nov 2021.
Reviewed: 24 Jan 2022.
Accepted: 07 Apr 2022.

RESEARCH ARTICLE
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-14
JEL: I21, I24, I25
UDC: 33

Łukasz Brzezicki [a], Piotr Pietrzak [b], Małgorzata Cieciora [c]
[a] Ustka City Hall, Ustka, Poland
[b] Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland
[c] Polish-Japanese Academy of Information Technology, Warsaw, Poland
[a] https://orcid.org/0000-0002-0761-1109
[b] https://orcid.org/0000-0002-1319-4815
[c] https://orcid.org/0000-0002-4161-4653; e-mail: Malgorzata.Cieciora@pja.edu.pl

Efficiency of the Education System (Primary, Secondary and Tertiary) in Particular Voivodeships of Poland[1]

The reform of the Polish education system (both lower and higher education) that was carried out in recent years has shown the need to improve the efficiency of schools. Therefore, it is reasonable to analyse and evaluate the efficiency of educational centres before implementing reforms. Educational units influence the development of human capital, which should translate into an increase in the wealth of a given region. To our knowledge, there is a lack of research on the technical efficiency of the primary, secondary and tertiary education systems in particular Polish voivodeships. Therefore, the aim of this paper was to present the results of studies on the efficiency of the three levels of the Polish education sector in 2016. The non-radial Slack-Based Directional Distance Function (SBDDF) model, which belongs to the nonparametric Data Envelopment Analysis (DEA) method, was used to test the efficiency. The number of teachers employed in particular voivodeships, as well as the number of schools and universities were assumed as inputs. The number of pupils and students was assumed as outputs. We hypothesise that there is a positive correlation between the efficiency of the education system and the labour market economic indicators in the province. The hypothesis was verified positively as the findings showed that the higher the education system efficiency indicator in a given voivodeship, the greater the number of the SME sector companies per 10,000 inhabitants, the higher the gross Domestic Product (GDP) per capita and the lower the percentage of the unemployed in the region. The study results may be of use to various groups of stakeholders, in particular, employees of ministries responsible for the functioning of primary, secondary and tertiary education. The limitations of the study concern the selection of variables adopted on the input and output side. Moreover, the conducted analysis is static (in one year). Therefore, there is a need to continue research using a dynamic approach.

Keywords: efficiency, lower education, primary education, secondary education, tertiary education, higher education, DEA method, labour market, voivodeship, Poland

Acknowledgments

The authors would like to thank the anonymous reviewers for their many valuable comments and suggestions, which contributed to the quality of this scientific article.

For citation: Brzezicki, Ł., Pietrzak, P. & Cieciora, M. (2022). Efficiency of the Education System (Primary, Secondary and Tertiary) in Particular Voivodeships of Poland. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 494-508, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-14.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

Л. Бжезицкий [а)], П. Петржак [б)], М. Чечора [в)]
[а)] Мэрия Устки, г. Устка, Польша
[б)] Варшавский университет естественных наук, г. Варшава, Польша
[в)] Польско-Японская Академия Информационных Технологий, г. Варшава, Польша
[а)] https://orcid.org/0000-0002-0761-1109
[б)] https://orcid.org/0000-0002-1319-4815
[в)] https://orcid.org/0000-0002-4161-4653; e-mail: Malgorzata.Cieciora@pja.edu.pl

Эффективность системы начального, среднего и высшего образования в воеводствах Польши

Недавно проведенная реформа системы школьного и университетского образования в Польше показала необходимость повышения эффективности учебных заведений. В связи с этим является целесообразным проанализировать и оценить эффективность образовательных центров до проведения реформ. Положительное влияние образовательных учреждений на развитие человеческого капитала может вести к увеличению благосостояния региона. На данный момент тема эффективности систем начального, среднего и высшего образования в польских воеводствах остается недостаточно изученной. Цель данной статьи — представить результаты исследований эффективности трех уровней польской системы образования за 2016 г. Для проверки эффективности была применена нерадиальная асимметричная функция направленного расстояния (Slack-Based Directional Distance Function), которая относится к методологии анализа среды функционирования (DEA). В качестве входных переменных модели были использованы показатели количества учителей, работающих в отдельных воеводствах, количества школ и университетов. Количество школьников и студентов рассматривалось как выходная переменная. Была выдвинута гипотеза о существовании положительной корреляция между эффективностью системы образования и экономическими показателями рынка труда в провинции. Полученные данные подтвердили эту гипотезу: чем выше показатель эффективности системы образования в воеводстве, тем больше количество малых и средних предприятий на 10000 жителей, и, в свою очередь, выше валовой внутренний продукт на душу населения и ниже процент безработных в регионе. Результаты исследования могут быть использованы различными группами заинтересованных сторон, в частности, сотрудниками министерств, отвечающих за функционирование системы начального, среднего и высшего образования. Ограничения исследования касаются выбора входных и выходных переменных, поскольку проведенный анализ статичен (изучались данные за один год), поэтому дальнейшие исследования необходимо продолжить с использованием динамического подхода.

Ключевые слова: эффективность, начальное образование, среднее образование, вузовское образование, высшее образование, анализ среды функционирования, рынок труда, воеводство, Польша

Благодарности

Авторы выражают благодарность анонимным рецензентам, чьи многочисленные ценные комментарии и предложения способствовали повышению качества этой научной статьи.

Для цитирования: Бжезицкий Л., Петржак П., Чечора М. Эффективность системы начального, среднего и высшего образования в воеводствах Польши // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 494-508. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-14.

Introduction

The reason to undertake this analysis was the reform of the Polish education system (both lower level education and higher education) implemented in recent years, which indicated the need to improve the efficiency of school functioning. It should be noted here that the very concept of efficiency is difficult to define precisely. Many authors have pointed out the interdisciplinary nature of efficiency, e. g. Denek (1997). It can be assumed that the efficiency of schools is a relation between the results (output) — connected to key areas of their functioning — and financial, material, as well as human resources involved in obtaining them (Baran, Pietrzak, Pietrzak, 2015). It is worth emphasising, however, that there is no universal set of diagnostic variables included in inputs and output. Their selection is often limited by the availability of data and results from the experience of the authors from previous studies (Pietrzak, 2016). Problems related to defining and measuring the efficiency of schools (in particular, universities) have been discussed, among others, by Wolszczak-Derlacz (2013).

The Data Envelopment Analysis (DEA) method has been widely used in assessing the efficiency of public sector units (including educational units). In 1978, its authors Charnes, Cooper and Rhodes, based on the concept of productivity formulated by Debreu and Farrell, applied it to a multidimensional situation (Charnes, Cooper, Rhodes, 1978). According to their assumptions, the efficiency result of each unit can be presented as the quotient of the weighted sum of effects and the weighted sum of expenditures. This is the relative efficiency determined for a specific set of objects, called Decision Making Units (DMUs). In managerial applications, DMUs may include banks, department stores, and extend to hospitals, public libraries and schools (Cooper, Seiford, Tone, 2007). On the basis of the constructed linear programming task, the most efficient objects are selected. They also become benchmarks for other objects from the examined set. In addition, the DEA method, being one of the non-parametric methods of measuring efficiency, does not require determining the functional relationship between inputs and results (Karbownik, Kula, 2009).

Research on the efficiency of schools using the DEA method has been conducted around the world for many years. Recently, also in Poland (especially after 2010) one can observe an increased interest in the abovementioned issues. Previous analyses were carried out at three levels: individual universities and their faculties, groups of universities of a particular type (usually technical universities) and all public universities. Thus, there is a lack of research on, among others, secondary and primary schools. Hence, the purpose of this article is to present the preliminary results of studies on the efficiency of the Polish education sector (including the lower levels education system and higher education) using the Slack-Based Directional Distance Function (SBDDF) model, belonging to the non-parametric DEA method, by cross-section of individual provinces. One hypothesis was made based on the literature review and the objectives of the study:

H1: the higher the indicator of the efficiency of the education system in a given province, the better the labour market economic indicators in the province.

The article consists of five parts. The first one is an introduction. The second part provides a critical literature review in the field of research into the efficiency of higher education and lower levels education. The third part is devoted to research methodology, including the selection of variables and the DEA model for the research. The fourth part presents the results of empirical research. The article ends with conclusions and a summary.

Literature Review

Government policies, including educational policy, are nowadays supposed to be based on knowledge, such as statistics, research, analyses. Salmi (2015) explicitly points out that regulatory bodies should base educational policy decisions on objective evidence. That is why, for over three decades, research has been conducted to measure the efficiency of schools.

The DEA method is most often used to test the efficiency of education sector entities around the world. A similar trend also occurs in research conducted by Polish authors. According to Brzezicki (Brzezicki, 2020a; Brzezicki, 2020b), the DEA method has been used for years to examine the efficiency of both the lower levels education system and higher education. However, there is a huge disproportion between the number of studies devoted to schools belonging to the lower levels education system (14 studies, according to Brzezicki (2020a)) and universities (80 studies, according to Brzezicki (2020a)). While in the case of academic education, research that relates to the efficiency of individual universities dominates (only 3 studies are in regional perspective, according to Brzezicki (2020a)), in the case of the lower levels education system most of the research focuses on educational efficiency in regional terms (powiats or voivodeships). The above dependence results from the fact that universities are autonomous and independent units whereas entities operating within the lower levels education system, depending on the form and level of education, are usually supervised by various levels of local government. This implies the problem of the availability of data on individual schools, which often operate within teams that prevent the distribution of resources used in a given educational cycle.

Osińska (2012) was the first researcher in Poland to assess the efficiency of higher education in particular voivodeships using the DEA method. The research procedure was carried out in two stages. At the first stage (“mass” of education), the input and output system included: the number of academic teachers per 1000 students, the number of universities per citizen aged 19+, the percentage of people with higher education in the population aged 25+. In turn, the composition of inputs and effects at the second stage (“appropriateness” of education) included: the percentage of people with higher education in the population aged 25+, the percentage of employees with higher education among all the professionally active, the percentage of graduates working for the first time among all university graduates. In 2006–2007, the fully efficient voivodeships in terms of “mass” education were Masovian and Świętokrzyskie. In terms of the "appropriateness" of education in the analysed period, the leading voivodeships were Opole and West Pomeranian.

Kucharski (2014), on the other hand, while assessing the efficiency of the use of human resources by Polish universities on a regional basis, adopted the following diagnostic variables: on the input side — the ratio of the number of 1st year students to the number of graduates who obtained the matriculation certificate in a given province and the number of assistant professors, associate professors and senior lecturers; on the output side — the number of graduates of universities operating in the voivodeship in relation to the number of the 2nd and higher years students and the number of doctoral and postdoctoral degrees awarded. The obtained research results indicated that in each of the six regions (i. e. Central, Southern, Eastern, North-Western, Southwest and Northern) there was one efficient voivodeship. These were: in the Central region — Masovian, in the Southern region — Lesser Poland, in the Eastern region — Lublin, in the North-West — Lubusz, in the South-West region — Opole, and in the Northern region — Warmian-Masurian.

The regional approach was also used by Ćwiąkała-Małys and Łagowski (2017), who estimated the efficiency of academic promotion in different Polish voivodeships. In their analysis, they included the number of post-graduate students, the number of doctoral degrees awarded, and the number of scholarships for post-graduate students, the share of post-graduate students per 10,000 residents. Kaczyńska (2016) assessed the efficiency of public expenditure on primary education in the Greater Poland Voivodeship in terms of three types of municipalities: urban (including cities with powiat rights), urban-rural and rural areas. The author adopted three expenditure categories for input: current expenses incurred for public primary schools, targeted subsidies for current expenses of private primary schools, and funds transferred, among others, in the form of benefits in kind, social benefits, rewards for teachers, scholarships for students and other forms of allowances for them. The result of the final test of knowledge conducted at the end of primary school was, however, considered as an output.

Also worldwide, numerous studies on the efficiency of education sector entities have been carried out in regional terms. For example, Sotiriadis, Menexes and Tsamadias (2018), measured the technical efficiency of secondary schools in the Central Macedonia region in the years 2007/2008 — 2010/2011. Thus, the research period covered the years before and during the economic crisis in Greece. The authors used three variables as inputs and two as output. The study used a model focused on minimising inputs at a certain level of output (input-oriented). Halkiotis, Konteles and Brinia (2018) estimated the efficiency of 23 secondary schools located in Ftiotyda prefecture. The following inputs were assumed in the analysis: the number of students per teacher, the average number of students in one class, and the average annual public expenditure per student. The output side included: the percentage of secondary school graduates admitted to universities, the percentage of secondary school graduates admitted to polytechnics, or the percentage of secondary school graduates who obtained the highest score during the university entrance exam.

Research Methodology

As mentioned earlier, the research on the efficiency of educational units was most often carried out using the non-parametric DEA method. Within this framework, researchers mostly used the radial models: CCR (Charnes, Cooper and Rhodes) — with constant return to scale, BCC (Banker, Charnes and Cooper) — with variable return to scale and their modifications, as well as the sporadic non-radial SBM model (Slack-Based Models).

However, the progress in measuring efficiency using a more general and flexible approach, which is the Directional Distance Function (DDF), has made it increasingly used to measure the efficiency of business entities under the DEA methodology. Chambers, Chung and Färe (1996; 1998), using the works of Luenberger (1992a; 1992b; 1995), redefined the benefit function and the shortage function that Luenberger had developed as a measure of efficiency. The authors thus introduced a new distance function, calling it the directional distance function. Färe and Grosskopf (2000) stated that the Shephard distance function used so far in DEA radial models (Shephard, 1953; Shephard, 1970) is a special case of the directional distance function. However, Färe and Primont (2006) pointed out directly that the function of directional distance is an alternative to respective concepts of measuring radial efficiency.

In the literature on the subject (Brzezicki, 2017), it is emphasised that the basic disadvantage of the radial approach in measuring efficiency is the lack of taking into account the level of backlash. In response to this imperfection, Färe and Grosskopf (2010a; 2010b) using the concept of the directional distance function (Chambers, Chung, Färe, 1996; Chambers, Chung, Färe, 1998) and the assumptions of the non-radial SBM model (Tone, 2001) presented the non-radial slack-based directional distance function — SBDDF.

Since the SBDDF model was relatively rarely used in previous studies devoted to measuring the efficiency of educational systems, we decided to fill the knowledge gap. In the study undertaken, the main criterion for choosing diagnostic variables was the availability of data. Because the basic resources used in the education process are people who determine both the quantitative and qualitative aspect of educational activities, the total number of full-time teachers in particular voivodeships of Poland (in full-time positions) was assumed as expenditure. The second outlay was the total number of schools in a given voivodeship. The adoption of such a research convention resulted, in a sense, from the subsidy algorithm for educational schools, by means of which the amount of financial resources transferred by the Ministry of National Education to individual territorial self-government units (JSTs) is defined. JSTs are supervisory and management units for particular schools (primary, junior high, secondary schools). Consequently, local government units are responsible for the entire structure of the network of educational establishments in their area of exercising territorial power.

In the literature (Pietrzak, 2016), the number of pupils (students) and/or graduates was most often taken as effects of the learning process, and the number of academic teachers as inputs. Therefore, it was decided to use these variables in this study (Table 1).

In the case of the study of the entire education system in regional terms, the combined data was adopted from both systems, including lover levels education and higher education (Table 1). In connection with the above, the total number of full-time teachers (in full-time positions) was assumed as the first input, and the number of schools in a given voivodeship as the second one. The overall number of pupils in the lower levels education system and students in higher education system served as an output.

The survey covered all voivodeships in Poland. The following codes were assigned to them: W_1 — Lower Silesia, W_2 — Kuyavian-Pomeranian, W_3 — Lublin, W_4 — Lubusz, W_5 — Łódź, W_6 — Lesser Poland, W_7 — Masovian, W_8 — Opole, W_9 — Subcarpathian, W_{10} — Podlaskie, W_{11} — Pomeranian, W_{12} — Silesian, W_{13} — Świętokrzyskie, W_{14} — Warmian-Masurian, W_{15} — Greater Poland, W_{16} — West Pomeranian.

We also decided to confront the results concerning the efficiency of the education system with selected socio-environmental variables characterising particular voivodeships (data availability was taken into account in their selection). These variables illustrate selected aspects of human capital and the level of public administration's involvement in the education system. In addition, their impact may positively (stimulants — the higher the value, the better) or negatively (destimulants — the lower the value, the better) affect the situation in the voivodeship. Thirteen socio-environmental variables were selected for the study and subjected to statistical verification. Due to the low level of the coefficient of variation V(x) (below 10 %), three variables were excluded from the analysis. The other variables are given the designations X_1 to X_{10}.

Table 1

Expenditure and effects adopted for testing the efficiency of the lower levels education system, higher education, the entire education system (lower levels education + higher education) in particular provinces of Poland

Characteristics of the variable	Name of the variable
A. Lower levels education system	
Inputs	number of full-time primary and secondary education teachers in the voivodeship
	number of primary and secondary schools in the voivodeship
Output	number of pupils/students in primary and secondary schools in the voivodeship
B. Higher education system	
Inputs	number of full-time academic teachers in the voivodeship
	number of universities (tertiary education units) in the voivodeship
Output	number of university students in the voivodeship
C. Education system (in total: including primary, secondary and tertiary education systems)	
Inputs	number of full-time lower levels education teachers and academic teachers in the voivodeship
	number of primary, secondary, tertiary educational units in the voivodeship
Output	number of pupils in primary education schools and students in secondary and tertiary in the voivodeship

Source: own study.

Table 2

Socio-environmental variables included in the study

Impact characteristics	Code of the variable	Name of the variable
Positive (stimulants)	X_1	Expenditure of municipal budgets on education and upbringing (in PLN thousand)
	X_2	Expenditure of powiat budgets for education and upbringing (in PLN thousand)
	X_3	Expenditure of voivodeship budgets on education and upbringing (in PLN thousand)
	X_4	Number of the SME sector companies per 10,000 residents
	X_5	GDP per capita (in current prices)
	X_6	Expenditure of enterprises on research and development (R&D) in relation to GDP (in %)
Negative (destimulants)	X_7	Percentage of persons not in employment, education or training at the age of 15–29 (in %)
	X_8	Percentage of registered unemployed in the productive age (in %)
	X_9	Percentage of registered unemployed with higher education (in %)
	X_{10}	Percentage of registered unemployed with post-secondary education and vocational average (in %)

Source: own study.

The education system in Poland depends primarily on public funding, whose structure is formed on the basis of the educational subsidy algorithm of the Ministry of National Education (MEN) and the grant algorithm for teaching activities of the Ministry of Science and Higher Education (MSHE). In relation with the above, socio-environmental variables that have a positive impact on the situation in voivodeships are, among others: expenditure of municipal budgets on education and upbringing (in PLN thousand) (X_1), expenditure of powiat budgets on education and upbringing (in PLN thousand) (X_2), expenditure of voivodeships budgets on education and upbringing (in PLN thousand) (X_3).

The education system also affects the growth of entrepreneurial attitudes in the society, which is why the number of the small and medium (SME) sector companies per 10,000 residents was also included in the analysis (X_4). Moreover, entrepreneurial behaviour and the number of companies in the SME sector affect the society's wealth in voivodeships expressed in gross domestic product (GDP)per capita (X_5), as well as on enterprises' expenditure on research and development (R&D) in relation to GDP (in %) (X_6).

In turn, the following factors were assumed as variables having a negative impact on the socio-economic situation in voivodeships: the percentage of people not working, not in education or training, aged 15–29, i. e. the so-called NEET (not in employment, education or training) (in %) (X_7), percentage of registered unemployed in working age (in %) (X_8), percentage of registered unemployed with higher education (in %) (X_9), percentage of registered unemployed with post-secondary and secondary vocational education (in %) (X_{10}). The list of all environmental variables included in the study is presented in Table 2.

In order to maintain consistency with the results of the efficiency of the education system, all environmental variables apply to the year 2016. In addition, these variables (except for subsidies for universities, whose values were taken from the Ministry of Science and Higher Education declarations) were obtained from publicly available databases of the Ministry of Science and Higher Education (The Integrated System of Information on Science and Higher Education[1]) and Statistics Poland (Local Bank Data[2]; STRATEG[3]). The DJL package and the R program were used to estimate the level of efficiency of education with the use of a model of the slack-based directional distance function (Färe, Grosskopf, 2010a; Färe, Grosskopf, 2010b). Descriptive, graphical and tabular methods were used to present research results.

Results and Discussion

Table 3 presents the synthetic characteristics of Polish provinces in cross-section of variables included in the DEA model. Based on the results of the model, the efficiency of particular voivodeships was determined and a ranking was created (Table 4). The average values of DEA efficiency indicators for Polish voivodeships in 2016 were respectively: 0.879 (for the lover levels education system), 0.771 (for the higher education system) and 0.789 (for the lover levels education system). Six voivodeships (Lower Silesia, Lubusz, Masovian, Opole, Pomeranian and Greater Poland voivodeship) out of the sixteen analysed were considered

[1] The Integrated System of Information on Science and Higher Education. Retrieved from: https://polon.nauka.gov.pl/polon-network (Date of access: 31.07.2020).

[2] Local Data Bank (LDB). Retrieved from: https://bdl.stat.gov.pl/BDL/start (Date of access: 31.07.2020).

[3] STRATEG. Retrieved from: https://strateg.stat.gov.pl/dashboard (Date of access: 31.07.2020).

Table 3

Characteristics of Polish voivodeships according to variables used in the DEA model

Specification	Minimum	Average	Maximum
Number of full-time lower levels education teachers (full-time positions)	8662	22 298	51523
Number of full-time academic teachers (full-time positions)	1216	5965	17125
Number of lower levels schools	642	1568	3296
Number of higher education schools	6	24	94
Number of pupils of lower levels education schools	101 609	280 185	653 496
Number of students of higher education schools	29 968	168 435	539 332

Source: own study based on the conducted research.

Table 4

Ranking of Polish voivodeships in terms of the value of the indicators of the efficiency of the systems: lower levels education, higher education, education (Note: the voivodeships were ranked in terms of the value of the education system efficiency index)

Specification	Lower levels education system efficiency index	Higher education system efficiency index	Education system efficiency index
W_1	1.000	1.000	1.000
W_4	1.000	1.000	1.000
W_7	1.000	1.000	1.000
W_8	1.000	1.000	1.000
W_{11}	1.000	0.956	0.907
W_{10}	0.854	0.324	0.906
W_{16}	0.944	0.448	0.838
W_{14}	0.868	1.000	0.754
W_{15}	1.000	0.691	0.743
W_6	0.779	1.000	0.738
W_2	0.857	0.637	0.706
W_5	0.844	0.554	0.696
W_{12}	0.993	0.685	0.690
W_{13}	0.707	0.398	0.682
W_3	0.633	0.640	0.522
W_9	0.579	1.000	0.438
Minimum	0.579	0.324	0.438
Average	0.879	0.771	0.789
Maximum	1.000	1.000	1.000

Source: own study based on the conducted research.

to be fully efficient in terms of the lower levels education system, and their efficiency index was one (Table 4). It is worth noting that the Silesian voivodeship was very close to the efficiency limit (0.993).

In the case of the higher education system, seven voivodeships were fully efficient. These were the following voivodeships: Lower Silesian, Lubusz, Masovian, Opole, Warmian-Masurian, Lesser Poland, and Subcarpathian. This means that these voivodeships have strong academic centers, which are popular with secondary school graduates. These are: Wrocław (e. g. Wrocław University of Technology, University of Wrocław, Wrocław University of Environmental and Life Sciences), Zielona Góra (e. g. University of Zielona Góra), Warsaw (e. g. University of Warsaw, Warsaw University of Technology, Warsaw School of Economics, Warsaw University of Life Sciences, Kozminski University, Polish-Japanese Academy of Information Technology), Opole (e. g. University of Opole, Opole University of Technology), Olsztyn (e. g. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, University of Life Sciences in Olsztyn), Krakow (e. g. Jagiellonian University, AGH University of Science and Technology in Krakow, Cracow University of Technology), and Rzeszów (e. g. Rzeszów University, Rzeszów University of Technology). Efficiency indicators for other voivodeships ranged from 0.324 (Podlaskie voivodeship) to 0.956 (Pomeranian voivodeship).

It is worth noting that four voivodeships were fully efficient in both the lower level education system and higher education. For this reason, they became leaders in the ranking in terms of the education system efficiency index. These were

Fig. 1. *Fully efficient voivodeships — lower level education system (Note: the voivodeships were marked in black) (source: own study based on the conducted research)*

Fig. 2. *Fully efficient voivodeships — higher education system (Note: the voivodeships were marked in black) (source: own study based on the conducted research)*

the following provinces: Lower Silesian, Lubusz, Masovian, and Opole voivodeship. The last position in the ranking of the efficiency of the education system was taken by the Subcarpathian voivodeship (Table 4).

Since 2018, Statistics Poland (GUS) has distinguished seven macro-regions (the names of voivodeships are given in brackets) in Poland (Wojnarowski, 2019): 1. Central (Łódź, Świętokrzyskie voivodeships); 2. Southern (Lesser Poland, Silesia voivodeships); 3. Eastern (Lublin, Subcarpathian, Podlaskie voivodeships); 4. North-Western (Lubusz, Greater Poland, West Pomeranian voivodeships); 5. South-Western (Lower Silesia, Opole voivodeships); 6. North (Kuyavian-Pomeranian, Pomeranian, Warmian-Masurian voivodeships), 7. Masovian voivodeship. Comparing this division with the performance indicators from Table 4, it can be stated that almost all regions have at least one voivodeship whose lower level education and/or higher education system is fully efficient (Figure 1 and Figure 2).

In the next step of the analysis, the results obtained in terms of the efficiency of the education system were confronted with selected socio-environmental variables (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}) that characterise particular voivodeships. To begin with, it is worth mentioning that the voivodeship with the highest value of budget expenditure of communes, powiats and voivodeship on education and upbringing (8,522,798.5 thousand PLN, 843,029.0 thousand PLN and 102,158.3 thousand PLN, accordingly), with the largest number of the SME sector companies per 10 thousand residents (1,467 companies), the highest GDP per capita (159.7), as well as the lowest percentage of persons not in employment, education or training (aged 15–29) (NEET) (12.0 %), in 2016 was the Masovian voivodeship (Table 5.). In turn, the Lesser Poland voivodeship had the highest expenditure of enterprises on research and development (R&D) in relation to GDP (in %) (1.7 %.) The voivodeship with the lowest percentage of registered unemployed in the productive age (in %) was the Greater Poland voivodeship (3.6 %). The lowest percentage of registered unemployed with higher education (in %) was in the Kuyavian-Pomeranian voivodeship (8.7 %). Finally, the West Pomeranian voivodeship was the one with the lowest percentage of registered unemployed with post-secondary and vocational secondary education (18.2 %).

In Figures 3–12, scatter charts between indicators of the efficiency of the education system in a given voivodeship and socio-environmental variables are presented.

In general, on the basis of the results obtained, it can be concluded that the higher the education system efficiency indicator in a given voivodeship, the greater the number of the SME sector companies per 10,000 inhabitants and the higher the GDP per capita (in current prices). On the other hand, the higher the education sys-

Table 5

Characteristics of Polish voivodeships according to social-environmental variables

Specification	Social-environmental variables									
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
W_1	3 734 606.7	547 636.4	52 413.8	1 243.0	110.8	0.5	14.0	4.8	12.0	20.5
W_2	2 827 659.0	372 471.8	52 217.6	930.0	81.6	0.2	17.5	7.6	8.7	19.1
W_3	2 900 961.2	390 728.1	41 591.6	816.0	68.9	0.2	18.0	7.3	15.4	24.5
W_4	1 317 488.9	192 541.3	16 381.7	1 098.0	83.9	0.1	17.8	5.1	10.2	20.6
W_5	3 158 505.4	475 845.3	37 031.2	978.0	93.3	0.3	12.8	6.0	11.8	19.7
W_6	4 783 805.3	620 788.3	62 475.6	1 096.0	90.6	1.7	13.5	4.6	16.3	23.8
W_7	8 542 798.5	843 029.0	102 158.3	1 467.0	159.7	1.1	12.0	5.8	15.4	21.7
W_8	1 278 751.6	249 455.3	22 424.5	1 009.0	79.6	0.2	16.2	5.2	11.9	19.4
W9	2 867 432.5	481 455.2	45 790.7	788.0	70.4	0.8	19.3	8.0	15.0	25.4
W_{10}	1 683 838.9	159 413.9	16 709.1	842.0	70.8	0.1	15.2	6.5	14.5	22.9
W_{11}	3 312 087.7	447 678.4	29 099.5	1 238.0	96.9	0.8	14.7	4.5	12.9	20.3
W_{12}	6 482 188.7	468 539.3	76 444.0	1 023.0	103.6	0.4	13.7	4.3	13.7	22.0
W_{13}	1 505 067.4	318 318.4	19 775.0	886.0	71.5	0.2	19.2	7.4	16.3	24.6
W_{14}	1 821 453.1	375 604.8	22 535.9	864.0	71.3	0.1	22.3	8.1	9.4	19.1
W_{15}	4 909 973.4	748 360.5	49 560.3	1 190.0	109.1	0.3	13.1	3.6	13.0	21.5
W_{16}	2 137 251.6	325 871.8	16 642.2	1 294.0	83.8	0.1	19.7	6.2	10.8	18.2
Minimum	1 278 751.6	159 413.9	16 381.7	788.0	68.9	0.1	12.0	3.6	8.7	18.2
Average	3 328 991.9	438 608.6	41 453.2	1 047.6	90.4	0.5	14.7	6.0	13.0	21.5
Maximum	8 542 798.5	843 029.0	102 158.3	1 467.0	159.7	1.7	22.3	8.1	16.3	25.4

Source: own study based on POL-on, Statistics Poland.

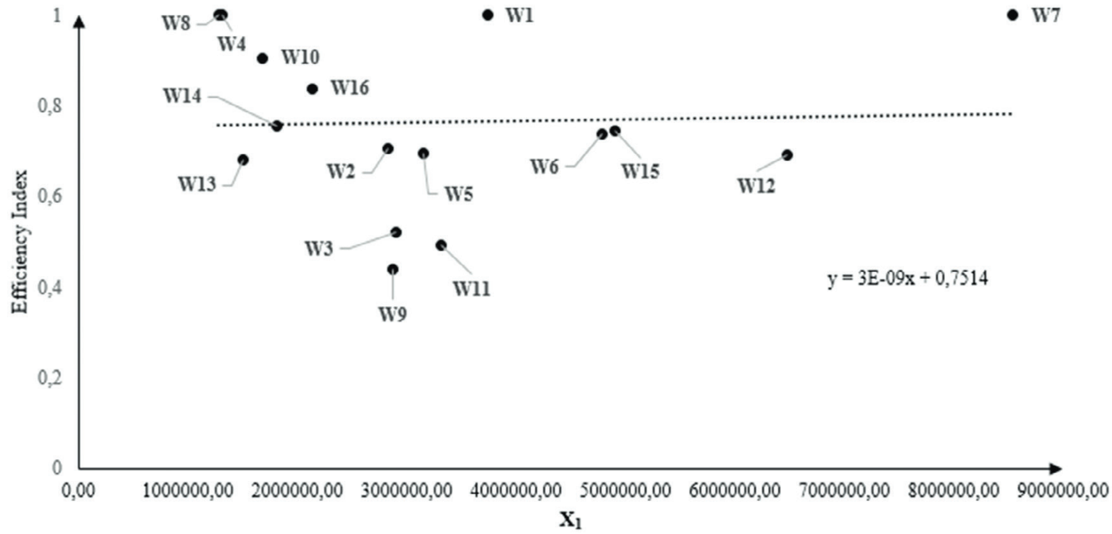


Fig. 3. *Scatter plot — education system efficiency index vs. expenditure of municipal budgets on education and upbringing (in PLN thousand) (source: own study based on the conducted research)*

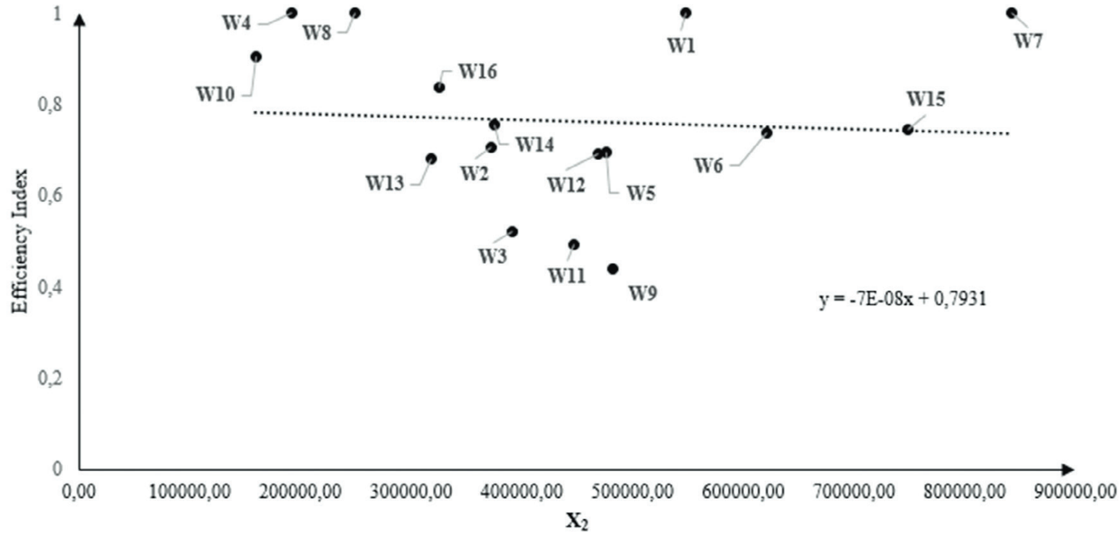


Fig. 4. *Scatter plot — education system efficiency index vs. expenditure of powiat budgets for education and upbringing (in PLN thousand) (source: own study based on the conducted research)*

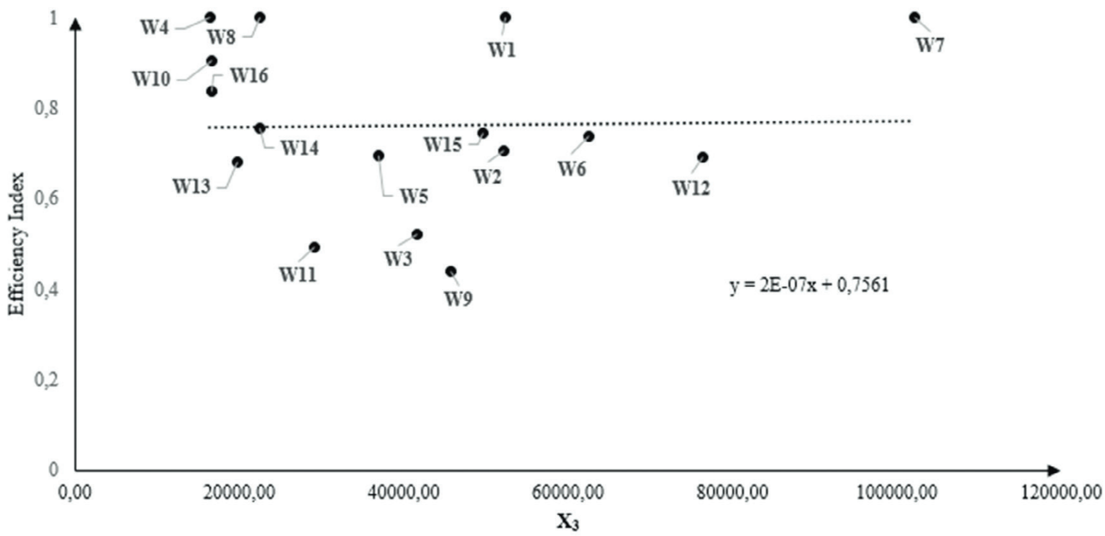


Fig. 5. *Scatter plot — education system efficiency index vs. expenditure of voivodeship budgets on education and upbringing (in PLN thousand) (source: own study based on the conducted research)*

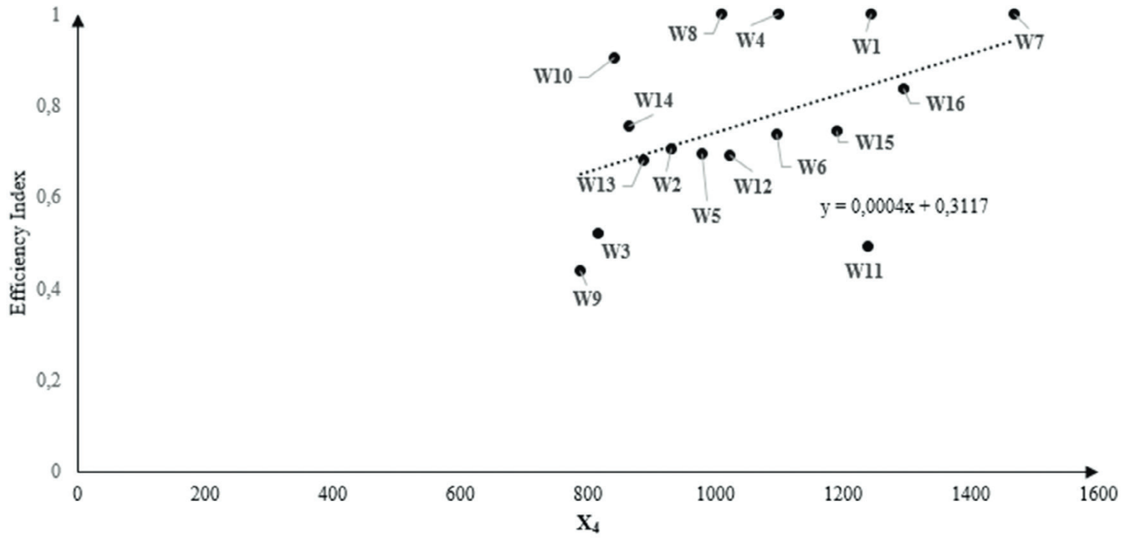


Fig. 6. *Scatter plot — education system efficiency index vs. number of the SME sector companies per 10,000 residents (source: own study)*

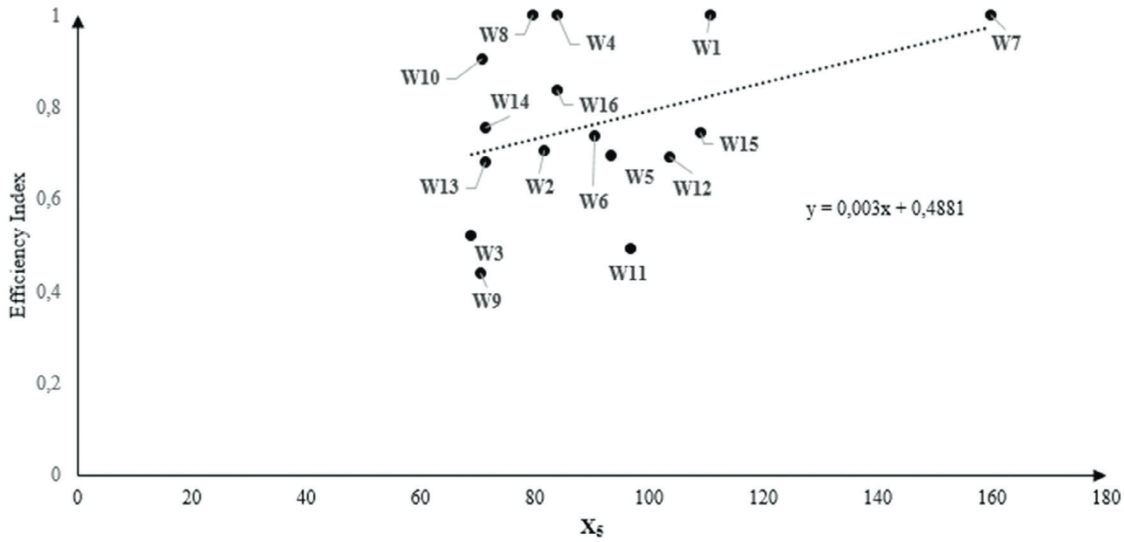


Fig. 7. *Scatter plot — education system efficiency index vs. GDP per capita (source: own study based on the conducted research)*

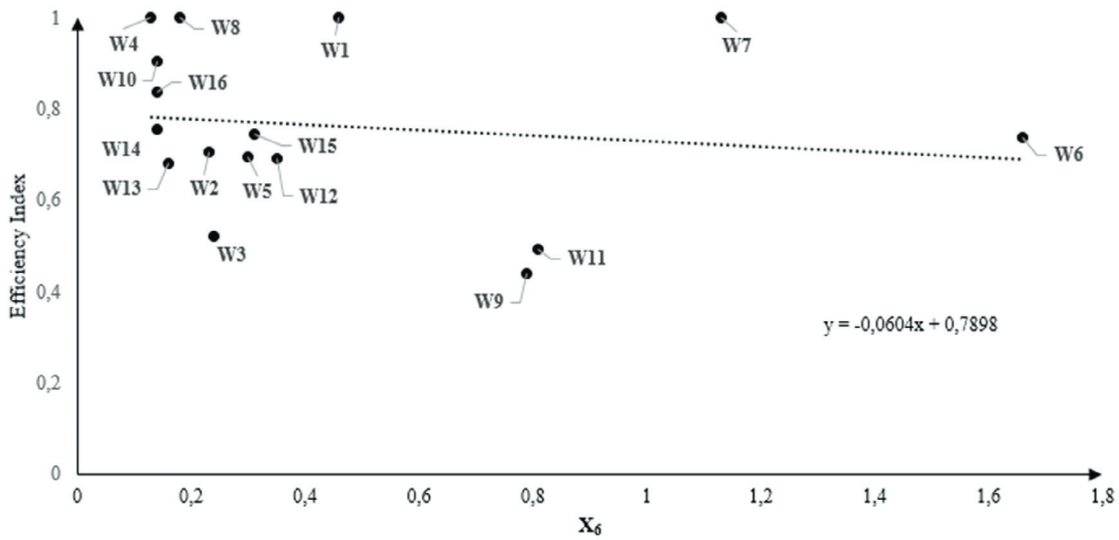


Fig. 8. *Scatter plot — education system efficiency index vs. expenditure of enterprises on research and development (R&D) in relation to GDP (in %) (source: own study based on the conducted research)*

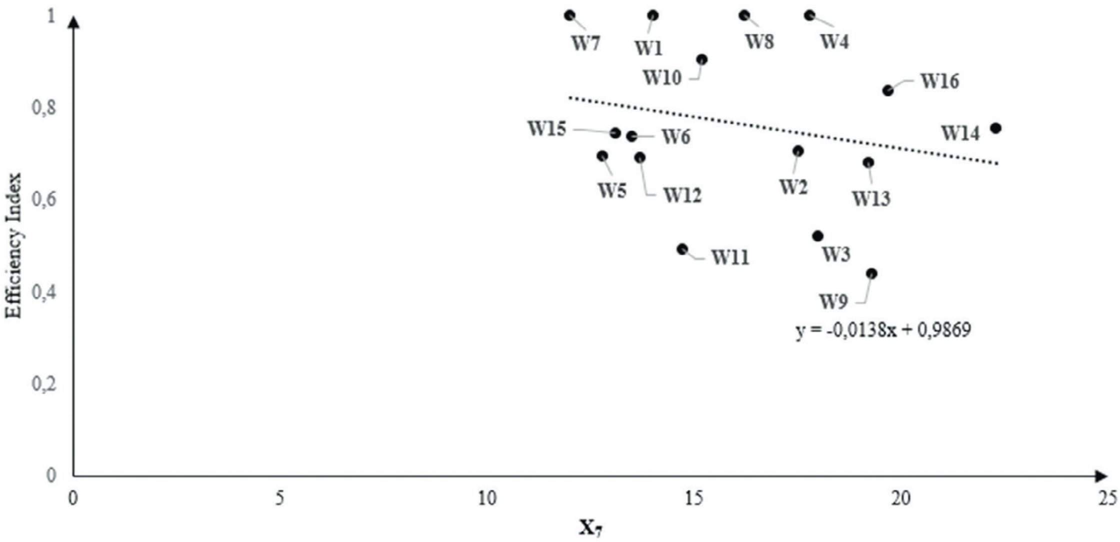


Fig. 9. *Scatter plot — education system efficiency index vs. percentage of persons not in employment, education or training at the age of 15–29 (in %) (source: own study based on the conducted research)*

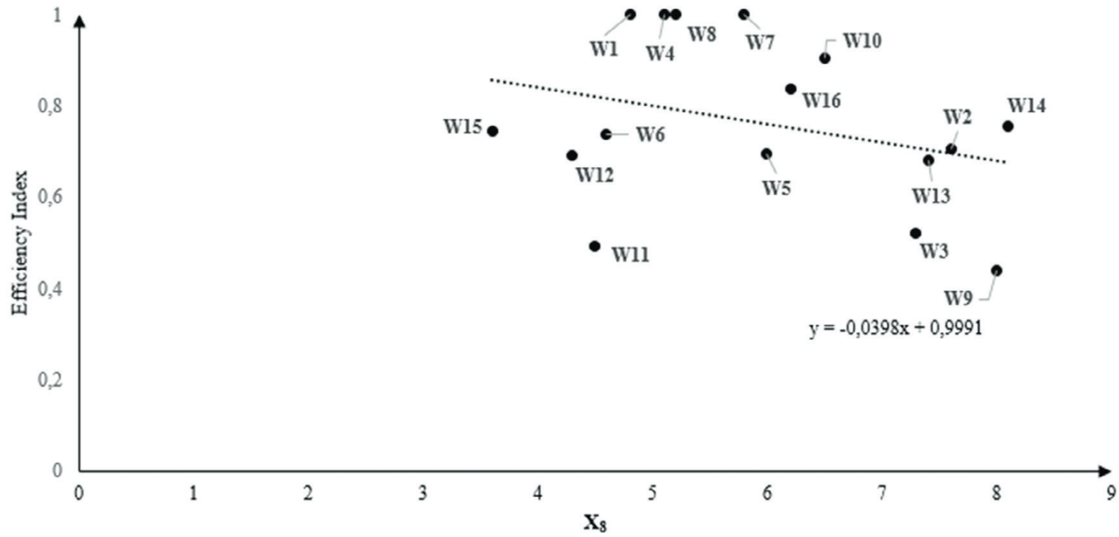


Fig. 10. *Scatter plot — education system efficiency index vs. percentage of registered unemployed in the productive age (in %) (source: own study based on the conducted research)*

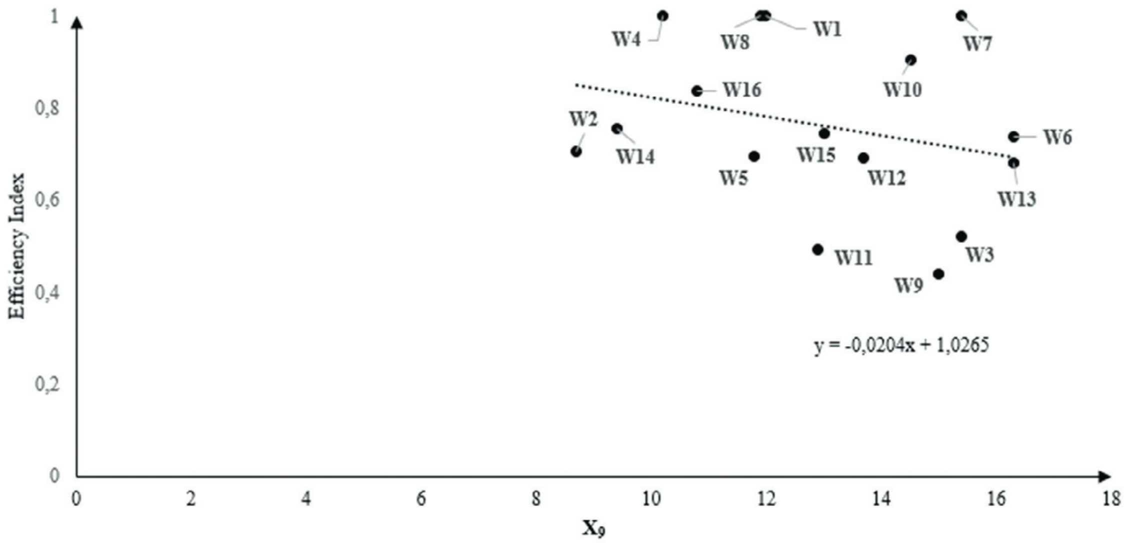


Fig. 11. *Scatter plot — education system efficiency index vs. percentage of registered unemployed with higher education (in %) (source: own study based on the conducted research)*

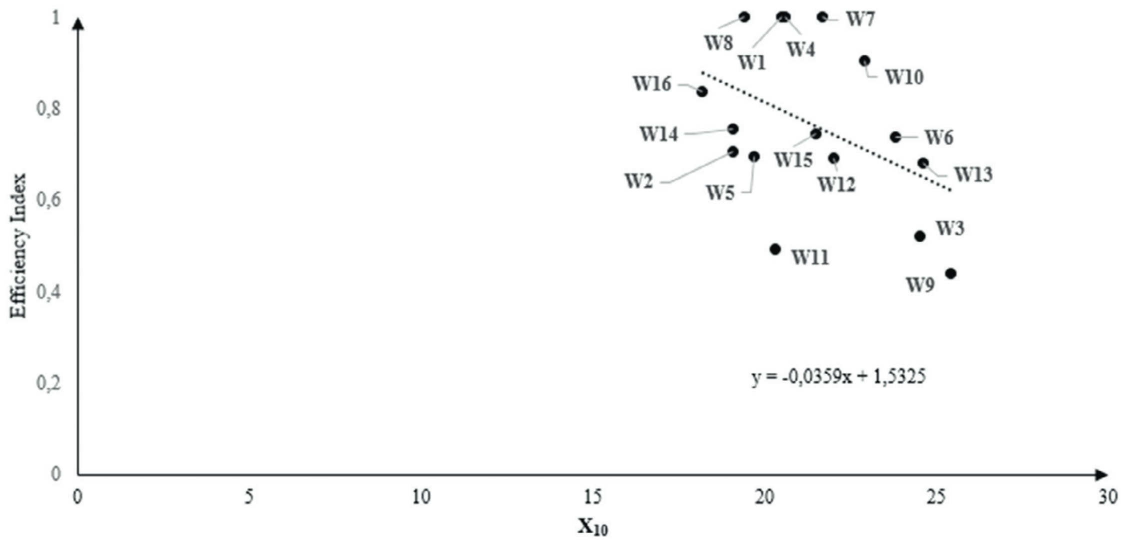


Fig. 12. *Scatter plot — education system efficiency index vs. percentage of registered unemployed with post-secondary education and vocational average (in %) (source: own study based on the conducted research)*

tem efficiency indicator in a given voivodeship, the smaller the research and development (R&D) expenditure in relation to GDP (in %), the lower the percentage of people not in employment, education or training, aged 15–29 years (NEET), the lower the percentage of registered unemployed in productive age, the lower the percentage of registered unemployed with higher education and the lower the percentage of registered unemployed with post-secondary and secondary vocational education. Therefore, hypothesis 1, which assumed the higher the indicator of the efficiency of the education system in a given province, the better the labour market economic indicators in the province was verified positively. It is also worth mentioning that the smallest correlations occurred between the indicators of the efficiency of the education system and the expenditure of budgets of municipalities, powiats and voivodeships on education and upbringing (in PLN thousand). This may indicate that the adopted distribution of funds includes other variables than those taken into account by the authors in the efficiency model.

Conclusions

In this article, we made an attempt to assess the technical efficiency of the lower level (primary and secondary) education system and higher (tertiary) education (together and separately) in particular voivodeships of Poland in 2016. We aimed to find out if there is a correlation between the efficiency of the education system in a given province and the labour market economic indicators in the province. The study used the non-radial SBDDF model, which until now has been used sporadically to measure school performance. The obtained results indicated that the fully effective voivodeships in the field of the education system were: Lower Silesia, Lubusz, Masovian, Opole, Pomeranian, and Greater Poland. In turn, the fully effective voivodeships in the field of the higher education system were: Lower Silesia, Lubusz, Masovian, Opole, Warmian-Masurian, Lesser Poland, and Subcarpathian. The most remarkable result to emerge from the data is that there is a definite positive correlation between the efficiency of the education system and the economic situation of the labour market. The study showed that the higher the indicator of the efficiency of the education system in a given province, the higher the number of companies in the SME sector per 10,000 inhabitants, the higher the GDP per capita (in current prices) and the lower the rates of unemployment in the province.

This paper has highlighted the importance of conducting regional analyses in terms of the efficiency of the education system. Our study provides encouragement for a new non-radial SBDDF model. These findings add to a growing body of literature on efficiency of the education system (primary, secondary and tertiary) in terms of regions.

Of course, one should bear in mind the limitations of the tests and the method itself. The conducted research concerned 16 voivodeships, which forced a compromise in the number of diagnostic variables included. As a result, the main advantage of the DEA method, which is efficiency testing, taking into account many inputs and outputs, was used to a limited extent. In addition, both inputs and outputs included only quantitative aspects of the functioning of the education system. However, we are aware that the model used, as well as the method of analysis, have the characteristics of novelty on an international scale.

It is recommended to continue research on the efficiency of the education system in a regional perspective, including using a dynamic approach (e. g. Dynamic SBM — DSBM). In addition, it is worth considering extending the set of variables to those relating to the qualitative aspects of the functioning of schools.

References

Baran, J., Pietrzak, M. & Pietrzak, P. (2015). Efficiency public higher education institutions. *Optimum. Studia Ekonomiczne [Optimum. Economic Studies], 4(76),* 169–185. DOI: 10.15290/ose.2015.04.76.11 (In Polish)

Brzezicki, Ł. (2017). Efficiency of didactic activities in higher education. *Wiadomości Statystyczne [The Polish Statistician], 11(678),* 56–73. (In Polish)

Brzezicki, Ł. (2020a). A review of research on the efficiency and productivity of Polish higher education conducted DEA and the Malmquista Index. *Ekonomia — Wroclaw Economic Review, 26(2),* 19–41. DOI: 10.19195/2084–4093.26.2.2 (In Polish)

Brzezicki, Ł. (2020b). The use of the DEA method to measure the efficiency of high schools in Szczecin. *Studia i Materiały, 2(33),* 18–31. DOI: 10.7172/1733–9758.2020.33.2 (In Polish)

Chambers, R .G. Chung, Y. & Färe, R. (1998). Profit, directional distance functions, and Nerlovian efficiency. *Journal of Optimization Theory and Applications, 98,* 351–364. DOI: 10.1023/A:1022637501082.

Chambers, R. G., Chung Y. & Färe, R. (1996), Benefit and Distance Functions. *Journal of Economic Theory, 70,* 407–419. DOI: 10.1006/jeth.1996.0096.

Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research, 2,* 429–444. DOI: 10.1016/0377–2217(78)90138–8.

Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Tone, K. (2007). *Data Envelopment Analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software.* New York: Springer, 490.

Ćwiąkała-Małys, A. & Łagowski, P. (2017). Academic Advancement Efficiency Measurement in Polish Universities Including a Division into Voivodships. *Barometr Regionalny. Analizy i prognozy [Regional Barometer. Analyses & Prognoses], 15(2),* 137–146.

Denek, K. (1997). Efficiency of school education. *Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Pedagogicznej w Bydgoszczy. Studia Pedagogiczne [Scientific Journals of the Pedagogical University in Bydgoszcz. Pedagogical studies], 30,* 91–106. (In Polish)

Färe, R. & Grosskopf, S. (2010a). Directional distance functions and slacks-based measures of efficiency. *European Journal of Operational Research, 200,* 320–322. DOI: 10.1016/j.ejor.2009.01.031.

Färe, R. & Grosskopf, S. (2010b). Directional distance functions and slacks-based measures of efficiency: Some clarifications. *European Journal of Operational Research, 206,* 702. DOI: 10.1016/j.ejor.2010.02.033.

Färe, R. & Grosskopf, S. (2000). Theory and Application of Directional Distance Functions. *Journal of Productivity Analysis, 13,* 93–103. DOI: 10.1023/A:1007844628920.

Färe, R. & Primont, D. (2006). Directional duality theory. *Economic Theory, 29,* 239–247. DOI: 10.1007/s00199–005–0008-z.

Halkiotis, D., Konteles, I. & Brinia, V. (2018). The Technical Efficiency of High Schools: The Case of a Greek Prefecture. *Education Sciences, 8(84),* 1–16.

Kaczyńska, A. (2016). The efficiency of public spending on primary education in the Greater Poland Voivodeship. *The Business and Management Review, 7(5),* 449–456.

Karbownik, B. & Kula, G. (2009). *Efektywność sektora publicznego na poziomie samorządu lokalnego [Efficiency of the public sector at the local government level].* Materiały i Studia No. 242, Warszawa: NBP. (In Polish)

Kucharski, A. (2014). Evaluation of the efficiency of using human resources by Polish colleges in the regional presentation. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie [Entrepreneurship and Management], 15(10),* 243–258. (In Polish)

Luenberger, D. (1992a). Benefit functions and duality. *Journal of Mathematical Economics, 21,* 461–481. DOI: 10.1016/0304–4068(92)90035–6.

Luenberger, D. (1992b). New optimality principles for economic efficiency and equilibrium. *Journal of Optimization Theory and Applications, 75(2),* 221–264. DOI: 10.1007/BF00941466.

Luenberger, D. (1995). *Microeconomic Theory.* Boston: McGraw Hill, 496.

Osińska, M. (2012). Application of the CCR-DEA model to the assessment of the effectiveness of higher education in Poland. *Ruch Prawniczy, Ekonomiczny i Socjologiczny [Poznań Journal of Law, Economics and Sociology], 4(74),* 181–201. DOI: 10.14746/rpeis.2012.74.4.13 (In Polish)

Pietrzak, P. (2016). *Efektywność funkcjonowania publicznych szkół wyższych w Polsce [Efficiency of functioning of public higher schools in Poland].* Warszawa: Wydawnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, 189. (In Polish)

Salmi, J. (2015). Evidence-Based Policies in Higher Education: Data Analytics, Impact Assessment and Reporting [Overview Paper]. In: *A. Curaj, L. Matei, R. Pricopie, J. Salmi, P. Scott (Eds.), The European Higher Education Area. Between Critical Reflections and Future Policies* (pp. 807–813). Cham: Springer. DOI: 10.1007/978–3-319–20877–0_49.

Shephard, R. W. (1953). *Cost and Production Functions*. Princeton: Princeton University Press, 322.

Shephard, R. W. (1970). *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton: Princeton University Press, 308.

Sotiriadis, D., Menexes, G. & Tsamadias, C. (2018). Investigating the Efficiency of Senior Secondary Schools: Evidence from Schools in the Greek region of Central Macedonia. *International Journal of Business and Economic Sciences Applied Research, 11(2),* 36–43.

Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research, 130,* 498–509. DOI: 10.1016/S0377–2217(99)00407–5.

Wojnarowski, K. (2019). European NUTS classification and its significance for the Mazowieckie Voivodship. *MAZOWSZE. Studia Regionalne [Mazovia: Regional Studies], 28,* 49–58. DOI: 10.21858/msr.28.03 (In Polish)

Wolszczak-Derlacz, J. (2013). *Efektywność naukowa, dydaktyczna i wdrożeniowa publicznych szkół wyższych w Polsce [Scientific, didactic and implementation efficiency of public universities in Poland].* Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 190. (In Polish)

About the authors

Łukasz Brzezicki — PhD, the Mayor of Ustka's representative for non-governmental organizations, Ustka City Hall; Researcher ID: AAL-9393-2020; Scopus Author ID: 57216036541; https://orcid.org/0000-0002-1319-4815 (3, Ks. Kardynała Stefana Wyszyńskiego St., Ustka, 76-270, Poland; e-mail: brzezicki.lukasz@wp.pl).

Piotr Pietrzak — PhD, Adjunct Professor, Management Institute, Warsaw University of Life Sciences; https://orcid.org/0000-0002-1319-4815 (166, Nowoursynowska St., Warsaw, 02-787, Poland; e-mail: piotr_pietrzak1@sggw.edu.pl).

Małgorzata Cieciora — PhD, Professor, Dean, Faculty of Information Management, Polish-Japanese Academy of Information Technology; https://orcid.org/0000-0002-4161-4653 (86, Koszykowa St., Warsaw, 02-008 Poland; e-mail: Malgorzata.Cieciora@pja.edu.pl).

Информация об авторах

Бжезицкий Лукаш — PhD, представитель мэра Устки по неправительственным организациям, Мэрия Устки; Researcher ID: AAL-9393-2020; Scopus Author ID: 57216036541; https://orcid.org/0000-0002-1319-4815 (Польша, 76-720, г. Устка, ул. Кардинала Стефана Вышинского, 3; e-mail: brzezicki.lukasz@wp.pl).

Петржак Петр — PhD, адъюнкт-профессор, Институт менеджмента, Варшавский университет естественных наук; https://orcid.org/0000-0002-1319-4815 (Польша, 02-787, г. Варшава, ул. Новоурсыновска, 166; e-mail: piotr_pietrzak1@sggw.edu.pl).

Чечора Малгожата — PhD, профессор, декан, факультет информационного менеджмента, Польско-Японская Академия Информационных Технологий; https://orcid.org/0000-0002-4161-4653 (Польша, 02-008, г. Варшава, ул. Кошикова, 166; e-mail: Malgorzata.Cieciora@pja.edu.pl).

Дата поступления рукописи: 07.08.2020.
Прошла рецензирование: 09.11.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 07 Aug 2020.
Reviewed: 09 Nov 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-15
УДК 322.055.2

С. А. Некрасов
ЦЭМИ РАН, г. Москва, Российская Федерация
https://orcid.org/0000-0002-7649-0515, e-mail: San693@mail.ru

Рост электропотребления российских регионов как фактор их социально-экономического развития[1]

В развитых странах происходит стабилизация удельного (подушевого) потребления электроэнергии, а в развивающихся этот показатель увеличивается. По меньшей мере с середины 2000-х гг. наблюдается снижение дифференциации по уровню энерговооруженности между двумя группами стран. В отличие от этой тенденции, для экономики России характерно расхождение регионов по удельному (подушевому) потреблению электроэнергии на всем протяжении перехода к рыночной экономике. Удельное (подушевое) потребление электроэнергии регионов, в среднем будучи не ниже, чем в Нидерландах, Франции, Германии, Великобритании, стало различаться в 20 раз. На основе инструментария теории техноценозов обоснована необходимость изменения этой негативной тенденции. Основной причиной низкого потребления электроэнергии в развивающихся странах является отсутствие возможности увеличения ее производства. В России проблема обусловлена низким потенциалом сектора потребления, в первую очередь в регионах с удельным (подушевым) потреблением электроэнергии ниже 4 МВт·ч на человека в год. Сокращение сложившейся дифференциации в региональном удельном (подушевом) потреблении электроэнергии — это макроэкономическая проблема, без решения которой невозможно сохранение структурной устойчивости российской экономики — обеспечение ее функционирования как системы при изменении внешней среды. Формирование условий для развития энергопотребления промышленных и сельскохозяйственных предприятий не является отраслевой задачей электроэнергетики. В условиях наложенных на Россию санкций рост структурной устойчивости экономики может быть достигнут путем улучшения инвестиционного климата в результате снижения цен на электроэнергию для новых небытовых электропотребителей в регионах, где удельное (подушевое) потребление электроэнергии ниже уровня развивающихся стран. Для этих регионов-аутсайдеров, которые сейчас являются дотационными, повышение доступности электроэнергии, а не строительство новых энергетических мощностей создает перспективы для роста производительности труда, начала их реиндустриализации, появления новых точек роста.

Ключевые слова: удельное потребление электроэнергии, структурная устойчивость экономики, теория техноценозов, производительность труда, цена электроэнергии, депопуляция регионов, поддержка экономического развития, реиндустриализация

Для цитирования: Некрасов С. А. Рост электропотребления российских регионов как фактор их социально-экономического развития // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 509-527. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-15.

RESEARCH ARTICLE

Sergey A. Nekrasov
Central Economic Mathematical Institute of RAS, Moscow, Russian Federation
https://orcid.org/0000-0002-7649-0515, e-mail: San693@mail.ru

Electricity Consumption Growth in Russian Regions as a Factor of Their Socio-Economic Development

The indicator of specific (per capita) electricity consumption (SEC) is stabilising in developed countries and increasing in developing economies. At least since the mid-2000s, the difference between the two groups of countries in terms of available power has been decreasing. In contrast to this trend, the transition of Russia to a market economy is characterised by the divergence of regions in terms of SEC. SEC of regions, being on average similar to that of the Netherlands, France, Germany, Great Britain, began to differ by 20 times. The technocenosis theory shows the need to change this negative trend. The low electricity consumption of developing countries depends on their inability to increase its production. In Russia, the problem is due to the low potential of the consumption sector, primarily in regions with SEC below 4 MWh/person per year. The solution of this macroeconomic problem, namely, the reduction of the existing differentiation in regional specific electricity consumption will help maintain the structural stability of the Russian economy and ensure its functioning in the context of external environment changes. Creation of conditions for the energy consumption development in industrial and agricultural enterprises is not a sectoral task of the electric power industry. Considering the sanctions imposed on Russia, structural stability of the national economy can be increased by improving the investment climate resulting from a decline in electricity prices for new non-residential consumers in regions with SEC below the level of developing countries. For these subsidy depending "outsider" regions, an increase in the availability of electricity, rather than the construction of new energy facilities, stimulates the labour productivity growth, re-industrialisation, and emergence of growth points.

Keywords: specific electricity consumption, structural stability of the economy, technocenosis theory, labour productivity

For citation: Nekrasov, S. A. (2022). Electricity Consumption Growth in Russian Regions as a Factor of Their Socio-Economic Development. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 509-527, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-15.

1. Введение

Особенностью изменения удельного (подушевого) потребления электроэнергии (УПЭ) является его насыщение в европейских странах, Японии, США и Канаде. В итоге в 2010-е гг. стабилизация УПЭ характерна для большинства развитых стран. Отсутствуют предпосылки для ее прекращения как минимум в ближайшие десятилетие.

В России в 2008–2016 гг. УПЭ восстанавливалось до показателя 1990 г., который составлял 7,27 МВт·ч/чел. в год. Значительная часть этого восстановления происходила в 2008–2018 гг., когда УПЭ увеличилось с 7,16 до 7,54 МВт·ч/чел. год, находясь на уровне не ниже показателей западноевропейских стран. При этом, несмотря на значительное увеличение УПЭ в некоторых регионах, изменение его интегрального значения в стране было незначительным и соответствовало S-образной динамике, характерной для развитых стран.

Проблема заключается не только в крайне высокой дифференциации регионов по этому показателю, которую можно выявить при сопоставлении развитых и развивающихся стран, но и в отсутствии роста УПЭ в регионах-аутсайдерах. Поэтому целью статьи является исследование возможностей роста социально-экономического развития российских регионов за счет изменения уровня электровооруженности их жителей. Для ее достижения выявлены особенности динамики потребления электроэнергии в различных российских регионах и проведено сопоставление особенностей изменения регионального электропотребления с развитыми и развивающимися странами.

2. Материалы и методы

2.1. Общие закономерности потребления энергии в развивающихся и развитых странах

Изучение проблем энергетики, ее развития и эволюции показало, что ключевая информация, определяющая доминантную часть современного развития, сосредоточена в динамике валового продукта и потребления энергии. Наличие доступного и стабильного энергоснабжения всегда являлось определяющим для развития общества. Изменение ВВП любой страны вне зависимости от методологии его расчета четко коррелирует с энерго-

Таблица 1

Изменение УПЭ в развивающихся странах в1990–2018 гг.

Table 1

Changes in specific electricity consumption (SEC) of developing countries, 1990–2018

Страна	УПЭ, МВт·ч/чел. в год					Среднегодовое изменение УПЭ, % / год			
	1990	2000	2006	2012	2018	1990–2000	2000–2006	2006–2012	2012–2018
Индия	0,25	0,36	0,47	0,66	0,92	3,9	4,3	6,1	5,6
Китай	0,47	0,91	1,87	3,20	4,43	6,8	12,7	9,4	5,5
Индонезия	0,15	0,38	0,49	0,70	0,88	9,4	4,5	6,1	3,7
Турция	0,87	1,57	2,08	2,61	3,06	6,1	4,8	3,9	2,7
Мексика	1,19	1,52	1,85	2,16	2,21	2,5	3,4	2,6	0,4
Бразилия	1,45	1,91	2,05	2,47	2,50	2,8	1,2	3,1	0,2
Нигерия	0,08	0,07	0,11	0,15	0,14	–1,3	6,1	6,0	–0,7

Источник: https://www.iea.org/, расчеты автора.

потреблением (Велихов, 2011). Сегодня «энергетика — это не отрасль экономики, а система трансформации всех потенциальных ресурсов в совокупный капитал социума» (Бушуев, 2006). В итоге электроэнергия является базовым товаром, без которого в настоящее время в современном мире невозможно общественное развитие.

Согласно прогнозу МЭА, опережающий рост электропотребления, по сравнению с потреблением других видов энергии, будет отличительной особенностью развития энергетики в мире, а потребление электроэнергии увеличится на 60 % от сегодняшнего уровня. Вместе с тем «энергетический мир характеризуется рядом глубоких диспропорций: почти миллиард человек до сих пор не имеют доступа к электричеству»[1]. Спрос на электроэнергию увеличивается как в результате роста численности населения, так и за счет повышения удельного подушевого потребления электроэнергии (УПЭ, МВт·ч/чел. в год) (Shove, 2017), (Wilk, 2002). Высокими темпами УПЭ растет в развивающихся странах (табл. 1).

Можно выделить две закономерности изменения энергопотребления в мире: увеличение энергопотребления на душу населения и снижение различия по этому показателю между развитыми и развивающимися странами (Maza, Villaverde, 2008). Причем наибольшую значимость приобретает именно вторая причина роста потребления энергии (Bertoldi, 2017), (Rosenow et al, 2016). Если в 1960-х гг. различие в удельном потреблении энергии между двумя группами стран составляло более 20 раз, то к 2010-х гг. оно сократилось примерно до 7 раз. Тенденция выравнивания удельного энергопотребления тщательно анализировалась, надежно подтверждена статистическими данными и указывает на то, что индустриализация развивающегося мира происходит существенно более высокими темпами по сравнению с развитыми странами (Велихов, 2011).

Но в 2010-е гг. реиндустриализация — возврат ранее вынесенных в развивающиеся страны отраслей — стала основой их экономического развития (Tregenna, 2016), (Barbieri et al, 2018), (Coe, Yeung, 2019) и ожидаемо должна была бы привести к увеличению их электропотребления. Согласно исследованию, проведенному компанией Boston Consulting Group (BCG), более 50 % компаний США с объемом продажи свыше 1 млрд долл. либо продолжают перенос рабочих мест обратно в страну, либо планируют это сделать в ближайшее время[2]. Этот процесс, получивший название решоринга, затронул широкий круг отраслей. Он относится не только к высокотехнологичным отраслям, таким как электроника, но и к предприятиям обрабатывающей промышленности, включая низкотехнологичные и, как правило, достаточно энергоемкие отрасли (производство обуви, одежды в Европе и мебели — в США) (Кондратьев, 2017). Несмотря на эти тенденции в экономике развитых стран непосредственным ожидаемым результатом должно было бы быть увеличение потребления электроэнергии, стабилизация УПЭ и выход на характерный для каждой страны свой асимптотический уровень. Но если в 2000-х гг. отсутствие роста УПЭ было характерно для стран Северной Европы, Великобритании, Канады, США, Австралии (выделены курсивом в та-

[1] World Energy Outlook (WEO–2018). URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018 (дата обращения 12.07.20).

[2] The Boston Consulting Group. Made in America Again, Why Manufacturing Will Return to the USA. 2011. URL: https://www.bcg.com/documents/file84471.pdf (дата обращения 19.05.20).

Таблица 2

Изменение УПЭ в развитых странах в 1990–2018 гг.

Table 2

Changes in specific electricity consumption (SEC) of developed countries, 1990–2018

Страна	УПЭ, МВт·ч/чел. в год					Среднегодовое изменение УПЭ, %/год			
	1990	2000	2006	2012	2018	1990–2000	2000–2006	2006–2012	2012–2018
Япония	6,20	7,56	7,85	7,58	8,06	2,0	0,6	–0,6	1,0
Нидерланды	4,95	6,26	6,73	6,45	6,73	2,4	1,2	–0,7	0,7
Норвегия	23,1	24,9	23,8	23,2	23,7	0,7	–0,7	–0,4	0,4
США	10,9	12,9	12,8	12,2	12,2	1,7	–0,1	–0,8	–0,1
Италия	3,86	4,90	5,47	5,16	5,01	2,4	1,8	–1,0	–0,5
Франция	5,55	6,78	7,01	6,88	6,58	2,0	0,6	–0,3	–0,7
Австралия	7,85	9,63	9,81	9,77	9,29	2,1	0,3	–0,1	–0,8
Германия	6,06	6,10	6,60	6,71	6,38	0,1	1,3	0,3	–0,8
Швеция	15,3	15,2	14,9	13,9	13,2	0,0	–0,4	–1,2	–0,9
Канада	15,6	16,5	16,4	15,6	14,3	0,6	–0,1	–0,8	–1,5
Великобритания[*]	4,96	5,79	5,82	5,10	4,62	1,6	0,1	–2,2	–1,6

[*] Курсивом выделены страны, где УПЭ вышло на насыщение к концу 2000-х гг.

Источник: https://www.iea.org/; расчеты автора.

блице 2) и только стало проявляться в западноевропейских странах и Японии (Некрасов, Шевченко, 2011), то в 2010-е гг. данный факт стал отличительным признаком большинства развитых стран.

Следует отметить еще одну особенность динамики УПЭ развитых стран: отсутствие сокращения дифференциации по этому показателю. Например, различие УПЭ Норвегии и Великобритании в 1990 г. составляло 4,66, а к 2018 г. увеличилось до 5,12. В 5 раз большее потребление норвежца по сравнению с англичанином сохраняется десятилетия, что обусловлено более низкими издержками производства электроэнергии в Норвегии, производимую на 98 % на ГЭС в отличие от Великобритании, где основой энергетики являются угольные электростанции, впоследствии дополненные газовой и атомной генерацией. Поэтому в Норвегии при альтернативе использования различных видов энергоресурсов, например, при отоплении, предпочтение отдается более экологичной электроэнергии. На основе анализа динамики УПЭ развитых стран за последние 25–30 лет можно сделать вывод, что после выхода на некоторый (для каждой территории свой) предельный показатель не происходит дальнейший рост УПЭ.

Стабилизация УПЭ была выявлена в 1970-х годах в Калифорнии. На протяжении более 50 лет подушевое потребление в штате не растет. Не сказавшийся негативно на последующем экономическом развитии выход на насыщение произошел на уровне 7,5 МВт·ч/чел. в год. В начале 2020-х гг. доля Калифорнии в ВВП США превышает 13 %. За 50 лет население штата выросло с 20 до 39,51 млн чел. Стабилизация УПЭ в Калифорнии обусловлена как эффективностью реализованных программ по энергосбережению, которые были ключевым фактором поддержания конкурентоспособности в условиях роста цен на энергоносители 1970-х гг., так и снижением доли энергоемкой промышленности. В этот период в штате развивались отрасли с высокой добавленной стоимостью. В результате рост удельного потребления энергии прекратился с конца 1970-х гг., когда продукция этих отраслей стала определяющей (Некрасов, 2011).

По мере завершения этапа индустриального развития и перехода стран из развивающихся к развитым в них происходит сокращение, а в ряде случаев и полная ликвидация энергоемких производств с малой добавленной стоимостью. Поэтому производства, приводящие к наиболее негативным антропогенным воздействиям на окружающую среду, на протяжении десятилетий выводились в развивающиеся страны. А в результате сегодняшнего решоринга части ранее выведенных производств УПЭ не увеличивается: происходит стабилизация УПЭ на значении менее 8 МВт·ч/чел. в год в Западной Европе и Японии и в районе немногим более 12 МВт·ч/чел. в год в Северной Европе, США и Канаде.

Западная часть Российской Федерации (СЗФО, ЦФО, ПФО, ЮФО и СКФО) по объему потребления электроэнергии на душу населения значительно отличается от восточной (УрФО, СФО, ДВФО) (Некрасов, Шевченко, 2011). Следует отметить сходство западной части страны со странами Западной Европы. Пять федеральных округов европейской части России находятся на ниспадающей части кривой добычи полезных ископаемых. Бурное развитие до 2030 г. добывающей промышленности западнее Уральских гор в Российской Федерации маловероятно. А такие исключения, как апатиты, калийные соли и т. п. составляют незначительную долю в региональном валовом продукте и значимо не повлияют на среднее потребление электроэнергии западной части. Основное отличие характера энергообеспечения западной части страны от европейских стран заключается в меньшем расстоянии доставки углеводородов. В свою очередь, в экономике Урала, Сибири и Дальнего Востока, так же, как в США и в Канаде, значительно большее значение имеют энергоемкие добывающие отрасли, а невысокая плотность населения позволяет провести аналогию между этими территориями и странами Северной Европы. В 2010 г. было сделано предположение об отсутствии предпосылок для роста УПЭ в западной части выше уровня стран Западной Европы и Японии (8 МВт·ч/чел. в год), а на востоке страны выше уровня США, Канады и стран Северной Европы (12 МВт·ч/чел. в год) (Некрасов, Шевченко, 2011). Динамика электропотребления российских регионов 2010-х гг. подтверждает корректность сделанных предположений.

2.2. Анализ потребления электроэнергии и изменения численности населения в российских регионах в 1990–2018 гг.

В России потребление электроэнергии осталось неизменным по сравнению с 1990 г. с точностью до 3 %, что в значительной степени обусловлено планомерно реализуемым комплексом мероприятий в соответствии с ФЗ № 261 от 23.11.09 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», который был направлен на снижение спроса на потребление энергетических ресурсов и позволил повысить эффективность экономики России после спада промышленного производства 1990-х гг. В 2016 г. потребление электроэнергии достигло уровня 1990 г. (1073,839 млрд кВт·ч) в 2016 г. и к 2018 г. увеличилось на 3 % (до 1108,134 млрд кВт·ч). Но потребление в регионах имело разнонаправленный характер, зависящий как от структуры региональной экономики, так и от характера инвестиционного климата в регионе и региональной поддержки реализации новых проектов, наличия рынков сбыта и сырьевой базы, развитости транспортной инфраструктуры и климатогеографических условий. В регионах — крупных потребителях с объемом потребления более 20 млрд кВт·ч/год (правая прямоугольная область на рисунке 1) наблюдался рост электропотребления: в Тюменской области на 51 %, в Москве на 50 %, в Санкт-Петербурге на 44 %, в Краснодарском крае на 37 %, в Московской области на 29 %, в Ленинградской области на 27 %.

Лидером по росту электропотребления является Тюменская область. К 2003 г. электропотребление в регионе восстановилось после переходного периода к уровню 1990 г., и рост, становясь все более плавным (форма S-образной кривой), происходит по настоящее время. Причина роста после 2008 г. — увеличение численности населения. В 2008 г. в регионе УПЭ вышло на насыщение и на протяжении десятилетия находится на уровне 26–27 МВт·ч/год на человека.

Миграция населения в городские агломерации обусловила рост электропотребления в двух столицах — Москве и Санкт-Петербурге. В то же время следует отметить отсутствие роста электропотребления в региональных столицах — локальных центрах притяжения населения. Для них характерно снижение электропотребления (Екатеринбург, Ростов-на-Дону, Нижний Новгород, Самара), либо, в лучшем случае, сохранение уровня 1990 г. (Новосибирск).

Причина роста электропотребления на Кубани — благоприятные природные ресурсы и то, что это единственная (до 2014 г.) территория в западной части страны с теплым морским побережьем.

Лидерами по росту электропотребления (более 80 %) и УПЭ среди регионов с относительно небольшим потреблением (до 10 млрд кВт·ч/год) являются Республика Хакасия и Калужская область. В Хакасии рост электропотребления был обусловлен вводом в эксплуатацию алюминиевого завода. После выхода его на проектную мощность в 2008 г. как электропотребление, так и УПЭ перестали расти и за десять лет снизились на 3 %. Производство алюминия и последующий его экспорт стали причиной не только роста электропотребления в Хакасии, но и сохранения объема электропотребления в Иркутской области. При этом в результате прошедшей депопуляции УПЭ в Иркутской области увеличилось в 1990–2008 гг. на 13 %.

Калужская область — это единственный регион в Российской Федерации, где значительный рост электропотребления не связан с развитием сырьевого сектора экономики, а обу-

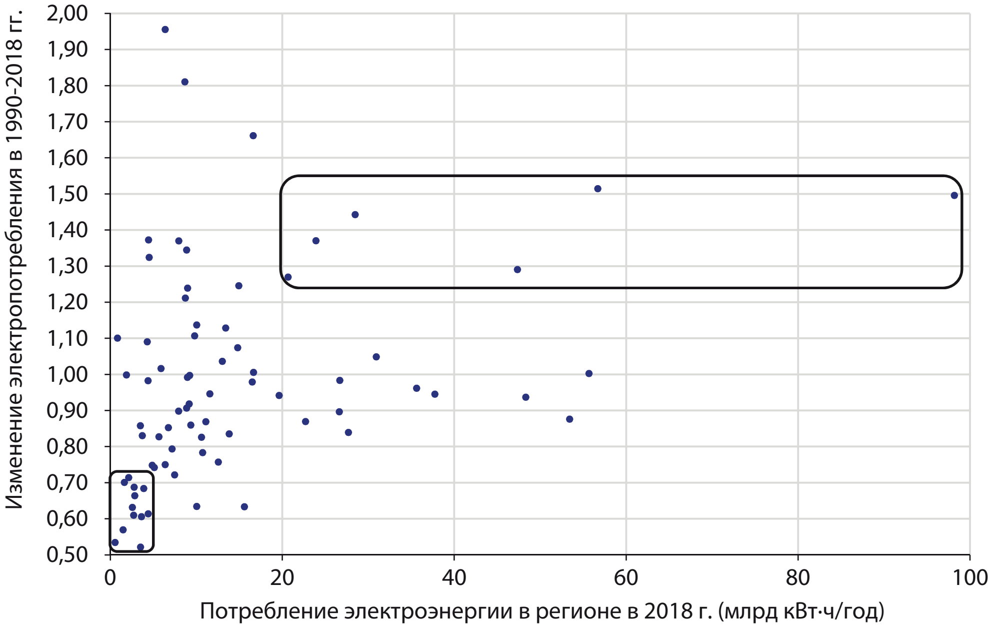


Рис. 1. *Распределение субъектов Российской Федерации по объему потребления электроэнергии в 2018 г. и изменению потребления за 1990–2018 гг. (источник: построено автором на основе данных https://www.gks.ru)*

Fig. 1. *Distribution of the constituent entities of the Russian Federation by electricity consumption in 2018 and the change in consumption in 1990–2018*

словлен сформированным благоприятным инвестиционным климатом и региональной поддержкой реализации новых проектов, значительная часть которых приходится на автомобилестроение. Доля автопрома в экономике региона в 2006–2019 гг. увеличилась практически с 1 % до 35 % и составляет порядка 300 млрд рублей[1]. Но несмотря на столь активную трансформацию экономики, регион не стал новой точкой притяжения миграционных потоков. В 2011 г. депопуляция в Калужской области только прекратилась, и в 2010-е гг. население региона оставалось неизменным с точностью до 1 %, при этом подушевое электропотребление достигло 8,6 МВт·ч/чел. в год.

Более чем на 25 % электропотребление выросло в Калининградской, Томской, Сахалинской областях и Забайкальском крае, республиках Адыгея, Алтай, Дагестан и Ингушетия.

В регионах с убывающим электропотреблением его абсолютное значение невелико — как правило, менее 4 млрд кВт·ч /год (нижняя левая прямоугольная область на рисунке 1). Налицо увеличение расхождения регионов по этому показателю. Электропотребление в регионах-лидерах растет, в отличие от аутсайдеров. Потребление электроэнергии снизилось в Ивановской области на 48 %, в республиках Калмыкия, Северная Осетия, Марий Эл и в Тамбовской, Курганской, Магаданской, Орловской, Брянской областях — на треть и более. В этих регионах наиболее высоки темпы снижения объема промышленного производства, рентабельность продаж товаров, работ и услуг, как правило, ниже среднероссийских показателей, что приводит к сокращению рабочих мест и последующей миграции населения. В более электроемких регионах — с потреблением 10–15 млрд кВт·ч в год — электропотребление снизилось. Снижение на 37 % произошло в Волгоградской и Тульской областях, более чем на 17 % — в Мурманской области, Алтайском и Ставропольском краях. Среди крупных регионов-потребителей снижение потребления электроэнергии более чем на 10 % произошло в Красноярском крае (до 53,4 млрд кВт·ч в год), Нижегородской области (до 22,7 млрд кВт·ч в год, на 12 %) и в Республике Башкортостан (до 27,7 млрд кВт·ч в год на 16 %).

Кроме процессов с характерным временем в несколько десятилетий следует выделить более динамичные изменения последних лет. В 2014–2018 гг. наибольшие темпы роста электропотребления характерны для Севастополя (49 %), при росте потребления в Крыму на 5 %, в Калужской, Амурской, Магаданской областях, Республиках Дагестан и Якутия — более чем на 20 %. Снижение электропотребления в этот

[1] Доля автопрома в экономике Калужской области за 13 лет выросла с 1 % до 35 % / https://tass.ru/ekonomika/7038823 (дата обращения: 12.05.2020).

период произошло в Северной Осетии на 28 % и Волгоградской области на 10 %.

Перейдя к анализу динамики УПЭ, следует отметить стабильность этого показателя с точностью до 3,7 % в 1990–2019 гг. Однако на общем фоне можно выделить закономерности разнонаправленной динамики как УПЭ, так и объемов электропотребления в регионах. За этот период лидерами по росту УПЭ стали Калужская и Сахалинская области с ростом более чем на 90 %, Республика Хакасия и Магаданская области с ростом более чем на 70 %. Почти вдвое (более чем на 47 %) произошло снижение УПЭ в 1990–2019 гг. в Республиках Чечня и Северная Осетия; не менее чем на 37 % — в республиках Калмыкия и Кабардино-Балкария; на 30 % и более — в Республике Марий Эл, Волгоградской и Ивановской областях. В 2014–2018 гг. лидерами роста стал Севастополь, где рост УПЭ составил 36 % при увеличении этого показателя в Крыму на 4 %. Столь высокая динамика обусловлена процессом, планомерно реализуемым во всех регионах России — налаживанием учета потребления электроэнергии. Соответственно, не столько за счет массовой установки кондиционеров, сколько в связи со снижением коммерческих потерь в электросетях и бездоговорного и безучетного электропотребления, УПЭ Севастополя выросло до 4,8 МВт·ч/чел. в год — величины, характерной для городов России — Москвы, где УПЭ увеличилось в 1990–2018 гг. с 4,2 до 4,5 МВт·ч/чел. в год, и Санкт-Петербурга, где УПЭ за 28 лет выросло с 3,9 до 5,3 МВт·ч/чел. в год. Более низкое УПЭ в двух столицах по сравнению со среднероссийским показателем — закономерность, наблюдаемая во всех развитых странах: потребление электроэнергии в крупных городах ниже (Некрасов, 2011).

За 2014–2018 гг. УПЭ увеличилось на 20 % и более в Амурской, Магаданской, Калужской областях и Республике Якутия. Произошел рост УПЭ в Краснодарском крае на 4,5 % до 4,3 МВт·ч/чел. в год в 2013–2018 гг. после ввода в эксплуатацию комплекса олимпийских объектов. Наибольшее снижение УПЭ в 2014–2018 гг. происходило в Республике Северная Осетия — на 28 % до 2,1 МВт·ч/чел. в год. УПЭ на более чем на 5 % снизилось в Волгоградской, Калининградской и Томской областях.

Совместный анализ динамики численности населения и объемов электропотребления позволяет сделать следующие выводы.

Отрицательная динамика роста населения является более инерционным явлением по сравнению с изменением электропотребления: улучшение экономических показателей региона, развитие промышленного производства на протяжении десятилетия, происходящее даже столь интенсивно, как в Калужской области, не является достаточным условием для прекращения депопуляции.

Во всех как западных (Санкт-Петербург, Москва, Московская область, Крым, Севастополь, Краснодарский край, Республики Дагестан, Чечня, Кабардино-Балкария и Ингушетия), так и восточных регионах (Тюменская, Новосибирская, Томская области, Красноярский край, Республики Якутия, Бурятия и Тыва) с положительной динамикой населения в 2014–2018 гг. электропотребление увеличивалось.

Происходит миграция населения из Мурманской, Вологодской, Архангельской областей, Пермского края, республик Коми и Карелия, Иркутской, Магаданской, Кемеровской, Амурской областей, Чукотки и т. д. — северных территорий с высоким УПЭ в менее энергоемкие регионы. Поэтому, несмотря на увеличение УПЭ в большинстве регионов, среднероссийский показатель за 1990–2018 гг. вырос только на 3,7 %, в том числе за 2014–2018 гг. — на 1,8 %.

2.3. Электропотребление российских регионов как техноценоз

Причины полученных закономерностей могут быть выявлены на основе теории техноценозов. Техноценозом является исторически сложившаяся, взаимосвязанная совокупность субъектов и объектов социокультурно-технической сферы, имеющих отношение к производству и потреблению. Особенностью техноценоза является его развитие — необходимое, существенное, необратимое, содержательное, целенаправленное изменение во времени (Симонов, 2017). Инструментарий управления устойчивостью экономических систем на основе теории техноценозов (Кузьминов, 2007, 2009), (Фуфаев, 2006) разработанный в ходе исследований (Кудрин, 2006), (Гнатюк, 2005) в применении к исследованию особенностей регионального электропотребления выявил следующую закономерность. При расположении всех регионов по объему потребления электроэнергии полученный ряд описывается H-распределением $A(x) = A_1 /x^{\beta}$, в котором x — номер региона по порядку, β — характеристический параметр техноценоза. Как элементы любого техноценоза российские регионы в части электропотребления связаны слабыми связями (Кудрин, 2010). Распределение регионов

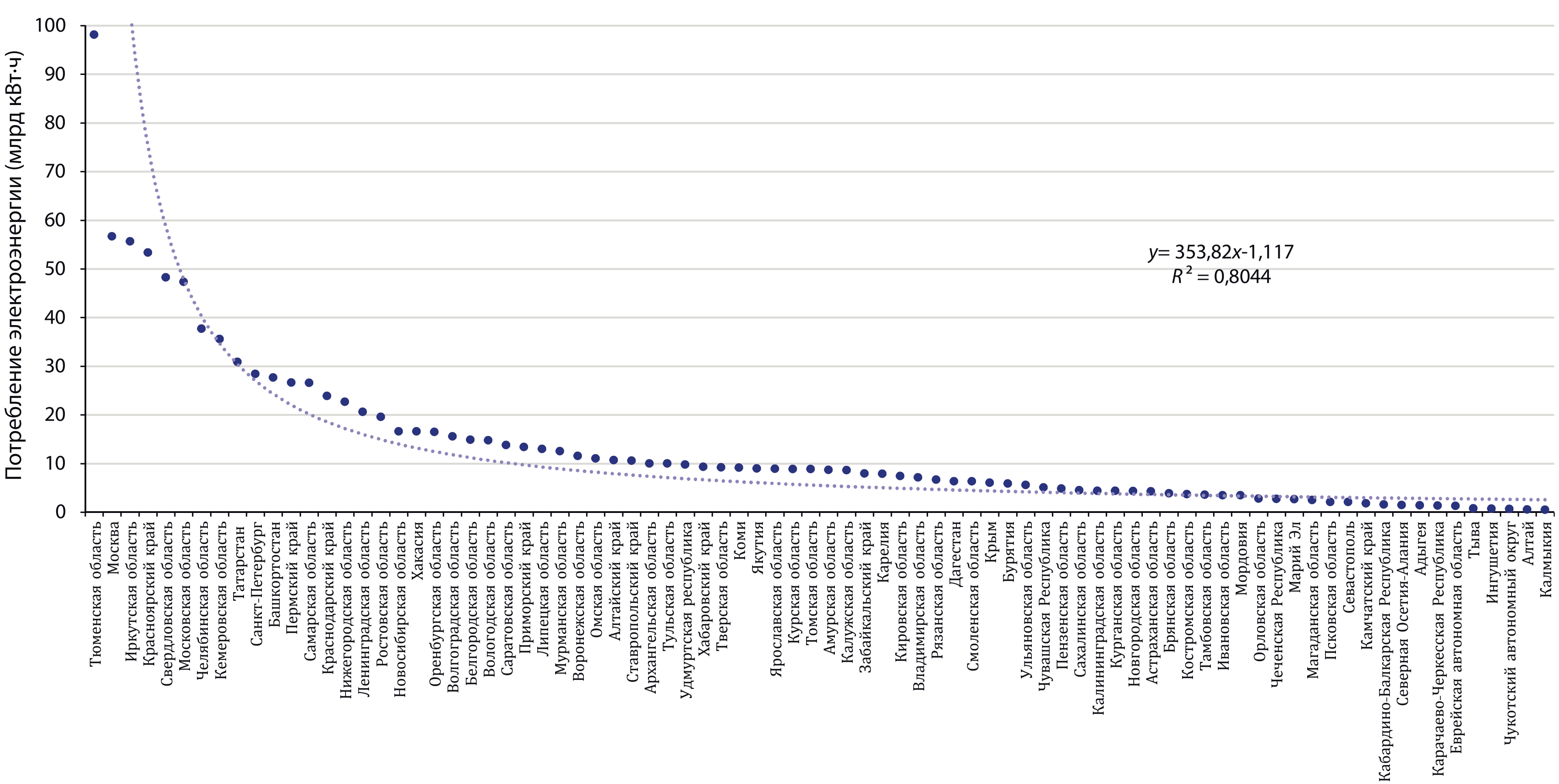


Рис. 2. *Распределение регионов Российской Федерации по объему потребления электроэнергии в 2018 г. (источник: построено автором на основе данных https://www.gks.ru)*

Fig. 2. *Distribution of Russian regions by electricity consumption in 2018*

России по объему электропотребления в 2018 г. описывается *H*-распределением с достоверностью более 80 % (рис. 2). На долю шести первых регионов приходилась почти треть (32,5 %) всего электропотребления в стране. В порядке убывания электропотребления регионами-лидерами являются Тюменская область, Москва, Иркутская область, Красноярский край, Свердловская и Московская области. Доля шести регионов-аутсайдеров составила 0,43 %. Это такие регионы, как республики Калмыкия, Алтай, Тыва, Карачаево-Черкессия, Чукотский автономный округ, Еврейская автономная область. Отметим 182-кратную дифференциацию электропотребления в Тюменской области и Республике Калмыкия.

Техноценоз регионов Российской Федерации по объему электропотребления может быть представлен как сумма двух техноценозов: ее западной и восточной частей (рис. 3, 4). Лидерами электропотребления в западной части являются Москва, Московская область, Татарстан и Санкт-Петербург, в восточной — Тюменская, Иркутская, Свердловская области и Красноярский край.

Распределение регионов по объему электропотребления с точки зрения теории техноценозов является хорошо исследованным на протяжении 20 лет феноменом (Кудрин, 2001, 2010). В то же время закономерности регионального распределения по УПЭ изучены в меньшей степени. Распределение регионов по УПЭ также описывается *H*-распределением (рис. 5). Дифференциация УПЭ в регионах крайне значительна — чуть меньше двадцатикратной величины. Если в 2018 г. в Республике Хакасия и Тюменской области УПЭ составляло 30,9 и 26,6 МВт·ч/чел. в год, то в республиках Ингушетия и Кабардино-Балкария не превышало 1,6 и 1,9 МВт·ч/чел. в год. Эта дифференциация в несколько раз превышает пятикратное отличие в УПЭ развитых стран (см. табл. 2) и является итогом диспропорций развития российской экономики, накопленных в переходный период. В результате регионы-аутсайдеры становятся все менее привлекательными для развития бизнеса и, как следствие, имея меньшие перспективы последующего экономического роста, и дальше сокращают любые виды промышленного производства (Некрасов, Грачёв, 2020).

Можно перечислить целый ряд объективных предпосылок для различия в объеме электропотребления Чукотского автономного округа и Тюменской области, республик Калмыкия и Татарстан, Орловской и Московской областей. Это площадь территории, численность населения и т. п. Но достаточно сложно обосновать причины двадцатикратного различия в электропотреблении, приходящемся на одного гражданина, проживающего в разных регионах. Крайне негативным фактором является отсутствие предпосылок для изменения степени региональной дифференциации в будущем. Данный феномен российской экономики противоречит общей закономерности — сокращению разрыва в подушевом потреблении энергии. Во всем мире постепенно переходят на второстепенный план причины энергетической бедности, так как устойчивой закономерностью на протяжении десятилетий является рост благосостояния жителей развивающихся стран и удовлетворение их базовых потребностей.

В условиях, когда дифференциация УПЭ жителей регионов одной станы значительно превосходит различия среди развитых стран и больше соответствуют соотношению этого показателя между развитыми и развивающимися странами (в 10, а тем более в 20 раз), едва ли существует возможность обеспечения сопоставимых перспектив регионального социально-экономического развития. Из столь высокой региональной дифференциации в УПЭ следует, что в экономическом пространстве Российской Федерации функционируют две группы регионов. В одной из них уровень электровооруженности жителей эквивалентен этому показателю в развитых стран, а в другой — развивающихся.

Поэтому задачей, имеющей стратегическое значение для обеспечения структурной устойчивости экономики России, является снижение дифференциации российских регионов по величине УПЭ. Для того чтобы у граждан различных регионов страны не развивалось ощущение, что они живут в двух фактически не связанных экономических пространствах, это различие необходимо снизить как минимум до семикратной величины — значения, сопоставимого с пятикратной разницей в УПЭ развитых стран. Согласно всеобщей организационной науке — тектологии (Богданов, 1989), под структурной устойчивостью системы будем понимать ее способность сохранять свою деятельность при изменении воздействий со стороны внешней среды.

Столь высокая дифференциация УПЭ не может быть сведена к климатогеографическим территориальным особенностям. В распределении регионов по УПЭ так же, как и в распределении российских регионов по объему элек-

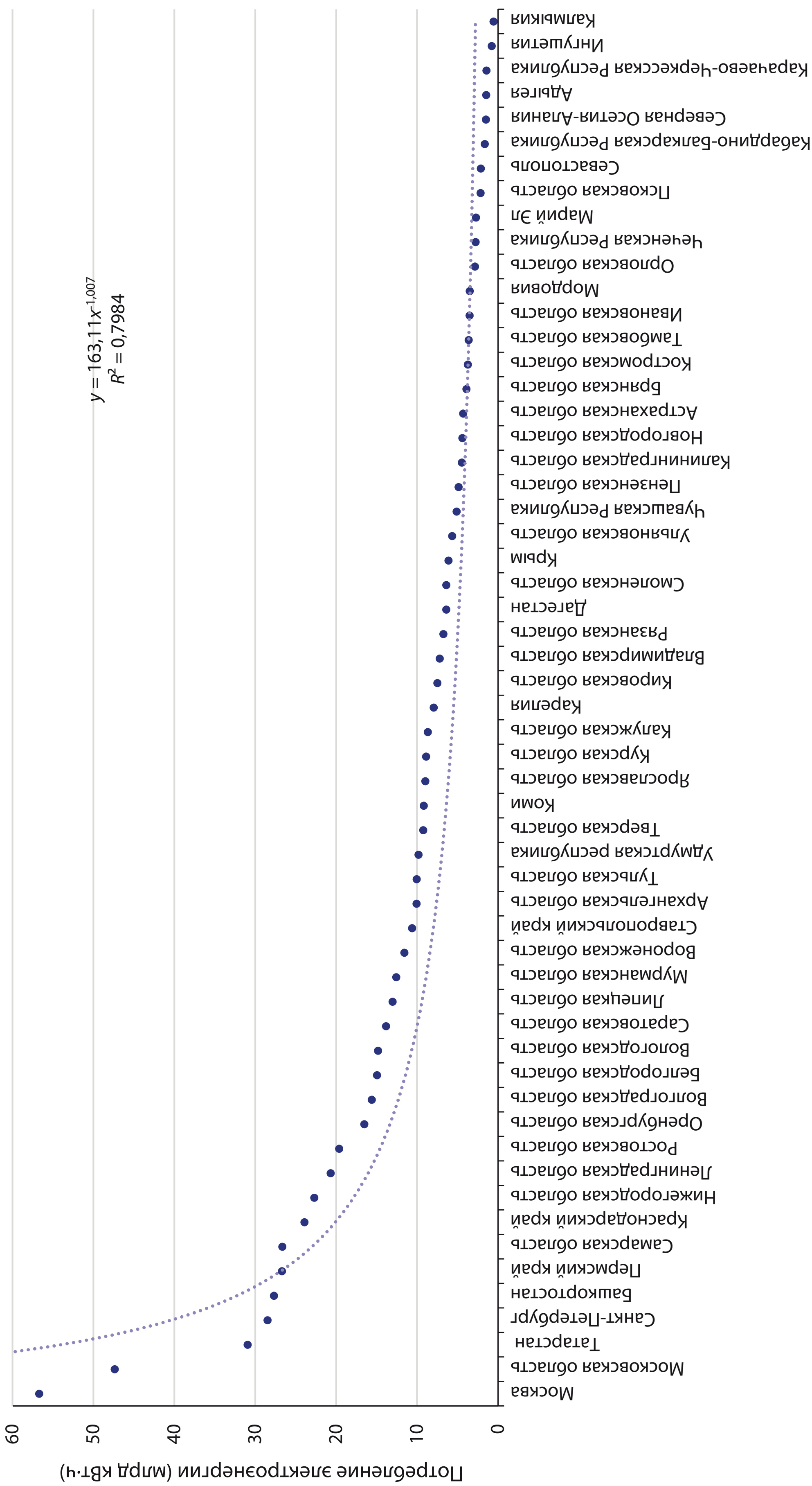


Рис. 3. *Распределение регионов западной части Российской Федерации по объему потребления электроэнергии в 2018 г. (источник: построено автором на основе данных https://www.gks.ru)*

Fig. 3. *Distribution of western regions of Russia by electricity consumption in 2018*

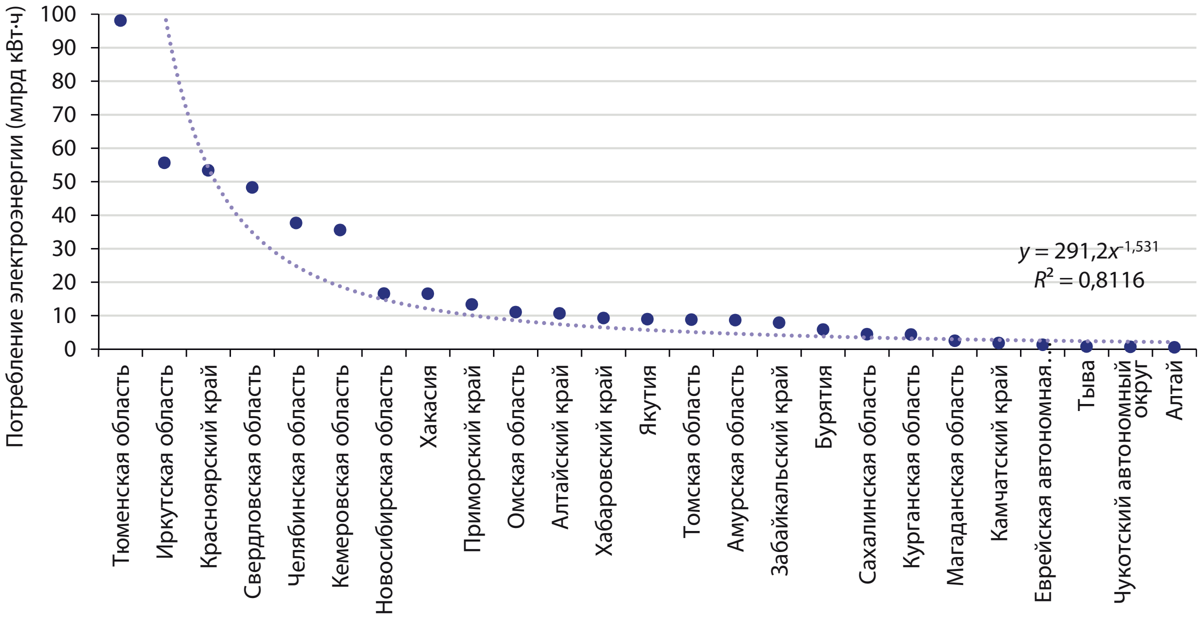


Рис. 4. *Распределение регионов Урала, Сибири и Дальнего Востока по объему потребления электроэнергии в 2018 г., млрд кВт·ч/год (источник: построено автором на основе данных https://www.gks.ru)*
Fig. 4. *Distribution of Ural, Siberian and Far Eastern regions of Russia by electricity consumption in 2018*

тропотребления, можно выделить два техноценоза: первый включает регионы западной части страны (рис. 6), второй — регионы Урала, Сибири и Дальнего Востока (рис. 7). Для элементов обоих техноценозов в 2014–2018 гг. характерен незначительный рост электропотребления в регионах с уровнем УПЭ более 12 МВт·ч/чел в год. За этот период в западной части рост электропотребления в Пермском крае и Архангельской области составил 1 %, в Мурманской, Ленинградской и Белгородской областях — 2 %, в Республиках Коми, Карелия и Вологодской области — 3 %.

Более отчетливо стабилизация объемов электропотребления (за исключением Чукотки и Магаданской области) выражена в восточных регионах с УПЭ более 12 МВт·ч/чел. в год. В Республике Хакасия — рост за 2014–2018 гг. на 1 %, Тюменской области — рост на 3 %, в Иркутской и Кемеровской областях — снижение на 1 %. В Красноярском крае электропотребление не изменилось. Исключение составляют Магаданская область с ростом электропотребления на 20 % и Чукотский автономный округ — увеличение на 5 %. Но в силу малой численности населения, абсолютные значения электропотребления в этих двух регионах невелики — 2,5 и 0,7 млрд кВт·ч в год. Поэтому рост УПЭ в них практически не влияет на динамику потребления Урала, Сибири и Дальнего Востока.

Следует отметить, что стабилизация УПЭ восточных регионов произошла на фоне роста натуральных показателей экономической деятельности, что является результатом повышения эффективности использования энергии. Например, в 2014–2018 гг. более чем на 20 % увеличилась угледобыча в Кемеровской области и Красноярском крае. В абсолютных величинах объем добычи в СУЭК достиг 110,7 млн т, в «Кузбассразрезуголь» — 45 млн т, в «СДС-Уголь» — 24,1 млн т, в «Кузбасской топливной компании» — 15,7 млн т[1], однако региональное потребление электроэнергии с точностью до 1 % не изменилось.

По истечении почти 30 лет становления рыночных отношений в Российской Федерации в 9 регионах УПЭ ниже 3 МВт·ч/чел. в год — уровня Турции 2018 г. (в 1990 г. УПЭ в Турции было 0,87 МВт·ч/чел. в год). Это республики Ингушетия, Кабардино-Балкария, Чечня, Калмыкия, Дагестан, Северная Осетия, Тыва, Алтай, Карачаево-Черкессия. В 10-ти регионах УПЭ менее 4 МВт·ч/чел. в год. Это республики Адыгея, Крым, Марий Эл, Брянская, Псковская, Ивановская, Тамбовская, Пензенская, Орловская, области, Ставропольский край. В этих 19 регионах, где подушевое электропотребление находится на уровне стран, в которых первоочередной потребностью является удовлетворение базовых потребностей, проживает 19,7 млн чел.

[1] Сюрприз для Греты Тунберг: Россия хочет стать крупнейшим экспортером угля // РИА новости. 03.10.2019 / https://ria.ru/20191003/1559321969.html (дата обращения: 12.05.2020).

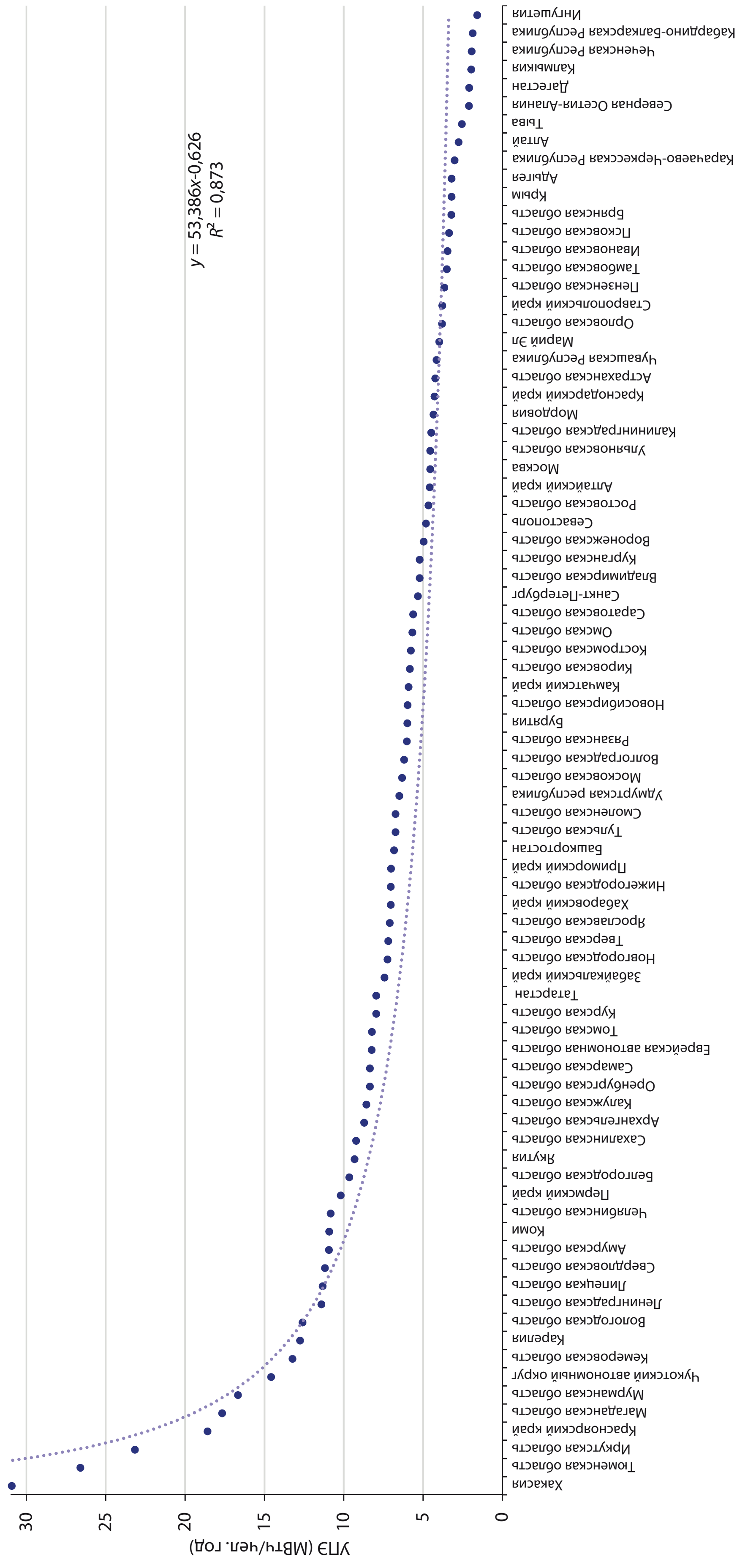


Рис. 5. *Распределение регионов России по УПЭ в 2018 г. (источник: построено автором на основе данных https://www.gks.ru)*

Fig. 5. *Distribution of Russian regions by specific electricity consumption in 2018*

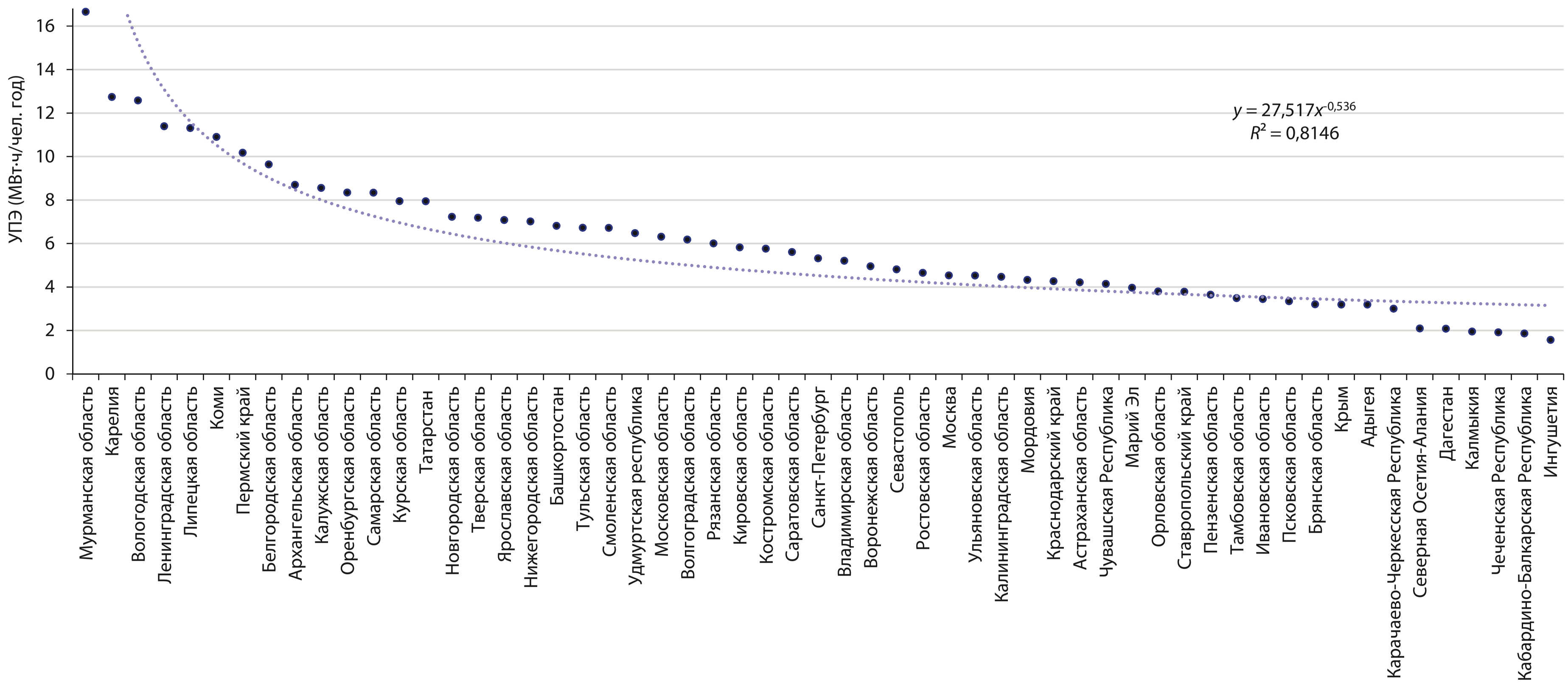


Рис. 6. *Распределение европейских регионов России по УПЭ в 2018 г. (источник: построено автором на основе данных https://www.gks.ru)*
Fig. 6. *Distribution of western regions of Russia by specific electricity consumption in 2018*

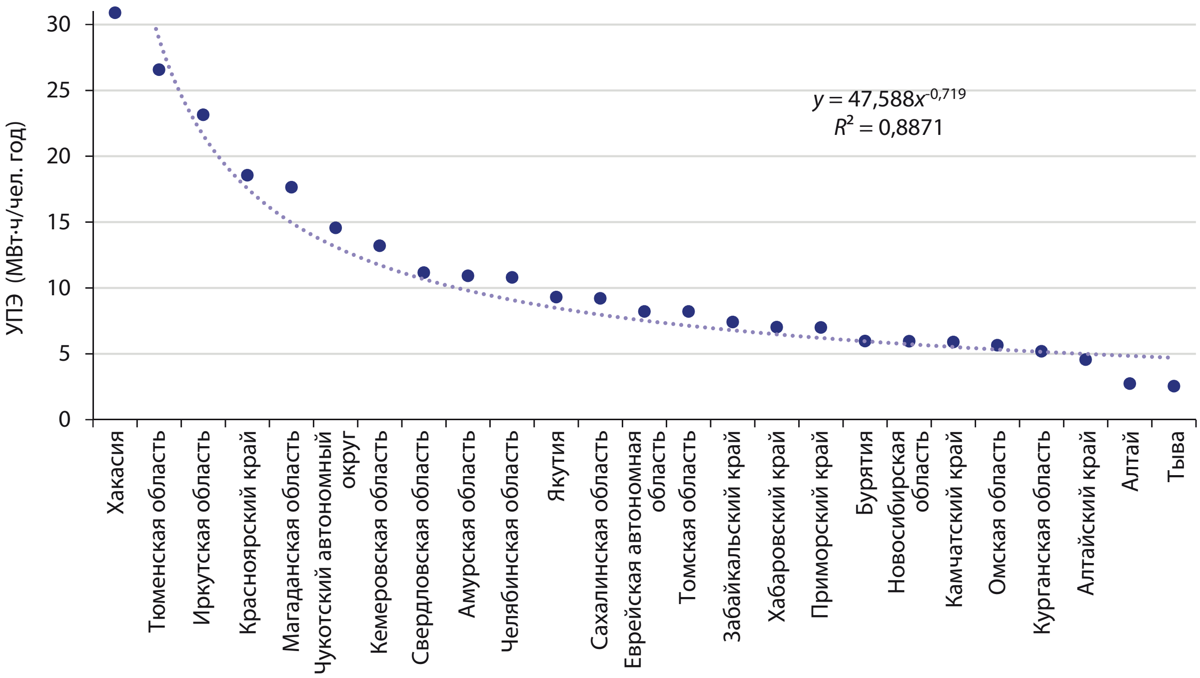


Рис. 7. *Распределение регионов Урала, Сибири и Дальнего Востока по УПЭ в 2018 г. (источник: построено автором на основе данных https://www.gks.ru)*
Fig. 7. *Distribution of Ural, Siberian and Far Eastern regions of Russia by specific electricity consumption in 2018*

Тектология говорит о том, что расхождение элементов системы является процессом необратимым. Разделенные части комплекса впоследствии могут быть вновь объединены между собой; но это никогда не будет простым воссозданием прежнего комплекса (Богданов, 1989). Поэтому наряду с реализацией проектов в регионах с более высоким инвестиционным потенциалом необходимо схождение российских регионов по уровню электровооруженности как показателя возможности повышения производительности труда и предотвращение возможности продолжения снижения структурной устойчивости 1990-х гг., пока не начались необратимые последствия расхождения уровня социально-экономического развития различных территорий страны.

3. Результаты

Планомерная работа над исправлением ситуации, когда в едином экономическом пространстве находятся территории с электропотреблением, как на уровне развитых, так и развивающихся стран, жизненно необходима. В развивающихся странах причиной низкого электропотребления являются ограничения со стороны производства электроэнергии — неразвитость энергосистемы, недостаток мощностей и т. д. В российских регионах с УПЭ менее 4 МВт·ч/чел. в год проблема заключается в другом. Лимитирующим фактором роста электровооруженности их жителей является низкое развитие промышленного и сельскохозяйственного производства, а не технические ограничения в увеличении производства электроэнергии в этих регионах либо ее передачи из соседних.

Проблема находится не на отраслевом уровне — уровне электроэнергетики. Вопрос заключается не в наращивании энергетических мощностей, строительстве новых электростанций и т. д., а в создании перспектив для развития электропотребления путем формирования условий для возникновения новых промышленных предприятий и интенсификации электропотребления на существующих. Решением является не рост инвестиций в электроэнергетику с последующим удорожанием электроэнергии, а противоположная задача — повышение спроса на электроэнергию в регионах с УПЭ менее 4 МВт·ч/чел. в год. Она может быть достигнута в результате целенаправленного роста доступности электроэнергии для повышения инвестиционной привлекательности регионов с низкой электровооруженностью для развития IT сферы, промышленного, сельскохозяйственного производства, интенсификация бизнес-процессов. Снижение цен на электроэнергию необходимо обеспечить не для всех потребителей, а в тех областях, где данная мера приведет к росту электропотребления и, как следствие, к повышению производительности труда. Результатом снижения цен на электроэнергию не должно стать стимулирование энергорасточительности и снижение энергоэффективности. Поэтому потребителями, для которых следует снижать цены на электроэнергию в регионах с низкой электровооруженностью, является промышленное и сельскохозяйственное производство. К ним не относятся ЖКХ и население.

Устранение образующихся дисбалансов социально-экономического развития путем государственного регулирования цен на энергоносители не противоречит основам рыночной экономики. В качестве примера можно привести вмешательство государства в ценообразование на электроэнергию в Великобритании. В этой развитой стане количество смертей от переохлаждения, обусловленных энергетической бедностью домохозяйств, доходит до 27000 чел. в год. Поэтому правительством была разработана и реализована схема субсидирования мероприятий, направленных на повышение эффективности систем отопления частных домовладений и снижение энергетических потерь (The Energy Company Obligation (ECO)) [1].

Обеспечение структурной устойчивости социально-экономического развития регионов не может рассматриваться как отраслевая задача электроэнергетики. Надежда на самоорганизацию электроэнергетики в условиях отсутствия государственного вмешательства бесперспективна. На протяжении по меньшей мере десяти лет электроэнергетика в финансовом отношении процветает, и у энергокомпаний нет стимулов для изменений. В результате фактически запущен энергетический тормоз развития экономики. Энергокомпании оказались намного более организованы в части защиты своих интересов, в отличие от потребителей. Энергетиками было пролоббировано принятие нормативно-правовой базы, гарантирующей приток инвестиций в отрасль, а государство как нормативно-правовой регулятор отношений в обороте электроэнергии и ценовой политике в этих условиях не смогло обеспечить баланс экономических интересов (Кутовой, 2018).

В результате роста электропотребления промышленными, сельскохозяйственными и иными потребителями возникнет синергический эффект. Он проявится в новых рабочих местах, в новых точках роста, в повышении бюджетных доходов всех уровней. Положительным будет его влияние и на электроэнергетику. Помимо увеличения объема производства электроэнергии, снизятся потери в электрических сетях. В таблице 3 для каждого региона с УПЭ менее 4 МВт·ч/чел в год приведены:

— максимально возможный объем дотирования электроэнергии — это текущее электропотребление за вычетом бытового потребления (суммарно это менее 4 % электропотребления в стране);

— ожидаемое снижение сетевых потерь из расчета на 7 % в регионах с УПЭ менее 3 МВт·ч/чел в год и на 5 % в регионах с УПЭ менее 4 МВт·ч/чел — 4,6 млрд кВт·ч/год (~4 % от текущего потерь в электросетевом комплексе страны);

— распределение по регионам ожидаемого прироста электропотребления ~20 млрд кВт·ч/год (~2 % от текущего электропотребления в стране) в результате снижения цен на электроэнергию для новых потребителей небытового сектора.

В этих 19 регионах с низкой электровооруженностью в результате снижения цен на электроэнергию по отношению к рыночному уровню следует обеспечить формирование перспектив для дальнейшего социально-экономического развития. Целью этой меры являются не только создание новых предприятий, но и модернизация технологических линий, цехов, выделенных частей электротехнических комплексов и систем ныне действующих потребителей, замена в них электротехнического оборудования на современное, более совершенное и экономичное. Тем самым дотирование прироста небытового потребления электроэнергии будет интенсифицировать происходящий сегодня переход всех типов производств на новый технологический уровень. Если в настоящее время верхняя граница объема электроэнергии, подлежащей дотированию, равна 38,32 млрд кВт·ч, то мере роста электропотребления в рассматриваемых регионах это значение увеличится до 59 млрд кВт·ч. Время выхода объема дотируемой электроэнергии на это значение будет определяться темпами модернизации существующих производств и становлением новых точек роста и, по-видимому, будет не менее 4–6 лет. Абсолютные значения снижения цен на электроэнергию должны быть определены на основе расчетов, выполненных с учетом региональных особенностей.

Все рассматриваемые регионы являются дотационными. Часть этих дотаций следует направить на снижение цен на электро-

[1] The Energy Company Obligation (ECO) //https://www.ofgem.gov.uk/environmental-programmes/eco (дата обращения: 12.05.2020).

Таблица 3

Ожидаемые изменения электропотребления в регионах с УПЭ менее 4 МВт·ч/чел в год

Table 3

Expected changes in electricity consumption in regions with SEC below 4 MWh/person per year

Регион	Максимально возможный объем дотируемой электроэнергии в настоящее время, млрд кВт·ч	Ожидаемое снижение потерь электроэнергии, млрд кВт·ч	Минимальный прирост потребления электроэнергии, млрд кВт·ч
Марий Эл	2,01	0,14	0,01
Орловская область	2,09	0,15	0,15
Ставропольский край	7,79	0,56	0,61
Пензенская область	3,53	0,27	0,47
Тамбовская область	2,57	0,21	0,53
Ивановская область	2,48	0,20	0,56
Псковская область	1,49	0,13	0,42
Брянская область	2,67	0,24	0,97
Крым	4,19	0,38	1,55
Адыгея	0,99	0,09	0,37
Карачаево-Черкесия	0,93	0,13	0,47
Алтай	0,38	0,06	0,27
Тыва	0,50	0,09	0,47
Северная Осетия	0,76	0,20	1,34
Дагестан	3,31	0,86	5,88
Калмыкия	0,26	0,08	0,56
Чеченская Республика	1,32	0,40	2,99
Кабардино-Балкария	0,75	0,24	1,85
Ингушетия	0,28	0,14	1,19
Итого	38,32	4,60	20,64

Источник: расчеты автора.

энергию для новых небытовых потребителей. Повышение структурной устойчивости национальной экономики в результате снижения дифференциации в электровооруженности регионов и создание перспектив для выравнивания регионального уровня социально-экономического развития является проблемой, которая не может быть решена в рамках одной отрасли, обеспечивающей электропотребление, — электроэнергетики. Это не мезо-, а макроэкономическая задача. Для ее решения требуются управленческие решения, соответствующие управлению экономикой страны как единой системой, не сводящиеся к перераспределению финансовых потоков в пределах одной отрасли.

По сути энергоснабжение по ценам ниже сформировавшихся в рыночных условиях — это инвестирование в повышение производительности труда путем развития потребления электроэнергии. В этой связи стоит вспомнить, что в структуре сметы плана ГОЭЛРО на развитие энергетики в сегодняшнем его понимании — на строительство электростанций и электросетей — предусматривалось 7 % от общей суммы капитальных затрат (на транспорт — 47 %, обрабатывающую индустрию — 29 % и добывающие отрасли — 17 %)[1]. Начиная с первых шагов становления советской энергетики объем финансирования развития сектора потребления кратно превосходил затраты на создание энергосистемы. «Вот основные принципы плана ГОЭЛРО: электрификация всей страны как основа для создания самых передовых производительных сил; планомерное перевооружение всех отраслей народного хозяйства, культуры и быта на основе их электрификации» (Кржижановский, 1920). Без воплощения в жизнь этих принципов, без создания тысяч новых промышленных предприятий — потребителей электроэнергии не только экономическое развитие России, но и само ее существование после 1941 г. было бы невозможным.

В перспективе с целью дальнейшего снижения диспропорций в социально-экономическом регионе является целесообразным расширение дотирования стоимости электроэнергии для новых небытовых потреби-

[1] Гвоздецкий В. Л. План ГОЭЛРО — стратегическая программа социально-экономического и научно-технического развития Советского государства // Общеобразовательный портал «Слово» / URL: http://www.portal-slovo.ru/impressionism/36313.php (дата обращения: 18.04.2020).

телей на регионы, где УПЭ ниже среднего уровня. В настоящее время в западной части — это регионы с УПЭ ниже 6 МВт·ч/чел. в год, в восточной части — ниже 10 МВт·ч/чел. в год. Для Москвы и Санкт-Петербурга следует делать поправку на 30–40 % более низкий УПЭ в столицах. То есть сегодня с учетом этого факта две столицы не относятся к группе регионов с УПЭ ниже среднего уровня.

4. Выводы

Отношение энергопотребления жителей развивающихся и развитых стран сократилось с двадцатикратной до семикратной величины. В XXI в. мировое увеличение потребления энергии в основном происходит в результате роста подушевого энергопотребления в развивающихся странах до уровня развитых стран. Удельное потребление электроэнергии (УПЭ) в развитых странах остается низменным, несмотря на решоринг и развитие новых отраслей экономики. Но при этом исторически сложившееся как минимум пятикратное отношение в подушевом потреблении в различных развитых стран сохраняется.

В России отношение УПЭ регионов увеличилось до двадцатикратной величины, что является отражением накопленных структурных диспропорций социально-экономического развития, ведущих к снижению структурной устойчивости экономики страны — ее способности функционировать при изменении внешних воздействий.

С достоверностью более 80 % описывается ценологическим *H*-распределением не только распределение регионов по объему электропотребления и по подушевому потреблению. В российских регионах как техноценозе происходит миграция населения из северных регионов с высокой электровооруженностью в регионы с относительно низким УПЭ (Москва, Санкт-Петербург, Кубань, СКФО).

Путем обеспечения структурной устойчивости российской экономики является сокращение сегодняшнего разрыва в электровооруженности жителей различных регионов России до уровня, сопоставимого со сформировавшимся пятикратным различием между развитыми странами, а не с десяти- и более кратным различием между развивающимися и развитыми странами. Для этого требуется увеличить УПЭ в регионах-аутсайдерах, где этот показатель менее 4 МВт·ч/чел. в год.

Если энергетическая бедность развивающихся стран обусловлена недостатком энергетических мощностей, то низкое УПЭ российских регионов вызвано низким уровнем развития сектора потребления электроэнергии.

Для этого следует в 19 регионах с УПЭ, характерным для развивающихся стран (менее 4 МВт·ч/чел. в год), повысить доступность электроэнергии для нового небытового потребления электроэнергии. Объем электропотребления, предполагающий дотации, не превышает 4 % от текущего электропотребления в стране. Результатом этого процесса будет появление новых точек роста, интенсификация процессов модернизации в 19 российских регионах, повышение их электропотребления на 20 млрд кВт·ч и снижение сетевых потерь более чем на 4 % от текущих потерь электроэнергии в России.

Список источников

Богданов А. А. Тектология. Всеобщая организационная наука. В 2-х кн. / Редкол. Л. И. Абалкин (отв. ред.) и др. Москва : Экономика, 1989. 1-й т. 304 с., 2-й т. 352 с.

Бушуев В. В. Энергетический потенциал и устойчивое развитие. Москва : ИАЦ «Энергия», 2006. 320 с.

Велихов Е. П. Энергетика в экономике мира XXI века // Труды Московского физико-технического института. 2011. Т. 3, № 4. С. 6–15.

Гнатюк В. И. Закон оптимального построения техноценозов. Москва : ИЗД ТГУ — Центр системных исследований, 2005. 384 с.

Кондратьев В. Б. Решоринг как форма реиндустриализации // Мировая экономика и международные отношения. 2017. Т. 61, № 9. С. 54–65.

Кржижановский Г. М. Основные задачи электрификации России. Харьков : Всеукраинское государственное издательство, 1920. 60 с.

Кудрин Б. И. Классика технических ценозов. Общая и прикладная ценология. Вып. 31. «Ценологические исследования». Томск : ТГУ — Центр системных исследований, 2006. 220 с.

Кудрин Б. И. Электроэффективность. Ежегодный рейтинг российских регионов по электропотреблению за 1990–1999 гг. // Электрика. 2001. № 6. С. 3–12.

Кудрин Б. И. Энергоэффективность. Рейтинг российских регионов по электропотреблению за 1990–2010 гг. // Электрика. 2010. № 8. С. 3–15.

Кузьминов А. Н. Управление устойчивостью региона. Ценологическая модель // Экономика региона. 2009. Т. 7, № 2. С. 28–32.

Кузьминов А. Н. Ценологические особенности моделирования регионального рынка как механизма распределения ресурсов // Экономический вестник Ростовского государственного университета. 2007. Т. 5, № 4 (2). С. 127–131.

Кутовой Г. П. 80 лет. Формула успеха // Региональная энергетика и энергосбережение. 2017. № 5–6. С. 23–26.

Некрасов С. А., *Грачёв И. Д.* Возобновляемая энергетика. Перспективы корректировки развития энергоснабжения в России // Проблемы прогнозирования. 2020. № 1. С. 99–109.

Некрасов С. А., *Шевченко И. С.* Альтернативный подход к определению необходимого производства электроэнергии в Российской Федерации // Энергетика Татарстана. 2011. № 1. С. 50–56.

Некрасов С. А. Перспективы роста потребления электроэнергии в России на основе международного сравнительного анализа // Национальные интересы. Приоритеты и безопасность. 2011. Т. 7, № 44. С. 37–50.

Симонов Н. С. Начало электроэнергетики Российской империи и СССР, как проблема техноценоза. Москва : Инфра-Инженерия, 2017. 640 с.

Фуфаев В. В. Экономические ценозы организаций. Москва; Абакан : Центр системных исследований, 2006. 86 с.

Maza A., *Villaverde J.* The world per capita electricity consumption distribution: Signs of convergence? // Energy Policy. 2008. Vol. 36, No. 11. P. 4255–4261. DOI: doi.org/10.1016/j.enpol.2008.07.036.

What do we know about manufacturing reshoring? / P. Barbieri, F. Ciabuschi, L. Fratocchi, M. Vignoli // J. Global Oper. Strategic Sourcing. 2018. No. 1. P. 79–122. DOI: doi.org/10.1108/JGOSS-02–2017–0004.

Bertoldi P. Are current policies promoting a change in behaviour, conservation and sufficiency? An analysis of existing policies and recommendations for new and effective policies. In ECEEE Summer Study proceedings. Stockholm : ECEEE, 2017. P. 201–211.

Coe N. M., *Yeung H. W.*-C. Global production networks: mapping recent conceptual developments // J. Econ. Geography. 2019. No. 4. P. 775–801. DOI: doi.org/10.1093/jeg/lbz018.

Energy efficiency and the policy mix / J. Rosenow, T. Fawcett, N. Eyre, V. Oikonomou // Building Research & Information. 2016. Vol. 44. P. 562–574.

Shove E. What is wrong with energy efficiency? // Building Research & Information. 2017. No. 46. P. 779–789. DOI: doi.org/10.1080/09613218.2017.1361746.

Tregenna F. Deindustrialisation and Premature Deindustrialization // Elgar Handbook of Alternative Theories of Economic Development / J. Ghosh, R. Kattel, E. Reinert (eds.). 2016. P. 710–728. DOI: doi.org/10.4337/9781782544685 .00046.

Wilk R. Consumption, human needs, and global environmental change // Global Environmental Change. 2002. No. 12. P. 5–13.

References

Barbieri, P., Ciabuschi, F., Fratocchi, L. & Vignoli, M. (2018). What do we know about manufacturing reshoring? *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing, 1,* 79–122. DOI: 10.1108/JGOSS-02–2017–0004

Bertoldi, P. (2017). Are current policies promoting a change in behaviour, conservation and sufficiency? An analysis of existing policies and recommendations for new and effective policies. In: *ECEEE Summer Study proceedings* (p. 201–211). Stockholm: ECEEE.

Bogdanov, A. A. (1989). *Tektologiya. Vseobshchaya organizatsionnaya nauka. V 2-kh knigakh [Tektology: The General Science of Organization. In 2 volumes].* Moscow : Economics, 304, 352. (In Russ.)

Bushuev, V. V. (2006). *Energeticheskiy potentsial i ustoychivoe razvitie [Energy potential and sustainable development].* Moscow: IAC «Energy», 320. (In Russ.)

Coe, N. M. & Yeung, H. W.-Ch. (2019). Global production networks: mapping recent conceptual developments. *Journal of Economic Geography, 19(4),* 775–801. DOI: 10.1093/jeg/lbz018.

Fufaev, V. V. (2006). *Ekonomicheskie tsenozy organizatsiy [Economic cenoses of organizations].* Moscow, Abakan: Center for System Research, 86. (In Russ.)

Gnatyuk, V. I. (2005). *Zakon optimalnogo postroeniya tekhnotsenozov [The law of optimal construction of technocenoses].* M.: TSU, Center for System Research, 384. (In Russ.)

Kondrat'ev, V. B. (2017). Reshoring as a form of reindustrialization. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya [World Economy and International Relations], 61(9),* 54–65. (In Russ.)

Krzhizhanovsky, G. (1920). *Osnovnye zadachi elektrifikatsii Rossii [The main tasks of electrification of Russia].* Kharkov: All-Ukrainian State Publishing House, 60. (In Russ.)

Kudrin, B. I. (2001). Electricity: The annual rating of Russian regions by electricity consumption for 1990–1999. *Elektrika, 6,* 3–12. (In Russ.)

Kudrin, B. I. (2006). *Klassika tekhnicheskikh tsenozov. Obshchaya i prikladnaya tsenologiya. Vyp. 31. «Tsenologicheskie issledovaniya [Classic technical cenoses. General and applied cenology, 31, «Cenological studies»].* Tomsk: TSU, Center for System Research, 220. (In Russ.)

Kudrin, B. I. (2010). Energy efficiency: Rating of Russian regions by electricity consumption for 1990–2010. *Elektrika, 8,* 3–15. (In Russ.)

Kutovoy, G. P. (2017). 80 years old: a formula for success. *Regionalnaya energetika i energosberezhenie [Regional Energy and Energy Saving], 5–6,* 23–26. (In Russ.)

Kuzminov, A. N. (2007). Cenological features of regional market modeling as a resource allocation mechanism. *Ekonomicheskiy vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta [Economic Herald of Rostov State University], 5(4–2),* 127–131. (In Russ.)

Kuzminov, A. N. (2009). Cenological model of the region resistance management. *Ekonomika region [Economy of region], 7(2),* 28–32. (In Russ.)

Maza, A. & Villaverde, J. (2008). The world per capita electricity consumption distribution: Signs of convergence? *Energy policy, 36(11),* 4255–4261. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.07.036.

Nekrasov, S. A. & Grachev, I. D. (2020). Renewable energy: prospects for energy development correction in Russia. *Problemy prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development], 1,* 99–109. (In Russ.)

Nekrasov, S. A. & Shevchenko, I. S. (2011). An alternative approach to determining the required electricity generation in the Russian Federation. *Energetika Tatarstana [Energy of Tatarstan], 1,* 50–56. (In Russ.)

Nekrasov, S. A. (2011). Prospects of growth of electricity consumption in Russia on the basis of international comparative analysis. *Natsionalnye interesy. Prioritety i bezopasnost [National interests: priorities and security], 7(44),* 37–50. (In Russ.)

Rosenow, J., Fawcett, T., Eyre, N. & Oikonomou, V. (2016). Energy efficiency and the policy mix. *Building Research & Information, 44,* 562–574.

Shove, E. (2017). What is wrong with energy efficiency? *Building Research & Information, 46,* 779–789. DOI: 10.1080/09613218.2017.1361746.

Simonov, N. S. (2017). *Nachalo elektroenergetiki Rossiyskoy imperii i SSSR, kak problema tekhnotsenoza [The beginning of the electric power industry of the Russian Empire and the USSR as a problem of technocenosis].* Moscow: Infra-Engineering, 640. (In Russ.)

Tregenna, F. (2016). Deindustrialization and Premature Deindustrialization. In: *J. Ghosh, R. Kattel, E. Reinert (Eds.), Handbook of Alternative Theories of Economic Development* (pp. 710–728). Edward Elgar Publishing. DOI: 10.4337/9781782544685.00046

Velikhov, E. P. (2011). Energy in the economy of the world of the XXI century. *Trudy Moskovskogo fiziko-tekhnicheskogo institute [Proceedings of Moscow Institute of Physics and Technology], 3(4),* 6–15. (In Russ.)

Wilk, R. (2002). Consumption, human needs, and global environmental change. *Global Environmental Change, 12,* 5–13.

Информация об авторе

Некрасов Сергей Александрович — доктор экономических наук, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ЦЭМИ РАН; Scopus Author ID: AAC-6526-2020; https://orcid.org/0000-0002-7649-0515 (Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, д. 47; e-mail: San693@mail.ru).

About the author

Sergey A. Nekrasov — Doctor of Sciences (Econ.), Cand. Sci. (Eng.), Leading Research Associate, Leading Economic Mathematical Institute of RAS; Scopus Author ID: AAC-6526-2020; https://orcid.org/0000-0002-7649-0515 (47, Nakhimovskiy Ave., Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: San693@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 29.06.2020.
Прошла рецензирование: 17.09.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 26 Jun 2020.
Reviewed: 17 Sep 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-16
УДК 620.9:338

О. В. Мазурова [а)]***, Е. В. Гальперова*** [б)]***, В. И. Локтионов*** [в)]
[а, б, в)] Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск, Российская Федерация
[а)] https://orcid.org/0000-0002-8912-0070, e-mail: ol.mazurova@yandex.ru
[б)] https://orcid.org/0000-0001-6749-8630
[в)] https://orcid.org/0000-0001-8478-3222

Перспективная оценка спроса на электроэнергию в РФ и регионах с учетом углубленной электрификации[1]

Расширение электрификации всех сфер деятельности признано одним из ключевых приоритетов в мире и нашло отражение в Энергетической стратегии России. Целью настоящего исследования является перспективная оценка спроса на электроэнергию в стране при реализации возможных направлений электрификации в секторах экономики. В статье представлены поэтапная схема и краткое описание моделей методического подхода к долгосрочной оценке спроса на энергоносители, который позволяет учесть влияние сложных взаимосвязей в социальной, экономической и технологической политике. Особенностью подхода является акцент исследований на уровне регионов, где происходит согласование интересов производителей и потребителей энергии. Приводится анализ современного состояния и перспективных направлений использования электроэнергии в разных секторах экономики РФ и ее регионах с использованием новых статистических данных и прогнозов. Показано, что секторальная и территориальная структура электропотребления отличаются стабильностью, наблюдаются снижение и сближение значений электроемкости ВРП регионов, а электропотребление регионов различается из-за существенных особенностей в отраслевой специализации и уровне жизни населения. Наибольшее электропотребление приходится на развитые регионы (Центральный ФО), либо регионы с большой долей электроемких производств (Сибирский ФО). В соответствии с принятым сценарием развития экономики и расширением электрификации на период 2025–2040 гг., можно ожидать, что спрос на электроэнергию в регионах будет увеличиваться со среднегодовыми темпами прироста 1,4–1,8 %. Наибольшие темпы прироста электропотребления ожидаются в Сибирском ФО и Дальневосточном ФО, они обусловлены ускоренным развитием этих территорий. Прогноз динамики электроемкости ВВП России демонстрирует соответствие глобальным тенденциям. Полученные результаты могут использоваться в качестве ориентира при разработке программ и стратегий развития экономики и энергетики страны и регионов.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс, энергоемкость, экономический рост, модель экономики, модель энергетики, социально-экономическое развитие, прогнозирование, спрос на электроэнергию, электрификация, энергопотребление, энергоэффективность

Благодарность

Исследование выполнено в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2021-0003 рег. номер АААА-А21-121012090014-5) программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030 гг. и при частичной финансовой поддержке РФФИ научных проектов № 18-010-00176 и № 20-010-00204.

Для цитирования: Мазурова О. В., Гальперова Е. В., Локтионов В. И. Перспективная оценка спроса на электроэнергию в РФ и регионах с учетом углубленной электрификации // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 528-541. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-16.

RESEARCH ARTICLE

Olga V. Mazurova [a], Elena V. Galperova [b], Vadim I. Loktionov [c]
[a, b, c] Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of RAS, Irkutsk, Russian Federation
[a] https://orcid.org/0000-0002-8912-0070, e-mail: ol.mazurova@yandex.ru
[b] https://orcid.org/0000-0001-6749-8630
[c] https://orcid.org/0000-0001-8478-3222

Forecasting Electricity Demand in the Russian Federation and Its Regions Taking Into Account Electrification Expansion

A global priority of electrification expansion in all areas is also stated in the Energy Strategy of the Russian Federation. The study aims to forecast electricity demand in Russia taking into account possible electrification options in economic sectors. The article presents a multi-stage procedure and a concise review of methodological approaches to the long-term assessment of electricity demand, which considers the impact of complex interrelationships in social, economic and technological policies. In particular, this approach focuses on the regional level, where the interests of energy producers and consumers are reconciled. The current and promising directions of electricity use in Russian regions and economic sectors were analysed based on various statistics and forecasts. The conducted analysis demonstrated the stability of sectoral and territorial energy consumption patterns, as well as a decrease and convergence of values of gross regional product (GRP) energy intensity. Energy consumption of regions varies due to significant differences in industrial specialisation and living standards of the population. The highest energy consumption is observed in developed regions (Central Federal District) or regions with a large share of energy-intensive industries (Siberian Federal District). According to the accepted economic development and electrification expansion strategies for the period 2025–2040, on average, electricity demand in Russian regions is expected to increase by 1.4–1.8 % annually. It is anticipated that the Siberian and Far Eastern Federal Districts will show the highest growth rates of energy consumption due to the accelerated development of these territories. Predicted dynamics of the gross domestic product (GDP) energy intensity in Russia confirms its compliance with global trends. The research findings may prove useful in creating programmes and development strategies for the country and its regions.

Keywords: energy sector, energy intensity, economic growth, economic model, energy model, social and economic development, forecasts, electricity demand, electrification, energy consumption, energy efficiency

Acknowledgments

The article has been prepared in the framework of the State Assignment Project (No. FWEU-2021-0003 Reg. No. AAAA-A21-121012090014-5) of the Fundamental Research Program of the Russian Federation 2021-2030; it was also partially financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (the projects No. 18-010-00176 and No. 20-010-00204).

For citation: Mazurova, O. V., Galperova, E. V. & Loktionov, V. I. (2022). Forecasting Electricity Demand in the Russian Federation and Its Regions Taking Into Account Electrification Expansion. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 528-541, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-16.

Введение

Использование электроэнергии является неотъемлемой составляющей экономической и повседневной жизни, а ее место и значение растут с развитием технологий и повышением уровня жизни населения. Технический прогресс и рост благосостояния меняют производственную структуру отраслей и потребительские привычки населения в сторону более широкого использования электроэнергии (Энергетика России..., 2016).

Электрификация — это долгосрочный тренд во всех странах мира, представляющий собой переход на более эффективный и универсальный энергоноситель в разных секторах потребления.

В последние десятилетия спрос на электроэнергию опережает другие виды энергоносителей. За период 1990—2018 гг. потребление электроэнергии в мире увеличилось более чем в 1,8 раза[1] за счет активной электрификации всех секторов экономики, развития информационно-коммуникационных технологий, увеличения парка портативных электронных устройств, электромобилей и др. (Инновационная электроэнергетика — 21, 2017). Анализ российских и зарубежных прогнозов[2]

[1] International Energy Outlook 2019 (IEA). URL: https://www.eia.gov/outlooks/ieo/ (дата обращения: 2.06.2020).

[2] World Energy Outlook / International Energy Agency. Paris: OECD/IEA, 2017

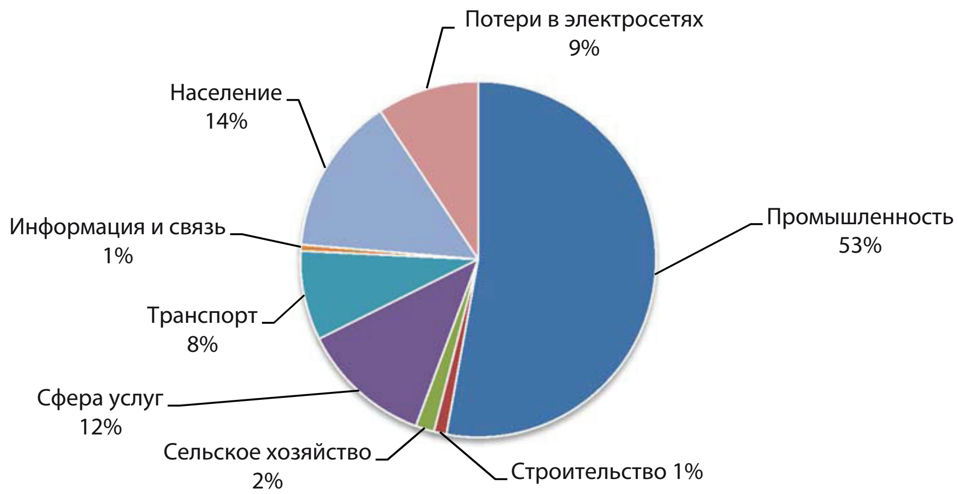


Рис. 1. *Структура электропотребления в России в 2018 г. (источник: построено авторами по данным Росстата)*
Fig. 1. *Energy consumption pattern in Russia, 2018*

(Прогноз развития энергетики мира и России, 2019) показывает, что в перспективе к 2040—2050 гг. спрос на электроэнергию в мире может возрасти вдвое, в частности за счет появления новых направлений.

Вопросам исследования и прогнозирования спроса на электроэнергию уделяется достаточно большое внимание в нашей стране и за рубежом. Например, Министерство энергетики США ежегодно разрабатывает прогнозы развития энергетики на долгосрочную перспективу, где особое внимание уделяется прогнозной оценке спроса на энергоносители, в т. ч. электроэнергии[1].

Целью представленного исследования являются анализ перспективных направлений использования электроэнергии в разных секторах экономики и оценка спроса на электроэнергию в РФ и ее регионах с учетом углубленной электрификации на перспективу до 2040 г.

Использование электроэнергии в разных секторах экономики РФ

За период 2000—2019 гг. потребление электроэнергии в России увеличилось почти на 25 % и составило в 2019 г. 1075 млрд кВт·ч. Динамика электропотребления тесно связана с экономической ситуацией в стране. Как показывают данные таблицы 1, темпы прироста спроса на электроэнергию растут с повышением экономической активности и снижаются при появлении кризисных явлений. Потребление электроэнергии на единицу ВВП (электроемкость ВВП) в России снизилось более, чем на 30 % и составило 0,25 кВт·ч/долл.

Таблица 1

Динамика среднегодовых темпов изменения электропотребления и ВВП в России за 2000—2019 гг., %

Table 1

Dynamics of the average annual change in electricity consumption and GDP in Russia for 2000–2019, %

Показатель	Темп прироста			
	2000–2005	2006–2010	2011–2015	2016–2019
ВВП	11,1	11,5	3,8	5,2
Потребление электроэнергии	1,6	1,7	0,3	0,9

Источники: Данные Росстата (Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: Стат. сб. / Росстат. М., 2019. 1204 с.; Электробаланс РФ. URL: http://old.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial/# (дата обращения 26.05.2020)) и расчеты авторов.

(по ППС). Это явилось результатом структурных изменений в сторону снижения доли электроемких видов экономической деятельности и расширения применения энергосберегающих технологий.

Структура электропотребления в стране отличается стабильностью. За последние 10 лет доля промышленности несколько снизилась (с 56 % в 2008 г. до 53 % к 2018 г.) в основном за счет увеличения удельного веса сектора услуг и домашних хозяйств (рис. 1).

Электропотребление в промышленности РФ практически не изменилось за период 2008—2018 гг., прирост составил чуть более 3 %. Это связано, в частности, с низкими темпами производства и недостаточным уровнем электрификации в обрабатывающих отраслях промышленности (машиностроении, химическом комплексе, производстве стройматериалов и др.) (Мазурова, 2017). В перспективе можно ожидать расширения спектра направ-

[1] Annual Energy Outlook 2020. URL: https://www.eia.gov/outlooks/aeo/ (дата обращения: 12.01.2021).

лений использования электроэнергии за счет развития интеллектуальных технологий, электроники, робототехники, нанотехнологий и т. д. (Энергетика России: постстратегический взгляд…, 2016).

В сельском хозяйстве неуклонно повышается уровень электропотребления, обусловленный оснащением предприятий электрическими двигателями, автоматическими устройствами. За последнее десятилетие потребление электроэнергии в сельском хозяйстве РФ увеличилось с 15,5 млрд кВт·ч в 2008 г. до 18,8 млрд кВт·в 2018 г., то есть на 21 %. В будущем благодаря автоматизации технологических процессов будет расширяться электрификация теплично-парникового производства, растениеводства, переработки сельскохозяйственной продукции и т. п.

На долю транспорта в 2018 г. приходилось 8,1 % суммарного электропотребления или 90,0 млрд кВт·ч. При этом почти 60 % расходуется на железнодорожном и городском электротранспорте.

В последние годы все большее распространение в мире получает перевод автомобильного транспорта на электрическую энергию (Mengnuo, 2018; Figenbaum, 2018). Электрификация транспорта охватывает легковые автомобили, автобусы, спецтехнику, а также гибридные транспортные средства (Hove, 2019; Gong, 2013). В 2019 г. общее количество электромобилей в мире достигло 8 млн ед. В соответствии с прогнозом Международного энергетического агентства (МЭА)[1], количество электромобилей в мире будет возрастать примерно на 50 % в год и составит к 2025 г. 30 млн ед.

Развитие рынка электромобилей в России и ее регионах будет способствовать решению проблемы вредных выбросов и чистоты окружающей среды, особенно в крупных городах.

Особую роль электроэнергия играет в повышении комфортных условий жизни людей. За период 2008—2018 гг. электропотребление населением РФ увеличилось на 36 %. Электрификация быта повышает уровень автоматизации процессов ведения хозяйства и улучшает санитарно-гигиенические условия в жилищах. В перспективе потребность в электроэнергии в домашних хозяйствах будет формироваться под влиянием разнонаправленных факторов:

— увеличение спроса на электроэнергию за счет повышения уровня жизни населения (в том числе расширения малоэтажного индивидуального строительства), размеров освещаемой площади и количества разного вида приборов;

— снижение потребления электроэнергии в результате широкого распространения энергосберегающих технологий, новых модификаций приборов с пониженным энергопотреблением, системы «умный дом» и др.

Экономическое развитие регионов РФ и электропотребление

Регионы России существенно отличаются друг от друга по экономическим, демографическим, природным, климатическим и др. характеристикам. Неоднородность регионального развития обусловлена в основном исторически сложившимся территориально-производственным разделением труда (табл. 2). Происходившие в последние десятилетия экономико-политические трансформации не внесли значительного изменения в это разделение.

В 2018 г. на долю Центрального, Северо-Западного, Приволжского и Уральского федеральных округов приходилось около 75 % ВРП и почти 80 % суммарных инвестиций в основной капитал. Существующие социально-экономические различия территорий определяют структуру территориального электропотребления. В 2018 г. в России четыре федеральных округа имели примерно равные доли: Центральный, Приволжский, Уральский и Сибирский, и в сумме на них приходилось 75 % объема использования электроэнергии (рис. 2).

Центральный федеральный округ с самой высокой численностью населения (26,8 %) и наибольшим вкладом в формирование ВВП страны (34,9 %) занимает первую строчку в структуре электропотребления страны (20,5 %). На втором месте Сибирский ФО. Высокая его позиция определяется, прежде всего, доминированием в структуре экономики промышленных производств с электроемкими видами продукции (в основном, это металлургия). В сравнении с Центральным ФО доля Сибирского ФО по численности населения меньше в 2,3 раза, а по ВВП — в 3,3 раза (табл. 3).

За период 2000–2017 гг. наблюдается очевидное снижение и сближение значений электроемкости ВРП регионов (рис. 3). Это является результатом изменений в производственной

[1] World Energy Outlook / International Energy Agency. Paris: OECD/IEA, 2017

Таблица 2

Основные социально-экономические показатели регионов в 2018 г.

Table 2

The main socio-economic indicators of regions, 2018

Федеральный округ	Численность населения, млн чел.	Душевой ВРП*, тыс. руб/чел.	Душевые доходы, тыс. руб/чел. в месяц	Обеспеченность жилой площадью, $м^2$/чел.	Инвестиции в основной капитал, млрд руб.
Центральный	39,4	666,4	43,7	27,0	4872,6
Северо-Западный	14,0	588,5	36,2	27,5	2088,9
Южный	16,5	326,2	28,5	24,7	1406,3
Северо-Кавказский	9,9	190,3	23,3	21,5	550,9
Приволжский	29,4	372,7	26,7	26,7	2467,8
Уральский	12,4	864,5	35,0	25,4	2931,3
Сибирский	17,2	401,8	25,6	24,6	1574,2
Дальневосточный	8,2	628,2	35,5	23,4	1394,5
РФ	146,8	707,5	33,2	25,8	15 711,5

Источники: данные Росстата.
Примечание: * 2017 г.

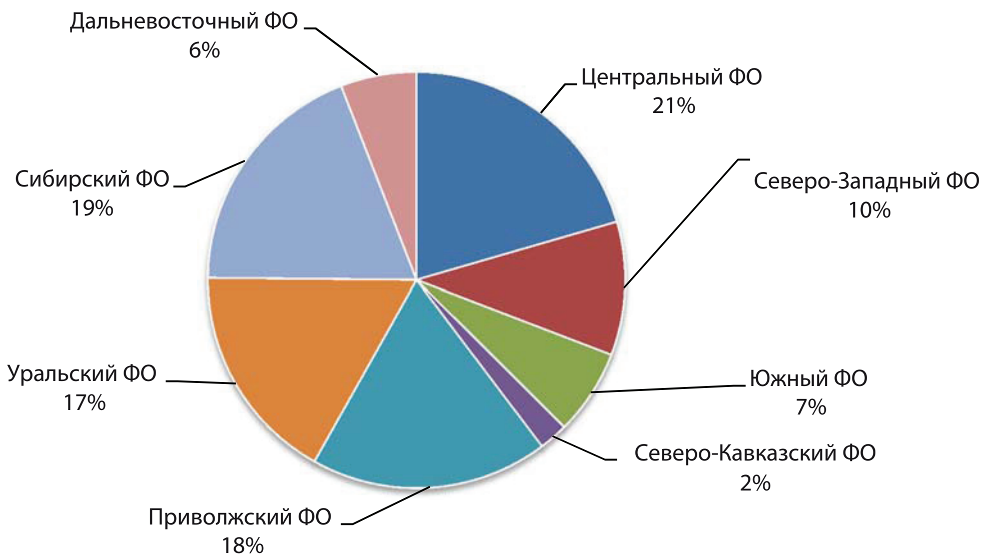


Рис. 2. *Региональная структура электропотребления в России (по федеральным округам) в 2018 г. (источник: построено авторами по данным Росстата)*

Fig. 2. *Regional energy consumption pattern in Russia, 2018*

Таблица 3

Доля регионов в отдельных общероссийских показателях в 2018 г., %

Table 3

The share of regions in some all-Russian indicators, 2018, %

Федеральный округ	Доля в численности населения	Доля в ВРП*	Доля в электропотреблении
Центральный	26,8	34,9	20,5
Северо-Западный	9,5	10,9	10,3
Южный	11,2	7,2	6,6
Северо-Кавказский	6,7	2,5	2,3
Приволжский	20,0	14,7	18,4
Уральский	8,4	14,3	17,0
Сибирский	11,7	10,4	19,0
Дальневосточный	5,6	5,2	5,9
РФ	100	100	100

Источники: данные Росстата.
Примечание: * 2017 г.

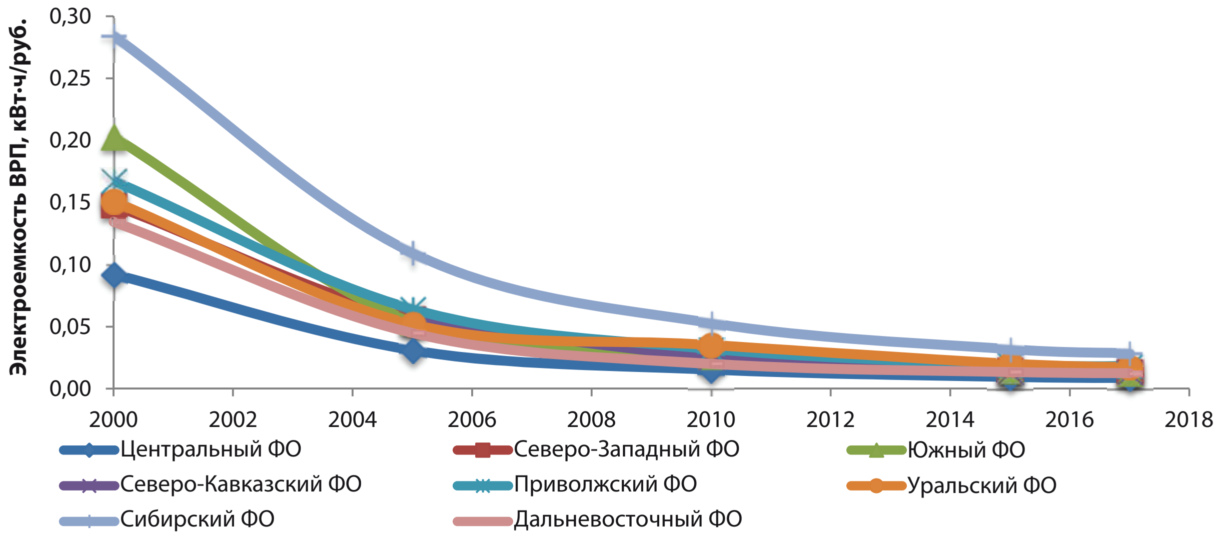


Рис. 3. *Динамика электроемкости ВРП по федеральным округам РФ (период 2000–2017 гг.) (источники: данные Росстата и расчеты авторов)*

Fig. 3. *Dynamics of GRP energy intensity by federal districts of the Russian Federation, 2000–2017*

и территориальной структуре, а также мерами, направленными на энергосбережение.

За период 2008–2018 гг. темпы роста электропотребления в целом по РФ были 0,8 %, в разрезе федеральных округов они составили: в Центральном округе — 1,07 %, в Северо-Западном — 1,05 %, в Южном — 2,04 %, в Северо-Кавказском — 0,47 %, в Приволжском — 0,69 %, в Уральском — 0,58 %, в Сибирском — 0,06 %, в Дальневосточном — 1,87 %. Максимальные темпы прироста электропотребления в Южном и Дальневосточном федеральных округах обоснованы, в первую очередь, изменением состава субъектов, входящих в округа: в Южном ФО — вхождением в его состав Республики Крым, а в Дальневосточном — присоединением Республики Бурятия и Забайкальского края. Самые низкие темпы прироста электропотребления в Сибирском федеральном округе, они объясняются снижением спроса на продукцию металлургии (алюминия, стали) на мировом рынке, низким уровнем жизни населения (по уровню душевых доходов населения округ занимает предпоследнее место), а также изменениями в составе субъектов, входящих в округ.

Душевое электропотребление различается по территориям в основном из-за существенных особенностей в отраслевой специализации и уровне жизни населения (рис. 4). В Уральском ФО и Сибирском ФО наблюдается самый высокий уровень потребления электроэнергии в расчете на одного жителя за счет высокой доли электроемких производств в региональной структуре.

Существующие подходы и методы исследования

Для прогнозных исследований спроса на энергоносители применяются различные методы и модели (см. подробнее (Обоснование развития ..., 2015)):

— метод экспертных оценок *(Delphi method)* базируется на профессиональном, практическом и научном опыте одного или группы специалистов;

— метод анализа долгосрочных тенденций позволяет выявить наиболее устойчивые закономерности и тенденции в результате исследования ретроспективных показателей энергопотребления с целью их последующей экстраполяции на перспективу;

— метод межстрановых сравнений и аналогий используется для прогнозирования динамики энергоемкости (электроемкости) валового внутреннего продукта и отдельных отраслей экономики, душевого энергопотребления (электропотребления) и других показателей на основе общих закономерностей и схожих тенденций в различных странах мира;

— метод «затраты — выпуск» (*Input-output analysis*) опирается на межотраслевой баланс В. В. Леонтьева и используется для исследования межотраслевых взаимосвязей экономики и энергетики (Шапот, 2018);

— методы имитационного и оптимизационного моделирования применяются для построения моделей на основе предварительного изучения объекта и процессов, выделения их существенных признаков и характеристик (Рассел, 2006; Сидоренко, 2008).

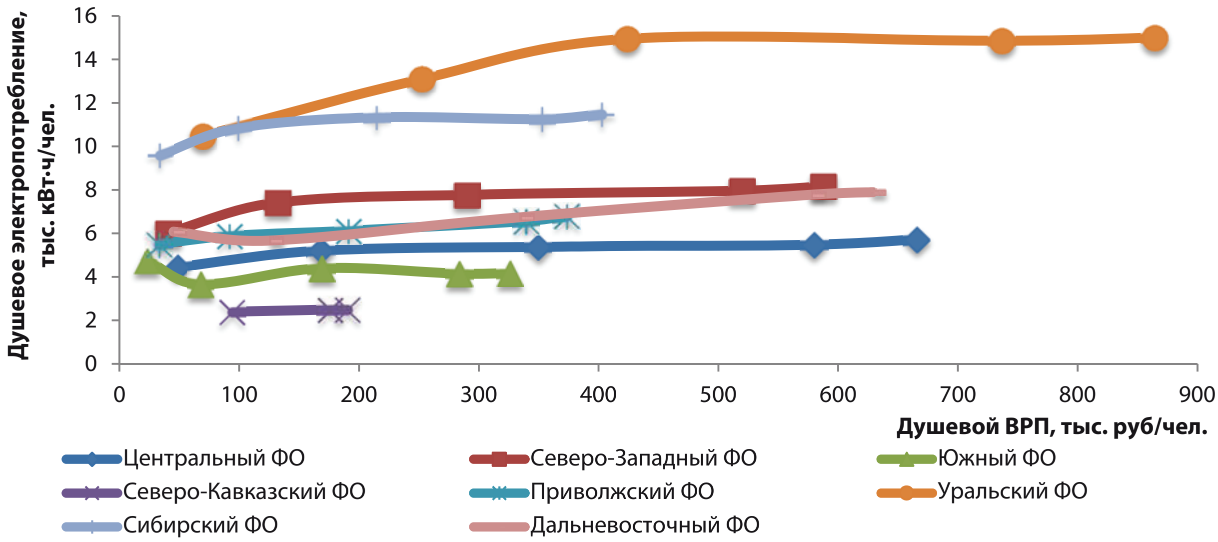


Рис. 4. *Взаимосвязь душевого потребления электроэнергии и душевого ВРП по федеральным округам РФ, 2000–2017 гг. (источники: данные Росстата и расчеты авторов)*

Fig. 4. *The relationship between per capita energy consumption and per capita GRP by federal districts of the Russian Federation, 2000–2017*

Основным методическим инструментарием прогнозных исследований спроса на энергоносители являются регрессионные, имитационные, балансовые, оптимизационные модели, часто интегрированные в единый вычислительный комплекс с моделями развития энергетики (Малахов, 2009; Кононов, 2018). Наиболее известными модельно-информационными комплексами являются комплексы европейских стран Market allocation model (Bhattacharyya, 2010), Price-Induced Market Equilibrium System (Mantzos, 1999), США (National Energy Modeling System[1]), России (Super Complex For Active Navigation in Energy Research[2]) и др. (Messner, 1984; Schlenzig, 1996).

Методология прогнозирования спроса на энергоносители развивается в направлении все более полного учета факторов и взаимосвязей, влияющих на ее динамику. Необходимость дальнейшего развития методологии вызвана новыми приоритетами энергетической политики и меняющимися экономическими условиями. Это, в первую очередь, связано с ускорением научно-технического прогресса, цифровизацией и электрификацией всех секторов экономики, усилением влияния ценовой политики, ростом неопределенности будущих условий и т. д. (Кононов, 2020; Mansour, 2018). Очевидно, что объективная неоднозначность и изменчивость факторов, влияющих на масштабы и структуру производства и потребления энергоресурсов, потребуют серьезного развития методов их оценки.

Методический подход и краткое описание моделей

В ИСЭМ СО РАН[3] разработаны и постоянно совершенствуются методический подход и инструментарий в виде комплекса моделей для многофакторных исследований перспективной динамики спроса на энергоносители в условиях растущей неопределенности развития и энергоснабжения страны и ее регионов (Системные исследования..., 2010). Подход базируется на увязке задачи прогнозирования спроса на энергоносители с исследованиями развития экономики, энергетики и ценообразованием в ТЭК. Особенностью подхода является перенесение акцента исследований с уровня страны на уровень регионов, где происходит согласование интересов производителей и потребителей энергии (Гальперова, 2016).

В рамках данного подхода выделяются два уровня прогноза. На верхнем уровне оценивается динамика спроса на электроэнергию в стране в целом на основе сценариев экономического развития страны. На нижнем уровне формируется динамика спроса на электроэнергию в территориальном разрезе. Для нее в качестве отправной точки используются сценарии развития экономики и полученные оценки

[1] The National Energy Modeling Systems. An Overview. Energy Information Administration. Washington, DC, 2009. URL: http://www.eia.gov/forecasts/aeo/nems/overview/pdf/0581 %282009 %29.pdf (дата обращения 21.05.2020).

[2] SCANER. Модельно-информационный комплекс / ред. А.А. Макаров. М.: ИНЭИ РАН, 2011. 72 с.

[3] Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (ИСЭМ СО РАН).

электропотребления на уровне страны. Очевидно, что экономическая и политическая ситуация в стране оказывает существенное влияние на перспективы развития ее отдельных территорий. Неоднородность в экономическом развитии регионов страны, неравномерность в обеспеченности собственными энергоресурсами и возможностями их дополнительных поставок обуславливают существенные различия в конъюнктуре на региональных энергетических рынках, способные не только скорректировать полученную региональную структуру спроса на электроэнергию, но и повлиять на перспективные уровни ее использования по стране в целом (Методы и модели..., 2009). Дополнительно при долгосрочном прогнозировании следует учитывать влияние поведения активных потребителей на спрос на электроэнергию в региональной энергосистеме (Gal'perova, 2018).

Методический подход реализован в виде модельного комплекса и включает в себя межотраслевую модель экономики, модели конечного спроса на энергию, модели энергоснабжения крупных потребителей. На рисунке 5 представлена принципиальная схема методического подхода и используемые для ее реализации математические модели (1–6):

(1) Макроэкономическая модель построена на принципах межотраслевого баланса. Она описывает производственные связи между 25 видами экономической деятельности, включая отрасли промышленности, транспорта, сельского хозяйства, а также инвестиционные и экспортно-импортные связи (Методы и модели..., 2009). В макроэкономической модели основным критерием оценки является максимум конечного потребления товаров и услуг за период:

$$\sum_i \sum_j Y_i(t)\delta_i(t) \to \max, \tag{1}$$

где $Y_i(t)$ — потребление продукции i в году t; $\delta_i(t)$ — норматив дисконта.

(2) Модель прогнозирования конечного спроса на электроэнергию состоит из нескольких блоков (Обоснование развития..., 2015), в которых оценивается потребность в электроэнергии отдельных отраслей экономики методом прямого счета:

$$E_i(t) = \sum_j e_{ij}(t) X_i(t), \tag{2}$$

где $E_i(t)$ — объем потребления энергоресурса i в году t; e_{ij} — динамика удельных расходов энергоресурса j для отрасли i; $X_i(t)$ — валовая продукция отрасли i в году t.

(3) Имитационная модель прогнозирования спроса на электроэнергию в непроизводственной сфере разработана для оценки спроса на электроэнергию в домашних хозяйствах и секторе услуг. В общем случае потребность в электроэнергии этих секторов определяется:

$$E(t) = Ч(t)[f(t)(e_{от}(t)k + e_{осв}(t)) + \sum_i n_i N_i h_i], \tag{3}$$

где $E(t)$ — потребность в электроэнергии; $Ч(t)$ — численность населения в году; $f(t)$ — обеспеченность населения площадью жилых или общественных зданий; $e_{от}(t)$ — удельный расход электроэнергии на отопление; k — доля площади зданий с электрообогревом; $e_{осв}(t)$ — удельный расход электроэнергии на освещение; n_i — обеспеченность прибором или оборудованием вида i; N_i — средняя мощность прибора или оборудования; h_i — среднее число часов использования прибора или оборудования.

(4) Модель регионального спроса на электроэнергию используется для оценки динамики электропотребления в территориальном разрезе. Первоначально предполагается, что социально-экономическое развитие отдельных регионов осуществляется в соответствии с общими направлениями экономического развития страны, а динамика электропотребления на единицу ВВП и душу населения одинакова, как для страны в целом, так и для региона. Эта динамика далее корректируется с учетом специфических особенностей территориального развития, которые могут ее изменить (Гальперова, 2016).

(5) Комплекс имитационных стохастических моделей энергоснабжения разных групп потребителей энергии предназначен для долгосрочного прогнозирования конъюнктуры на региональных энергетических рынках (Кононов, 2011). Новизной моделей является комбинация методов оптимизации и техники Монте-Карло, которая позволяет определить наиболее эффективный вариант энергоснабжения данной группы потребителей энергии в регионе с учетом конкуренции разных видов топлива и электроэнергии и характера неопределенности будущих условий. Критерием оценки в моделях является минимизация средней цены производства продукции в регионе в условиях ее самоокупаемости:

$$F = \sum_i \sum_e R_{eij} X_{eij} \to \min, \tag{4}$$

где X_{eij} — объемы производства продукции i с использованием энергоносителя e на установке j.

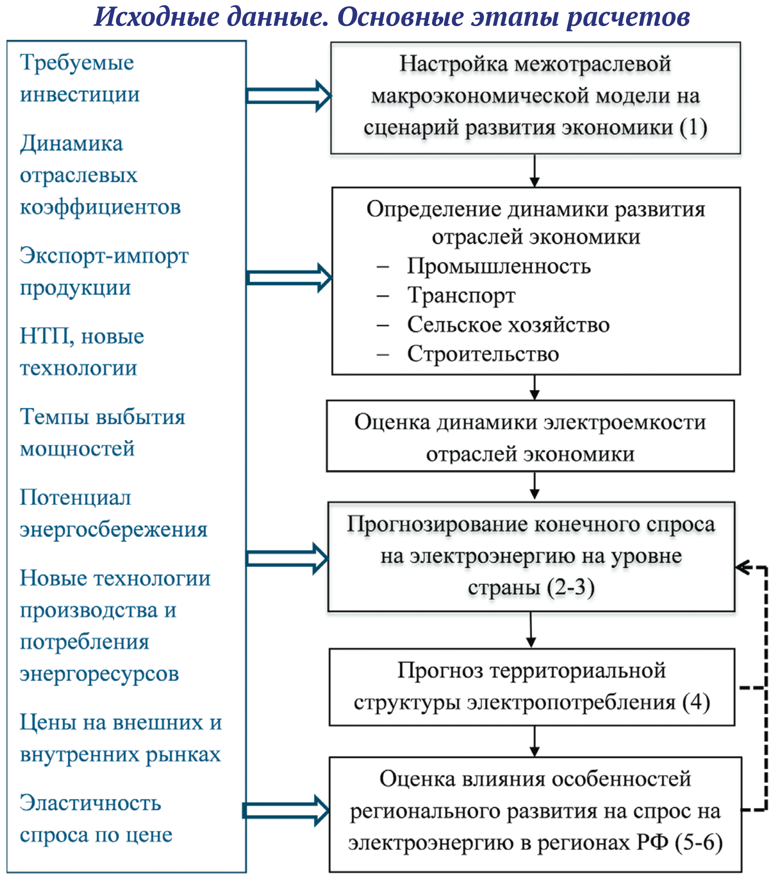


Рис. 5. *Поэтапная схема прогнозирования спроса на электроэнергию в РФ и используемые модели (1–6) (источник: составлено авторами)*

Fig. 5. *A multi-stage procedure for forecasting electricity demand in the Russian Federation using models 1–6*

$$R = \sigma_1\left(c_{ei}b_{eij} + u_{eij}\right) + \sigma_2\sigma k_{ei} / h_{eij}, \qquad (5)$$

где R_{eij} — стоимость продукции i, произведенной на топливе e, руб/ед. прод., на установке j; c_{ei} — стоимость энергоносителя e для потребителя i, руб/т у. т.; b_{eij} — расход энергии e на производство продукции i на оборудовании j т у. т/ед. прод.; k_{eij} — капиталоемкость производства продукции i на энергоносителе e на оборудовании j, руб/ед. мощн.; u_{eij} — себестоимость продукции без учета топливной составляющей i, произведенной на установке j, руб/ед. прод.; σ_1, σ_2, σ — корректирующие показатели.

(6) Агентная модель активного потребителя (Gal'perova, 2018) состоит из набора агентов, каждый из которых описывает возможности функционирования отдельного энергопотребляющего или генерирующего устройства потребителя (в стадии разработки). Активный потребитель стремится оптимизировать свое электропотребление, изменяя его объемы, и минимизировать расходы на энергоснабжение:

$$Z = c_t \sum_{i=1}^{n} e_i h_i \rightarrow \min, \qquad (6)$$

где c_t — цена электроэнергии в централизованной сети; e_i — мощность установки i-го процесса электропотребления; n — количество электропотребляющих установок; h_i — число часов использования установки.

Прогнозирование спроса на электроэнергию — это многоэтапный итерационный процесс (рис. 5), при котором результаты последующих этапов могут потребовать корректировки предыдущих и новых циклов расчетов. Представленный инструментарий позволяет провести исследование по оценке перспективной динамики спроса на электроэнергию в условиях углубленной электрификации всех секторов экономики.

Для цели настоящего исследования применяются несколько моделей из модельного комплекса. В качестве базовой используется макроэкономическая межотраслевая модель, настроенная на параметры рассматриваемого сценария развития экономики (темпы ВВП, объемы конечного потребления, инвестиционных ресурсов, динамика численности населения и т. д.). В моделях конечного спроса на электроэнергию рассчитывается потребность в электроэнергии отдельно для произ-

Таблица 4

Основные параметры сценария развития экономики РФ

Table 4

The main parameters of the economic development scenario in Russia

Показатель	Единица измерения	Отчет 2018 г.	Прогноз, по периодам		
			2026–2030	2031–2035	2036–2040
Среднегодовые темпы прироста ВВП	%	—	4,2	4,1	3,9
Население	млн чел.	146,8	150,4	152,7	155,5
ВВП на душу населения	долл/чел.	7,5	9,9	10,3	10,4
Обеспеченность жилой площадью	м^2/чел.	25,2	33,7	36,9	40,0
Обеспеченность автомобилями	ед/тыс. чел.	296	410	530	650
Доля электромобилей в общей численности автомобилей	%	0,01	10	15	20

водственной сферы (промышленность, строительство, энергетика, сельское хозяйство, транспорт) и непроизводственной сферы (сектор услуг и домашних хозяйств). Потребность в электроэнергии по территориям определяется с помощью модели регионального спроса на электроэнергию. Далее эта потребность корректируется в соответствии с экономической, социальной, миграционной политикой развития отдельных регионов. На последнем этапе полученный прогноз электропотребления сравнивается с российскими прогнозами (если есть официальные прогнозы). Для его верификации динамика электроемкости на единицу ВВП (по ППС) и на душу населения сравнивается с мировыми тенденциями и прогнозами (Методы и модели, 2009).

Оценка долгосрочной динамики спроса на электроэнергию с учетом углубленной электрификации

На основе прогноза Минэкономразвития РФ[1] был сформирован сценарий развития российской экономики и энергетики до 2040 г. со среднегодовыми темпами роста ВВП 3,9–4,2 % в год, демографической политикой, направленной на повышение численности населения страны, а также с учетом расширения возможных направлений использования электроэнергии во всех секторах экономики (табл. 4).

Согласно выполненному прогнозу, к 2040 г. спрос на электроэнергию в РФ увеличится в 1,4 раза по сравнению с 2018 г. Опережающими темпами будет расти потребление электрической энергии на транспорте, в сельском хозяйстве, в непроизводственной сфере. В случае массового развития электромобилей и увеличения их численности с 13 млн ед. в 2030 г. до 24 млн ед. к 2040 г. дополнительный прирост спроса на электроэнергию составит к концу рассматриваемого периода 62 ТВт·ч. ли приблизительно 4 % от суммарного конечного электропотребления страны[2]. В структуре потребления электроэнергии наибольший прирост ее доли предполагается в сфере услуг и домохозяйствах за счет повышенных требований к комфорту и качеству жизни населения, а также в транспортном секторе в случае крупномасштабного внедрения электромобилей и электробусов (рис. 6).

В таблице 5 представлена перспективная оценка спроса на электроэнергию в территориальном разрезе. Темпы роста электропотребления регионов России схожи со среднероссийскими темпами и составляют в среднем 1,4–1,8 %. Следует отметить, что темпы роста электропотребления в Сибирском ФО и Дальневосточном ФО превышают среднероссийские, это связано с реализацией Стратегии развития регионов Сибири и Дальнего Востока[3].

В целом тенденция изменения динамики электроемкости ВВП РФ соответствует мировым тенденциям, однако ее значения будут выше, чем в европейских странах, Японии и США, из-за особенностей структуры произ-

[1] Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года. URL: http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/prognoz/doc20130325_06 (дата обращения 6.05.2020); Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2036 года. URL: http://economy.gov.ru/minec/about/structure/depmacro/201828113 (дата обращения 19.03.2020).

[2] Рассчитано без учета потребления электроэнергии на зарядных станциях.

[3] Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 г. URL:http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/econreg/investproject/doc20100309_011 (дата обращения 11.03.2020).

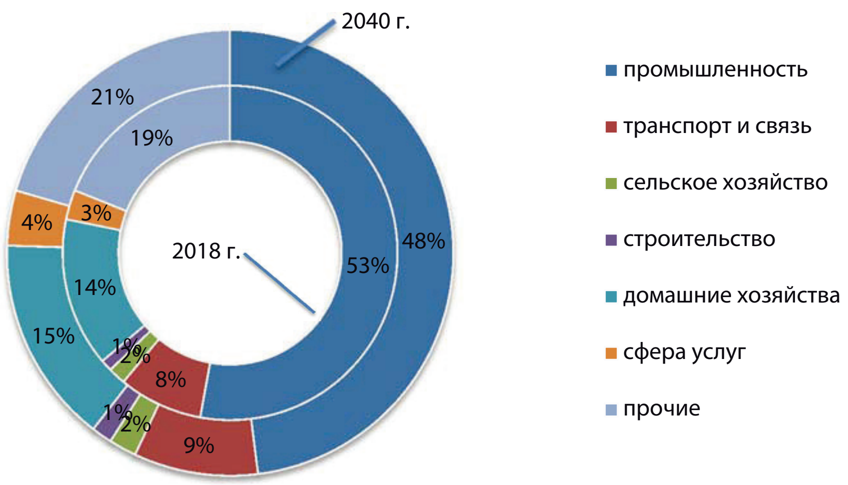


Рис. 6. *Прогноз структуры спроса на электроэнергию по секторам экономики России на 2040 г., % (источник: оценка авторов)*

Fig. 6. *Forecasted electricity demand by economic sectors of Russia for 2040, %*

Таблица 5

Прогноз динамики спроса на электроэнергию по регионам России на период до 2040 г., млрд кВт·ч

Table 5

Forecasted dynamics of electricity demand by Russian regions for the period until 2040, billion kWh

Федеральный округ	2018 г., отчет	Прогноз по периодам	
		2030 г.	2040 г.
РФ	1108,1	1490	1600
Центральный	227,1	307	332
Северо-Западный.	114,6	155	167
Южный	73,6	96	104
Северо-Кавказский	25,0	34	37
Приволжский	204,0	268	285
Уральский	188,6	247	259
Сибирский	210,0	289	314
Дальневосточный	65,3	91	102

Источник: данные Росстата и расчеты авторов.

водства, большой территории, сурового климата и других факторов, и будут приближаться к таким странам, как Канада[1] (рис. 7).

Заключение

Прогнозирование спроса на электроэнергию является важной задачей при принятии стратегических решений в области экономической политики и энергетической безопасности страны и ее регионов. В перспективе роль электроэнергии будет расширяться за счет развития новых направлений ее использования и цифровизации различных сфер экономической деятельности.

Исследование показало, что при принятых положениях рассматриваемого сценария

[1] International Energy Outlook 2019 (IEA). URL: https://www.eia.gov/outlooks/ieo/ (дата обращения 15.04.2020).

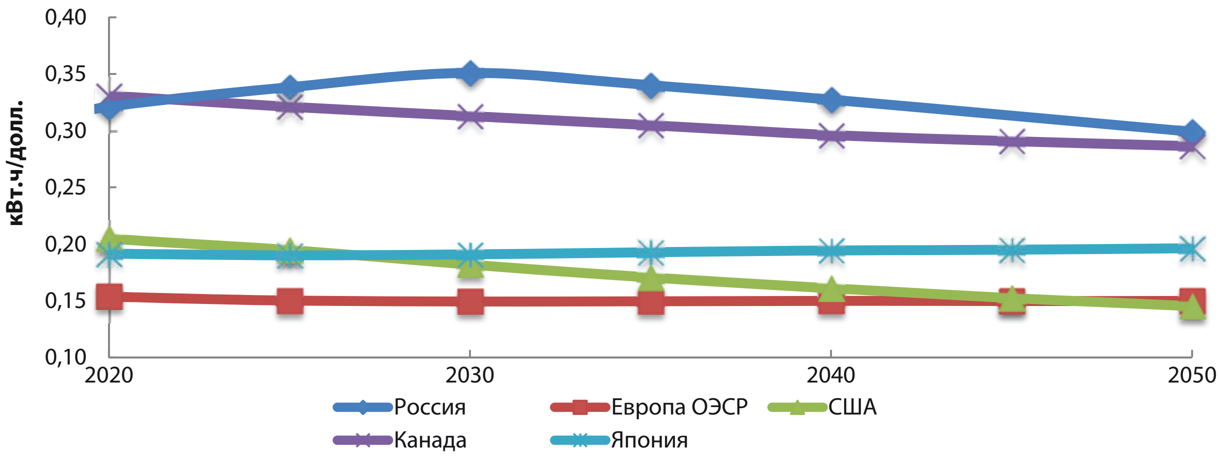


Рис. 7. *Динамика электроемкости ВВП России на фоне глобальных тенденций. Для России показан результат авторского прогноза до 2040 г. с продолжением тренда до 2050 г в соответствии с общемировыми тенденциями (источники: прогноз МЭА и оценка авторов)*

Fig. 7. *Dynamics of GDP energy intensity in Russia compared to global trends; for Russia, the author's forecast until 2040 is presented with a continuation until 2050 in accordance with global trends*

развития экономики на период 2025–2040 гг. можно ожидать умеренного роста спроса на электроэнергию в регионах с разбросом ежегодных темпов прироста от 1,4 до 1,8 %. Повышенные темпы предусматриваются для Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, обусловленные необходимостью ускоренного развития этих территорий с целью снижения различий их уровня жизни и уровня жизни европейских регионов и решения задач национальной безопасности.

В долгосрочной перспективе одним из новых факторов, способным существенно повлиять на спрос на электроэнергию в регионах, является развитие интеллектуальных систем. С применением цифровых технологий у потребителей появляется возможность не только управлять собственным электропотреблением, но и производить и поставлять электроэнергию в энергосистему. Ответ на вопрос, каким образом это отразится на будущем спросе на электроэнергию, является актуальной задачей, требующей разработки новых подходов к исследованию и оценке перспективной динамики спроса на электроэнергию в регионах.

Список источников

Гальперова Е. В. Методический подход к долгосрочному прогнозированию рыночного спроса на топливо и энергию с учетом региональных особенностей и роста неопределенности // Известия РАН. Энергетика. 2016. № 5. С. 33–44.

Инновационная электроэнергетика — 21 / В. М. Батенин, В. В. Бушуев, Н. И. Воропай и др. Москва : ИЦ «Энергия», 2017. 584 с.

Кононов Ю. Д., *Тыртышный В. Н.* Оценка влияния характера неопределенности будущих условий на конкурентоспособность вариантов топливоснабжения // Энергетическая политика. 2011. № 4. С. 90–94.

Кононов Ю. Д., *Кононов Д. Ю.* Анализ методов и моделей, используемых при оценке вариантов долгосрочного развития ТЭК // Энергетическая политика. 2018. № 3. С. 61–67.

Мазурова О. В. Электровооруженность промышленности как фактор качественного скачка в росте производительности труда // Промышленная энергетика. 2017. № 5. С. 2–8.

Малахов В. А. Подходы к прогнозированию спроса на электроэнергию в России // Проблемы прогнозирования. 2009. Т. 113, № 2. С. 57–62.

Методы и модели прогнозных исследований взаимосвязей энергетики и экономики / Ю. Д. Кононов, Д. Ю. Кононов и др. Новосибирск : Наука, 2009. 178 с.

Обоснование развития электроэнергетических систем. Методология, модели, методы, их использование / Н. И. Воропай, С. В. Подковальников, В. В. Труфанов и др.; отв. ред. Н. И. Воропай. Новосибирск : Наука, 2015. 448 с.

Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / под ред. А. А. Макарова, Т. А. Митровой, В. А. Кулагина. Москва : Институт энергетических исследований РАН, 2019. 209 с.

Рассел С., *Норвиг П.* Искусственный интеллект. Современный подход, 2-е изд.: пер. с англ. Москва : Издательский дом «Вильямс», 2006. 1408 с.

Сидоренко В. Н. Красносельский А. В. Имитационное моделирование в науке и бизнесе. Подходы, инструменты, применение // Бизнес-информатика. 2008. № 2 (08). С. 52−57.

Системные исследования в энергетике. Ретроспектива научных направлений СЭИ–ИСЭМ / отв. ред. Н. И. Воропай. Новосибирск : Наука, 2010. 686 с.

Шапот Д. В., *Малахов В. А.* Опыт развития методологии и разработки моделей межотраслевого баланса. Москва : Издательский дом МЭИ, 2018. 176 с.

Энергетика России. Постстратегический взгляд на 50 лет вперед / В. В. Бушуев, А. И. Громов, А. М. Белогорьев и др. Москва : ИАЦ «Энергия», 2016. 96 с.

Bhattacharyya S., *Timilsina G. R.* A Review of Energy System Models // International Journal of Energy Sector Management. 2010. Vol. No. 4. P. 494–518.

Figenbaum E. Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy Environmental Innovation and Societal Transitions // Environmental Innovation and Societal Transitions. 2017. Vol. 25. P. 14–34. DOI: doi.org/10.1016/j.eist.2016.11.002.

Gal'perova E. V., Gal'perov V. I. Modeling the Active Consumer Behavior Based on the Agent Approach // Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC 2018). 2018. P. 175–179. DOI: doi.org/10.1109/RPC.2018.8482157.

Gong H., *Wang M. Q.*, *Wang H.* New energy vehicles in China: policies, demonstration, and progress // Mitigation and Adaptation Strategies Global Chang. 2013. Vol. 18. P. 207–228. DOI: doi.org/10.1007/s11027–012–9358–6.

Hove A., *Sandalow D.* Electric vehicle charging in China and the United States. New York : Columbia University, 2019. 88 p.

Kononov Y. D. Long-term Modeled Projections of the Energy Sector. Switzerland : Springer Nature, 2020. 100 p.

Mansour C., Haddad M., Zgheib E. Assessing consumption, emissions and costs of electrified vehicles under real driving conditions in a developing country with an inadequate road transport system // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2018. Vol. 63. P. 498–513. DOI: doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.012.

Mantzos L. The PRIMES. Version 2. Energy System Model: Design and features // Economics, Energy and Environment. 1999. Vol. 5. P. 155–200.

Mengnuo D. Research on the Securitization of Electric Vehicle Charging Network // China International Conference on Electricity Distribution (CICED). 2018. P. 296–301. DOI: doi.org/10.1109/CICED.2018.8592335.

Messner S. User's Guide for the Matrix Generator of Message II. Parts I and II: Model Description and Implementation Guide, and Appendices. International Institute for Applied System Analyses // Working Paper WP. 1984. URL: https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/2447/1/WP-84–071.pdf (accessed: 14.10.2020).

Schlenzig C., Reuter A. MESAP-III: An information and decision support system for energy and environmental planning /In Operations Research and Environmental Management. Berlin : Springer-Verlag, 1996. Vol. 5. P. 155–200.

References

Batenin, V. M., Bushuev, V. V. & Voropai, N. I. (Eds.). (2017). *Innovatsionnaya elektroenergetika — 21 [The innovation-driven electric power industry — 21].* Moscow: Energiya Publishing Center, 584. (In Russ.)

Bhattacharyya, S. & Timilsina, G. R. (2010). A Review of Energy System Models. *International Journal of Energy Sector Management, 4,* 494–518.

Bushuev, V. V., Gromov, A. I., Belogoriev, A. M. & Mastepanov, A. M. (2016). *Energetika Rossii. Poststrategicheskiy vzglyad na 50 let vpered [Russian Energy: A Post-Strategic Look at 50 Years Ahead].* Moscow: Energiya Publishing and Analytical Center, 96. (In Russ.)

Figenbaum E. (2017). Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy Environmental Innovation and Societal Transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions, 25,* 14–34. DOI: 10.1016/j.eist.2016.11.002.

Galperova, E. V. (2016). The long-term forecasting method of energy and fuel market demand with taking into account regional specificities and uncertainty growth. *Izvestiya RAN. Energetika, 5,* 33–44. (In Russ.)

Gal'perova, E. V. & Gal'perov, V. I. (2018). Modeling the Active Consumer Behavior Based on the Agent Approach. In: *2018 Russian-Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC 2018)* (pp. 175–179). Vladivostok. DOI: 10.1109/RPC.2018.8482157.

Gong, H., Wang, M. Q. & Wang, H. (2013). New energy vehicles in China: policies, demonstration, and progress. *Mitigation and Adaptation Strategies Global Chang, 18,* 207–228. DOI: 10.1007/s11027–012–9358–6.

Hove, A. & Sandalow, D. (2019). *Electric vehicle charging in China and the United States.* New York, NY: Columbia University, 88. Retrieved from: https://www.connaissancedesenergies.org/sites/default/files/pdf-actualites/digitalization-andenergy3.pdf (Date of access: 22.11.2020)

Kononov, Yu. D. & Kononov, D. Yu. (2018). Analysis of methods and models applied to assess the options of long-term energy development. *Energeticheskaya politika [The energy policy], 3,* 61–67. (In Russ.)

Kononov, Yu. D., Galperova, E. V., Kononov, D. Yu., Lagerev, A. V., Mazurova, O. V. & Tyrtyshny, V. N. (2009). *Metody i modeli prognoznykh issledovaniy vzaimosvyazey energetiki i ekonomiki [Methods and models of forecasting studies of the relationship between energy and economics].* Novosibirsk: Nauka, 178. (In Russ.)

Kononov, Yu. D. (2020). *Long-term Modeled Projections of the Energy Sector.* Switzerland: Springer Nature, 100.

Kononov, Yu. D. & Tyrtyshny, V. N. (2011). Assessment of the impact of the nature of uncertainty in future conditions on the competitiveness of fuel supply options. *Energeticheskaya politika [The energy policy], 4,* 90–94. (In Russ.)

Makarov, A. A., Mitrova, T. A. & Kulagin, V. A. (Eds.). (2019). *Prognoz razvitiya energetiki mira i Rossii 2019 [Global and Russian Energy Development Outlook 2019].* Moscow: ERI RAS, 209. (In Russ.)

Malakhov, V. A. (2009). Approaches to forecasting electricity demand in Russia. *Problemy Prognozirovaniya [Studies on Russian Economic Development], 113(2),* 57–62. (In Russ.)

Mansour, C., Haddad, M. & Zgheib, E. (2018). Assessing consumption, emissions and costs of electrified vehicles under real driving conditions in a developing country with an inadequate road transport system. *Transportation Research Part D: Transport and Environment, 63,* 498–513. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.012.

Mantzos, L. (1999). The PRIMES. Version 2. Energy System Model: Design and features. *Economics, Energy and Environment, 5,* 155–200.

Mazurova, O. V. (2017). Installed power per employee as a factor of quantum leap in labor efficiency. *Promyshlennaya energetika [Industrial power engineering], 5,* 2–8. (In Russ.)

Mengnuo, D. (2018). Research on the Securitization of Electric Vehicle Charging Network. In: *2018 China International Conference on Electricity Distribution (CICED)* (pp. 296–301). IEEE. DOI: 10.1109/CICED.2018.8592335.

Messner, S. (1984). *User's Guide for the Matrix Generator of Message II. Parts I and II: Model Description and Implementation Guide, and Appendices.* Working Paper WP-84–71. International Institute for Applied System Analyses. Retrieved from: https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/2447/1/WP-84–071.pdf (Date of access: 22.10.2020).

Russel, S. & Norvig, P. (2006). *Artificial intelligence: a modern approach, 2nd ed. [Iskusstvennyy intellekt. Sovremennyy podkhod, 2-e izd].* Trans. from the English. Moscow: Williams Publishing House, 1408. (In Russ.)

Schlenzig C. & Reuter A. (1996). MESAP-III: An information and decision support system for energy and environmental planning. In: *Operations Research and Environmental Management, Vol. 5* (pp. 155–200). Berlin: Springer-Verlag.

Shapot, D. V. & Malakhov, V. A. (2018). *Opyt razvitiya metodologii i razrabotki modeley mezhotraslevogo balansa [Lessons learned from developing managerial input-output models and elaborating the methodology behind them]*. Moscow: The Publishing House of the Moscow Power Engineering Institute, 176. (In Russ.)

Sidorenko, V. N. & Krasnoselsky, A. V. (2008). Imitation modeling in science and business: approaches, tools and application. *Biznes-informatika [Business Informatics], 2(08),* 52–57. (In Russ.)

Voropai, N. I. (Ed.). (2010). *Sistemnye issledovaniya v energetike. Retrospektiva nauchnykh napravleniy SEI–ISEM [Systems Studies in the Power Industry: Retrospective Review of Research at Siberian Power Engineering Institute–Melentiev Institute of Energy Systems]*. Novosibirsk: Nauka, 686. (In Russ.)

Voropai, N. I. (Ed.). (2015). *Obosnovanie razvitiya elektroenergeticheskikh sistem. Metodologiya, modeli, metody, ikh ispolzovanie [Substantiation of development of electric power systems: methodology, models, methods, their use]*. Novosibirsk: Nauka, 448. (In Russ.)

Информация об авторах

Мазурова Ольга Васильевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН; Scopus Author ID: 6602588810; https://orcid.org/0000-0002-8912-0070 (Российская Федерация, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130; e-mail: ol.mazurova@yandex.ru).

Гальперова Елена Васильевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН; Scopus Author ID: 6508242919; https://orcid.org/0000-0001-6749-8630 (Российская Федерация, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130; e-mail: galper@isem.irk.ru).

Локтионов Вадим Ильич — кандидат экономических наук, старший научный сотрудник, Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН; Scopus Author ID: 57191888645; https://orcid.org/0000-0001-8478-3222 (Российская Федерация, 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130; e-mail: vadlok@mail.ru).

About the authors

Olga V. Mazurova — Cand. Sci. (Eng.), Senior Research Associate, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of RAS; Scopus Author ID: 6602588810; https://orcid.org/0000-0002-8912-0070 (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russian Federation; e-mail: ol.mazurova@yandex.ru).

Elena V. Galperova — Cand. Sci. (Eng.), Senior Research Associate, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of RAS; Scopus Author ID: 6508242919; https://orcid.org/0000-0001-6749-8630 (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russian Federation; e-mail: galper@isem.irk.ru).

Vadim I. Loktionov — Cand. Sci. (Econ.), Senior Research Associate, Melentiev Energy Systems Institute of the Siberian Branch of RAS; Scopus Author ID: 57191888645; https://orcid.org/0000-0001-8478-3222 (130, Lermontov St., Irkutsk, 664033, Russian Federation; e-mail: vadlok@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 03.11.2020.
Прошла рецензирование: 29.12.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 03 Nov 2020.
Reviewed: 29 Dec 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-17
УДК: 338.49 (620.9)

В. В. Лесных [а)], *Т. Б. Тимофеева* [б)]
[а)] Российский университет дружбы народов (РУДН), г. Москва, Российская Федерация
[б)] Государственный университет управления (ГУУ), г. Москва, Российская Федерация
[а)] https://orcid.org/0000-0003-2043-401X, e-mail: vvlesnykh@gmail.com
[б)] https://orcid.org/0000-0002-3783-0046

Классификация межсистемных аварий на инфраструктурно сложных территориях[1]

Процесс урбанизации ведет к формированию инфраструктурно сложных территорий. Растущее взаимодействие критических инфраструктур на инфраструктурно сложных территориях в сочетании с увеличением частоты и масштабов экстремальных природных процессов приводит к росту межсистемных аварий. Межсистемные аварии характеризуются каскадными процессами и катастрофическими последствиями для социально-экономического развития региона, затрагивают критически важные инфраструктуры и окружающую среду. Целью работы являются создание и обоснование классификации межсистемных аварий на инфраструктурно сложных территориях во взаимосвязи с задачей оценки адаптивной устойчивости территорий к внешним воздействиям. Авторами выполнен анализ доступных статистических данных по отечественным и зарубежным межсистемным авариям, который показал актуальность проблемы и позволил выявить общие черты межсистемных аварий. Анализ существующих в мировой практике подходов к классификации территорий с учетом их адаптивной устойчивости к внешним воздействиям показал, что существующие классификации не обладают полнотой, только в определенной степени связаны с инфраструктурно сложными территориями и не учитывают возможность возникновения межсистемных аварий. В статье предлагается подход к классификации межсистемных аварий на инфраструктурно сложных территориях, основанный на анализе статистических данных и результатах моделирования каскадных аварий и чрезвычайных ситуаций. В качестве классификационных признаков использованы, в частности, масштаб экономических, социальных последствий, место возникновения аварии, структура развития аварийных процессов. Предложенная классификация позволит провести на ее основе моделирование развития чрезвычайных ситуаций, разработать методы оценки уровня последствий и адаптивной устойчивости инфраструктурно сложных территорий к внешним воздействиям и тем самым повысить адаптивную устойчивость и экономическую эффективность развития регионов. Дальнейшие исследования будут направлены на формирование типовых сценариев развития межсистемных аварий в соответствии с предложенной классификацией и оценку возникающего ущерба.

Ключевые слова: урбанизация, инфраструктурно сложные территории, критические инфраструктуры, системы жизнеобеспечения, межсистемные аварии, негативные последствия, ущерб от аварий, адаптивная устойчивость, систематизация статистических данных, классификация межсистемных аварий

Благодарность

Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ проект «Разработка теоретических основ и практических методов анализа, прогнозирования и оценки безопасности при межсистемных взаимодействиях критических инфраструктур на урбанизированных территориях» № 20-010-00812А.

Для цитирования: Лесных В. В., Тимофеева Т. Б. Классификация межсистемных аварий на инфраструктурно сложных территориях // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 542-555. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-17.

RESEARCH ARTICLE

Valery V. Lesnykh [a], Tatiana B. Timofeeva [b]
[a] RUDN University, Moscow, Russian Federation
[b] State University of Management, Moscow, Russian Federation
[a] https://orcid.org/0000-0003-2043-401X, e-mail: vvlesnykh@gmail.com
[b] https://orcid.org/0000-0002-3783-0046

Classification of Intersystem Accidents in Infrastructure-Complex Territories

Urbanisation led to the establishment of infrastructure-complex territories (ICTs). The growing interaction between critical infrastructures in such territories, combined with an increase in the frequency and scale of natural disasters, caused a surge in intersystem accidents (ISA). ISAs are characterised by cascading processes and catastrophic consequences for regional socio-economic development, since they affect both the critical infrastructure and environment. The paper aims to classify intersystem accidents in infrastructure-complex territories, as well as to assess the adaptive resilience of these areas to external influences. An examination of available statistics on domestic and foreign intersystem accidents demonstrated the importance of the issue and allowed us to identify common features of ISAs. The research analysed various approaches to the classification of territories and their adaptive resilience to external influences, showing that the existing classifications mostly do not consider infrastructure-complex territories and the possibility of intersystem accidents. Based on the analysis of statistical data and simulation of cascade failures and emergencies, the article proposes a new approach to the classification of intersystem accidents in infrastructure-complex territories. The scale of economic and social consequences, location of the accident, structure of the development of emergency processes, and other classification features were used. The proposed classification will help simulate emergencies, develop methods for assessing the consequences and resistance of infrastructure-complex territories to external influences, and, subsequently, increase adaptive resilience and economic efficiency of regional development. Further research will be aimed at predicting the development of ISAs and assessing the resulting damage in accordance with the proposed classification.

Keywords: urbanisation, infrastructure-complex territories, critical infrastructures, life support systems, intersystem accidents, negative consequences, damage from accidents, resilience, systematisation of statistical data, classification of intersystem accidents

Acknowledgments

The article has been prepared with the support of the Russian Foundation for Basic Research, the grant project No. 20-010-00812А «Development of theoretical foundations and practical methods for analyzing, predicting and evaluating security in intersystem interactions of critical infrastructures in urbanized areas».

For citation: Lesnykh, V. V. & Timofeeva, T. B. (2022). Classification of Intersystem Accidents in Infrastructure-Complex Territories. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 542-555, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-17.

Введение

За последние несколько десятков лет процесс урбанизации развивался достаточно высокими темпами. В 2018 г. около 55 % населения мира (4.2 млрд чел.) проживало в городах, причем к 2030 г. прогнозируется, что доля городского населения в таких регионах, как Европа и Северная Америка, составит 75 % и 82 %, соответственно[1]. В Российской Федерации в 2018 г. процент городского населения превысил 50 % в 79 из 85 регионов страны (Балабейкина, 2018). Процесс урбанизации приводит к формированию территорий, на которых существенно возрастают не только плотность населения, но также количество и плотность систем жизнеобеспечения, таких как системы энерго- и топливоснабжения, водоснабжения, транспортные и телекоммуникационные системы и т. д. Системы жизнеобеспечения не только имеют сложную структуру и пространственную распределенность, но также и значительно связаны между собой потоками энергии, материалов, информации и пр. Можно говорить о формировании инфраструктурно сложных территорий, число и масштабы которых постоянно возрастают. Под инфраструктурно сложной территорией (ИСТ) будем понимать территорию с высокой концентрацией и высоким уровнем взаимодействия систем жизнеобеспечения. Примерами таких территорий являются Москва и Московская обл., район Дюссельдорф — Кельн, Шанхай, Сингапур и др.

[1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423). New York: United Nations, 2019. 39 p.(date of access: 02.03.2022).

Системы жизнеобеспечения (критически важные инфраструктуры), входящие в состав ИСТ, обеспечивают высокое качество жизни на всех населенных территориях, однако одновременно являются источниками аварийных и катастрофических ситуаций, последствия которых затрагивают социальную, экономическую и экологическую сферы.

Аварии, возникающие на инфраструктурно сложных территориях, могут иметь масштабные и долговременные последствия, в том числе за счет возможности возникновения межсистемных аварий, включая их каскадное развитие. Под межсистемной аварией (МСА) будет пониматься такое развитие аварийных процессов, когда инициирующее событие в одной системе приводит к негативным последствиям (поломка оборудования, разрушение зданий и сооружений, потери материальных ценностей, ущерб здоровью или гибель людей, снижения качества окружающей среды и пр.) в других взаимосвязанных системах. Одной из основных задач в обеспечении безопасности и устойчивости взаимосвязанных критически важных инфраструктур является выявление мест, где возможно распространение возмущения между системами. Наиболее тяжелые последствия возникают в тех случаях, когда МСА затрагивают критически важные инфраструктуры, включающие в себя в качестве основных такие системы жизнеобеспечения, как энергоснабжение (электричество, природный газ, нефтепродукты, тепло), транспорт, водоснабжение и водоотведение, телекоммуникация и пр. Перечисленные системы связаны между собой материальными, энергетическими и информационными потоками.

Проблема исследования МСА на инфраструктурно сложных территориях находит системное отражение в анализе адаптивной устойчивости взаимодействующих систем жизнеобеспечения (Лесных, 2019; Zhishen, 2020). В статье рассмотрены подходы к классификации МСА во взаимосвязи с проблемой оценки уровня адаптивной устойчивости ИСТ.

Современное состояние проблемы и постановка задачи

Анализ и классификация межсистемных аварий, возникающих в ИСТ, должны проводиться во взаимосвязи с существующей в настоящее время классификацией территорий, причем акцент должен быть сделан, прежде всего, на аспекты, связанные с проблемой оценки адаптивной устойчивости территорий к внешним угрозам.

Анализ нормативных документов и публикаций показывает, что наиболее полно в мировой практике классификация территорий осуществлена в рамках системы гражданской обороны и управления чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера. Например, в США территории классифицируются в зависимости от преобладающего типа угроз природного и техногенного характера[1]. В Российской Федерации отнесение городских или иных территорий к группам по гражданской обороне проводится на основе анализа следующих критериев: численность населения, экономическое значение, наличие промышленных предприятий, которые представляют опасность химического заражения, радиационного загрязнения или катастрофического затопления населения и территорий[2].

Отдельное направление классификации территорий появилось в связи с развитием нового междисциплинарного направления исследований, связанного с оценкой адаптивной устойчивости объектов и систем к внешним негативным воздействиям. Анализ определений, данных в ряде работ (Малинецкий, 2005; Hosseini, 2016; Rehak, 2019), позволяет в качестве основных признаков адаптивной устойчивости объекта или системы выделить их способность противостоять внешним негативным воздействиям, а также способность восстанавливаться в приемлемый интервал времени и приемлемыми затратами (материальными, финансовыми, психологическими и пр.).

Выполненным за последние два десятилетия исследованиям в области адаптивной устойчивости сложных объектов и систем присуща определенная иерархичность. Свойство адаптивной устойчивости может иметь различное наполнение в зависимости от рассматриваемого объекта или ситемы. Для сложных объектов (промышленный объект, сооружение, здание) адаптивная устойчивость скорее ближе к понятию живучести, стойкости или уязвимости. Для отдельных систем (организационных, технических, экологических и т. д.) кроме перечисленных выше свойств, присущих отдельным объектам, адаптивная устойчивость обязательно должна включать

[1] US Government. Federal Emergency Management Agency. State and local guide (SLG) 101:guide for all-hazard emergency operations planning. Washington: FEMA, 1996. 276 p. (date of access: 02.03.2022).

[2] Гражданская защита. Понятийно-терминологический словарь / Под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. Москва : Флайст, Информационно-издательский центр «Геополитика». 2001. 240 с.

свойство восстанавливаемости. Наибольшую важность и наполнение адаптивная устойчивость имеет для взаимодействующих систем и, прежде всего, для критически важных инфраструктур жизнеобеспечения человека и общества (Gritzalis, 2019). Отсюда следует вывод, что необходимость классификации ИСТ возникает на уровне рассмотрения взаимодействующих систем, то есть исследования «системы систем» (Young, 2018).

Аналогичный иерархический подход к классификации адаптивной устойчивости рассматривается в работе J. Carlson и (Carlson et al., 2012). Автор предлагает семь уровней адаптивной устойчивости в зависимости от типа рассматриваемого объекта или системы: уклонение от угроз, защита или изоляция, прочность или стойкость, избыточность (резервирование), гибкость и адаптивность. Достаточно интересный подход к классификации стран по величине адаптивной устойчивости окружающей среды предложен в работе S. Moghim и G. Kaveh (Moghim, Kaveh, 2018). В нем рассматривается пять уровней адаптивной устойчивости (очень низкая, низкая, средняя, высокая, очень высокая), выполнена классификация более 140 стран.

В работе T. Holzheu и соавторов (Holzheu et al., 2019) под адаптивной устойчивостью понимается способность экономики или общества минимизировать потери доходов и активов в результате шоковых событий. Некоторые события достаточно масштабны, чтобы создать макроэкономическое воздействие, соответственно, устойчивость общества зависит от способности всей экономики справляться с потрясениями. В связи с этим авторы с позиции рынка страхования предлагают рассматривать два уровня адаптивной устойчивости: макроустойчивость и микроустойчивость. Уровень экономики страны или региона (Европа, Северная Америка и Канада, Азиатско-Тихоокеанский регион, страны развивающейся экономики) предлагается рассматривать как макроуровень адаптивной устойчивости, а микроуровень предлагается использовать для обозначения уязвимости и способности отдельных лиц, домашних хозяйств и предприятий противостоять шоковым событиям. Авторы предлагают использовать страховой рынок как связующее звено между этими уровнями адаптивной устойчивости.

В дополнение к макро- и микроустойчивости, J. Simme (Simmie, 2009) предлагает рассматривать экономическую региональную адаптивную устойчивость как самостоятельный объект исследований, особо подчеркивая отличие аналогичного понятия для технических и экологических систем.

Подход к классификации территорий с водными ресурсами по уровню адаптивной устойчивости предложен в работе Y. Cuisong, H. Zhenchun (Cuisong, Zhenchun, 2008). Для классификации территорий использовался метод нечеткой кластеризации, в рамках которого выделяется три класса территорий по уровню адаптивной устойчивости: сильная, общая и слабая устойчивость. Каждому классу территории соответствует индекс адаптивной устойчивости, связанный с внешними и внутренними факторами воздействий.

Проведенный анализ показал, что существующие в настоящее время классификации территорий не обладают полнотой, а кроме того, только в определенной степени связаны с ИСТ и не учитывают возможность МСА.

Аварии, возникающие в инфраструктурно сложных территориях, из-за высокой концентрации и высокого уровня взаимодействия систем жизнеобеспечения могут иметь масштабные и долговременные последствия. Именно на таких территориях риск возникновения межсистемных аварий и их каскадного развития особенно велик. Анализу каскадных аварий в системах жизнеобеспечения посвящено достаточно много работ (Снижение рисков…, 2011; Dobson, 2005; Мельников, 2012; Ганага, 2012), в то время как межсистемные аварии, когда рассматривается две и более взаимодействующих системы, исследованы менее глубоко (Newman, 2005; Hokstad, 2012).

Выполненный анализ публикаций показал, что классификация МСА имеет место в основном для отдельных систем жизнеобеспечения. Например, в работе О.А. Мастеровой и А.В. Барской (Мастерова, Барская, 2006) предлагается классификация каскадных аварий в электроэнергетических системах. Все каскадные аварии предлагается условно разделить на несколько групп, в зависимости от типа лавинообразного процесса: лавина асинхронных режимов, лавина частоты, лавина напряжений, лавина перегрузки сетевых элементов.

Каскадные аварии в электроэнергетических системах также классифицируются в зависимости от инициирующего события (короткое замыкание, перегрузка или заброс мощности, ложное отключение релейной защиты и пр.) (Надежность систем…, 2000). Аналогичный подход к классификации каскадных аварий рассматривается и в системах нефтепроводов, когда инициирующими событиями лавинообразного развития аварии могут быть отключение электроснабжения, авария на насосной станции и пр. (Надежность систем…, 1994).

Концептуальный подход к систематизации и классификации каскадных и межсистемных аварий рассмотрен в работе (Пантелеев, 2017). Для древовидных типов каскадов (линейных, ветвящихся) показана применимость предлагаемого метода и терминологии для гипотетического сценария аварии на энергетическом объекте в условиях Арктики.

Для создания классификации ИСТ, построенной на количественной оценке адаптивной устойчивости, необходимо учитывать результаты исследований, которые связанны с обоснованием количественной меры (уровня) адаптивной устойчивости. Как справедливо отмечено в итоговом отчете Национального консультативного совета по инфраструктуре США, критерий адаптивной устойчивости должен учитывать свойства устойчивости развития, экономической и технической эффективности, безопасности социальных-экономических и экологических составляющих[1]. Однако несмотря на большое число работ по обоснованию критерия адаптивной в различных системах (например, (Francis, 2014)), для взаимодействующих систем ИСТ данный подход требует дальнейших исследований.

Выполненный анализ позволяет сделать вывод, что проблема создания и обоснования классификации МСА для инфраструктурно сложных территорий во взаимосвязи с задачей оценки адаптивной устойчивости территорий к внешним воздействиям практически не рассматривалась.

Таким образом, целью данной работы является создание и обоснование классификации межсистемных аварий на инфраструктурно сложных территориях во взаимосвязи с задачей оценки адаптивной устойчивости территорий к внешним воздействиям. Такая классификация даже на качественном уровне станет основой для создания математических моделей и методов решения задач оценки рисков возникновения и развития межсистемных аварий, а также оценки уровня устойчивости данных систем к внешним воздействиям природного и техногенного характера и их способности к восстановлению.

Примеры межсистемных аварий и их анализ

Анализ статистических данных произошедших МСА показывает, что наиболее опасными авариями, вызывающими часто катастрофические последствия, являются аварии, затрагивающие две и более системы жизнеобеспечения. Примеры таких аварий приведены в таблице 1.

Рассмотрим более подробно две межсистемные аварии, включая анализ их последствий.

В июле 1977 г. произошла системная авария в Нью-Йорке, которую позднее назвали «Ночь страха». В результате попадания молнии в ЛЭП во всем городе и его пригородах прекратилось электроснабжение с 13 по 14 июля. Удар молнии в высоковольтную подстанцию привел к срабатыванию двух автоматических выключателей в округе Вестчестер. Еще один удар молнии вызвал отключение двух высоковольтных линий электропередач (ЛЭП), соединяющих АЭС Индиан-Пойнт (мощность 900 МВт) с Нью-Йорком. В результате этого две линии электропередач оказались перегружены, дистанционно запустить аварийные турбогенераторы не удалось. Дальнейшее развитие аварии привело к перегрузке сохранявших работоспособность ЛЭП. После этого потребовалось снижение нагрузки на другие генераторы электрической сети.[2]

После этого последовательно стали срабатывать выключатели на оставшихся ЛЭП, и весь Нью-Йорк и пригороды оказались изолированы от электросети. Процесс развития аварии показан на рисунке 1

В результате аварии произошли перерывы в работе транспорта, коммунальных служб и системах коммуникации. Однако наибольший ущерб (материальный, финансовый и пр.) был связан с возникшими массовыми беспорядками. В ряде районов города начались массовые грабежи. Грабители нападали на магазины и дома обеспеченных жителей города, мародерством занимались более 100 тысяч человек. Чтобы отвлечь внимание полицейских, мародеры поджигали здания — в городе было зарегистрировано 1077 поджогов, при тушении которых пострадали более 100 пожарных. Только за два дня полиция арестовала более 3766 чел., было разграблено более 1500 магази-

[1] Baylis, Jack & Gerstell, Glenn S. & Scott, Beverly & Grayson, Margaret E. & Lau, Constance & Nicholson, Jim (2015). National Infrastructure Advisory Council Transportation Sector Resilience Final Report and Recommendations July 10, 2015. Urrl: https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/niac-transportation-resilience-final-report-07–10–15–508.pdf (date of access: 02.03.2020).

[2] Авария в энергосистеме в Нью-Йорке. UPL: https://mirznanii.com/a/343636/avariya-v-energosisteme-v-nyu-yorke-1977/ (дата обращения: 20.03.2020).

Таблица 1

Примеры наиболее крупных межсистемных аварий

Table 1

Examples of the largest intersystem accidents

Место и дата аварии	Описание аварии
1977, США, Нью-Йорк	Из-за попадания молнии в линию электропередач Нью-Йорк и его пригороды остались без электроснабжения с 13 по 14 июля. Отключение в 21:27 Рейнвествудской ТЭЦ привело к остановке транспорта, значительным перебоям в мобильной связи и в работе коммунальных служб города
1979, Россия, Норильск	При температуре в -50°С произошел разрыв газопровода. Из-за резкого падения давления деформация распространилась на 58 километров. Более 40 километров газопровода было разрушено в результате этой аварии. Теплоснабжение Норильска было прервано на несколько дней. Возникли также значительные перебои в электроснабжении, работе транспорта, коммунальных предприятий. Последствия аварии были устранены в течение трех дней. Стоимость причиненного ущерба составила 2,8 млн руб.
2003, США и Канада	В августе 2003 г. в ряде крупнейших городов восточного побережья США и Канады, отключение электричества произошло в городах Нью-Йорк, Детройт, Кливленд, Торонто, Оттава и других. Авария в электросистеме привела к веерным отключениям электроэнергии на площади более 24 тыс. км^2. Последствия аварии затронули более 50 млн чел., было остановлено свыше 100 электростанций, в том числе две АЭС. Восстановление энергоснабжения потребовало более суток, а финансовый ущерб составил более 6 млрд долл.
2003, Аппенинский п-ов	Из-за системной аварии в системе электроснабжения Италии, первым звеном которой было падение дерева, в трех странах (Ватикан, Италия и Сан-Марино) произошло массовое отключение потребителей электроэнергии. 57 млн жителей провели без электроснабжения от 5 до 16 часов. Отключение электроэнергии привело к значительным сбоям в работе коммунальных служб, транспорта, систем связи
2004, КНДР	22 апреля на станции Рончхон в 50 км от Пхеньяна произошла крупная железнодорожная катастрофа. Вагоны с нитратом аммония сошли с рельсов и задели линии электропередач. Электрический кабель под высоким напряжением упал на вагон с химикатами, в результате чего произошел взрыв. Было разрушено около 1750 домов. Погибло около 300 чел., более 3000 получили ранения
2005, Россия, г. Москва	В результате пожара на Чагинской электроподстанции г. Москвы возникла системная авария, в результате которой произошло прекращение электроснабжения во многих районах столицы, ряде городов Подмосковья и Тульской области. Произошли сбои в работе столичного метро (50 станций) и наземного транспорта, включая систему регулирования движения. В ряде районов Москвы и Подмосковья возникли перерывы в водоснабжении. Авария повлияла на работу промышленных предприятий, объектов сферы услуг (торговля, финансы, телекоммуникация)
2006, Россия, г. Электросталь	Из-за кратковременного отключения электроэнергии произошел сбой в работе котельной, последовал гидравлический удар и прорыв трубы теплотрассы. В результате чего без теплоснабжения при температуре –25°С остались жители 371 дома с населением 38 800 чел. На восстановление теплоснабжения ушло более 3 суток
2007, Украина, Винницкая обл.	На газопроводе «Уренгой — Помары — Ужгород» произошел взрыв газа с дальнейшим возгоранием. Повреждено около 30 м газопровода, был перекрыт участок газопровода длиной около 25 км. Авария привела к прекращению газоснабжения в 22 населенных пунктов Винницкой области с населением около 36 тыс. чел.
2008, Россия, Улан-Удэ	В феврале 2008 г. произошла крупная авария, в результате которой были отключены все шесть котлов ТЭЦ, без теплоснабжения остались 524 дома города — свыше 170 тыс. жителей. В городе был введен режим чрезвычайной ситуации, ограничено электроснабжение, возникли перебои в работе транспорта, отменены занятия в школах
2008, ЮАР	Авария в электроэнергетической системе, вызванная системными проблемами, накапливающимися в течение ряда лет, вызвала остановку работы производств, шахт, нарушениями в электро- и водоснабжении, значительных перебоях в работе транспорта
2009, Россия	В августе произошла крупная техногенная авария на Саяно-Шушенской ГЭС. В результате разрушения третьего и четвертого водоводов, произошло разрушение стены и подтопление машинного зала. В результате девять из десяти гидротурбин полностью вышли из строя, станция была остановлена. Это привело к нарушению энергоснабжению нескольких сибирских регионов. Веерные отключения привели к перерывам

Окончание табл. 1

Место и дата аварии	Описание аварии
	в электроснабжения г. Томска, а также ряда промышленных предприятий, в том числе сибирских алюминиевых заводов. Авария привела к серьезным социальным последствиям погибли 75 чел., 13 пострадали
2012, Индия	В июле в северных регионах Индии произошла авария в электроэнергетической системе, в результате которой без электричества осталось около четверти населения страны. Пострадали все крупные штаты, а также столица страны — Нью-Дели. Серьезные последствия возникли в транспортной системе — было остановлено метро в Дели, на автомобильных дорогах отключены светофоры, что привело к транспортному коллапсу. Во второй день аварии последствия затронули еще более 600 млн чел. в 19 штатах севера и востока, включая останову железнодорожного движения. Кроме этого, в угольных шахтах Восточной Индии под землей было заблокировано около 200 рабочих
2022, Казахстан, Кыргызстан, Узбекистан	В январе на юге Казахстана, большей части Киргизии и на востоке Узбекистана произошло отключение электроэнергии причиной масштабного сбоя в электроснабжении нескольких стран Центральной Азии стала перегрузка транзитной линии в Казахстане. В Алма-Ате и области было обесточено более 92 тыс. потребителей. Была обесточена большая часть Бишкека, а также город Ош и несколько других городов и районов. В столице Кыргызстана отключилось тепло и водоснабжение. Кроме того, произошел сбой в системах телекоммуникации, включая финансовую сферу. В Узбекистане авария в энергосистеме привела к автоматическому отключению четырех ТЭС

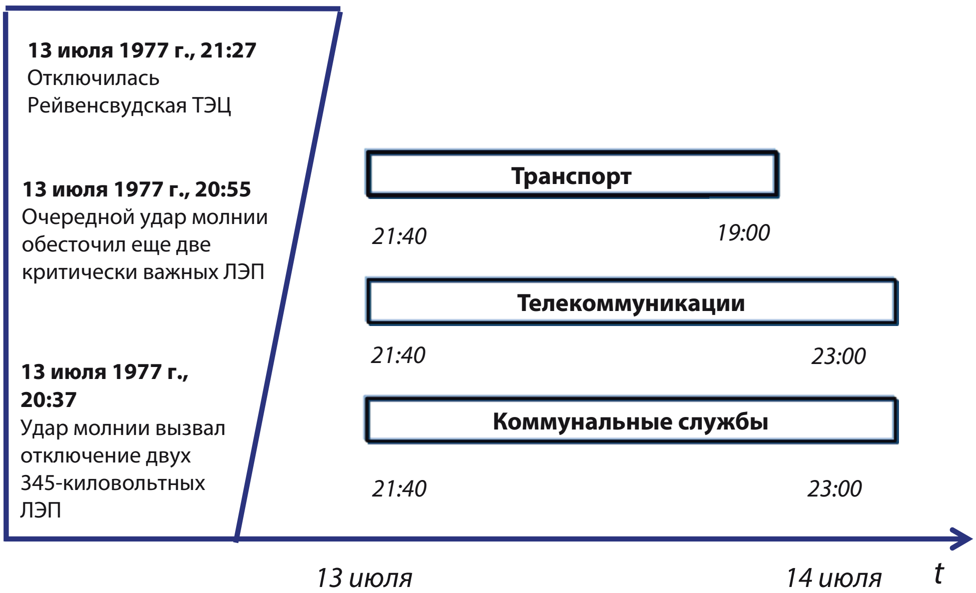


Рис. 1. *Схема развития МСА в энергосистеме г. Нью-Йорка в 1977 г.*
Fig. 1. *Development scheme of the ISA in the power system of New York City, 1977*

нов. При анализе этой аварии можно отметить преобладание социальных (криминогенных) последствий. Общий ущерб от аварии оценивается, по разным источникам, от 500 млн до 1 млрд долл.

Рассмотрим МСА, которая произошла в Московском регионе в мае 2005 г. В результате этой аварии несколько районов Москвы, а также часть Подмосковья, Тульской, Калужской и Рязанской областей остались без электроснабжения. Авария началась на электроподстанции № 510 Чагино на юго-востоке Москвы в районе Капотня. Подстанция Чагино входит в Московское энергетическое кольцо, от которого электроэнергия подается в Москву, Московскую и соседние области. Графическая иллюстрация развития аварии представлена на рисунке 2.

Авария привела к перебоям в работе энергосистемы всей европейской части России. Наблюдалось каскадное отключение подстанций в нескольких районах Москвы, городах Подмосковья и близлежащих областях. Пять электростанций ТЭЦ в Москве и пятнадцать питающих центров также были отключены. В Московской области отключенными от элек-

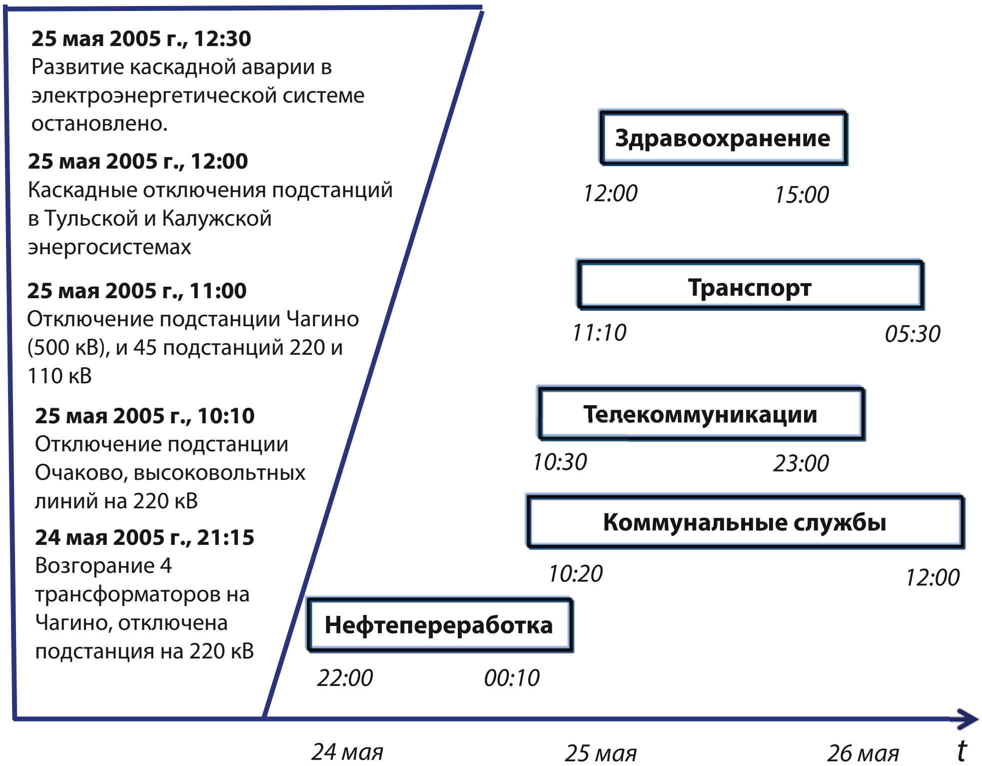


Рис. 2. *Схема развития межсистемной аварии 25 мая 2005 г. в Московском регионе*
Fig. 2. *Development scheme of the ISA in the Moscow region, May 25, 2005*

троснабжения оказались 34 района, полное отключение электроэнергии произошло в городе Тула.

Многие государственные учреждения, такие как Совет Федерации, Генеральный штаб, службы военных сил РФ, были переведены на резервные источники питания. Из-за перебоев в электроснабжении проблемы в работе испытывали московские биржи РТС и ММВБ, коммерческие банки, часть российского сегмента интернета, операторы мобильной связи Москвы и Московского региона.

В течение 25 мая не работали все предприятия в промышленных зонах столицы, а также торговые сети на юге г. Москвы. Также возникли перерывы в водоснабжении в южных и юго-западных частях столицы.

Самый большой перерыв в работе произошел в Московском метро. Полностью или частично отсутствовало движение на нескольких линиях, была остановлена работа 52 из 170 станций метрополитена. Были эвакуированы пассажиры из 27 поездов, которые находились в тоннелях.

По оценкам от аварии пострадали около 2 млн чел. в Москве и соседних регионах. Экономический ущерб Москвы от аварии составил 1,708 млрд руб., Московской области — 503,94 млн руб., Тульской области — 436,8 млн руб.

Масштаб аварии вызван сочетанием нескольких факторов: износ оборудования, отсутствие резервных мощностей, жаркая погода в течение нескольких дней (свыше 30 °C). Свою роль сыграла также сложная топология электрических схем Москвы и отсутствие специальной автоматики отключения нагрузки и отсутствие единой системы диспетчеризации[1].

Анализ процесса развития описанных аварий показывает, что каскадное развитие аварийных процессов в системах жизнеобеспечения приводит к масштабным социальным, материальным, финансовым и другим потерям. Ущерб, а также нарушение устойчивого развития проявляются как на уровне отдельного города, так и больших территориях, включая административные и экономические регионы.

Рассмотренные межсистемные аварии существенно различаются источниками инициирования МСА, сценариями развития аварийного процесса, длительностью проявления негативных последствий, числом и видом вовлеченных инфраструктурных систем и масштабом последствий. В связи с этим целесообразно выполнить классификацию МСА, что позволит обосновать подходы к моделиро-

[1] Крупнейшие техногенные катастрофы Москвы. UPL: https://federalcity.ru/index.php?newsid=4895 (дата обращения 15.04.2020).

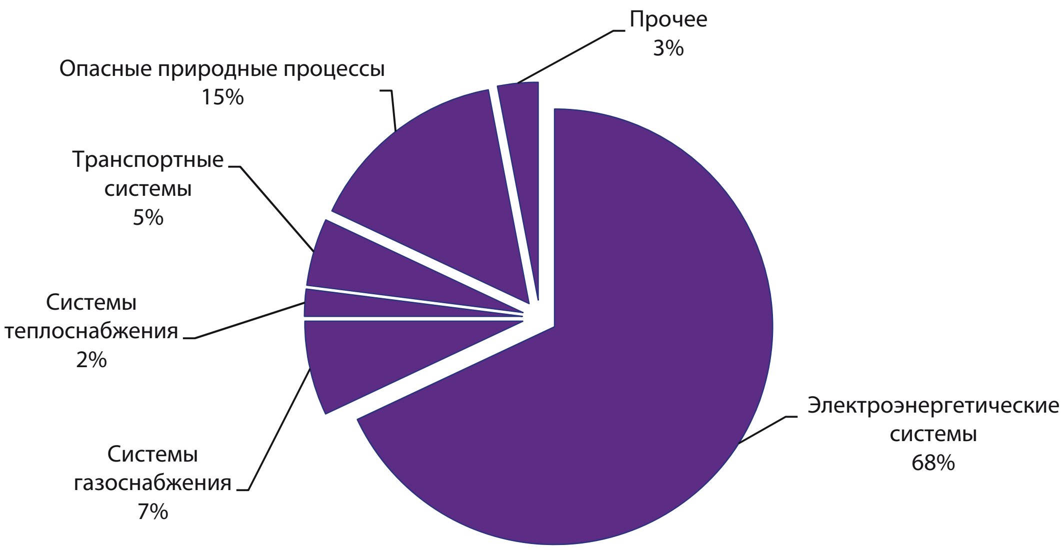


Рис. 3. *Распределение МСА по месту инициирующего события*
Рис. 3. *Distribution of ISAs according to the location of the initiating event*

ванию аварийных процессов взаимодействующих инфраструктурных систем.

Классификация межсистемных аварий на инфраструктурно сложных территориях

В общем случае возможны различные подходы к классификации межсистемных аварий на инфраструктурно сложных территориях, набор классификационных признаков существенно зависит от проблемы, в рамках которой планируется использовать классификацию.

Авария является межсистемной, если в ней затронуто две и более систем жизнеобеспечения (электроэнергетика, газоснабжение, теплоснабжение, транспорт и др.)

В настоящей работе МСА рассматриваются в рамках задачи оценки и обеспечения адаптивной устойчивости ИСТ. С учетом сказанного, для решения задач оценки и обеспечения адаптивной устойчивости региона в качестве классификационных признаков МСА в ИСТ предлагается выбрать следующие показатели:

— место возникновения аварии;
— количество вовлеченных систем;
— распределенность в пространстве;
— масштаб экономических последствий;
— масштаб социальных последствий;
— природа образующихся опасных факторов;
— структура развития аварийных процессов.

По месту возникновения МСА в ИСТ классификационные признаки соотносятся с признаками классификации по структуре ИСТ и могут быть классифицированы по виду инфраструктурной системы, в которой возникло инициирующее событие. К таким инициирующим МСА-системам могут быть отнесены электроэнергетическая, транспортная системы, а также системы газоснабжения, водоснабжения и связи.

Тогда по месту возникновения можно выделить:

— аварии, инициируемые отказом в электроэнергетической системе;
— аварии, инициируемые отказом в системе газоснабжения;
— аварии, инициируемые отказом в транспортной системе;
— аварии, инициируемые отказом в системе водоснабжения;
— аварии, инициируемые отказом в системе связи;
— аварии, инициируемые отказом одновременно в нескольких системах.

Последняя составляющая данного списка может относиться к ситуации, когда МСА в ИСТ инициирована опасными стихийными процессами (землетрясение, наводнение, ураган и т. д.). Анализ статистических данных показал, что наиболее часто инициирующим событием межсистемных аварий являются аварии в электроэнергетических системах (рис. 3).

Примером МСА, в которой инициирующее событие произошло в транспортной системе, является крупная железнодорожная катастрофа, произошедшая на станции Рончхон в 50 км от Пхеньяна (КНДР). Вагоны с нитратом аммония сошли с рельсов и задели линии электропередач. Электрический кабель под высоким напряжением упал на вагон с химикатами,

Таблица 2

Примеры вовлеченности инфраструктурных систем в МСА

Table 2

Examples of the involvement of infrastructures in intersystem accidents

Система	Распределенные МСА	Макрораспределенные МСА	Мегараспеределенные МСА
Электро-энергетическая система (инициатор МСА)	Теплоснабжение	Транспорт	Транспорт
	Коммунальные службы (электроснабжение домов, лифты, вентиляция)	Телекоммуникационные системы	Телекоммуникационные системы
		Коммунальные службы (электроснабжение домов, лифты, вентиляция)	Коммунальные службы (электроснабжение домов, лифты, вентиляция)
		Водоснабжение	Водоснабжение
		Теплоснабжение	Теплоснабжение
			Газоснабжение
			Нефтеснабжение
Примеры аварий	2006 — Россия, г. Электросталь	08.2003 — восточное побережье США и Канады	07.2005 — Московский регион

в результате чего произошел взрыв. Было разрушено около 1750 домов.

По масштабу аварии МСА в ИСТ (количество участвующих в МСА систем) можно выделить:

— распределенные МСА — отказы произошли в 2–3 системах;

— макрораспределенные МСА — отказы произошли в 4–6 системах;

— мегараспределенные МСА — отказы произошли более чем в 6 системах.

В таблице 2 приведен пример вовлеченности различных систем в аварию с учетом ее масштаба, для случая, когда инициирующее событие произошло в электроэнергетической системе.

По распределенности МСА в пространстве можно выделить:

— аварии на уровне района (районов) города;

— аварии на уровне территории города или промышленной агломерации;

— аварии, охватывающие город и прилегающие области или регионы;

— аварии, охватывающие несколько областей или регионов.

Примером МСА, когда последствия затронули несколько областей, является авария, произошедшая 7 октября 2003 в нескольких областях центральной и черноземной зон России. В результате урагана были оборваны многие линии электропередач. Во Владимирской области без света остались 970 населенных пунктов, в Липецкой и Смоленской — 580 сел, в Тамбовской и Белгородской — 200 населенных пунктов.

По уровню экономических последствий межсистемные аварии в ИСТ можно разделить на:

— микроэкономические — последствия МСА проявляются на уровне отдельных организаций;

— макроэкономические — последствия МСА проявляются на уровне совокупности организаций нескольких отраслей экономики или сфер бизнеса;

— мезоэкономические — последствия МСА проявляются на уровне отдельных отраслей экономики;

— мегаэкономические — последствия МСА связанны с национальной экономикой, несколькими государствами или секторами мировой экономики.

Анализ произошедших МСА в различных ИСТ показал, что для возникновения МСА с большим масштабом экономических последствий необходимо совпадение 3 и более факторов, характеризующих как рассматриваемую территорию, так и внешние условия. К числу таких факторов могут быть отнесены длительность ликвидации МСА, площадь ИСТ, подверженной МСА, плотность инфраструктурных объектов МСА, плотность населения в зоне ИСТ, природно-климатические факторы (низкая температура воздуха, влажность, сильный ветер, сложный ландшафт и пр.).

Анализ показал, что наличие только одного из перечисленных факторов чаще всего приводит к микроэкономической МСА, сочетание двух факторов инициирует мезоэкономическую МСА, три или четыре фактора в большинстве случаев инициируют макроэкономическую МСА и одновременное наличие пяти из вышеперечисленных факторов могут повлечь за собой мегаэкономические последствия. Графическая интерпретация влияния факторов на масштабы МСА показана на рисунке 4.

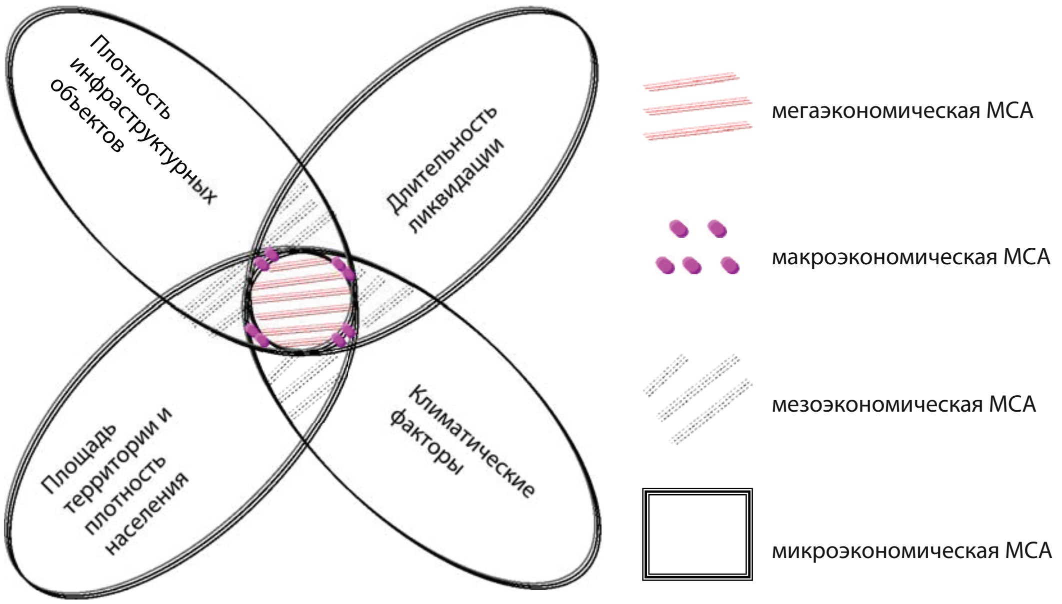


Рис. 4. *Графическая интерпретация влияния факторов на масштабы МСА*
Fig. 4. *Graphical interpretation of the influence of factors on the scale of ISAs*

По масштабу социальных последствий выделим:

— локальные аварии — последствия отразились на группах людей;

— региональные аварии — пострадали общности людей на отдельных территориях (область, регион);

— межрегиональные аварии — последствия ощутимы на национальном и межстрановом уровне.

Примером межрегиональной МСА, когда социальные последствия в виде смертельных случаев и заболеваний разной тяжести проявляются у населения нескольких стран, является авария на Чернобыльской АЭС в мае 1986 г.

Если в межсистемных авариях присутствуют опасные производственные объекты, размещенные в ИСТ, целесообразно провести классификацию по природе образующихся опасных факторов:

— МСА с образующимися химически опасными факторами;

— МСА с образующимися пожаро- и взрывоопасными факторами;

— МСА с образующимися биологически опасными факторами;

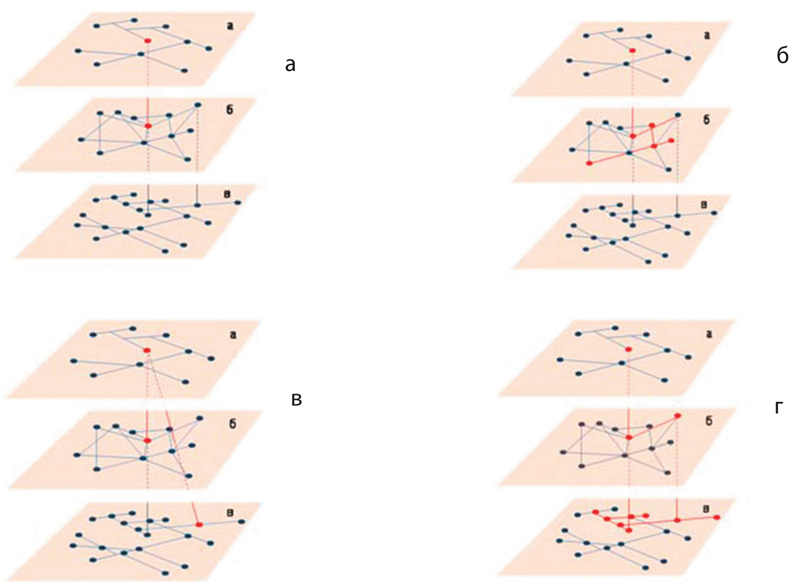


Рис. 5. *Классификация МСА по типу развития аварийных процессов.*
Fig. 5. *ISA classification according to the type of the development of emergency processes*

— МСА с образующимися гидродинамически опасными факторами;

— МСА с комплексным проявлением опасных факторов.

Анализ произошедших МСА и также качественный анализ возможных топологий сценариев развития МСА в ИСТ позволили предложить авторами следующую классификацию структуры МСА (Lesnykh, 2016):

аварии с отсутствием ветвления (рис. 5а);

аварии с ветвлением в системах (рис. 5б);

аварии с ветвлением между системами (рис. 5в);

аварии с ветвлением в системах и между системами (рис. 5г).

Приведенные на рисунке 5 слои представляют собой различные взаимодействующие системы жизнеобеспечения. Связи между слоями (пунктирные линии) отражают передачу возмущений, возникающих в результате аварий. Наиболее масштабные последствия возникают в случае возникновения каскадного развития аварии в нескольких взаимодействующих системах (рис. 5г). Интерес также представляет ситуация, когда возникает межсистемный каскад, при этом в самих системах каскадного развития аварий не наблюдается (рис. 5в).

Заключение

Необходимость проведенного анализа и классификации связана с многообразием МСА и необходимостью выбора методических и модельных подходов к оценке уровня адаптивной устойчивости инфрастуктурно сложных территорий. Предложенные классификационные признаки, включающие достаточно широкий набор характеристик, могут быть основой для дальнейшего развития системы классификации МСА. Предложенные качественные подходы к выбору классификационных признаков могут быть использованы для обоснования состава математических моделей инфраструктурно сложных территорий, формирования требований к критерию оценки адаптивной устойчивости и создания моделей взаимодействующих систем в составе ИСТ.

Список источников

Балабейкина О. А, *Файбусович Э. Л.* Уровень урбанизации территорий Российской Федерации. Региональный аспект // Географический вестник. 2018. № 1 (44). С. 72–82. DOI: doi.org/10.17072/2079–7877–2018–1-72–82.

Ганага С. В., *Ковалев С. А.* Моделирование аварии в местах пересечения трубопроводов с помощью программных комплексов ANSYS и LS-DYNA // Вести газовой науки. 2012. № 10. С.133–140.

Лесных В. В., *Тимофеева Т. Б.* Адаптивная устойчивость сложных объектов и систем — мода или новая парадигма? // Управление риском. 2019. № 4. С. 48–52.

Малинецкий Г. Г., *Кочкаров А. А.* Управление безопасностью и стойкостью сложных систем к внешним воздействиям // Проблемы управления. 2005. № 5. С. 70–76.

Мастерова О. А., *Барская А. В.* Эксплуатация электроэнергетических систем и сетей: учеб. пособие. Томск : ТПУ, 2006. 100 с.

Мельников А. В. Анализ риска. Каскадные аварии на объектах добычи природного газа. LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 224 с.

Надежность систем энергетики и их оборудования. Справочник в 4 т. / под общ. ред. Ю. Н. Руденко. Т. 2: Надежность электроэнергетических систем. Москва : Энергоатомиздат, 2000. 565 с.

Надежность систем энергетики и их оборудования: справочник в 4 т. / под общ. ред. Ю. Н. Руденко. Т. 3. Кн. 1 Надежность систем газо- и нефтеснабжения. Москва : Недра, 1994. 414 с.

Метод описания сценариев каскадных и межсистемных аварий / В. А. Пантелеев, И. А. Кириллов, М. А. Берберова, С. В. Клименко // Ситуационные центры и информационно-аналитические системы для задач мониторинга и безопасности (SCVRT2017). Труды междунар. конф. Москва — Протвино, 28–30 нояб. 2017 г. С. 239–244.

Снижение рисков каскадных аварий в электроэнергетических системах / отв. ред. Н. И. Воропай. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2011. 303 с.

A meta-model for representing system-of-systems ontologies / M. Young, S. Jiyoung, S. Yong-Jun, et al. // Proceedings of the 6th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems May 29. Sweden : Gothenburg, 2018. 33 p. P. 1–7.

Complex approach to assessing resilience of critical infrastructure elements / D. Rehak, et al. // International Journal of Critical Infrastructure Protection. 2019. No. 25. P. 125–138. DOI: doi.org/10.1016/j.ijcip.2019.03.003.

Dobson I., *Carreras B. A.*, *Newman D. E.* A Loading-Dependent Model of Probabilistic Cascading Failure // Probability in the Engineering and Informational Sciences. 2005. No. 19 (1). P. 15–32.

Francis R., *Bekera B.* A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems // Reliability Engineering & System Safety. 2014. No. 121. P. 90–103.

Gritzalis D., *Theoharidou M.*, *Stergiopoulos G.* Critical Infrastructure Security and Resilience: Theories, Methods, Tools and Technologies. Heidelberg : Springer, 2019. 313 p.

Hokstad Per, *Utne I.*, *Vatn J.* Risk and Interdependencies in Critical Infrastructures: A Guideline for Analysis. London : Springer-Verlag, 2012. 252 p.

Hosseini S., *Barker K.*, Ramirez *Marquez J. E.* A review of definitions and measures of system resilience // Reliability Engineering & System Safety. 2016. No. 145. P. 47–61.

Indexing resilience: a primer for insurance markets and economies / T. Holzheu, P. Saner, M. Rischatsch, et al. // Sigma. 2019. No. 5. P. 1–44.

Lesnykh V., *Petrov V.*, *Timofeeva T.* Problems of Risk Assessment in Intersystem Failures of Life Support Facilities // International Journal of Critical Infrastructures. 2016. No. 12 (3). P. 213–228. DOI: doi.org/10.1504/IJCIS.2016.079014.

Moghim S., *Kaveh G.* Countries' classification by environmental resilience // Journal of environmental management. 2018. No. 230. P. 345–351.

Resilience: Theory and Application / J. Carlson, R. Haffenden, G. Bassett, et al. // Argonne National Laboratory Report. United States: N. p., 2012. P. 1–64. DOI: doi.org/10.2172/1044521.

Risk Assessment in Complex Interacting Infrastructure Systems / D. E. Newman, B. Nkei, B. A. Carreras, et al. // Proceedings of 2nd thirty-eighth Hawaii International Conference on System Sciences. 2005. P. 62–63. DOI: doi.org/10.1109/HICSS.2005.524.

Simmie J. The economic resilience of regions: Towards an evolutionary approach // Cambridge Journal of Regions, Economy and Society. 2009. No. 3 (1). P. 27–43. DOI: doi.org/10.1093/cjres/rsp029.

Wu Z., *Lu X.*, *Noori M.* Resilience of Critical Infrastructure Systems. Emerging Developments and Future Challenges. Boca Raton Publishing, 2020. 244 p.DOI: doi.org/10.1201/9780367477394.

Yu C., *Hao Z.* Resilience Classification Research of Water Resources System in a Changing Environment // Proceedings of 2nd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering. 2008. P. 3741–3744. DOI: doi.org/10.1109/ICBBE.2008.437.

References

Baek, Y. M., Song, J., Shin, Y. J., Park, S. & Bae, D. (2018). A meta-model for representing system-of-systems ontologies. In: *Proceedings of the 6th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems May 29, 2018* (pp. 1–7). Sweden: Gothenburg. DOI: 10.1145/3194754.3194755.

Balabeikina, O. & Faibusovich, E. (2018). The urban extension level of the Russian Federation's territory: regional aspect. *Geographical Bulletin [Geograficheskiy vestnik], 1(44),* 72–82 DOI: 10.17072/2079–7877–2018–1-72–82. (In Russ.)

Carlson, J., Haffenden, R., Bassett, G., Buehring, W., Collins, M., Folga, S., … Whitfield, R. (2012). *Resilience: Theory and Application.* Argonne National Laboratory Report, 64. DOI: 10.2172/1044521

Dobson, I., Carreras, B. A. & Newman, D. E. (2005) A Loading-Dependent Model of Probabilistic Cascading Failure. *Probability in the Engineering and Informational Sciences, 19(1),* 15–32.

Francis, R. & Bekera B. (2014). A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems. *Reliability Engineering & System Safety, 121,* 90–103.

Ganaga, S. V. & Kovalev, S. A. (2012). Modeling the Accident at the Pipeline Intercrossing Using ANSYS and LS-DYNA Software. *Vesti Gazovoy Nauki, 2(10),* 133–140. (In Russ.)

Gritzalis, D., Theoharidou, M. & Stergiopoulos, G. (2019). *Critical Infrastructure Security and Resilience: Theories, Methods, Tools and Technologies.* Heidelberg: Springer, 313.

Hokstad, P., Utne, I. & Vatn, J. (Eds.) (2012). *Risk and Interdependencies in Critical Infrastructures: A Guideline for Analysis.* London: Springer-Verlag, 252.

Holzheu, T., Saner, P., Rischatsch, M., Tamm, K. & Lechner, R. (2019). Indexing resilience: a primer for insurance markets and economies. *Sigma, 5,* 1–44.

Hosseini, S., Barker, K. & Ramirez Marquez, J. E. (2016). A review of definitions and measures of system resilience. *Reliability Engineering & System Safety, 145,* 47–61.

Lesnykh, V. & Timofeeva, T. (2019). Resilience — Fashion or New Paradigm? *Upravlenie riskom [Risk Management], 4,* 48–52. (In Russ.)

Lesnykh, V., Petrov, V. & Timofeeva, T. (2016). Problems of Risk Assessment in Intersystem Failures of Life Support Facilities. *International Journal of Critical Infrastructures, 12(3),* 213–228. DOI: 10.1504/IJCIS.2016.079014.

Malinetski, G. G. & Kochkarov, A. A. (2005). Safety and resilience management of complex systems under external impact. *Problemy upravleniya [Control Sciences], 5,* 70–76. (In Russ.)

Masterova, O. A. & Barskya, A. V. (2006). *Ekspluatatsiya elektroenergeticheskikh sistem i setey: ucheb. Posobie [Operation of power systems and networks].* Tomsk: TPU, 100. (In Russ.)

Melnikov, A. V. (2007). *Analiz riska. Kaskadnye avarii na obektakh dobychi prirodnogo gaza [Risk analysis. Cascade Accidents at Natural Gas Production Facilities].* LAP Lambert Academic Publishing, 224.

Moghim, S. & Kaveh Garna, R. (2018). Countries' classification by environmental resilience. *Journal of environmental management, 230,* 345–351.

Newman, D. E., Nkei, B., Carreras, B. A., Dobson, I., Lynch, V. E. & Gradney, P. (2005). Risk Assessment in Complex Interacting Infrastructure Systems. In: *Proceedings of 2nd thirty-eighth Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 62–63). Hawaii. DOI: 10.1109/HICSS.2005.524.

Panteleev, V. A., Kirillov, I. A., Berberova, M. A. & Klimenko, S. V. (2017). Method Cascade and Intersystem Accidents Scenarios Description. In: *Trudy mezhdunar. konf. «Situatsionnye tsentry i informatsionno-analiticheskie sistemy dlya zadach monitoringa i bezopasnosti (SCVRT2017)» [SCVRT2017 The Conference Proceedings]* (pp. 239–244). Moscow: Protvino. (In Russ.)

Rehak, D., Senovsky, P., Hromada, M. & Lovecek, T. (2019). Complex approach to assessing resilience of critical infrastructure elements. *International Journal of Critical Infrastructure Protection, 25,* 125–138. DOI: 10.1016/j.ijcip.2019.03.003

Rudenko, Yu. N. (Ed.). (1994). *Nadezhnost sistem energetiki i ikh oborudovaniya: spravochnik v 4 t. T. 3. Kn. 1 Nadezhnost sistem gazo- i neftesnabzheniya [Reliability of Power Systems and Their Equipment. Handbook. In 4 volumes. Vol. 3. Book 1. Reliability of gas and oil transportation systems].* Moscow: Nedra, 414. (In Russ.)

Rudenko, Yu. N. (Ed.). (2000). *Nadezhnost sistem energetiki i ikh oborudovaniya. Spravochnik v 4 t. T. 2: Nadezhnost elektroenergeticheskikh system [Reliability of Power Systems and Their Equipment. Handbook. In 4 volumes. Vol. 2. Reliability of Power Systems].* Moscow: Energoatomizdat, 565. (In Russ.)

Simmie, J. (2009). The economic resilience of regions: Towards an evolutionary approach. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 3(1),* 27–43. DOI: 10,1093/cjres/rsp029.

Voropai, N. I. (Ed.). (2011). *Snizhenie riskov kaskadnykh avariy v elektroenergeticheskikh sistemakh [Reducing the risk of cascading blackouts in electric power systems].* Novosibirsk: Publishing House SB RAS, 302. (In Russ.)

Wu, Z., Lu, X. & Noori, M. (2020). *Resilience of Critical Infrastructure Systems. Emerging Developments and Future Challenges.* Boca Raton Publishing, 244. DOI: 10.1201/9780367477394

Yu, C. & Hao, Z. (2008). Resilience Classification Research of Water Resources System in a Changing Environment. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering* (pp. 3741–3744). DOI: 10.1109/ICBBE.2008.437.

Информация об авторах

Лесных Валерий Витальевич — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Российский университет дружбы народов (РУДН); Scopus Author ID: 6602914103; https://orcid.org/0000-0003-2043-401X (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6; e-mail: vvlesnykh@gmail.com).

Тимофеева Татьяна Борисовна — кандидат технических наук, доцент, Государственный университет управления (ГУУ); Scopus Author ID: 57191157903 https://orcid.org/0000-0002-3783-0046 (Российская Федерация, 115432, г. Москва, Рязанский пр-кт, д. 99; e-mail: tanuta75@mail.ru).

About the authors

Valery V. Lesnykh — Dr. Sci. (Eng.), Professor, Honoured Science Worker of the Russian Federation, RUDN University; Scopus Author ID: 6602914103; http://orcid.org/0000-0003-2043-401X (6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russian Federation; e-mail: vvlesnykh@gmail.com).

Tatiana B. Timofeeva — Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, State University of Management, Scopus Author ID: 57191157903; https://orcid.org/0000-0002-3783-0046 (99, Ryazanskiy Ave., Moscow, 115432, Russian Federation; e-mail: tanuta75@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 18.05.2020.
Прошла рецензирование: 28.07.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 18 May 2020.
Reviewed: 28 Jul 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-18
УДК 332.146.2:330.1
JEL J24, Q01

М. Ю. Дьяков
Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН,
г. Петропавловск-Камчатский, Российская Федерация
https://orcid.org/0000-0001-7527-6018; e-mail: ekftig@mail.ru

Экономическая оценка человеческого капитала региона[1]

Переход к устойчивому региональному развитию невозможен без учета состояния и повышения качества человеческого капитала регионов. Основой для решения этой задачи является экономическая оценка человеческого капитала, и проведение такой оценки является целью настоящей работы. Кроме того, в ходе исследования проанализированы определения категории «человеческий капитал», подходы к выявлению его состава и структуры, рассмотрены различные подходы к экономической оценке человеческого капитала и предложено определение человеческого капитала региона. Для экономической оценки человеческого капитала на уровне региона признан оптимальным затратный подход. В качестве инструмента стоимостной экономической оценки предложен метод, разработанный К.Н. Чигоряевым и соавторами, с рядом теоретических и методических модификаций, ориентированных на учет региональной специфики. По результатам проведенной оценки общий объем человеческого капитала Камчатского края превысил 191 млрд руб., из них более 104 млрд руб. приходилось на основной человеческий капитал. Была отмечена динамика постоянного роста человеческого капитала в рассматриваемом периоде 2011–2018 гг. При этом в общей структуре доля основного человеческого капитала постоянно увеличивалась. Значения цепного коэффициента роста оборотного человеческого капитала колебались в пределах 1,0–1,06, а значения этого же коэффициента для основного человеческого капитала — в пределах 1,14–2,05. Был также проведен сравнительный анализ соотношения объемов совокупного человеческого и физического капитала, который показал наличие дисбаланса между ними, с постепенным ростом доли человеческого капитала, которая в 2018 г. достигла 37,5 %. Полученные результаты могут быть использованы при разработке документов стратегического и программно-целевого характера, касающихся социально-экономического развития региона. В методическом аспекте модифицированный метод К.Н. Чигоряева и соавторов может применяться для решения поставленной задачи — стоимостной оценки человеческого капитала региона.

Ключевые слова: устойчивое развитие, человеческий капитал, человеческий капитал региона, экономическая оценка, затратный подход, метод Чигоряева, физический капитал, динамика накопления, регионы российского Дальнего Востока, Камчатский край

Для цитирования: Дьяков М. Ю. Экономическая оценка человеческого капитала региона // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 556-568. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-18.

RESEARCH ARTICLE

Maxim Yu. Dyakov
Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of RAS,
Petropavlovsk-Kamchatsky, Russian Federation
https://orcid.org/0000-0001-7527-6018, e-mail: ekftig@mail.ru

Economic Assessment of Regional Human Capital

Sustainable regional development should consider the state and improvement of the quality of regional human capital. To this end, the present study focuses on economic assessment of human capital. Additionally, the research analyses the definitions of the "human capital" category, as well as approaches to identifying its composition and structure. After examining various economic assessment techniques, a definition of regional human capital was proposed. The cost approach was chosen as the most suitable tool for the economic assessment of human capital at the regional level. For economic valuation, the study uses a method developed by Chigoryaev and co-authors, including a number of theoretical and methodological modifications that take into account regional specificities. According to the assessment results, the total human capital in Kamchatka krai exceeded 191 billion roubles, of which more than 104 billion accounted for the fixed human capital. The constant growth of human capital in the period 2011–2018 was noted. Simultaneously, the share of the fixed human capital in the overall structure has been steadily increasing. The values of the chain growth rate of the operating human capital ranged from 1.0 to 1.06, while the values of this rate of the fixed human capital ranged from 1.14 to 2.05. A comparative analysis of the ratio of the total human and physical capital showed the presence of an imbalance: the share of human capital was gradually increasing and reached 37.5 % in 2018. The obtained results can be used to create strategic and programme documents in the field of regional socio-economic development. The modified method of Chigoryaev and co-authors can be applied for the valuation of regional human capital in other studies.

Keywords: sustainable development, human capital, regional human capital, economic assessment, cost approach, method of Chigoryaev, physical capital, accumulation dynamics, regions of the Russian Far East, Kamchatka krai

For citation: Dyakov, M. Yu. (2022). Economic Assessment of Regional Human Capital. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 556-568, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-18.

Введение

К настоящему времени необходимость устойчивого развития является общепризнанной и безальтернативной, и только переход к такому типу развития имеет дальнейшие перспективы с точки зрения выживания человечества.

Необходимость перехода к устойчивому развитию отражена в таких международных документах, как Доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКСОР) «Наше общее будущее» (Наше общее будущее, 1989), Йоханнесбургская декларация по устойчивому развитию[1], а также в Концепции перехода Российской Федерации по устойчивому развитию[2].

Но этот вопрос актуален не только на глобальном и национальном, но и на региональном уровне. Именно на этом уровне формируются и функционируют конкретные природные системы, на базе которых создаются действующие природно-хозяйственные комплексы и промышленные кластеры. На региональном уровне, в конкретных регионах также происходит воспроизводство и человеческого капитала, являющегося неотъемлемой составляющей устойчивого развития.

Особенно важной задача перехода к устойчивому развитию становится для регионов российского Дальнего Востока с их спецификой — большим объемом природного капитала, преимущественно сырьевым характером экономики, относительно слабой заселенностью и, как следствие, низким объемом человеческого капитала. При этом устойчивое развитие предполагает, как минимум, сохранение стабильной величины суммарного капитала — природного, произведенного и человеческого — слабая устойчивость (Williams, Millington, 2004), а как максимум — стабильный, не снижающийся объем природного капитала (сильная

---

[1] Йоханнесбургская декларация по устойчивому развитию. Организация Объединенных Наций. (2002). URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/decl_wssd.shtml(дата обращения: 05.06.2020)

[2] Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию. Указ Президента Российской Федерации от 1 апр. 1996 г. № 440 // Российская газета. 1996. № 67. 3 апр. С. 5–12.

устойчивость) (Голуб, Струкова, 2001; Costanza, d'Arge, de Groot, Farber, 1997). Реализация идей устойчивого развития на практике означает постепенное и поэтапное достижение сначала слабой устойчивости с дальнейшим максимально возможным приближением к сильной. Таким образом, магистральным путем перехода к устойчивому типу развития должно стать постепенное снижение объема вовлекаемого в хозяйственный оборот природного капитала, а точнее — объема невозобновляемых природных ресурсов, при наращивании произведенного (и как его основного компонента — физического) капитала в его наиболее современных, инновационных, высокопроизводительных и ресурсоэффективных формах.

Другим необходимым аспектом перехода к устойчивому развитию неизбежно становится повышение объема и качества человеческого капитала. Именно поэтому человеческий капитал является не только неотъемлемым, но и в перспективе одним из ключевых компонентов устойчивого развития регионов российского Дальнего Востока, а его изучение — одной из наиболее актуальных задач в этой области. В свою очередь, одно из основополагающих направлений в ходе изучения человеческого капитала — это его экономическая оценка на региональном уровне. Без такой оценки невозможно определение дальнейших направлений улучшения его качественного состояния и перспектив использования. Попыткой провести такую стоимостную экономическую оценку на примере отдельного региона российского Дальнего Востока — Камчатского края, и является настоящее исследование.

Таким образом, целью данной работы является проведение стоимостной оценки человеческого капитала Камчатского края, а принимаемой гипотезой — возможность использования метода К.Н. Чигоряева как эффективного инструмента проведения этой оценки при условии его модификации.

Теоретические и методические аспекты изучения и экономической оценки человеческого капитала региона

Предпосылки к появлению теории человеческого капитала появились еще у классиков экономической мысли: У. Петти, А. Смита, Дж.С. Милля, Ж.Б. Сэя, Л. Вальраса. В марксизме понятие рабочей силы стало одним из основополагающих. Собственно категория человеческого капитала была введена в научный оборот более полувека назад, а фактическим создателем современной теории человеческого капитала является американский исследователь Т. Шульц (совместно с Г. Беккером). Существенный вклад в ее развитие внесли такие авторы, как Дж. Кендрик, С. Кузнец, Л. Туроу, Р. Солоу, Э. Дэнисон, И. Хигучи, Дж. Минцер, Д. Джоргенсон и Б. Фраумени. Среди отечественных исследователей ведущая роль в данной области принадлежит Р.И. Капелюшникову, М.М. Критскому, С.А. Дятлову, Л.И. Абалкину. На уровне корпораций изучение человеческого капитала проводит, в частности К.Н. Чигоряев.

При всем большом объеме и многоаспектности исследований сама категория человеческого капитала до настоящего времени трактуется по-разному. Классическим и наиболее распространенным является понимание человеческого капитала как определенного запаса знаний, умений и навыков человека, которые он может использовать для получения дохода и удовлетворения своих индивидуальных и общественных потребностей. Такого понимания придерживались Т. Шульц и Г. Беккер (Schultz, 1961; Becker, 1975). В соответствии с определением, предложенным ОЭСР, человеческий капитал трактуется как «знания, навыки, умения и способности, воплощенные в людях, которые позволяют им создавать личное, социальное и экономическое благосостояние» (The Wellbeing of Nations ..., 2001).

В то же время, существует и комбинированный подход к определению человеческого капитала, при котором он рассматривается не только как определенный актив или фонд, приносящий доход, но и как результат инвестиций — финансовых вложений, а также затрат времени и сил для его формирования. Так, например, с точки зрения С.А. Дятлова, человеческий капитал — это «сформированный в результате инвестиций и накопленный человеком определенный запас здоровья, знаний, навыков, способностей, мотиваций, которые целесообразно используются в той или иной сфере общественного воспроизводства, содействуют росту производительности труда и производства, и тем самым влияют на рост доходов (заработков данного человека)» (Дятлов, 1994). Схожих взглядов придерживаются Р.И. Капелюшников и А.И. Добрынин с соавторами (Капелюшников, 2008; Капелюшников, 2012; Добрынин, Дятлов, Цыренова, 1999). Наиболее широкого взгляда на человеческий капитал придерживается М.М. Критский, определяя его как «всеобщую форму экономической жизнедеятельности — итог исторического движения человеческого общества к современному состоянию» (Критский, 1991).

Таким образом, первый подход дает возможность экономической оценки человеческого капитала с индивидуальных позиций, на основе приносящих доход личных качеств. Второй подход дает возможность экономической оценки с более широких позиций — корпоративных, региональных, общенациональных и глобальных, поскольку инвестиции в человеческий капитал могут производиться на каждом из этих уровней, и, соответственно, человеческий капитал как результат этих инвестиций, сформированный актив может быть оценен также на любом из них.

Кроме различий в определении термина «человеческий капитал», существует также и большое разнообразие в определении состава, структуры и соотношения составляющих его компонентов. Изначально в состав человеческого капитала Т. Шульц включал только образовательную составляющую, сейчас обозначаемую обычно как капитал образования — знания, полученные как в результате обучения в учебных заведениях, так и в результате самообразования (Schultz, 1961; Schultz, 1994). Схожих взглядов придерживался Ф. Махлуп, определявший человеческий капитал с точки зрения увеличения интеллектуальных способностей, за счет которого становится возможным производство большего объема экономических благ и повышение их качества (Machlup, 1984). По мнению М.М. Критского, человеческий капитал включает в себя как производительные знания и способности к труду, так и потребительские знания и способности, обеспечивающие жизнедеятельность, а также образовательные способности к обучению (Критский, 1991). Р.И. Капелюшников включает в состав человеческого капитала знания, навыки и способности, которые человек может использовать в производственных и потребительских целях (Капелюшников, 2012). По мнению М.А. Тобиен (Тобиен, 2014), такое понимание человеческого капитала, при котором в его состав включается только совокупность человеческих знаний, умений навыков и способностей, можно считать трактовкой понятия «человеческий капитал» в узком смысле.

Но кроме такой трактовки, возможно также понимание человеческого капитала и в широком смысле, при котором в его состав включается не только совокупность способностей и капитала образования, но и ряд других компонентов. Так, К. Макконел и С. Брю с соавторами (Макконел, Брю, 1992) включают в состав человеческого капитала накопление вложений как в образование, так и в здравоохранение и другие факторы, которые способствуют повышению производительности труда. Л.И. Абалкин считал человеческий капитал суммой факторов, обеспечивающих возможность приносить доход, и включал в их число врожденные способности, образование, профессиональный опыт, а также творческий потенциал, здоровье и мотивацию к деятельности (Абалкин, 2009). Некоторые исследователи составе человеческого капитала выделяют также отдельно культурно-нравственный, трудовой и организационно-предпринимательский капиталы.

Структурирование человеческого капитала по уровням экономики дает подразделение его на микроуровень — индивидуальный человеческий капитал, мезоуровень — корпоративный и региональный человеческий капитал, и макроуровень — национальный и глобальный человеческий капитал. Е.В. Анишин (Анишин, 2006) предлагает четырехуровневое деление: индивидуальный и семейный человеческий капитал, человеческий капитал организации, региональный, человеческий капитал общества в целом.

Относительно капитала образования, возможно деление его на общий и специфический, где под общим понимаются универсальные знания и навыки, которые могут быть применены в широком спектре деятельности, а под специфическим — те, которые используются преимущественно при определенных трудовых операциях.

По отношению к капиталу здоровья предлагается структурирование его на базовый — совокупность врожденных свойств человека и приобретенный — формирующийся в ходе трудовой деятельности, который может быть приумножен путем инвестиций в охрану здоровья (Ильинский, 1996; Инвестиции в человеческий капитал..., 2003).

Таким образом, обобщая приведенные классификации, можно выделить три основных компонента человеческого капитала: капитал здоровья, капитал образования и культурный капитал. Весь человеческий капитал, как в совокупности, так и по отдельным своим компонентам, может быть рассмотрен на каждом из уровней, от индивидуального до глобального. Для каждого из уровней следует отметить определяющую для формирования капитала роль институционального фактора: семьи, образовательных, оздоровительных и культурных институтов, от деятельности которых прямо зависят как объем, так и качество человеческого капитала.

Переходя на региональный уровень и с учетом рассмотренных выше подходов к пониманию человеческого капитала, представляется возможным дать следующее определение. Человеческий капитал региона — это накопленный в нем в результате инвестиций фонд способностей, знаний, умений, навыков, здоровья, моральных ценностей и культурных компетенций, являющийся неотъемлемым фактором регионального общественного воспроизводства. Именно такое понимание человеческого капитала дает возможность производить его экономическую оценку на региональном уровне.

Сам вопрос о такой оценке также достаточно сложен, и к его решению существует несколько основных подходов. Как отмечает Р.И. Капелюшников (Капелюшников, 2012), выделяются три крупных подхода к оценке человеческого капитала: индикаторный, стоимостный на основе издержек и стоимостный на основе доходов. Такая классификация методов встречается достаточно часто, при том, что их могут обозначать по-разному: например, как затратный и рентный (Богатова, 2013), как натуральные, затратные и монетарные оценки (Микула, 2014). Иногда в качестве отдельного выделяют подход Всемирного банка (Парушина, Лытиева, Семиделихин, 2017), а также подход на основе амортизационной оценки (Тугускина, 2015).

Кроме того, по уровням экономики оценку подразделяют на микроуровень — для индивидуального человеческого капитала и капитала предприятий, мезоуровень — для регионов и корпораций, макроуровень — для общенационального человеческого капитала, и мегауровень — для оценок в общемировом масштабе (Кирьянов, Сухарева, 2011).

Рассматривая индикаторный подход, можно отметить, что он основан на оценке натуральных показателей, относящихся, в первую очередь, к образовательной сфере (например, среднее число лет обучения, коэффициенты зачисления в учебные заведения).

Метод оценки индекса человеческого развития (ИЧР), разработанный для Программы развития ООН, который также можно отнести к этой группе методов, охватывает более широкий спектр показателей, включая ожидаемую продолжительность жизни и индекс валового национального дохода. Можно сказать, что как метод ИЧР, так и методы, основанные на индикаторном подходе в целом, хорошо приспособлены для сравнительных оценок человеческого капитала в географическом и хронологическом разрезах, но для задач собственно экономической оценки непригодны, поскольку и не были для них предназначены.

Подход, основанный на учете будущих доходов, вероятно, наиболее привлекателен с теоретической точки зрения, поскольку по своей сути он является рентным, и в наибольшей степени соответствует оценке человеческого капитала именно как капитала, то есть фонда, способного приносить доход. В соответствии с этим подходом предлагается производить оценку на основе будущего дохода, который человек получит за счет своей производительной деятельности в течение жизни, то есть ренты по индивидуальному человеческому капиталу, приведенной к настоящему моменту. Такой метод, в частности, предложен Б. Джоргенсеном и Б. Фраумени (Jorgenson, Fraumeni, 1989; Jorgenson, Fraumeni, 1992) и реализован Р.И. Капелюшниковым (Капелюшников, 2012). Основной проблемой данного подхода, несмотря на всю его привлекательность, является то, что он может быть реализован только при узком понимании человеческого капитала, когда он сводится, главным образом, к капиталу образования, и в оценке будущих доходов явным образом учитывается именно его влияние. Оценить же влияние капитала здоровья и культурного капитала практически не представляется возможным в силу неформального характера их накопления, в отличие от образовательного процесса. Кроме того, рентный подход изначально был ориентирован на оценки индивидуального человеческого капитала, и он может быть также применен на национальном уровне (Капелюшников, 2012). Но на уровне региона, с учетом фактора миграции, постоянно меняющей не только количественный состав населения, но и качественную структуру человеческого капитала, такие оценки практически утрачивают смысл.

Подход, основанный на учете издержек, по сути являющийся затратным, заслуживает внимательного рассмотрения. Именно этого подхода придерживались при проведении стоимостных оценок Т. Шульц (Schultz, 1963) и Дж. Кендрик (Kendrick, 1976). Т. Шульц рассчитывал величину человеческого капитала через государственные и частные расходы на образование, а Дж. Кендрик — на значительно более широкой основе, включая затраты на содержание детей, на повышение культурного уровня и улучшение бытовых условий. У этого подхода существуют свои недостатки, которые сводятся к нескольким основным моментам. Во-первых, он предполагает однозначное соответствие инвестиций и реального объема человеческого капитала, что не обязательно соответствует действительности. Худший по качеству человеческий капитал может требовать большего объема вложений (в образование, здравоохранение и т. д.) для достижения необходимого уровня функционирования, чем если бы его качество было изначально лучше. Это создает риски перекосов при оценке: переоцененности худшего по качеству человеческого капитала и недооцененности лучшего.

Во-вторых, возникает неопределенность дифференциации расходов между инвестициями и текущим потреблением. Причем эта неопределенность носит не инструментальный, а, по-видимому, сущностный, неустранимый характер, поскольку одни и те же расходы (например, на повышение культурного уровня) носят одновременно и потребительский характер, удовлетворяя текущие потребности, и инвестиционный — способствуя повышению эффективности производительной деятельности.

И, наконец, определенную сложность вызывает аспект амортизации человеческого капитала, поскольку при начале эксплуатации его стоимость не только не снижается, но даже возрастает за счет приобретаемого опыта и навыков.

Тем не менее, при всех упомянутых недостатках и ограничениях, практически задача стоимостной оценки человеческого капитала на региональном уровне может быть решена именно с применением данного подхода. При этом необходимо постараться свести к минимуму влияние его недостатков.

Данные и методы

Для формирования информационного массива были использованы данные государственной статистики по Камчатскому краю за период 2011–2018 гг., а также законы об исполнении краевого бюджета.

Что касается стоимостной оценки человеческого капитала региона, то к настоящему времени, по-видимому, наиболее разработанным является метод, предложенный К.В. Кетовой и И.Г. Русяком в (Кетова, Русяк, 2008). С его помощью возможно давать не только текущие, но и прогнозные стоимостные оценки человеческого капитала на уровне региона. В то же время, этот метод достаточно требователен к информационной базе, трудоемок и требует специальной математической подготовки от исследователей.

Другим эффективным методом стоимостной оценки в рамках затратного подхода можно считать метод, предложенный К.Н. Чигоряевым с соавторами, и подробно изложенный в (Чигоряев, Скопинцева, Ульященко, 2008). Он основан на широком понимании человеческого капитала и включает в качестве его компонентов фонд оплаты труда, интеллектуальный капитал и капитал здоровья. Изначально метод был создан для оценки человеческого капитала предприятия, и, таким образом, весь человеческий капитал предприятия принимается равным сумме его фонда оплаты труда, затрат на интеллектуальный капитал и капитал здоровья персонала. Для учета отдачи от каждого компонента вводятся весовые коэффициенты, а также специальные параметры, учитывающие зависимость эффективности вложений в интеллектуальный капитал от среднего уровня образования и вложений в капитал здоровья от среднего возраста работников. Таким образом, формула расчета стоимости человеческого капитала имеет вид (Чигоряев, Скопинцева, Ульященко, 2008):

$$HC = \beta_1 A + \beta_2 \alpha_1 B + \beta_3 \alpha_2 C, \qquad (1)$$

где HC — суммарный объем человеческого капитала предприятия; A — фонд оплаты труда; B — затраты предприятия на интеллектуальный капитал; C — затраты на капитал здоровья; $\beta_{1,\ 2,\ 3}$ — весовые коэффициенты отдачи по каждому компоненту соответственно; $\alpha_{1,\ 2}$ — параметры, учитывающие стоимость отдачи затрат для соответствующего компонента.

К недостаткам этого метода относят то, что, во-первых, в нем не учитывается инфляция, и, во-вторых, никак не присутствует учет амортизации человеческого капитала. Здесь можно добавить, что и накопление его также никак не учитывается, и фактически размер человеческого капитала приравнивается к размеру текущих инвестиций в него. Весь человеческий капитал, как фонд оплаты труда, так и капитал здоровья и интеллектуальный капитал, по умолчанию воспринимается как оборотный, то есть считается, что в каждом периоде он воспроизводится в полном объеме. И если для фонда оплаты труда такое допущение справедливо, то для интеллектуального капитала и капитала здоровья, которые накапливаются и изнашиваются в течение длительного периода, его нельзя признать корректным.

К достоинствам метода можно отнести сравнительную простоту расчетов и нетребовательность к информационно-статистической базе. Именно благодаря этим достоинствам данный метод, при условии определенной модификации, может быть адаптирован для решения задачи стоимостной оценки человеческого капитала региона. Для этого в него целесообразно внести ряд изменений, чтобы не сводить оценку стоимости человеческого капитала исключительно к оценке текущих инвестиций, но производить ее с учетом накопления и амортизации, насколько это возможно.

С этой целью представляется обоснованным ввести в классификацию человеческого капитала фундаментальное различие, а именно, различать оборотный и основной человеческий капитал. При этом к первому отнести соответствующий ему по экономическому смыслу фонд оплаты труда, а ко второму — интеллектуальный капитал и капитал здоровья. Такое фундаментальное различие, в свою очередь, дает и возможность методически более корректного подхода к проведению стоимостной оценки.

С учетом предложенных корректировок формула расчета стоимости человеческого капитала приобретает вид:

$$HC = \beta_1 A_n + \sum_{t=1}^{n} \left(\beta_3 \alpha_1 B + \beta_3 \alpha_2 C\right) - A_M, \qquad (2)$$

где A_n — фонд оплаты труда в n-м периоде; A_M — сумма амотризации в n-м периоде; $t = 1, ..., n$ — расчетные периоды.

Отдельную трудность представляет собой вопрос расчета амортизации для основного человеческого капитала. Так, К.В. Кетова и И.Г. Русяк (Кетова, Русяк, 2008) предлагают начисление амортизации в соответствии с экспоненциальной функцией от возраста населения. Но в рамках применяемой здесь модифицированной методики К.Н. Чигоряева и соавторов, требующей более простых подходов, можно предложить следующие допущения. Можно считать, что весь основной человеческий капитал полностью амортизируется в течение трудоспособного возраста (15–65 лет). В этом случае амортизацию можно начислять обычным линейным способом, а ее коэффициент составит 0,02 (2 %). Безусловно, такой подход является более грубым, чем по методу, предложенному вышеуказанными авторами, как и в целом оценки по используемому здесь методу, как уже упоминалось выше. Но и преимущества те же: намного меньшая требовательность к информационной базе и меньшая трудоемкость.

С учетом предложенных модификаций метод К.Н. Чигоряева и соавторов был применен для стоимостной оценки человеческого капитала Камчатского края. При этом были использованы следующие допущения.

1. Значения показателя фонда оплаты труда в каждом году были получены как произведение среднегодовой численности занятых и средней оплаты труда по региону.

2. В затраты на интеллектуальный капитал в каждом году включались бюджетные расходы региона по статьям «Образование» и «Культура, кинематография».

3. В состав затрат на капитал здоровья в каждом году включались бюджетные расходы региона по статьям «Здравоохранение», «Физкультура и спорт» и «Социальная политика». Последняя статья была включена, поскольку расходы по ней также влияют на качество жизни и состояние здоровья населения.

В состав затрат на интеллектуальный капитал и капитал здоровья включены только бюджетные расходы, и не приняты во внимание расходы предприятий, поскольку только по бюджетным расходам имеется достоверный информационный массив. Тем не менее, такое упрощение не вносит существенных искажений, поскольку в Камчатском крае отсутствуют крупные предприятия, имеющие градообразующий характер и несущие значительную социальную нагрузку.

4. Коэффициенты β_1, β_2, α_1 приняты равными единице, поскольку для определения их параметров нет достаточных данных. Это несколько огрубляет оценку в сторону ее повышения.

5. Коэффициент α_2 рассчитан по формуле, предложенной К.Н. Чигоряевым и соавторами (Чигоряев, Скопинцева, Ульященко, 2008):

$$\alpha_2 = \gamma_m \sum_{j=1}^{n} k_j d_j + \gamma_w \sum_{j=1}^{n} k_j t_j, \qquad (3)$$

где $\gamma_{m,\,w}$ — доля соответственно мужчин и женщин по региону; d_j, t_j — доля мужчин и женщин трудоспособного возраста j-й возрастной группы; k_j — коэффициент отдачи в капитал здоровья в зависимости от возрастных групп; n — количество возрастных групп.

Значение k_j на основе данных К.Н. Чигоряева и соавторов (Чигоряев, Скопинцева, Ульященко, 2008) принято равным 1 для всех возрастных групп у мужчин, а также женщин до 55 лет. Значение k_j для женщин в возрасте старше 55 лет принято равным 0,85. В результате расчета значение коэффициента α_2 было получено равным 4,7.

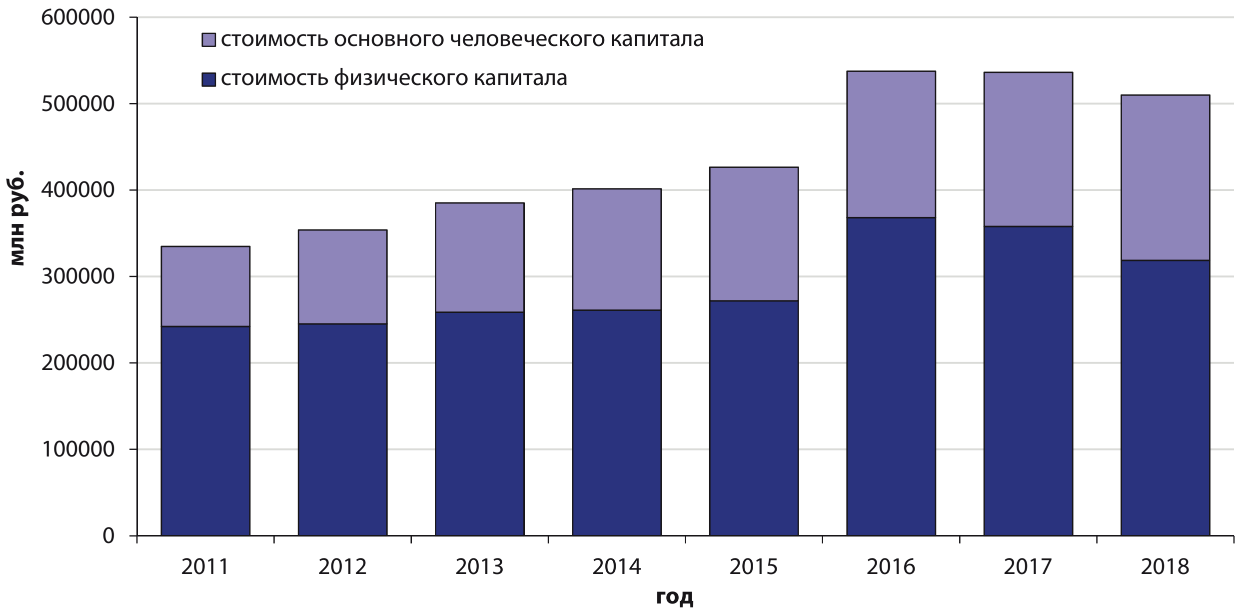


Рис. *Соотношение физического и основного человеческого капитала в Камчатском крае (источники: Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017. Стат. сб. / Росстат. М., 2017. 1402 с.; Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: Стат. сб. / М., 2019. 1204 с.; Закон Камчатского края «Об исполнении краевого бюджета за 2017 год» от 13.06.2018. № 219 URL: https://www.kamgov.ru/minfin/budzet-2017 (дата обращения: 05.06.2020); расчеты автора)*

Fig. *The ratio of the physical and fixed human capital in Kamchatka krai*

6. Значение коэффициента β_3 принято равным 0,1 в соответствии с подходом, предложенным В.И. Самарухой и О.В. Аксаментовой в (Самаруха, Аксаментова, 2008), считающими возможным на основании данных ВОЗ указать вклад здоровья в совокупный человеческий капитал в размере 10 %.

7. Значения как фонда заработной платы, так и инвестиций в основной человеческий капитал были дефлированы и приведены к базовому для расчетов году (2011). Таким же образом были приведены к базовому периоду значения объема физического капитала.[1]

Экономическая оценка человеческого капитала Камчатского края: результаты и обсуждение

Результаты стоимостной оценки человеческого капитала Камчатского края приведены в таблице 1.

Таким образом, стоимость совокупного человеческого капитала Камчатского края, рассчитанная по модифицированной методике К.Н. Чигоряева и соавторов, превышала 191 млрд руб. в 2018 г., из которых более 104 млрд руб. приходилось на основной человеческий капитал. Можно отметить динамику устойчивого роста как совокупного, так и основного человеческого капитала региона. Она описывается уравнением вида:

$$y = 14057x + 81955 \qquad (4)$$

при $R^2 = 0{,}9938$, где y — объем совокупного человеческого капитала; x — фактор времени (год).

Приведенная зависимость позволяет увидеть, что рост носит не только постоянный, но и линейный характер.

В таблице 2 показано, как выглядит значение такого показателя динамики, как цепной коэффициент роста как по оборотному, так и по основному человеческому капиталу.

Данные таблиц 1 и 2 демонстрируют, что в абсолютном выражении объем приведенного оборотного человеческого капитала остается на одном уровне, а объем основного человеческого капитала постоянно растет за счет накопления. В относительном выражении темп роста основного человеческого капитала в каждом периоде по отношению к предыдущему периоду также выше аналогичного темпа роста оборотного человеческого капитала. Данная динамика обуславливает и изменения в структуре суммарного человеческого капитала, где доля основного человеческого капитала постоянно растет.

Имеет смысл также сравнить соотношение физического и основного человеческого капи-

[1] Источники значений индексов-дефляторов:https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tab4.htm (дата обращения: 15.10.2020)

Таблица 1

Стоимостная оценка человеческого капитала в Камчатском крае*

Table 1

Valuation of human capital in Kamchatka krai

Показатель	Значения показателя по годам							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Оборотный человеческий капитал								
Фонд заработной платы, млн руб.	80225	83306	88167	87711	88612	89693	86446	86578
Коэффициент β_1	1	1	1	1	1	1	1	1
Оборотный человеческий капитал, млн руб.	80225	83306	88167	87711	88612	89693	86446	86578
Основной человеческий капитал								
Интеллектуальный капитал								
Инвестиции в образование, млн руб.	6589	6711	6966	8182	8191	8585	7621	8312
Инвестиции в культуру и кинематографию, млн руб.	522	465	528	1095	512	615	842	670
Инвестиции в интеллектуальный капитал — всего, млн руб.	7111	7176	7494	9277	8703	9200	8464	8982
Коэффициент β_2	1	1	1	1	1	1	1	1
Коэффициент α_1	1	1	1	1	1	1	1	1
Инвестиции в интеллектуальный капитал с учетом коэффициентов, млн руб.	7111	7176	7494	9277	8703	9200	8464	8982
Капитал здоровья								
Инвестиции в здравоохранение, млн руб.	4811	6771	5845	5409	5540	5434	3082	3463
Инвестиции в физкультуру и спорт, млн руб.	952	1150	951	1080	809	805	851	908
Инвестиции в социальную политику, млн руб.	6135	5610	6231	6408	6466	6821	8185	8073
Инвестиции в капитал здоровья — всего, млн руб.	11897	13530	13027	12897	12815	13060	12118	12443
Коэффициент β_3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Коэффициент α_2	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
Инвестиции в капитал здоровья с учетом коэффициентов, млн руб.	5592	6359	6123	6061	6023	6138	5695	5848
Суммарные инвестиции в основной человеческий капитал с учетом коэффициентов, млн руб.	12702	13535	13617	15339	14726	15338	14159	14830
Накопленный основной человеческий капитал до амортизации в текущем году, млн руб.	12702	25983	39080	53637	67291	81283	93816	106770
Коэффициент амортизации	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Сумма амортизации, млн руб.	254	520	782	1073	1346	1626	1876	2135
Основной человеческий капитал, млн руб.	12448	25464	38299	52565	65945	79658	91940	104635
Суммарный человеческий капитал, млн руб.	92673	108770	126465	140276	154557	169350	178386	191213
Доля оборотного человеческого капитала в суммарном, %	86,6	76,6	69,7	62,5	57,3	53,0	48,5	45,3
Доля основного человеческого капитала в суммарном, %	13,4	23,4	30,3	37,5	42,7	47,0	51,5	54,7

* Источники: Регионы России. Социально-экономические показатели. 2019: Стат.сб. М., 2019. 1204 с.; Об исполнении краевого бюджета за 2017 год. Закон Камчатского края от 13.06.2018. № 219 URL: https://www.kamgov.ru/minfin/budzet-2017 (дата обращения: 05.06.2020); Об исполнении краевого бюджета за 2016 год Закон Камчатского края от 20.06.2017. № 101 URL: https://www.kamgov.ru/minfin/budzet-2016 (дата обращения: 05.06.2020); Об исполнении краевого бюджета за 2015 год. Закон Камчатского края от 06.06.2016. № 810 URL: https://www.kamgov.ru/minfin/budzet-2015 (дата обращения: 05.06.2020); Об исполнении краевого бюджета за 2014 год. Закон Камчатского края от 08.06.2015. № 605 URL: https://www.kamgov.ru/minfin/budzet-2014 (дата обращения: 05.06.2020); Об исполнении краевого бюджета за 2013 год. Закон Камчатского края от 30.05.2014. № 433 URL: https://www.kamgov.ru/minfin/budzet-2013 (дата обращения: 05.06.2020); Об исполнении краевого бюджета за 2012 год. Закон Камчатского края от 28.05.2013. № 244 URL: https://www.kamgov.ru/minfin/budzet-2012 (дата обращения: 05.06.2020); Об исполнении краевого бюджета за 2011 год. Закон Камчатского края от 06.06.2012. № 37 URL: https://www.kamgov.ru/minfin/budzet-2011 (дата обращения: 05.06.2020); расчеты автора.

Таблица 2

Цепной коэффициент роста человеческого капитала, 2011–2018 гг.

Table 2

Chain growth rate of human capital

Показатель	Значения показателя по годам							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Цепной коэффициент роста оборотного человеческого капитала, д. ед.	—	1,04	1,06	0,99	1,01	1,01	0,96	1,00
Цепной коэффициент роста основного человеческого капитала, д. ед.	—	2,05	1,50	1,37	1,25	1,21	1,15	1,14

талов как существенных долгосрочных факторов развития региона. Приведенная стоимость физического капитала (основных фондов)[1] в Камчатском крае за период 2011–2018 гг. выросла с 242 до 318 млрд руб. Структурное соотношение физического и основного человеческого капитала за рассматриваемый период представлено на рисунке.

Таким образом, можно видеть, что это соотношение постепенно менялось в пользу человеческого капитала, и к концу периода его доля достигла 37,5 %.

Заключение

В целом по итогам проведенного исследования можно отметить следующее.

1. Метод К.Н. Чигоряева для оценки человеческого капитала компании был модифицирован и впервые применен для оценки человеческого капитала такого объекта, как регион.

2. Было предложено структурирование человеческого капитала на основной и оборотный.

3. В ходе исследования впервые получена стоимостная оценка человеческого капитала для Камчатского края, составившая более 191 млрд руб.

4. В структуре совокупного человеческого капитала выявлено постоянное нарастание доли основного капитала. Вопрос о его оптимальной структуре и о степени влияния на нее региональной специфики может стать предметом для отдельного углубленного исследования.

5. Несмотря на положительную динамику, обнаружен явный дисбаланс между объемом физического и основного человеческого капитала в Камчатском крае с перевесом в пользу первого. Такой дисбаланс не может способствовать переходу к устойчивому развитию и требует повышенного внимания как со стороны органов государственной власти, так и со стороны науки и общественности. При этом необходимо не только увеличение объема, но и повышение качества регионального человеческого капитала в компонентах капитала здоровья и интеллектуального капитала. Только совместные и скоординированные усилия всех заинтересованных сторон способны обеспечить устойчивое развитие региона, в том числе ускоренное накопление им человеческого капитала.

В методическом аспекте можно признать метод К.Н. Чигоряева и соавторов пригодным для проведения стоимостной оценки человеческого капитала региона при условии его теоретической и методической доработки и модификации в соответствии с условиями исследуемого объекта.

Практическая значимость проведенного исследования заключается в возможности использования его результатов при разработке документов концептуального, стратегического и программно-целевого целевого характера, касающихся развития как непосредственно Камчатского края, так и аналогичных ему регионов, а также при принятии управленческих решений текущего характера, касающихся инвестиций в человеческий капитал Камчатского края.

В заключение следует отметить, что исследования в области стоимостной оценки человеческого капитала в отечественной науке, по сути, еще находятся на своем начальном этапе, но приобретают возрастающую актуальность, что говорит о необходимости их дальнейшего углубления и расширения.

[1] Источники: Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017. Стат. сб. / Росстат. М., 2017. 1402 с.; Регионы России. Социально-экономические показатели. 2017. Стат. сб. /Росстат. М., 2019. 1204 с.

Список источников

Абалкин Л. И. Парадоксы измерения человеческого капитала // Вопросы экономики. 2009. № 9. С. 51–70.

Анишин Е. В. Человеческий капитал как совокупность социально-экономических отношений: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Чебоксары, 2006. 26 с.

Богатова А. В. Методологические подходы к оценке человеческого капитала // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (101). С. 135–139.

Голуб А. А., *Струкова Е. Б.* Экономика природных ресурсов. Москва : АспектПресс, 2001. 319 с.

Добрынин А. И., *Дятлов С. А.*, *Цыренова Е. Д.* Человеческий капитал в транзитивной экономике. Формирование, оценка, эффективность использования. Санкт-Петербург : Наука, 1999. 310 с.

Дятлов С. А. Основы теории человеческого капитала. Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербуржского гос. ун-та экономики и финансов, 1994. 156 с.

Ильинский И. В. Инвестиции в будущее: Образование в инновационном воспроизводстве. Санкт-Петербург : Изд. СПбУЭФ, 1996. 163 с.

Инвестиции в человеческий капитал России. Состояние, проблемы, перспективы / Под ред. И. В. Ильинского. Санкт-Петербург : С.-Петерб. гос. ун-т технологии и бизнеса, 2003. 216 с.

Капелюшников Р. И. Записка об отечественном человеческом капитале. Москва : Изд. дом ГУ ВШЭ, 2008. 56 с.

Капелюшников Р. И. Сколько стоит человеческий капитал России? Москва : Изд. дом Высшей школы экономики, 2012. 76 с.

Критский М. М. Человеческий капитал. Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. 120 с.

Кетова К. В., *Русяк И. Г.* Учет человеческого капитала при моделировании экономической системы региона. // Вестник Московского университета. 2008. № 3. С. 40–51. (Экономика).

Кирьянов Д. А., *Сухарева Т. Н.* Методы оценки человеческого капитала. Анализ объективности и достаточности исходных данных // Теория и практика общественного развития. 2011. № 3. С. 337–340.

Макконел К. Р., *Брю С. Л.* Экономика. Принципы, проблемы и политика. Т. 2. Москва : Республика, 1992. 400 с.

Микула Е. С. Обзор методов оценки человеческого капитала муниципального образования. // Вестник Челябинского государственного университета. 2014. № 2 (331). С. 97–99.

Наше общее будущее. Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию. Москва : Прогресс, 1989. 372 с.

Парушина Н. В., *Лытиева Н. А.*, *Семиделихин Е. А.* Методы измерения и оценки человеческого капитала. // Научное обозрение. Экономические науки. 2017. № 2. С. 89–99.

Самаруха В. И., *Аксаментова О. В.* К вопросу о формировании человеческого капитала региона // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2008. № 1 (57). С. 31–34.

Тобиен М. А. Проблемы современной трактовки и измерения категории «человеческий капитал» // Вестник Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. 2014. № 2. С. 106–118. (Экономические науки).

Тугускина Г. Н. Сравнительный анализ методик и показателей оценки человеческого капитала предприятий. // Современные технологии управления. 2015. № 6 (54). С. 61–70.

Чигоряев К. Н., *Скопинцева Н. А.*, *Ульященко В. В.* Оценка стоимости человеческого капитала на основе произведенных затрат. // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 313, № 6. С. 54–56.

Becker G. S. Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education. New York : National Bureau of Economic Research, 1975. 268 p. DOI: doi.org/10.1177/000271626536000153.

The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital / R. Costanza, R. d'Arge, R. de Groot, St. Farber // Nature. 1997. Vol. 387. P. 253–260. DOI: doi.org/10.1038/387253a0.

Jorgenson D. W., *Fraumeni B. M.* The Accumulation of Human and Nonhuman Capital, 1948–1984. The Measurement of Savings, Investment and Wealth. Chicago : The University of Chicago Press, 1989.

Jorgenson D. W., *Fraumeni B. M.* The Output of the Education Sector. Output Measurement in the Services Sector. Chicago : The University of Chicago Press, 1992.

Kendrick J. W. The Formation and Stocks of Total Capital. New York : Columbia University Press, 1976. 256 p.

Machlup F. The Economics of information and Human Capital. Princeton, 1984. 644 p.

OECD. The Well-being of Nations: The Role of Human and Social Capital. 2001. 120 p. URL: http://www.oecd.org/site/worldforum/33703702.pdf (accessed: 05.06.2020).

Schultz T. W. Investment in Human Capital // The American Economic Review. 1961. Vol. 51, No. 1. P. 1–17.

Schultz T. W. The Economic Value of Education. New York : Columbia University Press, 1963. 92 p.

Schultz T. W. Human Capital, Family Planning, and Their Effects on Population Growth // American Economic Review Papers and Proceedings. 1994. Vol. 84 (2). P. 255–260.

Williams C. C., *Millington A. C.* The Diverse and Contested Meaning of Sustainable Development // The Geographical Journal. 2004. Vol. 170, No. 2. P. 99–104. DOI: doi.org/10.1111/j.0016–7398.2004.00111.x.

References

Abalkin, L. I. (2009). Measuring Human Capital: Paradoxes and Contradictions. *Voprosy ekonomiki, 9,* 51–70. (In Russ.)

Anishin, E. V. (2006). *Chelovecheskiy kapital kak sovokupnost sotsialno-ekonomicheskikh otnosheniy: avtoref. dis. ... kand. ekon. nauk [Human capital as a set of socio-economic relations: Author's summary of thesis of Dr. Sci. (Econ.)]*. Cheboksary, 26. (In Russ.)

Becker, G. S. (1975). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education.* New York, National Bureau of Economic Research, 268. DOI: doi.org/10.1177/000271626536000153.

Bogatova, A. V. (2013). Methodological approaches to human capital evaluation. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Altai State Agrarian University], 3(101),* 135–139. (In Russ.)

Chigoryaev, K. N., Skopintseva, N. A. & Ulyaschenko, V. V. (2008). Evaluation of cost of the human capital on the basis of incurred expenses. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 313(6),* 54–56. (In Russ.)

Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, St., Grasso, M., Hannon, B., … van den Belt, M. (1987). The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature, 387,* 253–260. DOI: doi.org/10.1038/387253a0.

Dobrynin, A. I., Dyatlov, S. A. & Tsyrenova, E. D. (1999). *Chelovecheskiy kapital v tranzitivnoy ekonomike. Formirovanie, otsenka, effektivnost ispolzovaniya [Human capital in a transitional economy: formation, assessment, efficiency of use].* St. Petersburg: Nauka, 310. (In Russ.)

Dyatlov, S. A. (1994). *Osnovy teorii chelovecheskogo kapitala [undamentals of the Theory of Human Capital].* St. Petersburg: Publishing house of the St. Petersburg State University of Economics and Finance, 156. (In Russ.)

Golub, A. A. & Strukova, E. B. (2001). *Ekonomika prirodnykh resursov [Economics of natural resources].* Moscow, Aspekt Press, 319. (In Russ.)

Ilinskiy, I. V. (1996). *Investitsii v budushchee: Obrazovanie v innovatsionnom vosproizvodstve [Investing in the Future: Education in Innovative Reproduction].* St. Petersburg: Publishing house of the St. Petersburg State University of Economics and Finance, 163. (In Russ.)

Ilinskiy, I. V. (Ed.). (2003). *Investitsii v chelovecheskiy kapital Rossii. Sostoyanie, problemy, perspektivy [Investments in human capital in Russia: state, problems, prospects].* St. Petersburg: Saint Petersburg State University of Technology and Business, 216. (In Russ.)

Jorgenson, D. W. & Fraumeni, B. M. (1989). The Accumulation of Human and Nonhuman Capital, 1948–84. In: *R. E. Lipsey, H. S. Tice (Eds.), The Measurement of Savings, Investment and Wealth* (pp. 227–285). Chicago: The University of Chicago Press.

Jorgenson, D. W. & Fraumeni, B.M. (1992). The Output of the Education Sector. In: *Z. Griliches (Ed.), Output Measurement in the Services Sector* (pp. 303–341). Chicago: The University of Chicago Press.

Kapeliushnikov, R. I. (2008). *Zapiska ob otechestvennom chelovecheskom kapitale [Note on the domestic human capital].* Moscow: HSE Publishing House, 56. (In Russ.)

Kapelyushnikov R. I. (2012). *Skolko stoit chelovecheskiy kapital Rossii? [How much is human capital worth in Russia?].* Moscow: HSE Publishing House, 76. (In Russ.)

Kendrick, J. W. (1976). *The Formation and Stocks of Total Capital.* N.Y.: Columbia University Press, 256.

Ketova, K. V. & Rusyak, I. G. (2008). Accounting for human capital in the modeling of economic systems in the region. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 6: Ekonomika [Moscow University Bulletin. Episode 6: Economics], 3,* 40–51. (In Russ.)

Kiryanov, D. A. & Sukhareva, T. N. (2011). Assessment methods of human capital: analysis of objectivity and sufficiency of initial data. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya [Theory and practice of social development], 3,* 337–340. (In Russ.)

Kritskiy, M. M. (1991). *Chelovecheskiy kapital [Human capital].* Leningrad: Leningrad University Publishing House, 120. (In Russ.)

Machlup, F. (1984). *The Economics of information and Human Capital: Its Creation, Distribution, and Economic Significance.* Princeton, Princeton University Press, 644.

McConnell, K. R. & Brue, S. L. (1992). *Economics: principles, problems and policies. Vol. 2 [Ekonomika: printsipy, problemy i politika. T. 2].* Trans. from English. Moscow, Republic, 400. (In Russ.)

Mikula, E. S. (2014). Review of methods of evaluation of human capital of the municipality. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Chelyabinsk State University], 2(331),* 97–99. (In Russ.)

Nashe obshchee budushchee. Doklad Mezhdunarodnoy komissii po okruzhayushchey srede i razvitiyu [Our common future. Report of the International Commission on Environment and Development]. (1989). Moscow: Progress, 372. (In Russ.)

OECD. (2001). *The Well-being of Nations: The Role of Human and Social Capital.* Paris, France: Organization for Economic Development and Co-operation, 120. Retrieved from: http://www.oecd.org/site/worldforum/33703702.pdf (Date of access: 05.06.2020).

Parushina, N. V., Lytneva, N. A. & Semidelihin, E. A. (2017). Methods of measurement and evaluation of human capital (scientific review). *Nauchnoe obozrenie. Ekonomicheskie nauki [Scientific Review. Economic Sciences], 2,* 89–99. (In Russ.)

Samarukha, V. I. & Aksamentova, O. V. (2008). On forming of human capital of the region. *Izvestiya Irkutskoy gosudarstvennoy ekonomicheskoy akademii [Izvestiya of Irkutsk State Economics Academy], 1(57),* 31–34. (In Russ.)

Schultz, T. (1994). Human Capital, Family Planning, and Their Effects on Population Growth. *American Economic Review Papers and Proceedings, 84(2),* 255–260.

Schultz, T. W. (1963). *The Economic Value of Education.* N.Y.: Columbia University Press, 92.

Schultz, Th. W. (1961). Investment in Human Capital. *The American Economic Review, 51(1),* 1–17.

Tobien, M. A. (2014). Problems of modern interpretation and measurement of "human capital" category. *Vestnik Vladimirskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Aleksandra Grigorevicha i Nikolaya Grigorevicha Stoletovykh. Seriya: Ekonomicheskie nauki [Bulletin of Vladimir State University named after A.G. and N. G. Stoletovs. Series: Economic Sciences], 2,* 106–118. (In Russ.)

Tuguskina, G. N. (2015). A comparative analysis of methodologies and indicators for assessing human capital enterprises. *Sovremennye tekhnologii upravleniya [Modern Management Technology], 6(54),* 61–70. (In Russ.)

Williams, C. C. & Millington, A. C. (2004). The Diverse and Contested Meaning of Sustainable Development. *The Geographical Journal, 170(2),* 99–104. DOI: doi.org/10.1111/j.0016–7398.2004.00111.x.

Информация об авторе

Дьяков Максим Юрьевич — к.э.н., старший научный сотрудник, Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; https://orcid.org/0000-0001-7527-6018 (Российская Федерация, 683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, д. 6; e-mail: ekftig@mail.ru).

About the author

Maxim Yu. Dyakov — Cand. Sci. (Econ.), Senior Research Associate, Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of RAS; https://orcid.org/0000-0001-7527-6018 (6, Partizanskaya St., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russian Federation; e-mail: ekftig@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 20.07.2020.
Прошла рецензирование: 29.09.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 20 Jul 2020.
Reviewed: 29 Sep 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

RESEARCH ARTICLE
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-19

Yulia S. Otmakhova [a]***, Dmitry A. Devyatkin*** [b]***, Ilya A. Tikhomirov*** [c]

[a] Central Economics and Mathematics Institute of RAS, Moscow, Russian Federation
[b, c] Federal Research Center "Computer Science and Control" of RAS, Moscow, Russian Federation
[a] https://orcid.org/0000-0001-8157-0029; e-mail: otmakhovajs@yandex.ru
[b] https://orcid.org/0000-0002-0811-725X
[c] https://orcid.org/0000-0003-0698-7689

Methods for Evaluation of the Region's Needs for Human Resources based on Statistics and Patent Landscapes[1]

Implementation of a new technological platform in Russia requires providing promising areas of professional qualification with human resources. Post-pandemic structural economic transformation has accelerated changes in the labour market and highlighted the need to develop new approaches and forecasting methods with the priorities of regional technological development. The study presents a methodology to reveal the regional demand for staffing based on the analysis of the factors affecting staff demands using structured and unstructured datasets. The study is focused on forecasting the region's needs for human resources based on data mining and patent landscapes. That forecasting should consider the economic focus of a region as well as its location, investment and R&D development programme, labour market specificity. The advantage of the proposed methodology is obtaining reasonable estimates of the region's needs for human resources with data mining and patent landscaping methods in conditions of limited official statistical data. Our database includes more than 25 million records: full-text collections of Russian and foreign patents, research papers, statistical indicators, etc. As a result, we identified promising training areas attractive for qualified personnel in the Vologda region corresponding with the priorities of regional technological development. The future development of this research is the improvement of the methodology for quantitative assessment of the regional need for professionals in particular industries. The obtained results can be useful to government bodies and research centres for the development of regional strategies.

Keywords: regional labour market, post-pandemic structural economic transformation, human resources, data mining, patent landscaping, artificial intelligence

Acknowledgements

The article has been prepared with the support of the Russian Foundation for Basic Research, the project No. 20-04-60188. The authors would like to express gratitude to Dr. Natalia Usenko for the contribution to the development of the methodology, valuable remarks and comments.

For citation: Otmakhova, Yu. S., Devyatkin, D. A. & Tikhomirov, I. A. (2022). Methods for Evaluation of the Region's Needs for Human Resources based on Statistics and Patent Landscapes. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 569-580, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-19.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

Ю. С. Отмахова [а)], Д. А. Девяткин [б)], И. А. Тихомиров [в)]
[а)] Центральный экономико-математический институт РАН, г. Москва, Российская Федерация
[б, в)] Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление РАН», г. Москва, Российская Федерация
[а)] https://orcid.org/0000-0001-8157-0029; e-mail: otmakhovajs@yandex.ru
[б)] https://orcid.org/0000-0002-0811-725X
[в)] https://orcid.org/0000-0003-0698-7689

Оценка потребности региона в человеческих ресурсах на основе анализа статистических данных и патентных ландшафтов

Переход России на новую технологическую платформу актуализирует проблему кадрового обеспечения по перспективным направлениям квалификации. Структурная трансформация экономики после пандемии ускорила изменения на рынке труда, выявив необходимость разработки новых методов прогнозирования с учетом приоритетов регионального технологического развития. Целью данного исследования является разработка новых подходов, основывающихся на структурированных и неструктурированных базах данных, для определения системы факторов формирования потребности в кадровом обеспечении. Потребности региона в человеческих ресурсах были спрогнозированы с использованием методик интеллектуального анализа данных и патентных ландшафтов. Такое прогнозирование учитывает экономическую направленность региона, а также его географическое положение, программу развития инвестиций и НИОКР, специфику рынка труда. Преимуществом предлагаемой методики является получение обоснованных оценок потребности региона в человеческих ресурсах методами интеллектуального анализа данных и патентных ландшафтов в условиях недостатка официальных статистических данных. База исследования включает более 25 миллионов записей: полнотекстовые коллекции российских и зарубежных патентов, научные работы, статистические показатели и т. д. Анализ ситуации в Вологодской области выявил перспективные направления подготовки, привлекательные для квалифицированных кадров и соответствующие приоритетам регионального технологического развития. В дальнейшем планируется совершенствование методики количественной оценки региональной потребности в специалистах отдельных отраслей. Полученные результаты могут быть использованы государственными органами и исследовательскими центрами при разработке региональных стратегий.

Ключевые слова: региональный рынок труда, структурная трансформация экономики в период после пандемии, человеческие ресурсы, интеллектуальный анализ данных, патентные ландшафты, искусственный интеллект

Благодарность

Статья подготовлена при поддержке РФФИ, проект № 20-04-60188. Авторы выражают благодарность к. э. н. Наталье Ивановне Усенко за ее вклад в разработку методики, ценные замечания и комментарии.

Для цитирования: Отмахова Ю. С., Девяткин Д. А., Тихомиров И. А. Оценка потребности региона в человеческих ресурсах на основе анализа статистических данных и патентных ландшафтов // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 569-580. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-19.

Introduction

Since Russia set the current course for technological breakthrough, staffing policy became a significant influence on the trajectories of technological development. Therefore, provision of the Russian economy with human resources, meeting the goals of state research and technological development, is an urgent problem that should be solved as soon as possible (Fedotov et al., 2017). At the same time, regional and municipal authorities are in charge of forecasting a local demand for human resources (Zayko, 2018). We have analysed how the Ministry of Economic Development forecasts the demand for human resources in Russia. We revealed that obtaining an adequate forecast is a severe problem because of great unevenness of spatial development; besides, the presented indicators for 85 regions do not coincide with macroeconomic-level indicators. If earlier the Ministry of Economic Development used to collect and process forecasts at the regional level, now this functionality has been completely lost. It should be admitted that the state forecast presents only an averaged figure, which is entirely insufficient to understand the real state of the provision of staff in a spatial context.

In February 2020, the joint extended meeting of the State Council Presidium and the Presidential

Council on Science and Education of the Russian Federation was held. It was focused on the compliance of the secondary vocational and higher education system with the requirements of the economy, and the expectations of the state and society. The central topics of the meeting were issues of increasing the role of regions in training personnel for the economy and society. The President noted that «universities work for the regions, teachers and students live there» and agreed with the proposal to allow the regions to directly finance the development programmes of local universities and their infrastructure, regardless of departmental subordination if resources are available. The President also drew attention to the experience of Cherepovets in creating an effective system for training modern personnel in close cooperation with business. Students of the local Chemical-Engineering College not only receive scholarships from the future employers during their studies, but from the second year of study, they also conduct fieldwork. In his speech, Vladimir Putin emphasised that it is necessary «to make modern educational standards, lists of majors and areas of study more flexible, and also to allow universities, taking into account the needs of students and regions, to form training profiles independently.» At the same time, the areas of personnel training play an essential role in ensuring the technological development of a country. The primary feature of a new step in the development of the economy, which is called the «economy of knowledge», is the importance of knowledge as a factor of production and its impact on skills, learning, organisation and innovation (Houghton, Sheehan, 2000).

The regional-level staffing problem is in the focus of plenty of research now. The region personnel potential, in many respects, determines the success of its development and place in the social division of labour. For example, the article of Denisova (2014) highlights the problem of personnel shortage for regional development on a new technological basis, which requires highly qualified staff.

The existing division of labour, specialisation of production, a specific demographic situation, national characteristics and traditions determine the specificity of a particular region's personnel potential. Akperov and Bryukhanova (2014) proposed an approach, based on the index method known in statistics, for assessing the development of the personnel landscape of a region and its municipalities. Another paper (Kurakova, Zinov, Kotsyubinskiy, 2014) considers various models of a rapid response system to staffing problems in promising research and technology fields.

High mobility of the population, the presence of new challenges and threats in modern society, changing priorities in the prestige and importance of professions require constant improvement of the methodology to deal with the problem of forecasting the regional staffing. In the paper (Filimonenko, Vasilyeva, Vcherashnij, 2017), it is noted that the existing methods for assessing the staffing needs at the regional level do not fully consider systemic changes, which reduce their effectiveness and the quality of the forecasts. Several articles suggest various directions for improving those methods. Zinich and Kuznetsova (2014) proposed a methodology to identify disparities between the directives of long-term target programmes and their staffing. The use of modern foresight turned out to be successful and productive in the forecast of the professions in demand, carried out by the Agency for Strategic Initiatives and the Skolkovo Moscow School of Management. The main result of the study is the Atlas of New Professions (Luksha et al, 2015). On the one hand, in the article (Kuteinitsina, 2016), the author notes that the Russian professional standards and forecasts of competencies describe current or future occupations at the national level — «professions in general», without territorial reference and industry specifics of employment. On the other hand, qualitative medium-term forecasts of the required competencies should be built at the regional level, considering the region's economic specialisation, as well as the specificity of the sectoral distribution of employment.

Attracted investments in industries and projects significantly influence a region's development. At the same time, investments form a request for a certain number of professionals for the additional jobs created in a region. Thus, the consideration of investment programmes and projects is essential for the analysis of local staffing. In the absence of such staff, the need for them will be satisfied not only at the expense of migrant workers but also with training in new specialties on the ground, which corresponds to the fields of the socio-economic and scientific-technical policy. Therefore, in this study, we propose considering staffing in the fields relevant for investment projects and programmes in a region.

The primary goal of the study is to develop new methods and approaches to determine the features affecting the demand for staffing, considering the priority fields of regional research and development (R&D). The following problems have been set to reach the research goal:

1) determining the strategic activities of a region, taking into account the national and region-

al-level objectives and building a patent landscape based on the collections of full-text documents of the FIPS, USPTO, WIPO, EAPO databases in selected strategic fields and forming a list of promising industries in the region;

2) creating a list of promising enterprises in the selected industries, considering their indicators of economic efficiency and participation in local and federal investment programmes and projects;

3) analysing the fields of professional training by universities and identifying promising ones that attract qualified personnel, taking into account the priorities of the technological development of the region.

We chose the Vologda region, an industrially developed area that is part of the Northwestern Federal District, to implement the goal and objectives of this study and to test the proposed methods and approaches.

Methods and Databases

The following data was analysed in this study: Strategy of socio-economic development of the Vologda region[1]; Investment programmes and projects of the Vologda region; patents of the Federal Institute of Industrial Property of the Russian Federation since 1991; foreign patents USPTO, WIPO, EAPO since 2001. The total volume of text data sources amounted to more than 8 million scientific, engineering and regulatory documents. Besides, we used the following statistical bases: results of statistical observations of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (used to identify the main areas of training in regional universities[2]); The Russian Federal State Statistics Service data (Lysov, Sapogova, 2019) (used to determine the structure of employment and income of the population); data from the FIRA[3] information and analytical system, which presents aggregated statistics on all types of economic activity in the context of the constituent entities of the Russian Federation for the analysis of the leading regional players in the most critical areas of science and technology.

The paper presents a methodological research scheme, which includes three main steps (Fig. 1).

At the first step, we identify the types of activities, which are simultaneously mentioned in three primary strategic documents of the federal and local levels[4]. Besides, they should have a high value of the indicator «Industrial Production Index» in comparison with the average level; the enterprises of the selected industries should have high patent activity. Then we build and analyse the patent landscape with the collections of full-text documents from the databases of Russian and foreign patents in the selected strategic fields and form the list of promising industries in the region.

In the second step, as we have several industries selected, we form the list of enterprises and analyse their activities both in terms of indicators of economic efficiency and participation in regional and federal investment programmes and projects.

In the third step, we determine promising areas for training and attracting personnel for the identified enterprises. The third step also includes an analysis of the employment structure, income in the region, and a complete analysis of the areas of professional training by local universities. As the result, we identify promising areas of training and attracting qualified personnel, taking into account the priorities of the regional technological development.

In this study, we used various methods to implement the steps above.

One of the main tasks solved during the generation of the region's promising industry list is the construction of patent landscapes of the related technologies. We use methods of scientific and technical document analysis to build the landscapes. In particular, we apply the full-text information retrieval methods to search scientific and engineering documents, with the syntax and semantic analysis of the queries (Osipov, Smirnov, Tikhomirov, 2010), and methods of full-text document indexing (Sochenkov, Suvorov, 2013) implemented in the TextAppliance system (Ananeva et al., 2016). Based on the basic and applied research results of the Federal Research Center "Computer Science and Control" of RAS, LLC "Technologies for Systems Analysis" has developed the TextAppliance to deal with search and analytical tasks on large-scale text databases. That system helped to carry out loading, indexing,

[1] Resolution of October 17, 2016 No. 920 «On the Strategy of Socio-Economic Development of the Vologda Region for the Period up to 2030 (as amended on June 13, 2018)». Retrieved from: http://base.garant.ru/46309748/.

[2] Retrieved from: https://www.minobrnauki.gov.ru/ru/activity/stat/highed/index.php

[3] Retrieved from: https://fira.ru

[4] Decree of the President of the Russian Federation dated 01.12.2016 No. 642 On the Strategy of Scientific and Technological Development of the Russian Federation. Retrieved from: http://kremlin.ru/acts/bank/41449; On the approval of the Strategy for spatial development until 2025. Retrieved from: http://government.ru/docs/35733/; Resolution of October 17, 2016 No. 920 «On the Strategy of Socio-Economic Development of the Vologda Region for the Period up to 2030 (as amended on June 13, 2018)»]. Retrieved from: http://base.garant.ru/46309748/.

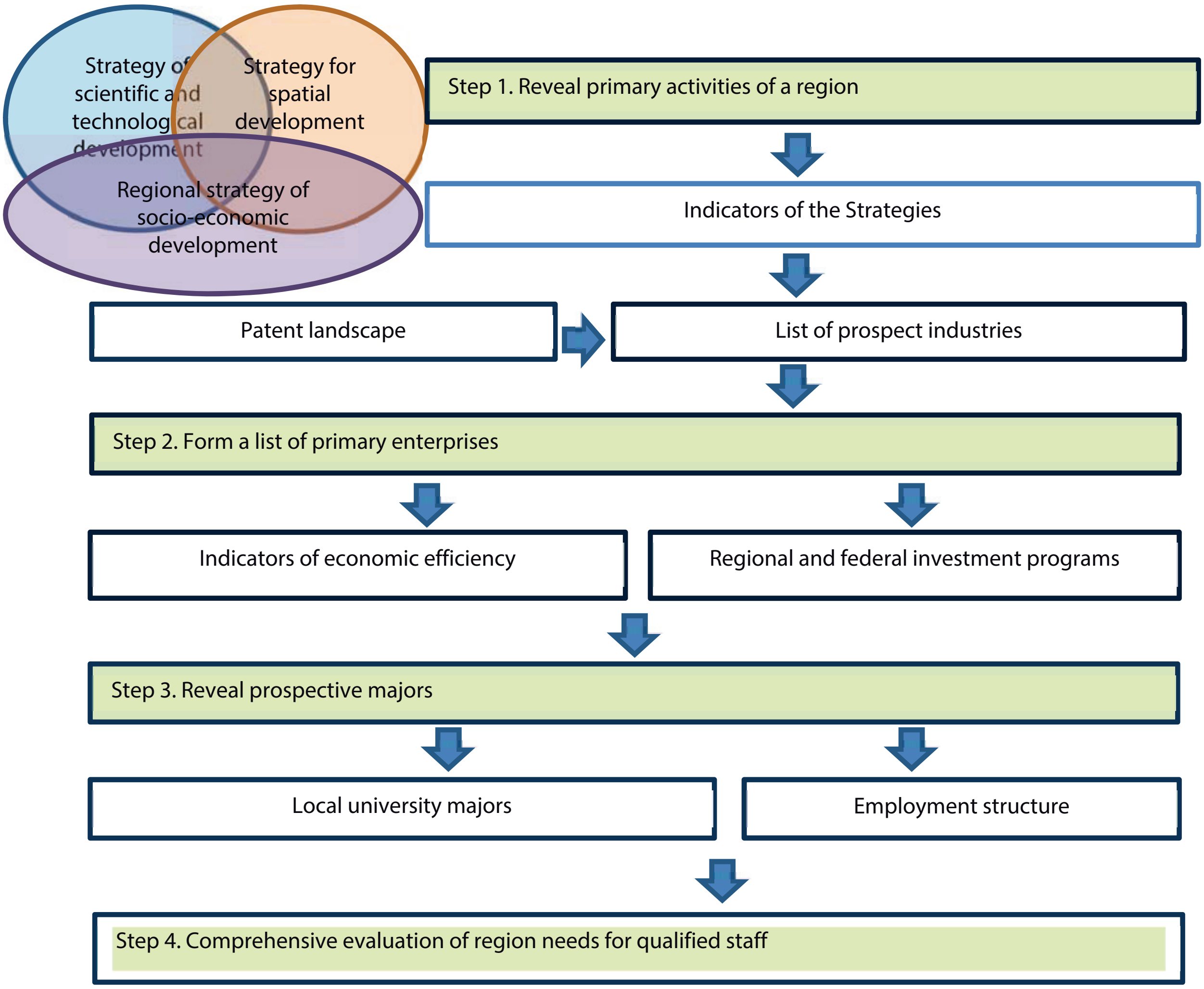


Fig. 1. *The methodological research scheme to reveal the regional demand for staffing*

searching, as well as the construction of aggregated statistics on full-text documents that make up the information base during the study. Besides, we employ the method of identifying technological trajectories (Volkov et al., 2019) to detect documents on individual technologies (Otmakhova et al., 2020a; Otmakhova et al., 2020b), as well as reveal development steps and assess the readiness level of those technologies (TRL). We use methods of financial and economic analysis of the industrial activity, including the study of performance indicators, to identify promising enterprises in the region (Mikhaylov, 2010).

Results and Discussion

There have been positive changes in the economy of the Vologda region over the past ten years. The ratio of the share of all economic activities to the share of economic activities with low added value in 2017 in that region is 1.64, while in other regions of the Russian North-West this indicator has negative values: the Republic of Karelia (–0.72), the Komi Republic (–0.67), the Arkhangelsk region with the Nenets Autonomous District (–0.79), Murmansk region (–3.24) (Leonidova, 2019). Gross regional product (GRP) in 2018 increased by 1.5 times compared to 2014 and amounted to 582.6 billion roubles, and the Vologda region, according to this indicator, took 36th place in the ranking of 85 regions of the Russian Federation. It was revealed that the dominant type of economic activity in the GRP structure is industry, which accounts for 40.0 %. The structure of gross regional product by industry in 2018 is presented in Fig. 2.

In the first step of the study, we revealed the types of activities in the region, which have been simultaneously mentioned as strategic in the three main strategic documents of the state and regional levels, have a high «Industrial Production Index» in comparison with the average Russian indicators and have the enterprises with high patent activity. The growth rates identified as the strategic sectors of the Vologda regional economy (production index) exceeded the average indicators in 2018.

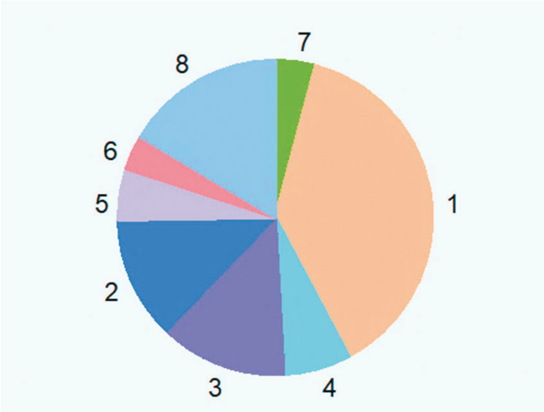


Fig. 2. *Structure of Vologda GRP in 2018*

Table

Description and industrial production index for the strategic activities in Vologda region, 2018

	Industrial production index, 2018, %		Description
	Russia	Vologda region	
Metallurgy	101.7	104.9	The metallurgical industry of the region is one of the largest producers of metal products in Russia, the leading one in the Northwestern Federal District. The largest metallurgical enterprises of the industry in the Vologda Region are the Cherepovets Steel Mill PJSC Severstal, OJSC Severstal-metiz, LLC "Severstal Pipe Profile Plant-Sheksna"
Chemical industry	102.7	108.5	The Vologda region occupies a leading position in the production of chemical products; every sixth ton of mineral fertilisers in the country is produced in this region
Computers and optical industry	103.2	123.4	JSC Vologda Optical and Mechanical Plant (VOMZ) belongs to the optical engineering industry; it has a powerful technological and intellectual background. The plant produces complex optoelectronic, thermal imaging products for special purposes, optoelectronic devices for medical and civil purposes
Food industry	104.9	107.7	The key branch of the food industry is the dairy industry. In 2019, the Vologda region produced half of the total volume of dairy products in the Northwestern Federal District. The three leaders in the industrial processing of milk processing: "Vologda Dairy Plant", JSC «Severnoe Moloko», JSC "Educational and Experimental Dairy Plant of the Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin"
Forestry	110.6	121.6	The Vologda region is one of the leaders among the constituent entities of Russia in terms of the availability of forest resources. The forests of the Vologda region occupy an area of 11.7 million hectares, which is 81 % of the region's territory

In the structure of industries, the manufacturing industry holds the main share (93.4 %). In the manufacturing industries of the region, the metallurgical production has the largest share.

According to the analysis of the statistics of the Vologda region, it is worth noting that over the past five years, there have been negative trends in the dynamics of changes in the structure of the population. This is due to a decrease in the category of working age people (women aged 16–55 years old and men aged 16–60 years old). Therefore, if the share of that category was 57 % in 2015, then it is 54.5 % at the beginning of 2020. At the same time, there is an increase in the population over the working age: from 24.85 in 2015 up to 26 % in 2020. The revealed structure of the working-age population in Vologda shows why the choice of fields of activity and education majors is crucial; namely, it can smooth out the negative trends.

With the full-text search tools of the TextAppliance system, we searched for patents in specified fields of activity, the patent holders of which are enterprises of the Vologda region. Then the resulting set of the documents was expanded with topically related patents using a similar document search tool. After that, we extracted information about placeholders of these patents to reveal competitors. To build the diagrams, the ag-

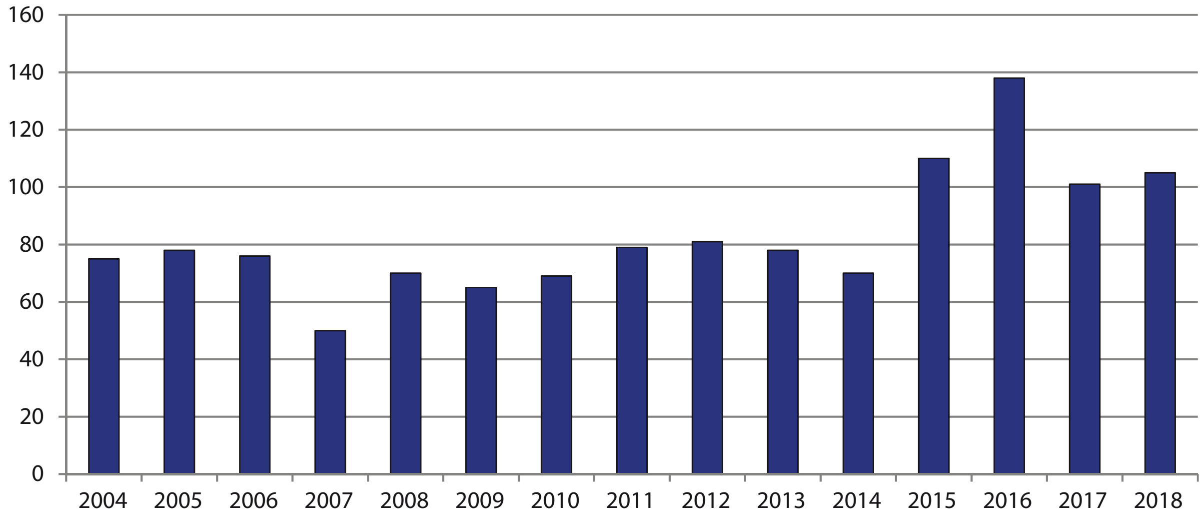


Fig. 3. *Patent dynamics for the dairy industry*

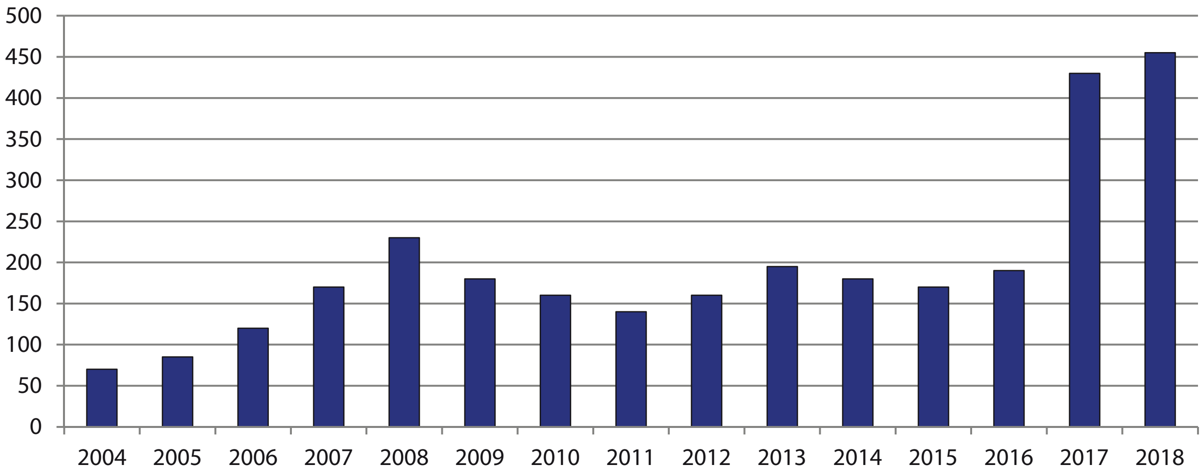


Fig. 4. *Summary of patent dynamics for metallurgy, chemical and optical industries*

gregated statistics tool was used. The obtained dynamics of patent activity in the field of dairy production is shown in Fig. 3. This field shows slight growth since 2004.

We revealed the following primary competitors of companies from the Vologda region in that field, which are Nestle SA (Nestek), Valio LTD, Danone, and Mars Inc.

The dynamics of patent activity in areas related to metallurgy, chemical industry, production of optical devices is shown in Fig. 4. It can be seen that there has been a steady increase in the number of new patents since 2017.

The main competitors are big international companies, such as Nippon Steel and Sumitomo Corporation, JFE Holdings, ArcelorMittal, SMS Group GmBh (GE) Salzgitter AG, Baoshan Iron & Steel Corporation, Morgan Construction Company, LG, Nikon, Life safety distribution GmbH and Omia International AG.

According to those patent landscapes, the strategic sectors of the Vologda region's economy are the source of new technologies, which are competitive in the local and international markets. Many priority investment projects are being implemented in the regional industries with high development potential[1]:

— Metallurgy: JSC "Severstal" Metal Coating Complex, Ladle Furnace No. 2 Unit, metallurgical production facilities.

— Chemical industry: JSC "Apatit" — construction of new fertiliser capacities, development of fertiliser production; LLC "Rusjam glass holding" — modernisation of glass container production.

— Food industry: LLC "Nestlé Russia" — construction of a factory for the production of infant formula.

— Forestry: LLC "Belozerskles" — new sawmill; "Sokol SiElTe" LLC — production of cross-glued panels; JSC "Belozersky Lespromkhoz" — increase

[1] On the list of priority investment projects (as amended on December 23, 2019) Government Resolution No. 1322, Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation dated January 14, 2020 No. 10

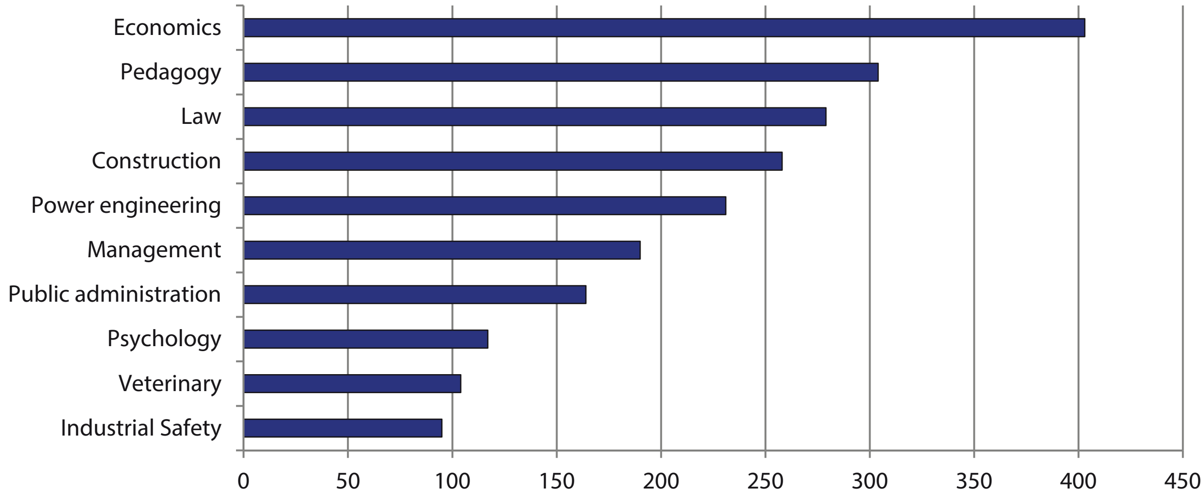


Fig. 5. *University majors in the Vologda region*

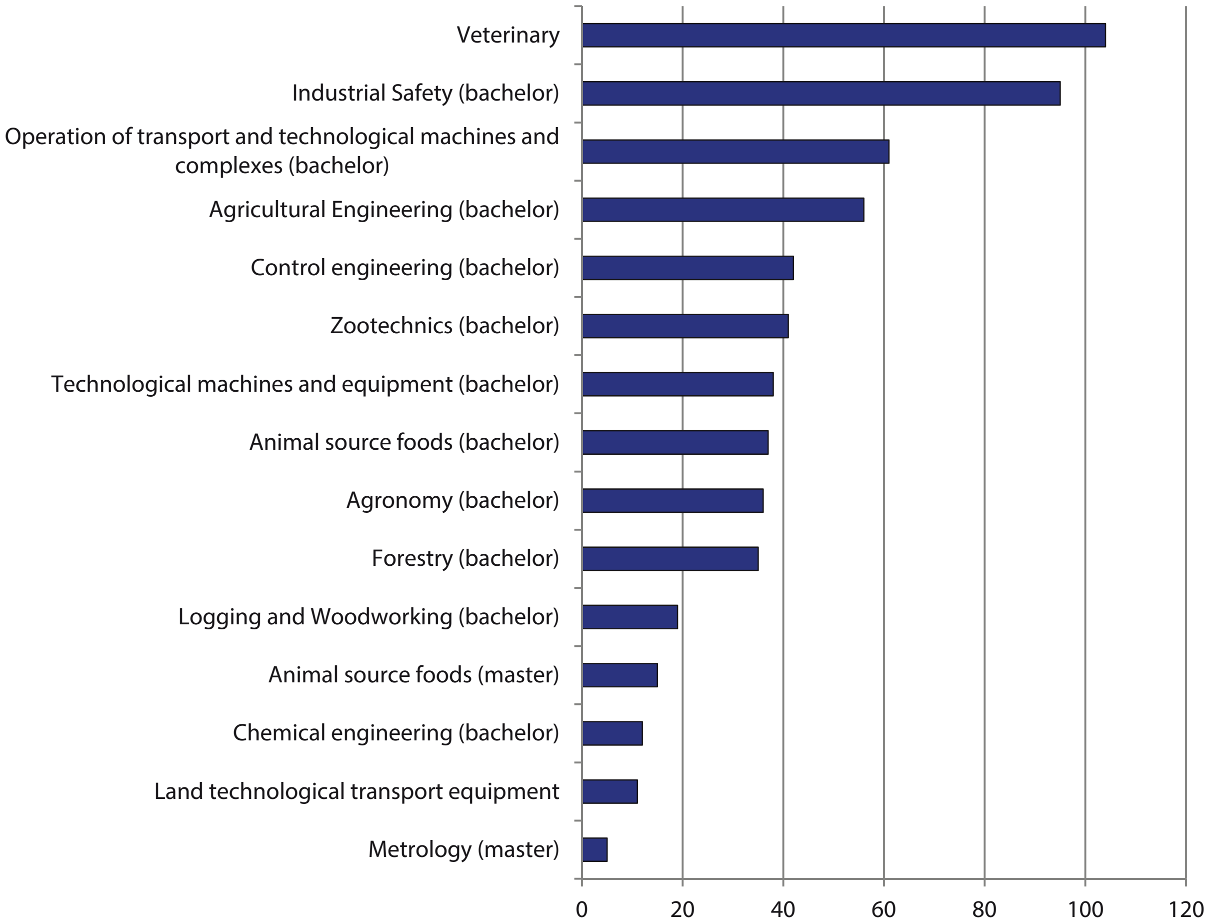


Fig. 6. *Structure of majors for the Forestry and Food industry*

in production of wood pellets; GC "Vologodskie lesopromyshlenniky", JSC "Cherepovets Plywood & Furniture Plant" — high-tech machinery for the production of large-format plywood.

In the second step of the study, we considered the features of the regional personnel policy. The modern approach to the problems of efficiency consists in recognising the decisive role of human potential; hence, there is the need to consider and assess the features of regional educational policy for a synergistic interaction between education and production. The educational and scientific potential of universities has a direct impact on the innovation process for a wide range of regional companies, but largely affects the development of enterprises in strategic sectors of the economy. The performed analysis showed that the structure of majors in state universities of the Vologda region does not correspond to the federal and regional priorities of technological development as well as the structure of the local economy. In particular, the structure of specialties in the Vologda state universities does not correspond to the directions of the Strategies and the structure of the regional economy. Analysis of the top 10 university majors shows a bias towards the economics, pedagogy, and law (Fig. 5, 6).

Analysis of the structure of majors for training staff for the forestry and food industry shows that there are correct guidelines in the choice of directions; however, the number of graduates and the share of such specialists seems to be insufficient in terms of the needs of the regional economy.

In the third step of the study, we revealed the directions of training staff by universities and identified promising areas of training and attracting qualified personnel, considering the priorities of the technological development of the region. As a result of the analysis, such strategic industries as the food industry, forestry, metallurgy, the production of computers and optical devices were identified as promising ones. In the «food industry», there are organisations (OJSC «Educational and experimental dairy plant», Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin), which combine research and production activities; therefore, we can consider them as a potential platform for introducing innovations into production, increasing the level of technology readiness. It is necessary to note an increase in the average monthly nominal wages of employees of organisations in the Vologda region over the period 2017–2019. In recent years, according to the data of the Federal State Statistics Service in the Vologda region, the above indicator has increased by 23.6 %, and the average wage for 2019 in the region amounted to 39,116 roubles. In the sectors «forestry» and «food industry», the average salary was 30,384 roubles and 31,229 roubles, respectively. In these sectors, remuneration is lower than the average for the region; therefore, attracting additional personnel in these sectors may require material incentives. In the industries «metallurgy» and «production of computers and optical devices», the salary in 2019 was 70,204 roubles and 63,211 roubles, respectively, and this indicator significantly exceeds the average wage in the region. Thus, there is a competitive level of remuneration, which is a serious motivation for the selection of enterprises in these industries by young professionals and qualified personnel.

After that, we examined the centres of basic and applied science, as well as production centres to understand the whole picture of the level of integration of the science, education and industry in the region. As part of the study, we have identified related research centres. A distinctive feature of such a division is the cost of R&D expenses. Within the previously identified strategic sectors of the region, the following related centres were identified:

1) Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences (VolRC RAS, basic science) — Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin (centre for applied science and education).

2) Cherepovets State University (Centre for Applied Science and Education) — Vologda State University (Centre for Applied Science and Education).

The Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences was created by joining the Institute of Socio-Economic Development of Territories of the Russian Academy of Sciences (direction — economics) and the separate department of the Northwestern Dairy Farming and Grassland Management Research Institute. Fundamental R&D costs at VolRC RAS account for 74 % of all the expenses. At the Vologda State Dairy Farming Academy, 46 % of the costs are spent on research and development. At the Cherepovets State University, up to 67 % of the costs go to applied research, and at the Vologda State University, 81 % go to basic research, 14 % of the cost to applied research.

The spatial diagram shows the main promising industries of the region: metallurgy (black) and production of computers and optical devices (white), the dairy industry (grey), fertiliser production (hatched); centres of basic and applied science, production centres, as well as the main promising enterprises, and related universities (Fig. 7).

Thus, the proposed methodology provides clues for evaluating the region's need for staffing following the trends in developing advanced technologies within regional technological and industrial policy. This methodology assumes applying data analysis and patent landscaping approaches. Moreover, it is essential to consider the economic features of the regional development, the implemented and prospective investment programmes, the indicators of the strategy of the socio-economic development of the territory, the needs of the primary local enterprises in highly qualified personnel, and the possibilities of universities for training personnel in the identified priority majors to forecast the staffing of the region.

Conclusion

The approaches to the selection of priorities at the state level should be based on the capabilities of regions. At the same time, the choice of priorities for the development of the region's industry

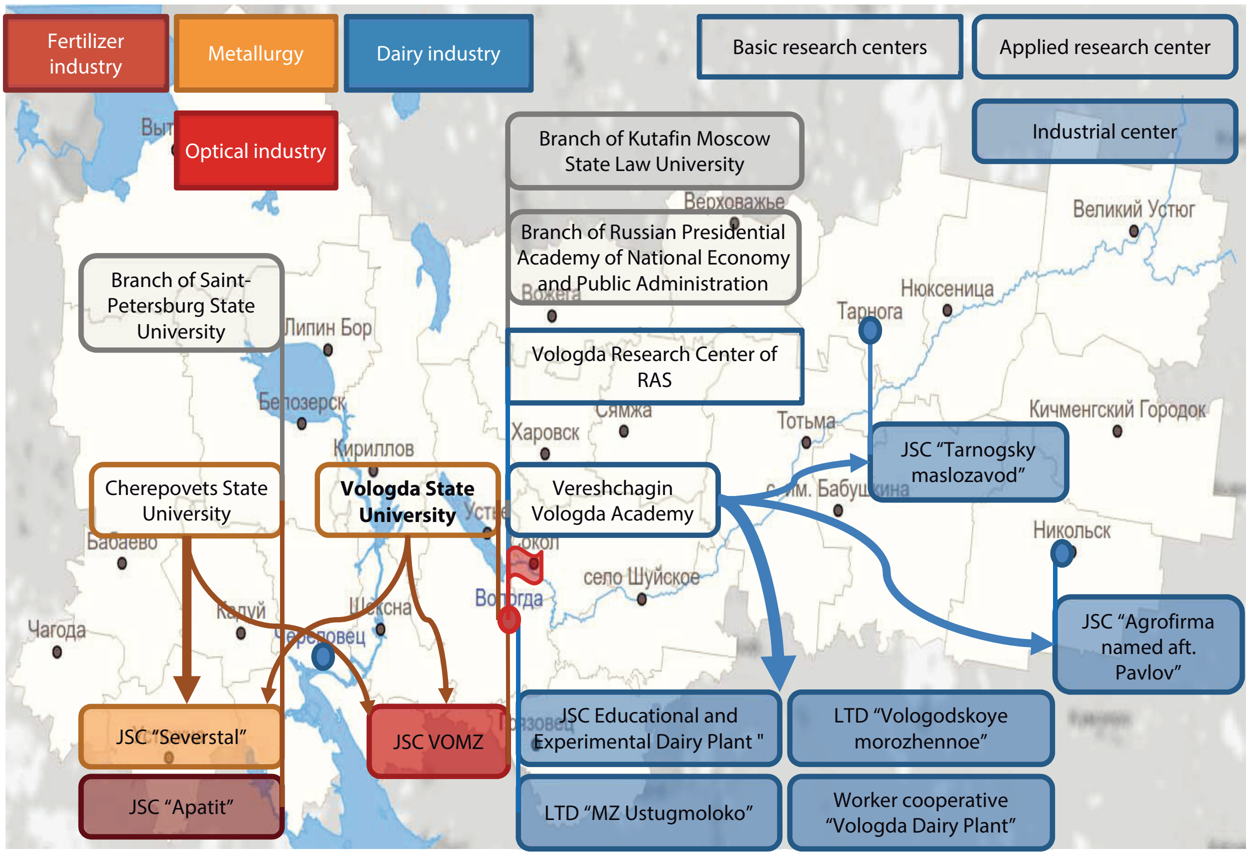


Fig. 7. *Map of distribution of educational, industrial and R&D centres of Vologda region*

should be closely linked to the possibilities of personnel training; therefore, it is necessary to «fine-tune» the structure of specialties for training specialists in the region's profile. The paper proposes a methodological approach to identifying promising areas of training and attracting qualified personnel, considering the priorities of the technological development of the region. The example of the Vologda region shows that the R&D background and coherence of local universities' majors with the personnel needs of promising industrial enterprises is the essential factor in building up the country's human resources to follow the strategies of technological and spatial development. Besides, the study demonstrates that the region's needs for human resources can be analysed at the federal, not at the local level. Of course, the regions should be involved in that process, but the final figures should be controlled at the federal level[1]. The formation of a qualitative forecast of technological development is a large-scale project. Therefore, it is necessary to employ the expert and consulting function of the scientific and educational society, to attract research institutes of the Russian Academy of Sciences and leading universities in the regions to participate in the formation and assessment of forecasts.

The future development of this research consists in the creation of the methodology for quantitative assessment of the regional need for professionals in particular industries. Any regional labour market is driven by several actors, which aim for their independent goals. As far as we have the leading regional "producers" of labour (universities) and primary "consumers" of it (enterprises) detected, it seems that agent-based models can be applied to obtain the quantitative assessments in different scenarios. Namely, the Dosi's K+S labour market model (Dosi et al., 2018) could be modified and run to find the scenarios that guarantee good staffing for the enterprises.

This methodology will be required to consider the demographical and economic statistic databases as well as corpora of full-text R&D documents.

[1] Order of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, April 3, 2020 No. 550 Retrieved from: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73954074/

References

Akperov, I. G. & Bryukhanova, N. V. (2014). Trust management of formation of a personnel landscape and development of its personnel potential. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education], 4,* 380. (In Russ.)

Ananeva, M. I., Devyatkin, D. A., Zubarev, D. V., Osipov, G. S., Smirnov, I. V., Sochenkov, I. V., … Shelmanov, A. O. (2016). TextAppliance: search and analysis of large arrays of texts. In: *Pyatnadtsataya natsionalnaya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem [Proceedings of Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence with International Participation]* (pp. 220–228). Smolensk. (In Russ.)

Denisova, N. N. (2014). Analysis of the staffing problems of modernization and innovative development of the regional economy. *Vestnik Rossiyskoy akademii estestvennykh nauk [Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences], 14(3),* 95–99. (In Russ.)

Dosi, G., Pereira, M. C., Roventini, A. & Virgillito, M. E. (2018). The effects of labour market reforms upon unemployment and income inequalities: an agent-based model. *Socio-Economic Review, 16(4),* 687–720. DOI: 10.1093/ser/mwx054.

Fedotov, A. V., Belyakov, S. A., Klyachko, T. L. & Polushkina, E. A. (2017). Staffing the priority directions of the socio-economic development: situation and problems. *Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz [University Management: Practice and Analysis], 21(3),* 27–37. DOI: 10.15826/umpa.2017.03.035. (In Russ.)

Filimonenko, I. V., Vasilyeva, Z. A. & Vcherashnij, P. M. (2017). Actualization of the conceptual model of predicting the professional staff of the region in accordance with the priorities of economic development. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie [Azimuth of scientific research: economics and administration], 6(4),* 248–254. (In Russ.)

Houghton, J. & Sheehan, P. (2000). *A Primer on the Knowledge Economy.* Melbourne: Center for Strategic Economic Studies, Victoria University, 28.

Kurakova, N. G., Zinov, V. G. & Kotsyubinskiy, V. A. (2014). Staffing problem areas identified in the forecast for Scientific and Technological Development of Russia until 2030. *Innovatsii [Innovations], 5,* 47–56. (In Russ.)

Kuteinitsina, T. G. (2016). Methods to forecasting the quality of the labour Mforce: foreign experience and Russian practice. *Professionalnoe obrazovanie i rynok truda [Vocational Education and Labour Market], 3,* 10–15. (In Russ.)

Leonidova, E. G. (2019). Dynamics of structural changes in the economy of the European north of Russia. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: ekonomika i ekologicheskiy menedzhment [Scientific journal of NIU ITMO. The series «Economics and Environmental Management»], 4,* 80–90. DOI: 10.17586/2310–1172–2019–12–4-80–90. (In Russ.)

Luksha, P., Luksha, E., Varlamova, D., Sudakov, D., Peskov, D. & Korichin, D. (2015). *Atlas novykh professiy [The atlas of new professions].* Agency for Strategic Initiatives, Moscow School ex. Skolkovo. Moscow: Olymp-Business, 216. (In Russ.)

Lysov, A. & Sapogova, M. (Eds.). (2019). *Vologodskaya oblast v tsifrakh [Vologda Region in Figures].* Vologda: Federal State Statistics Service. Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Vologda Oblast, 149. (In Russ.)

Mikhaylov, O. V. (2010). Methodological approaches to the economic soundness and stability estimation of regional enterprises. *Ekonomika i upravlenie [Economics and management], 7,* 18–24. (In Russ.)

Osipov, G. S., Smirnov, I. V. & Tikhomirov, I. A. (2010) Relational-situational method for text search and analysis and its applications. *Scientific and Technical Information Processing, 37(6),* 432–437. DOI: 10.3103/S0147688210060080.

Otmakhova, Yu., Devyatkin, D., Kreskin, A. & Usenko, N. (2020). Methodology for the scientific and patent landscaping of modern food irradiation technologies. *Informatsionnoe obshchestvo [Information society], 1,* 57–70. (In Russ.)

Otmakhova, Yu., Kreskin, A., Devyatkin, D. & Tikhomirov, I. (2020). Analysis of scientific and patent landscapes in the field of modern technologies for deep grain processing. *Innovatsii [Innovations], 2,* 89–96. (In Russ.)

Sochenkov, I. V. & Suvorov, R. E. (2013). Full-text search in the information-analytical system (part 2). Text understanding algorithms. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitelnye sistemy [Journal of information technologies and computing systems], 3,* 55–71. (In Russ.)

Volkov, S. S., Devyatkin, D. A., Sochenkov, I. A., Tikhomirov, I. A. & Toganova, N. V. (2019). Towards Automated Identification of Technological Trajectories. In: *Proceedings of Russian Conference on Artificial Intelligence* (pp. 143–153). Springer, Cham. DOI: 10.1007/978–3-030–30763–9_12.

Zayko, E. M. (2018). Forecasting the Region Needs in Professional Human Resources. *Vestnik YUUrGU. Seriya «Obrazovanie. Pedagogicheskie nauki» [Bulletin of the South Ural State University. Series Education. Educational Sciences], 10(1),* 42–46. DOI: 10.14529 / ped180106. (In Russ.)

Zinich, L. V. & Kuznetsova, N. A. (2019). The labour market: formation of labour resources balance. *Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya [Russian Journal of Social Sciences and Humanities], 2(36),* 151–157. DOI: 10.17238/issn1998–5320.2019.36.151. (In Russ.)

About the authors

Yulia S. Otmakhova — Cand. Sci. (Econ.), Leading Research Associate, Central Economics and Mathematics Institute of RAS; Scopus Author ID: 7194720805; https://orcid.org/0000-0001-8157-0029 (47, Nakhimovskiy Ave., Moscow, 117418, Russian Federation; e-mail: otmakhovajs@yandex.ru).

Dmitry A. Devyatkin — Research Associate, Federal Research Center "Computer Science and Control" of RAS; Scopus Author ID: 56509621200; https://orcid.org/0000-0002-0811-725X (9, 60-letiya Oktyabrya Ave., Moscow, 117312, Russian Federation; e-mail: devyatkin@isa.ru).

Ilya A. Tikhomirov — Cand. Sci. (Eng.), Federal Research Center "Computer Science and Control" of RAS; Scopus Author ID: 36696937000; https://orcid.org/0000-0003-0698-7689 (9, 60-letiya Oktyabrya Ave., Moscow, 117312, Russian Federation; e-mail: tih@isa.ru).

Информация об авторах

Отмахова Юлия Сергеевна — кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник, Центральный экономико-математический институт РАН; Scopus Author ID: 57194720805; https://orcid.org/0000-0001-8157-0029 (Российская Федерация, 117418, г. Москва, Нахимовский пр., 47, e-mail: otmakhovajs@yandex.ru).

Девяткин Дмитрий Алексеевич — научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление РАН»; Scopus Author ID: 56509621200; https://orcid.org/0000-0002-0811-725X (Российская Федерация, 117312, г. Москва, пр. 60-летия Октября, д. 9; e-mail: devyatkin@isa.ru).

Тихомиров Илья Александрович — кандидат технических наук, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление РАН»; Scopus Author ID: 36696937000; https://orcid.org/0000-0003-0698-7689 (Российская Федерация, 117312, г. Москва, пр. 60-летия Октября, д. 9; e-mail: tih@isa.ru).

Дата поступления рукописи: 13.11.2020.
Прошла рецензирование: 29.12.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 13 Nov 2020.
Reviewed: 29 Dec 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-20
УДК 332.1; 311.2

М. Ю. Архипова
Высшая школа экономики, г. Москва, Российская Федерация
https://orcid.org/0000-0002-9022-7385, e-mail: marhipova@hse.ru

Моделирование урожайности зерновых культур сельскохозяйственных регионов с использованием технологий компьютерного зрения[1]

В статье рассматриваются новые направления моделирования урожайности зерновых культур в сельскохозяйственных регионах России на основе использования дистанционных возможностей получения информации о состоянии полей. Предлагаемый подход позволяет найти новые решения в разработке системы показателей, обосновании методологических платформ и моделей для получения более точных прогнозных оценок по сравнению с традиционными регрессионными моделями за счет использования системы компьютерного зрения в качестве дополнительного источника информации. Статистическая значимость спутниковых фотоснимков полей для повышения точности моделей прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур подтверждается проверкой соответствующей статистической гипотезы. Значительный интерес в исследовании представляет сравнение классических эконометрических инструментов с различными нейросетевыми моделями с точки зрения нахождения оптимальной модели, позволяющей повысить точность прогнозных оценок. Апробация предлагаемого инструментария проводилась на данных по 100 сельскохозяйственным полям, расположенным в муниципальных образованиях 43 регионов России, которые были выбраны пропорционально объему продукции растениеводства данного региона. Проведенное исследование показало преимущество нейросетевой модели по смешанным данным по сравнению с другими нейросетевыми моделями (многослойный персептрон и свёрточная нейронная сеть), а также с традиционными регрессионными моделями. Нейросетевая модель по смешанным данным в условиях неопределенности и большого количества данных различной природы позволила получить более точные прогнозные оценки по сравнению с другими классами моделей. Также было показано, что несмотря на то, что экологические факторы оказывают разное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, их необходимо учитывать наряду с социально-экономическими характеристиками. Использование новых моделей и типов данных, отличных от классической табличной информации, может давать существенное преимущество в точности прогнозирования и объяснении решающих факторов. Результаты проведенного анализа могут использоваться в исследованиях и мониторинге развития сельскохозяйственного производства региональных муниципальных образований, определения потребностей в ресурсах, необходимых для успешного ведения хозяйства, а также при разработке отраслевых и комплексных проектов и программ развития агрокомплекса.

Ключевые слова: прогнозирование урожайности, компьютерное зрение, нейронные сети, эконометрические модели, сельскохозяйственный статистический анализ, эконометрическое моделирование, космические фотоснимки

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант № 22-28-20360 «Трансформация образа жизни людей в цифровой среде современного мегаполиса».

Автор выражает благодарность студенту НИУ ВШЭ А. И. Смирнову за помощь в подготовке статьи.

Для цитирования: Архипова М. Ю. Моделирование урожайности зерновых культур сельскохозяйственных регионов с использованием технологий компьютерного зрения // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 581-594. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-20.

RESEARCH ARTICLE

Marina Yu. Arkhipova
National Research University "Higher School of Economics", Moscow, Russian Federation
https://orcid.org/0000-0002-9022-7385, e-mail: marhipova@hse.ru

Modelling Crop Yield in Agricultural Regions Using Computer Vision Technology

The article examines new methodologies for modelling crop yield in agricultural regions of Russia based on the use of remote capabilities to get information on the field state. The proposed approach can be applied to develop indicator systems and create methodological platforms and models necessary to obtain more accurate estimates. In comparison with the traditional regression model, this method uses computer vision technology to gather additional data. Statistical hypothesis testing confirmed the significance of satellite photographs of fields for improving the accuracy of crop yield forecasting models. Traditional econometric tools were compared with various neural networks in order to discover the optimal model. The proposed tools were tested using data from 100 agricultural fields located in municipalities of 43 Russian regions, selected in proportion to the volume of crop production in this region. The conducted analysis showed the advantage of the mixed data neural network in comparison with other neural (multilayer perceptron and convolutional neural network) and regression models. In conditions of uncertainty and a large amount of data, the mixed data neural network can help obtain more accurate estimates. Additionally, while environmental factors have different effects on crop yields, they must be considered along with socio-economic characteristics. The use of new models and data types differing from table information can significantly improve the forecasting accuracy and interpretation. The analysis results can be used for examining and monitoring agricultural production in regional municipalities, determining farm resource requirements, as well as for creating sectoral and comprehensive projects and programmes for the development of the agricultural industry.

Keywords: yield forecasting, computer vision, neural networks, econometric models, agricultural statistical analysis, econometric modelling, satellite photos

Acknowledgements

The article has been prepared with the support of the Russian Science Foundation, grant No. 22-28-20360 "Transformation of people's lifestyle in the digital environment of a modern metropolis".

The author would like to thank the HSE student A. I. Smirnov for his help in preparing the article.

For citation: Arkhipova, M. Yu. (2022). Modelling Crop Yield in Agricultural Regions Using Computer Vision Technology. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 581-594, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-20.

Введение

Сельское хозяйство играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны и ее жителей продуктами питания, развитии сельских территорий, а также в вопросах защиты окружающей среды и противодействия глобальному потеплению. Вместе с тем существует достаточно широкий пласт задач, которые требуют первоочередного решения для развития сельскохозяйственных производств. Среди таких задач следует отметить разработку системы показателей, необходимых для исследования урожайности сельскохозяйственных культур, выявление факторов оказывающих стимулирующее и тормозящее воздействие на развитие сельскохозяйственных производств, повышение точности прогнозных моделей и др. Вместе с тем развитие вычислительной техники, систем компьютерного зрения, совершенствование методологической базы и исследовательского инструментария позволяют решать ряд обозначенных задач и оперативно реагировать на происходящие изменения. Развитие аналитического инструментария за счет использования новых цифровых возможностей позволяет значительно улучшить аналитическую составляющую при планировании и прогнозировании основных индикаторов развития сельского хозяйства. Оптимизация операционной деятельности агрокомплекса поможет решить проблемы окружающей среды с помощью выявления неплодородных, пересушенных или заболоченных, обедневших минеральными веществами, малоэффективных для ведения растениеводства полей, на которых возможно выращивание искусственных лесов и восстановление изначальной экосистемы. Также повышение урожайности потенциально решает экологические проблемы, связанные с использованием нефтепродуктов в качестве основного сырья для топлива. При высокой рентабельности агрокомплекса в будущем возможно замещение вредных при производстве соединений на вещества растительного происхождения, например, биоэтанол и биодизель.

В России существуют отдельные коммерческие и некоммерческие проекты по частичному сбору статистических данных, включая использование спутниковых фотоснимков. Среди них можно отметить проект «Вега-PRO»[1], в основу которого легли разработки Института космических исследований Российской академии наук, а также Систему дистанционного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения (СДМЗ)[2], которая начала разрабатываться по заказу Министерства сельского хозяйства РФ. Тем не менее, на сегодняшний день нет единых баз данных со спутниковыми изображениями и табличной информацией о полях всех регионов России и, соответственно, существует недостаток данных, на основании которых могли бы приниматься управленческие решения в агрокомплексе. По этой причине представленные результаты и используемые методы могут быть интересны специалистам и лицам, принимающим управленческие решения для улучшения анализа урожайности и повышения уровня рентабельности агрокультурного сектора России.

Основные подходы к оценке урожайности

При проведении обзора литературы нас, прежде всего, интересовало, какие статистические показатели могут быть положены в основу проведения анализа урожайности и как можно получить дополнительную информацию, позволяющую повысить точность прогнозных моделей, и инструментарий, который лучше использовать для этих целей.

Отметим, что бурное развитие современных методов машинной обработки данных (MachineLearning, DataCulture) в начале двухтысячных годов послужило сигналом и дало возможность новому развитию современного многомерного статистического и эконометрического инструментария на основе использования таких направлений анализа данных, как случайные леса и нейросети. Данный инструментарий, согласно ряду исследований, позволяет в условиях неопределенности и большого количества неоднородных данных получить более устойчивые точные результаты по сравнению с традиционными методами.

Среди таких пионерных работ в области моделирования и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур можно отметить работу Луки Салвати (Salvati et al., 2010), который одним из первых включил в прогнозные модели экономические и социальные данные о муниципалитетах. Используемый им набор переменных, среди которых, например, показатели, отвечающие за благосостояние населения, тип почвы, количество фотосинтетически активной биомассы (NDVI), температуру и осадки, во многом опирался на рекомендации, представленные в статьях других ученых (см, например (Basso et al., 2000; Pantazi et al., 2016)). Интерес с точки зрения расширения числа факторов, используемых для анализа, представляют и работы Рэнджан, Чандел, Кот, Бэлол, Жу и др. исследователей, которые предложили для прогнозирования урожайности использовать спутниковые фотографии (Ranjan et al., 2019). Фотографии были подробными и сняты крупным планом, полученная свёрточная нейронная сеть позволила достаточно точно предсказать урожайность. Необходимо отметить и ряд других работ, посвященных сельскохозяйственному статистическому анализу (Põldaru et al., 2005; Zhang et al., 2010; Zhang et al., 2019; Dharmadhikari, 2018), которые были использованы в работе при разработке системы статистических показателей.

Что касается методической стороны вопроса, то здесь пока не выработано единого мнения о том, какие модели лучше ведут себя при прогнозировании основных сельскохозяйственных показателей. Помимо эконометрического инструментария в научном сообществе все чаще стали использоваться различные типы искусственных нейронных сетей, которые позволяли получать достаточно точные результаты и хорошо зарекомендовали себя в различных сферах деятельности.

Среди базовых работ по нейросетям следует отметить работы С. Осовского и В.И. Ширяева (Осовский, 2004; Ширяев, 2013). С. Осовский описал ряд методов распознавания и классификации изображений, В.И. Ширяев представил алгоритм обработки нейронными сетями входных сигналов в соответствии с архитектурой модели, количеством слоев и нейронов, рассмотрел методы оптимизации, которые сводятся к подходу оптимизации с помощью градиентного спуска. Среди исследований, проведенных в последние несколько лет, можно отметить работу (Kung et al., 2016), в которой ее авторы Кунг, Куо, Чен и Цай использовали ансамблевую нейронную сеть (ENN), содержащую несколько моделей с разным количеством скрытых слоев и нейронов. Исследователи про-

[1] См. Спутниковый сервис анализа вегетации (http://pro-vega.ru/).

[2] См. https://sovzond.ru/projects/2072/.

демонстрировали на реальных данных, что метод ENN дает более точные результаты по сравнению с простыми нейронными сетями с обратным распространением ошибки и регрессионным анализом.

Совершенствованию методов кодирования изображений полей посвящена работа Пантази и соавторов (Pantazi et al., 2016). Авторы статьи использовали искусственные нейронные сети для прогнозирования урожайности в Бедфордшире, Великобритания. В анализ были включены некоторые параметры почвы и нормализованный разностный индекс растительности (NDVI), полученный с помощью анализа спутниковых изображений. Уровень NDVI может быть средним или достаточно высоким, однако у поля могут быть проблемные участки с гораздо более низкой вегетацией, которые препятствуют успешному земледелию и высокой урожайности. Именно по этой причине, космические фотографии полей целесообразно включать в анализ.

С точки зрения необходимости учета нелинейных связей при прогнозировании урожайности зерновых культур интерес представляет работа Де ла Каса и соавторов (Dela Casa et al., 2018), в которой авторы показали высокую предсказательную способность нелинейных моделей в течение нескольких лет. Выводы авторов о нелинейном характере связей между рядом рассматриваемых переменных интересны и с точки зрения выбора нейросетевых моделей. Используемая в работе многослойная нейронная сеть позволила учесть нелинейные связи между признаками.

Таким образом, проведенный анализ современных исследований показал, что, с одной стороны, не существует устоявшегося мнения об использовании того или иного инструментария для прогнозирования урожайности зерновых культур, с другой стороны, проведенный обзор позволил определить базовый набор показателей, которые могут быть использованы при проведении исследований такого уровня.

Исходные данные и методы исследования

При проведении исследования нас интересовали следующие вопросы, которые были сформулированы в виде приведенных ниже гипотез.

H_1: Спутниковые фотоснимки полей являются статистически значимым фактором и повышают точность прогнозных моделей урожайности сельскохозяйственных культур (полей).

Космические фотоснимки вегетации полей имеют специфическую структуру: различные элементы снимков соответствуют речкам, пересушенным участкам, постройкам, незасеянным участкам и т. д., что может быть использовано при моделировании.

H_2: нейронные сети позволяют получить более, по сравнению с классическим эконометрическим инструментарием, точные результаты и могут быть использованы для прогнозирования урожайности полей муниципальных образований.

Выбор нейросетей в работе не случаен. В последние годы их использование набирает все большую популярность и признание среди исследователей и аналитиков в связи с высокой предсказательной способностью и возможностью интерпретации промежуточных результатов.

H_3: экологические факторы (загрязнение воздуха, почвы, воды) в равной степени оказывают отрицательное воздействие на показатели урожайности полей.

Для решения поставленных задач использовались методы статистической проверки гипотез. Согласно данным методам выдвигается и статистически проверяется нулевая гипотеза, которая по смыслу противоположна проверяемому утверждению. Если на основе реальных выборочных статистических данных удается отклонить нулевую гипотезу, то можно с высокой достоверностью говорить о том, что выдвинутое утверждение доказано (в работе вероятность ошибки полученных выводов не превышала $\alpha = 0{,}05$)

Для анализа были отобраны данные о 100 муниципальных образований, расположенных в 43 регионах России. Отобранные регионы были обследованы по 12 переменным за 2018 г., описывающим экономические и природные характеристики района, в котором находится поле. Выбор регионов осуществлялся пропорционально объему продукции растениеводства в данном регионе, что позволило отобрать регионы с традиционно развитым сельским хозяйством, характеризующиеся благоприятными климатическими условиями и типами почв для выращивания продукции растениеводства. Это преимущественно степные области Центрально-Чернозёмного района России, лесостепные районы Северного Кавказа, Поволжья, южные районы Урала и Западной Сибири. Наибольшее число отобранных для анализа полей расположено в Ростовской, Воронежской областях, Ставропольском, Краснодарском, Алтайском

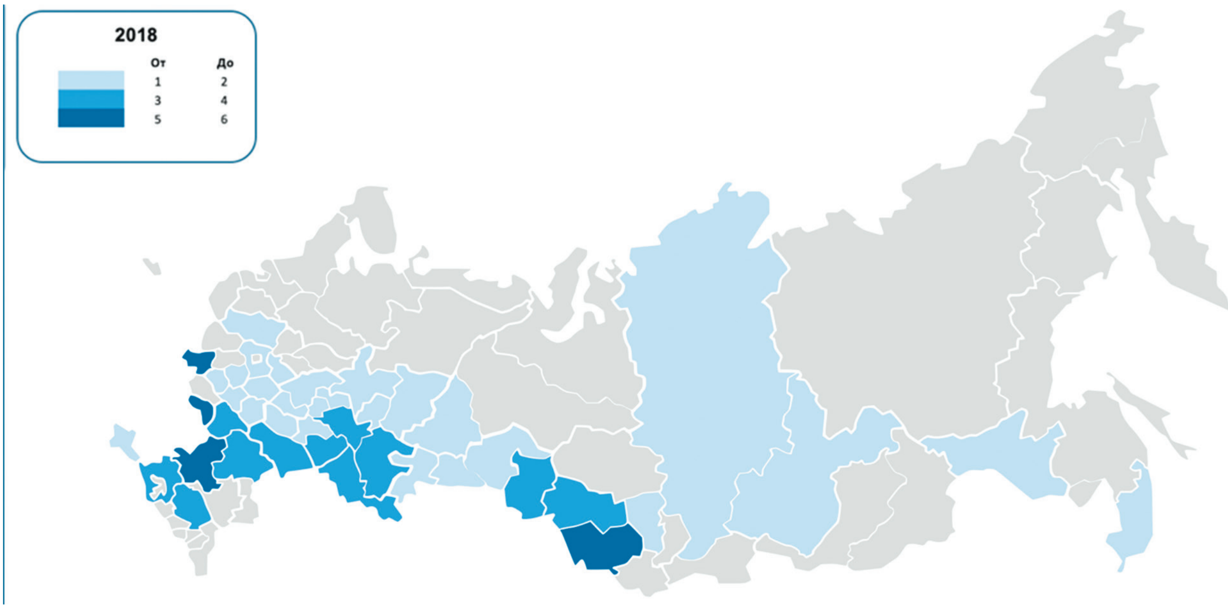


Рис. 1. *Распределение полей, отобранных для анализа по регионам России (источник: Федеральная служба государственной статистики (Росстат))*
Fig. 1. *Distribution of fields selected for the analysis by Russian regions*

краях, республиках Башкортостан и Татарстан.

Распределение полей по регионам представлено на рисунке 1. Темно-синим цветом отмечены регионы, которые представлены пятью-шестью полями, синим — от трех до четырех и светло-синим — от одного до двух полей. Отметим, что исходные данные взяты из отчета Росстата по удельному весу продукции растениеводства в продукции сельского хозяйства по категориям хозяйств по субъектам РФ за 2018 г.

В качестве экзогенных переменных были использованы количественные и качественные переменные:

X_1 — доля растениеводства в сельском хозяйстве муниципального образования (%). Предполагается, что чем выше данный показатель, тем выгоднее вести растениеводство в регионе, выше урожайность.

X_2 — доля посевной площади от площади МО. Считается, что чем больше территорий района засеяно зерновыми культурами, тем выше урожайность.

X_3 — среднемесячная заработная плата в сельскохозяйственном секторе (Раздел ОКВЭД А). Предполагается, что высокая среднемесячная заработная плата повышает мотивацию работников в эффективном ведении хозяйства.

X_4 — количество тракторов на гектар засеянной территории (единиц). Данный показатель отвечает за оснащенность агрокультурного комплекса современной техникой и позволяет проследить за его влиянием на урожайность зерновых культур.

X_5 — внесение минеральных удобрений (тонн на гектар). Показатель характеризует уровень питательной среды почвы для выращивания сельскохозяйственных культур.

X_6 — численность сельского населения на 1 января 2018 г. (чел.) Предполагается, что высокая численность населения положительно сказывается на специализации рынка труда, следовательно, можно ожидать более высокие показатели урожайности.

X_7 — наличие (отсутствие) загрязнения воздуха по критерию превышения предельно допустимой концентрации вредных веществ, рассчитанное Росгидрометом (фиктивная переменная). Согласно российскому законодательству установлено ПДК для целого ряда частиц, которые могут как вредить здоровью людей, быть опасными для экологии, так и серьезно мешать эффективному земледелию.

X_8 — количество серы на снежном покрытии, измеряемое в граммах на квадратный километр. Считается, что недостаток (переизбыток) серы в почве может сильно влиять на злаковые, одно из ключевых семейств культурных растений в сельском хозяйстве России (Власюк, 1969).

X_9 — количество азота на снежном покрытии, измеряемое в килограммах на квадратный километр. Исследователи-химики выявляют, что избыточное содержание азота приводит к увеличению периода вегетации, снижению урожая и его качества, так же, как и недостаток данного элемента (Архипова, Смирнов, 2020). Как и в случае содержания серы (X_8), недостаток элемента можно отнести к более низкому уровню контроля за почвой, а переизбыток, помимо того, к химическому почвенному загрязнению.

X_{10} — уровень кислотности (pH) снежного покрытия. Вероятно, большинство культур хорошо растут в нейтральных или немного щелочных почвах, к умеренно-щелочным относят, к примеру, чернозем (Jordanova, 2016). Предполагается, что чем ниже кислотность, тем лучше для большинства культур, которые произрастают в выбранных муниципалитетах.

X_{11} — вывоз твердых коммунальных отходов в год (тыс. м^3 на душу населения). Данный фактор отражает эффективность сбора и вывоза бытового мусора, исходя из предпосылки, что в среднем россияне в сельской местности имеют одинаковый уровень выброса мусора. Считается, что твердые бытовые отходы мало применимы в сельском хозяйстве и, мало того, почвы и растительность вблизи мусорных полигонов испытывают всевозможные негативные воздействия (Архипова, Смирнов, 2020).

X_{12} — качество воды водоемов суммарно по классам загрязнения 4 и 5, согласно методике подсчета Гидрохимического института. К 4-му и 5-му классам загрязнения поверхностных вод относятся разряды: грязная, грязная, очень грязная, очень грязная, экстремально грязная вода (Архипова, Смирнов, 2020; Перечень..., 1999). Классификация производится по величинам комбинаторного индекса загрязненности воды с учетом ряда дополнительных факторов. В работе использованы готовые индексы, предоставленные Гидрохимическим институтом.

X_{13} — диффузное горизонтальное облучение, инсоляция (среднегодовое количество солнечной радиации на квадратный метр территории), кВт / м^2. Данный показатель демонстрирует уровень солнечной радиации, необходимой для роста растений и фотосинтеза, а также расположение регионов РФ по северной широте. Предполагается получить линейное положительное влияние на урожайность, так как в России не так много районов повышенных температур и стабильной засухи.

X_{14} — наличие или отсутствие загрязнения города в муниципалитете, фиктивная переменная. Рассчитывается получить значимую положительную взаимосвязь с урожайностью в рублях из-за возможностей сбыта продукции без затрат на транспортировку и хранения продукции, а также из-за большей оснащенности агрокомплексов необходимыми промышленными товарами и услугами рынка труда.

В качестве результативного признака У использовался показатель «урожайность зерновых культур поля муниципалитета» (руб. на га засеянной площади). При выборе зависимой переменной мы опирались на работу Сальвати и соавторов (Salvati et al., 2010), в которой авторы использовали данный показатель для изучения урожайности полей, аргументируя это тем, что он позволяет отразить продуктивность поля как в физическом объеме, так и в денежном выражении. Результативный признак был прологарифмирован, так как традиционные регрессионные модели требуют нормального распределения зависимой переменной.

Для реализации основной цели работы (прогнозирования урожайности полей муниципалитетов сельскохозяйственных регионов России), а также статистической проверки гипотезы H_2 использованы регрессионные модели (традиционная регрессионная модель, основанная на методе наименьших квадратов, регрессионная модель по урезанной выборке) и нейронные сети (многослойный персептрон (*MLP*), свёрточная нейронная сеть (*CNN*) и общая модель с двумя ветвями по смешанным данным). Отметим, что в статье представлены нейросетевые модели, показавшие лучший вариант. Подробную информацию об использовании традиционной регрессионной модели, основанной на методе наименьших квадратов и регрессионной модели по урезанной выборке для прогнозирования урожайности зерновых культур, можно найти в работе М.Ю. Архиповой и А.Ю. Смирнова (Архипова, Смирнов, 2020).

Нейронная сеть — это попытка с помощью математических моделей воспроизвести работу человеческого мозга. Нейронные сети, согласно С. Осовскому (Осовский, 2004), — это раздел искусственного интеллекта, в котором для обработки сигналов используются явления, аналогичные происходящим в нейронах живых существ. Важнейшая особенность сети, свидетельствующая о ее широких возможностях и огромном потенциале, состоит в параллельной обработке информации всеми звеньями, что позволяет значительно ускорить данный процесс. Кроме того, при большом количестве межнейронных соединений сеть приобретает устойчивость к ошибкам и не претерпевает существенных возмущений. Другое не менее важное свойство — способность к обучению и обобщению накопленных знаний.

Для прогнозирования урожайности в работе использованы три типа нейросетевых моделей, среди которых многослойный персептрон (*MLP*), свёрточная нейронная сеть (*CNN*) и модель на смешанных данных.

Выбор первой модели нейронных сетей (многослойный персептрон) опирался на статью (Haghverdi, Washington-Allen, Leib, 2018), в которой, согласно полученным авторами результатам, она показала вполне приемлемые результаты, даже без учета информации закодированных спутниковых изображений. Модель принимает значения урожайности и табличные значения независимых переменных.

Вторая модель (свёрточная нейронная сеть) принимает значения зависимой переменной и спутниковые изображения полей муниципальных образований в виде векторов, каждое число которых обозначает интенсивность красного, зеленого, синего и черного цветов в зависимости от вегетации полей. При этом преимуществом модели является возможность учета объединенного изображения из двух фотографий NDVI: на начало осени и начала лета. Необходимость учета двух фотоснимков обусловлена тем, что по одному снимку вегетации делать выводы о произрастании зеленой массы на поле ошибочно, так как существуют озимые культуры, которые зреют в начале лета, и яровые, урожай которых приходится на осень.

Третья модель (модель на смешанных данных) принимает итоговые значения слоев обеих моделей и прогнозирует урожайность, как с помощью табличных значений, так и с помощью фотографий.

Интерпретация модели искусственной нейронной сети не всегда является «черным ящиком», результаты модели по смешанным данным могут и должны объяснять влияние факторов на результирующую переменную. Для данных целей создано большое количество интерпретаторов, но одними из наиболее часто используемых являются *LIME* (*Local Interpretable Model-agnostic Explanations*) и *SHAP* (*SHapley Additive exPlanations*). *LIME* — это методика, которая объясняет предсказание любой модели интерпретируемым и точным способом, изучая модель локально вокруг предсказанного значения. Цель данного интерпретатора — минимизация функции:

$$\xi(x) = \arg\min_{g \in G} L(f, g, \pi_x) + \Omega(g), \quad (1)$$

где f — зависимая переменная; x — регрессоры; g — модель; π — мера близости для определения окрестности вокруг x.

На первом шаге алгоритма нужно выбрать интересующее наблюдение по муниципальному образованию из тестовой выборки, для которого необходимо получить объяснение прогноза «черного ящика». LIME последовательно меняет эффекты переменных в исследуемой модели для того чтобы понять, насколько прогноз чувствителен к тому или иному фактору (Molnar, 2018). Берутся новые наблюдения в соответствии с их близостью к исследуемому наблюдению, таким образом, объяснение создается путем локального приближения базовой модели к интерпретируемой. Интерпретируемые модели, как правило, — это линейные модели с сильной регуляризацией. Они обучаются на небольших возмущениях исходного экземпляра и обеспечивают только локальное приближение, а не глобальное. В связи с этим фактом существует критика интерпретатора, который, кроме того, может упустить значимые нелинейные связи из-за локального приближения изучаемой модели к линейной.

Второй интерпретатор — SHAP относится к классу моделей, называемых аддитивными методами атрибуции признаков, где объяснение выражается в виде линейной функции признаков. Значение SHAP оценивает разницу с выходным значением функции путем включения регрессора для всех комбинаций функций, кроме того, величина Шепли — это средневзвешенная от всех предельных вкладов всех возможных сочетаний признаков. Данный интерпретатор берет свое начало из теории игр и сообщает, как оптимально распределить эффекты среди переменных. В алгоритме использована формула значения SHAP:

$$\phi_i = \sum_{S \subseteq N \setminus \{i\}}^{n} \frac{|S|!\left(M - |S| - 1\right)!}{M!}\left[f_x\left(S \cup \{i\}\right) - f_x\left(S\right)\right], \quad (2)$$

где f — модель; S — количество переменных без той переменной, которой рассматривается *SHAPvalue*; M — количество всех наблюдений.

Также в работе были использованы активационная функция *ReLU* ($R(x) = \max(0, x) \rightarrow \frac{\partial f}{\partial x} = 1$, если $x \geq 0$, иначе 0) и линейная функция активации $g(x) = x$. Помимо простоты вычислений, объективным важным преимуществом данных функций выпрямителя является то, что они способны выдавать истинное нулевое значение, что может быть очень важным для упрощения модели во избежание переобучения (Goodfellow, Bengio, Courville, 2016). Функции активации принимают сумму весов от предыдущего слоя и выдают значения для следующего в соответствии с формулой. Также тестировались Softmax, гиперболический тангенс, и сигмоидная функции активации, однако модели с их применением были менее точными.

Отметим, что напрямую сравнивать результаты эконометрического моделирования с использованием регрессионных моделей и нейронных сетей затруднительно. Использование традиционных подходов для выбора наиболее точных моделей, таких как классические информационные критериеи, для нейронных сетей не представляется возможным (Anders, Korn, 1999), поскольку в алгоритме нейронных сетей отсутствует собственно функция правдоподобия. Однако некоторые исследователи сравнивают предсказательную способность эконометрических моделей и нейронных сетей с помощью средней квадратичной ошибки (MSE) (Moshiri, Cameron, 2000; Bajracharya, 2011), которая является одной из самых распространенных функций потерь для решения задач такого рода (см, например, (Ширяев, 2013)), но при этом имеет несколько недостатков. В случае нечастых, но больших по модулю ошибок моделей слишком увеличивается вес ошибки, в обратном случае, когда ошибки малы по модулю, но достаточно часты, MSE недооценивает ошибки. В этой связи в работе дополнительно использовались и другие варианты сравнения моделей, среди которых средняя абсолютная ошибка (MAE) и средневзвешенная абсолютная ошибка в процентах (WMAPE).

При моделировании урожайности исходный набор данных, состоящий из 100 наблюдений, был разбит на две части, 75 наблюдений использовались для обучения моделей, а оставшиеся 25 — для проверки их предсказательной способности.

Полученные результаты

Использование традиционного эконометрического инструментария для прогнозирования урожайности зерновых культур полей сельскохозяйственных регионов представлено в работе (Архипова, Смирнов, 2020). Согласно полученным результатам, преимуществом обладает регрессионная модель по урезанной выборке, которая продемонстрировала более высокие показатели точности и адекватности по сравнению с МНК регрессией.

Рассмотрим результаты, полученные с использованием нейросетевых моделей. Первой была построена модель многослойного персептрона MLP по всем переменным, так как удаление регрессоров только ухудшало предсказательную способность модели на тестовой выборке. Стандартизация данных проходила отдельно для обучающей и тестовой выборок. Были произведены попытки подбора различных параметров модели для лучшей точности на тестовой выборке. В результате была выбрана структура сети, состоящая из 3 скрытых и одного внешнего слоя по 20, 7, 1 и 1 нейрону соответственно для каждого наблюдения. Методика последовательного включения большего числа нейронов от одного скрытого слоя и регулирования описана в (Neural Network Design, 2014). Для решения поставленной задачи был выбран оптимизатор Adam (Adaptive Moment Optimization), который является комбинацией RMSprop и стохастического градиентного спуска (SGD) с импульсом. Для оптимизатора Adam эмпирически были выбраны гиперпараметры β_0 и β_1 (β_0 = 0,9; β_1 = 0,999). Для каждого веса в модели Adam применяются следующие вычисления:

$$\nu_t = \beta_1 \nu_{t-1} - (1-\beta_1) g_t, \quad s_t = \beta_2 s_{t-1} - (1-\beta_2) g_t^2,$$

$$\Delta w_t = -\eta \frac{\nu_t}{\sqrt{s_t - \varepsilon}} g_t, \quad w_{t+1} = w_t + \Delta w_t, \qquad (3)$$

где η — начальный коэффициент обучения; g_t — градиент для w_j; v_t — экспоненциальное скользящее среднее градиентов для для w_j; s_t — экспоненциальное скользящее среднее квадратов градиентов для w_j.

В работе также были рассмотрены следующие варианты оптимизаторов: стохастический градиентный спуск, RMSprop, Adagrad, Adadelta, Adamax, Nadam. Однако модели, построенные с их использованием, уступали по характеристикам модели с оптимизатором Adam, а некоторые из них даже ухудшали предсказательную способность сети. В качестве функции потерь использовалась средняя квадратичная ошибка (MSE) и активационная функция *ReLU*

$$(R(x) = \max(0, x) \to \frac{\partial f}{\partial x} = 1, \text{ если } x \geq 0, \text{ иначе } 0)$$

и линейная функция активации $g(x) = x$.

Помимо простоты вычислений, объективным важным преимуществом данных функций выпрямителя является их способность выдавать истинное нулевое значение, что может быть очень важным для упрощения модели во избежание переобучения (Goodfellow, Bengio, Courville, 2016). Функции активации принимают сумму весов от предыдущего слоя и выдают значения для следующего в соответствии с формулой. Также тестировались

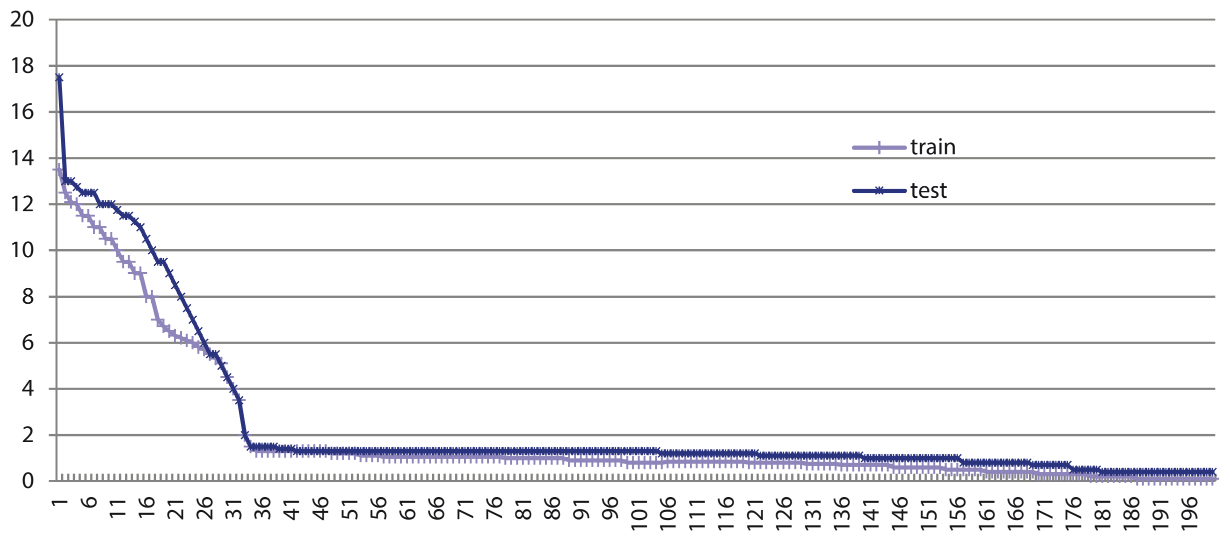


Рис. 2. *MSE для обучающей и тестовой выборок модели на смешанных данных (источник: расчеты авторов)*
Fig. 2. *MSE for training and test sets of the mixed data model*

Softmax, гиперболический тангенс, и сигмоидная функции активации, однако модели с их применением были менее точными.

Во второй модели нейронных сетей (*CNN*) были оставлены те же параметры, что и для модели *MLP*, кроме количества эпох, которое было выбрано равным сорока, фотографии вегетации полей за июнь и сентябрь были сжаты до одинакового размера 64 на 64 пикселя и соединены в одно изображение. Была выбрана структура сети из четырех скрытых и одного внешнего слоя по 16, 16, 4, 4 и 1 нейрону соответственно для каждого наблюдения.

Для первой составной части модели на табличных значениях была выбрана структура сети, аналогичная модели *MLP*. Для второй части — модели с обработкой фотографий полей — использовалась структура, выбранная для одинарной модели *CNN*.

Предсказательная способность модели *CNN* только по фотографиям вегетации невысока по сравнению с моделью *MLP* по всему пулу переменных, поэтому было принято решение о соединении моделей и использовании модели на смешанных данных, что позволило получить новую модель с лучшими характеристиками качества по сравнению с моделями *MLP* и *CNN*, а также моделью только с константой.

В третьей модели (модель на смешанных данных) было принято решение использовать тот же набор параметров модели, что и для моделей *MLP* и *CNN*. Качество модели оценивалось по виду функций потерь.

Функция потерь показывает усредненный квадрат ошибки между наблюдаемыми и модельными значениями зависимой переменной и является одной из самых распространенных функций потерь в машинном обучении. Она позволяет оценить, насколько хорошо настроилась нейронная сеть в отношении обучающей выборки (*train*) и ожидаемых ответов (*test*).

Сопоставление трех моделей нейронных сетей показало, что предсказательная способность модели по смешанным данным согласно статистике *MSE* выше, чем с использованием моделей нейросетей *MLP* или *CNN*. Средняя квадратичная ошибка *MSE* для тестовой выборки в модели на смешанных данных составила 0,52, в то время как для моделей *MLP* и свёрточной сети метрика составила 0,68 и 1,04, соответственно. Данный результат подтверждает выводы, полученные в исследовании (Kung et al., 2016), где ансамбль нейронных сетей сравнивался с отдельными сетями.

На рисунке 2 показано, что если в начале периода для модели на смешанных данных наблюдается высокая ошибка прогноза, то затем *MSE* резко уменьшается и стремится к нулю, что свидетельствует о хорошем качестве модели.

Данный результат позволил сделать выбор в пользу модели на смешанных данных, которая была использована в качестве итоговой модели для прогнозирования урожайности полей муниципальных образований и проведения дальнейшего анализа.

Отметим, что результат, полученный по модели на смешанных данных, также превосходит по точности лучшую эконометрическую модель по урезанной выборке, для которой значение статистики составило 1,59. Аналогичные результаты получаются и при использовании критерия *MAE* (*Mean Absolute Error*). Для эконометрической модели значение критерия соста-

Таблица

Сравнение итоговых эконометрической и нейросетевой моделей

Table

Comparison of final econometric and neural network models

Модель	Ошибки модели		
	MSE	*MAE*	*WMAPE*
Нейросетевая модель по смешанным данным	0,52	0,54	15,8
Модель по урезанной выборке (*CNN*)	1,59	0,96	28,1

вило 0,96, а для нейронной сети на смешанных данных — 0,54, что говорит о более высокой точности сети. С помощью статистики *WMAPE* (средневзвешенной абсолютной процентной ошибки прогнозирования) можно сделать такой же вывод: 28,1 % у эконометрической модели против 15,8 % у нейронной сети (табл. 1).

Преимущество нейросетевых моделей по сравнению с традиционным эконометрическим инструментарием можно объяснить недостаточной гибкостью эконометрических моделей, не позволяющих быстро и оперативно проводить корректировку моделей при изменяющихся условиях. Большие временные затраты на настройку параметров новых моделей являются факторами, снижающими эффективность процесса управления.

Отметим, что даже незначительное увеличение точности прогнозных оценок позволяет получить существенный экономический эффект. Это вполне объяснимо, так как более точные прогнозные показатели позволяют сбалансировать управленческие решения, опирающиеся на расчет стоимости хранения зерновых культур, подготовку зернохранилищ, выстраивание логистических цепочек, заключение договоров с подрядными организациями, уменьшить штрафы за сорванные поставки.

Таким образом, не отвергается выдвинутая в начале работы гипотеза H_2 (нейронные сети позволяют получить более точные результаты по сравнению с классическим эконометрическим инструментарием и могут быть использованы для прогнозирования урожайности полей муниципальных образований).

Рассмотрим выводы, полученные на основе используемых интерпретаторов для объяснения влияния факторов для каждого конкретного предсказанного значения. В качестве примера рассмотрим работу предложенного алгоритма для Красноярского района Самарской области. Интерпретатор *LIME* для нейронной сети *MLP* по табличной информации показал, что самым важным фактором при моделировании урожайности МО сельскохозяйственных территорий является показатель X_2 (доля посевной площади от площади МО), значение данного фактора превышает среднее значение по выборке на 30 %. Второй по важности признак, который также положительно влияет на урожайность — доля растениеводства в сельском хозяйстве МО, которая на 28 % больше среднего. Третий признак — наличие поселков городского типа: Волжский, Мирный и Новосемейкино, чье население относится к городскому. Наличие городского населения, как и ожидалось, увеличивает вероятность высокой урожайности сельскохозяйственных культур.

Интерпретатор *SHAP* для табличных данных для Красноярского района Самарской области подтвердил лидирование влияния показателя X_2 на урожайность. Однако на второе место попал фактор внесения минеральных удобрений, значение которого которое на 22 % ниже среднего уровня. Данный вывод может говорить о возможном недостатке питательных веществ почвы. На третьем месте с положительным влиянием на урожайность — фактор наличия поселков городского типа. На четвертом месте — обеспеченность тракторами, что совпадает с выводами интерпретатора *LIME*.

Новый вывод, который был менее заметен на сводке предыдущего интерпретатора, состоит в том, что фактор низкого качества водных ресурсов негативно влияет на урожайность. Процент 4-го и 5-го классов загрязнений воды на 63 % выше среднего по выборке, что говорит о возможных проблемах водных ресурсов, используемых в сельском хозяйстве. Еще один негативный эффект выявлен у фактора заработной платы сельскохозяйственных работников, который меньше среднего на 14 %, что может говорить о недостаточной экономической мотивации трудоустроенных в агрокомплексе района.

Вывод интерпретатора *SHAP* для всех факторов для данного района представлен на рисунке 3. На темных участках изображены факторы, повышающие прогнозное значение урожайности, на светлых — понижающие.

Согласно рисунку, наибольшее положительное влияние на прогнозное значение урожайности имеют показатели X_1 и X_{14}, связанные с долей растениеводства в сельском хозяйстве муниципального образования и экологической ситуацией в городе (им соответствуют большие прямоугольники на рисунке 3, закрашенные в темный цвет). Негативное влияние — у показателей X_4, X_5 и X_{12}, что может быть объяснено устаревшей материально-технической базой

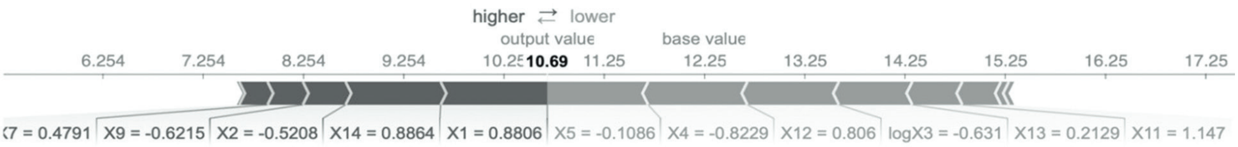


Рис. 3. *Вывод LIME для всех факторов для табличной информации о Красноярском районе Самарской области (источник: расчеты авторов)*

Fig. 3. *LIME results for all table factors concerning Krasnoyarsky district of Samara oblast*

и неэффективностью ведения сельского хозяйства на территориях с высоким уровнем загрязнения вод (им соответствуют большие серые прямоугольники).

В рамках интерпретатора *LIME* для сверточной сети *CNN* фотография поля была разбита на 5 суперпикселей, представляющих крупные характерные участки поля, по виду которых модель предсказывает урожайность. Для случайно выбранного Дивеевского района Нижегородской области фактором высокого прогнозного значения урожая, которое выше среднего на 10 %, стала фотография начала осени, на которой видно, что поле убрано после урожая и достаточно однородно. Снижает прогноз фактор фотографии весны, на котором видна относительно невысокая урожайность. Описанные эффекты видны на рисунке 4. Темные тона показывают те участки поля, которые положительно влияют на урожайность, а белым и светло-серым цветами представлен сектор поля, который характеризуется низкой урожайностью для весеннего периода (низкой всходимостью культуры).

Отличие метода *SHAP* от метода *LIME* заключается в том, что данный метод оценивает каждый пиксель изображения, а не суперпиксели, как это делает *LIME*. Светло-серые точки на правой части иллюстрации сообщают о тех участках поля, которые уменьшают прогнозное значение урожайности, темно-серые — наоборот (рис. 5). Как можно заметить, фактор небольшой реки в северо-западной части поля положительно влияет на урожайность, в то время как небольшой выходящий на поле в юго-западной части лес негативно сказывается на урожайности.

Однако следует отметить, что в целом выводы интерпретаторов не противоречат друг другу: наличие небольшой реки улучшает урожайность поля, присутствие лесного массива площадью 1900 м² в месте, препятствующему движению комбайнов, тракторов и прочей техники, негативно сказываются на урожайности.

Важным результатом моделирования является статистическая значимость фактора спутниковых фотографий полей для повышения точности прогнозных значений урожайности (гипотеза H_1).

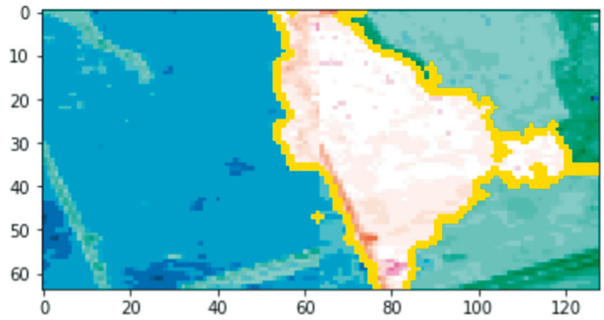


Рис. 4. *LIME для фотографии поля Дивеевского района Нижегородской области (источник: расчеты авторов в Python)*

Fig. 4. *LIME for a photograph of a field in Diveyevsky district of Nizhny Novgorod oblast*

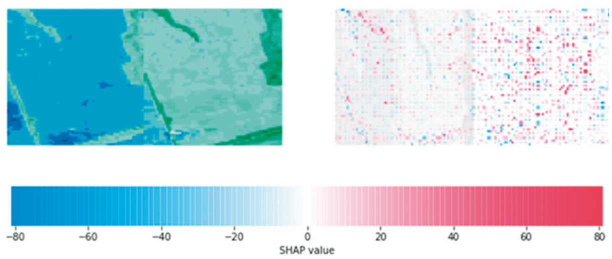


Рис. 5. *SHAP для фотографии поля Дивеевского района Нижегородской области (источник: расчеты авторов в Python)*

Fig. 5. *SHAP for a photograph of a field in Diveyevsky district of Nizhny Novgorod oblast*

Заключение

В результате исследования были получены ответы на основные исследовательские вопросы, которые были поставлены перед проведением исследования. Так, было статистически доказано, что спутниковые фотоснимки являются статистически значимым фактором для прогнозирования урожайности полей муниципалитетов (гипотеза H_1) и повышают точность прогнозных моделей при их использовании (гипотеза H_2).

Сопоставление эконометрических моделей и моделей нейронных сетей позволило сделать выбор в пользу последних, которые показали лучшие результаты при прогнозировании урожайности сельскохозяйственных культур для муниципальных образований сельскохозяйственных регионов. Было статистически показано, что нейронные сети могут эффективно решать задачу регрессии, в том числе и на малой выборке наблюдений (гипотеза H_2). Ошибки *MSE* на тестовой выборке для нейронной сети по смешанным данным оказалась меньше, чем для эконометрических моделей.

Что касается экологических факторов (гипотеза H_3), то было показано, что они в разной степени влияют на урожайность. Так, если факторы загрязнения воздуха и почвы оказались статистически незначимыми, то фактор, отвечающий за эффективность сбора и вывоза бытового мусора, показал положительное влияние на урожайность.

Согласно интерпретатору *SHAP* (и менее выраженно в *LIME*), качество водных ресурсов также является важным фактором, оказывающим влияние на урожайность полей наравне со сбором и вывозом бытового мусора.

Кроме того, получен и ряд дополнительных выводов. Так, например, статистически доказано, что высокая урожайность полей в растениеводстве во многом связана со специализацией района и большими возможностями диверсификации труда и всех процессов земледелия, хранения, транспортировки и продажи урожая. Высокая оснащенность МО тракторами и иными сельскохозяйственными машинами, и комбайнами (на гектар засеянной площади) также оказывает позитивное воздействие на результирующий признак. Связано это с инновационным развитием региона и инвестициями бизнеса в агрокультурные предприятия муниципального образования. Негативное воздействие на урожайность оказал фактор чрезмерно высокой доли засеянных территории МО. Объяснение данного факта состоит в том, что для повышения эффективности сельскохозяйственного производства недостаточно увеличивать площадь полей (экстенсивный фактор), необходимо развивать всю инфраструктуру сельских и городских территорий.

Также в процессе исследования было показано преимущество модели по смешанным данным для прогнозирования урожайности полей по сравнению с моделями *MLP* и *CNN* в отдельности.

К перспективам исследования относятся обучение и проверка моделей на большей выборке как табличных данных, так и спутниковых фотоснимков. Также интерес представляет расширение предсказательной способности нейронных сетей в виде настройки параметров за счет включения новых переменных, таких как тип возделываемой культуры, информация о минерализации и состоянии отдельных полей. Использование данных переменных позволит непосредственно проводить планирование посадок и севооборота. Вероятно, автоматизация сбора, хранения и обработки данных о полях и МО в едином реестре с последующим анализом урожайности полей и районов в целом потенциально интересна для частных фермеров, агрохолдингов, инвесторов в сельское хозяйство России и регулирующих государственных органов.

Список источников

Анализ данных: учебник для академического бакалавриата. / В. С. Мхитарян [и др.]. Москва : Юрайт, 2017. 490 с.

Архипова М. Ю., *Смирнов А. И.* Современные направления прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур на основе использования эконометрических моделей // Вопросы статистики. 2020. № 27 (4). С. 88–101

Власюк П. А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. Киев : Наукова думка, 1969. 516 с.

Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. Москва : Финансы и статистика, 2004. 343 с.

Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов / С. Н. Анисова, С. А. Соколова, А. Т. Лебедев. Москва : Мединор, 1995. 220 с.

Перечень рыбохозяйственных нормативов предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение / Н. А. Шиленко и др. Москва : ВНИРО, 1999. С. 28–249.

Ширяев В. И. Финансовые рынки. Нейронные сети, хаос и нелинейная динамика: Учебное пособие. Москва : Либроком, 2013. 232 с.

Anders U., *Korn O.* Model selection in neural networks // Neural networks. 1999. Vol. 12, No. 2. P. 309–323. DOI: doi.org/10.1016/S0893–6080(98)00117–8.

Bajracharya D. Econometric Modeling vs Artificial Neural Networks: A Sales Forecasting Comparison. 2011. URL: http://docplayer.net/14695913-Econometric-modeling-vs-artificial-neural.html (date accessed: 19.05.2020).

Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy) / F. Basso, et al. // Catena. 2000. Vol. 40, No. 1. P. 19–35. DOI: doi.org/10.1016/S0341–8162(99)00062–4.

Soybean crop coverage estimation from NDVI images with different spatial resolution to evaluate yield variability in a plot / A. De la Casa, et al. // ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing. 2018. Vol. 146. P. 531–547. DOI: doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.10.018.

Dharmadhikari N. L. Economic Modeling of Agricultural Production in North Dakota Using Transportation Analysis and Forecasting. URL: https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/29017/Dharmadhikari_ndsu_0157D_12238.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

Goodfellow I., *Bengio Y.*, *Courville A.* Deep learning // MIT press. 2016. URL: http://www.deeplearningbook.org/ (date accessed: 19.05.2020).

Haghverdi A., *Washington-Allen R. A.*, *Leib B. G.* Prediction of cotton lint yield from phenology of crop indices using artificial neural networks // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. Vol. 152. P. 186–197. DOI: doi.org/10.1016/j.compag.2018.07.021.

Jordanova N. Soil magnetism: Applications in pedology, environmental science and agriculture. Academic Press, 2016. 466 p.

On large-batch training for deep learning: Generalization gap and sharp minima / N. S. Keskar, D. Mudigere, J. Nocedal, M. Smelyanskiy, P. T. P. Tang // arXiv preprint arXiv:1609.04836. 2016. URL: https://arxiv.org/pdf/1609.04836.pdf

Accuracy analysis mechanism for agriculture data using the ensemble neural network method/ H. Y. Kung, et al. // Sustainability. 2016. Vol. 8, No. 8. P. 735. DOI: doi.org/10.3390/su8080735.

Masters D., *Luschi C.* Revisiting small batch training for deep neural networks // arXiv preprint arXiv:1804.07612. 2018. P. 29–43

Molnar C. Interpretable Machine Learning-A Guide for Making Black Box Models Explainable. URL: https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/interpretable-ml.pdf.

Moshiri S., *Cameron N.* Neural network versus econometric models in forecasting inflation // Journal of forecasting. 2000. Vol. 19. No.3. P. 201–217. DOI: doi.org/10.1002/(SICI)1099–131X(200004)19:33.3.CO;2-W.

Neural Network Design / H. B. Demuth, M. H. Beale, D. J. Orlando, M. Hagan. URL: https://hagan.okstate.edu/NNDesign.pdf.

Wheat yield prediction using machine learning and advanced sensing techniques / X. E. Pantazi, et al. // Computers and Electronics in Agriculture. 2016. Vol. 121. P. 57–65. DOI: doi.org/10.1016/j.compag.2015.11.018.

Põldaru R., *Roots J.*, *Viira A. H.* Estimating econometric model of average total milk cost: A support vector machine regression approach // Economics and rural development. 2005. Vol. 1, No. 1. P. 23–31.

Irrigated pinto bean crop stress and yield assessment using ground based low altitude remote sensing technology / R. Ranjan, et al. // Information Processing in Agriculture. 2019. Vol. 6, No. 4. P. 502–514. DOI: doi.org/10.1016/j.inpa.2019.01.005.

Exploring the relationship between agricultural productivity and land degradation in a dry region of Southern Europe / L. Salvati, et al. // New Medit. 2010. Vol. 9, No. 1. P. 35–40.

Machine-learned prediction of annual crop planting in the US Corn Belt based on historical crop planting maps / C. Zhang, et al. // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 166. P. 104989. DOI: doi.org/10.1016/j.compag.2019.104989.

Zhang L., *Lei L.*, *Yan D.* Comparison of two regression models for predicting crop yield // 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Ieee, 2010. P. 1521–1524.

References

Anders, U. & Korn, O. (1999). Model selection in neural networks. *Neural networks, 12(2),* 309–323. DOI: 10.1016/S0893–6080(98)00117–8.

Anisova, S. N., Sokolova, S. A. & Lebedev, A. T. (1995). *Perechen predelno dopustimykh kontsentratsiy i orientirovochno bezopasnykh urovney vozdeystviya vrednykh veshchestv dlya vody rybokhozyaystvennykh vodoemov [List of maximum permissible concentrations and approximately safe impact levels of hazardous substances for water of fishery water bodies].* Moscow: TOO "Medinor", 220. (In Russ.)

Arkhipova, M. Yu. & Smirnov, A. I. (2020). Current Trends in Crop Yield Forecasting Based on the Use of Econometric Models. *Voprosy statistiki, 27(4),* 88–101. (In Russ.)

Bajracharya, D. (2011). *Econometric Modeling vs Artificial Neural Networks: A Sales Forecasting Comparison.* Retrieved from: http://docplayer.net/14695913-Econometric-modeling-vs-artificial-neural.html (Date of access: 19.05.2020).

Basso, F., Bove, E., Dumontet, S., Ferrara, A., Pisante, M., Quaranta, G. & Taberner, M. (2000). Evaluating environmental sensitivity at the basin scale through the use of geographic information systems and remotely sensed data: an example covering the Agri basin (Southern Italy). *Catena, 40(1),* 19–35. DOI: 10.1016/S0341–8162(99)00062–4.

de la Casa, A., Ovando, G., Bressanini, L., Martinez, J., Diaz, G. & Miranda, C. (2018). Soybean crop coverage estimation from NDVI images with different spatial resolution to evaluate yield variability in a plot. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 146,* 531–547. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2018.10.018.

Demuth, H. B., Beale, M. H., De Jess, O. & Hagan, M. T. (2014). *Neural network design.* Martin Hagan. Retrieved from: https://hagan.okstate.edu/NNDesign.pdf.

Dharmadhikari, N. L. (2018). *Economic Modeling of Agricultural Production in North Dakota Using Transportation Analysis and Forecasting. Doctoral dissertation.* North Dakota State University. Retrieved from: https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/29017/Dharmadhikari_ndsu_0157D_12238.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

Goodfellow, I., Bengio, Y. & Courville, A. (2016). *Deep learning.* MIT Press. Retrieved from: http://www.deeplearningbook.org/ (Date of access: 19.05.2020).

Haghverdi, A., Washington-Allen, R. A. & Leib, B. G. (2018). Prediction of cotton lint yield from phenology of crop indices using artificial neural networks. *Computers and Electronics in Agriculture, 152,* 186–197. DOI: 10.1016/j.compag.2018.07.021.

Jordanova, N. (2016). *Soil magnetism: Applications in pedology, environmental science and agriculture.* Academic Press, 466.

Keskar, N. S., Mudigere, D., Nocedal, J., Smelyanskiy, M. & Tang, P. T. P. (2016). *On large-batch training for deep learning: Generalization gap and sharp minima.* arXiv preprint arXiv:1609.04836. Retrieved from: https://arxiv.org/pdf/1609.04836.pdf

Kung, H. Y., Kuo, T. H., Chen, C. H. & Tsai, P. Y. (2016). Accuracy analysis mechanism for agriculture data using the ensemble neural network method. *Sustainability, 8(8),* 735. DOI: 10.3390/su8080735.

Masters, D. & Luschi, C. (2018). *Revisiting small batch training for deep neural networks.* Pp. 29–43. arXiv preprint arXiv:1804.07612.

Mkhitaryan, V. S. (2017). *Analiz dannykh: uchebnik dlya akademicheskogo bakalavriata [Data Analysis: An Academic Undergraduate Textbook].* Moscow: Urait, 490. (In Russ.)

Molnar C. (2018). *Interpretable Machine Learning. A Guide for Making Black Box Models Explainable.* Retrieved from: https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/interpretable-ml.pdf.

Moshiri, S. & Cameron, N. (2000). Neural network versus econometric models in forecasting inflation. *Journal of forecasting, 19(3),* 201–217. DOI: 10.1002/(SICI)1099–131X(200004)19:33.3.CO;2-W.

Osovskiy, S. (2004). *Neyronnye seti dlya obrabotki informatsii [Neural networks for data processing].* Moscow: Finansy i statistika, 343. (In Russ.)

Pantazi, X. E., Moshou, D., Alexandridis, T., Whetton, R. L. & Mouazen, A. M. (2016). Wheat yield prediction using machine learning and advanced sensing techniques. *Computers and Electronics in Agriculture, 121,* 57–65. DOI: 10.1016/j.compag.2015.11.018.

Põldaru, R., Roots, J. & Viira, A. H. (2005). Estimating econometric model of average total milk cost: A support vector machine regression approach. *Economics and rural development, 1(1),* 23–31.

Ranjan, R., Chandel, A. K., Khot, L. R., Bahlol, H. Y., Zhou, J., Boydston, R. A. & Miklas, P. N. (2019). Irrigated pinto bean crop stress and yield assessment using ground based low altitude remote sensing technology. *Information Processing in Agriculture, 6(4),* 502–514. DOI: 10.1016/j.inpa.2019.01.005.

Salvati, L. (2010). Exploring the relationship between agricultural productivity and land degradation in a dry region of Southern Europe. *New Medit, 9(1),* 35–40.

Shilenko, N. A., Sokolova, S. A., Anisova, S. N., Lesnikov, L. A., Lebedev, A. T. & Semionova, I. V. (1999). *Perechen rybokhozyaystvennykh normativov predelno-dopustimykh kontsentratsiy (PDK) i orientirovochno bezopasnykh urovney vozdeystviya (OBUV) vrednykh veshchestv dlya vody vodnykh obektov, imeyushchikh rybokhozyaystvennoe znachenie [The List of Fishery Standards: Maximum Permissible Concentrations (MPC) and Tentatively Safe Levels of Exposure (SLE) of Harmful Substances to Water of Water Bodies of Fishery Importance].* M.: VNIRO, 304. (In Russ.)

Shiryaev, V. I. (2013). *Finansovye rynki. Neyronnye seti, khaos i nelineynaya dinamika: Uchebnoe posobie [Financial Markets: Neural Networks, Chaos, and Nonlinear Dynamics].* Moscow: Librocom, 232. (In Russ.)

Vlasyuk, P. A. (1969). *Biologicheskie elementy v zhiznedeyatelnosti rasteniy [Biological Elements in the Life Activity of Plants].* Kiev: Naukova dumka, 516. (In Russ.)

Zhang, C., Di, L., Lin, L. & Guo, L. (2019). Machine-learned prediction of annual crop planting in the US Corn Belt based on historical crop planting maps. *Computers and Electronics in Agriculture, 166,* 104989. DOI: 10.1016/j.compag.2019.104989.

Zhang, L., Ji, L., Lei, L. & Yan, D. (2010). Comparison of two regression models for predicting crop yield. In: *2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 1521–1524). IEEE.

Информация об авторе

Архипова Марина Юрьевна — доктор экономических наук, профессор, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; Scopus Author ID: 57191839300; https://orcid.org/0000-0002-9022-7385 (Российская Федерация, 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20; 121352, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20; e-mail: marhipova@hse.ru).

About the author

Marina Yu. Arkhipova — Dr. Sci. (Econ.), Professor, National Research University “Higher School of Economics”; Scopus Author ID: 57191839300; http://orcid.org/0000-0002-9022-7385 (20, Myasnitskaya St., Moscow, 101000, Russian Federation; e-mail: marhipova@hse.ru).

Дата поступления рукописи: 05.07.2020.
Прошла рецензирование: 17.09.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 05 Jul 2020.
Reviewed: 17 Sep 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

RESEARCH ARTICLE
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-21
UDC 338.1; 332.1
JEL Classification: D14, E21, G51

Malgorzata Grzywińska-Rąpca
University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Olsztyn, Poland
https://orcid.org/0000-0003-2088-2795; e-mail: malgo@uwm.edu.pl

Consumer Purchasing Behaviour during the COVID-19 Epidemic: A Case Study for Poland[1]

With an increase in COVID-19 cases and introduction of studying and working from home, households have begun to change their priorities in shopping behaviours. The source of the data was a survey conducted at the beginning of April 2020. The aim of the study was: (1) to demonstrate changes in respondents' behaviour in the purchasing process and (2) to identify factors determining changes in these behaviours. The paper verified that, in the conditions of the pandemic, consumer shopping behaviour focuses on health safety. From a set of variables containing subjective opinions of respondents regarding factors influencing changes in their purchasing habits, dimensional reduction was carried out using factor analysis. Isolated factors were used to model Confirmatory Factor Analysis (CFA). The obtained assessments of the quality of the models (Hoelter value, CMIN/DF, RMSEA and others) indicate that the proposed models meet statistical standards and acceptability criteria. The models highlight the following factors: safety when shopping, prudence and a desire to protect health. Therefore, the assumptions were corroborated, according to which in a time of crisis and uncertainty (a pandemic is such a time), psychological factors and assumptions of behavioural theories are gaining in importance. This paper aims to complement existing research. The data obtained from the survey concern the level and frequency of expenditure on different product groups. Previous research has focused primarily on the impact of the pandemic on the economic situation. This document focuses on non-economic factors determining changes in consumer behaviour.

Keywords: consumption, coronavirus, COVID-19, households, consumer behaviour, factors determining purchases, health security, rationality of consumer behaviour, factor analysis, confirmatory model

For citation: Grzywińska-Rąpca, M. (2022). Consumer Purchasing Behaviour during the Covid-19 Epidemic: A Case Study for Poland. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 595-608, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-21.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ

М. Гживиньска-Ромпца
Варминьско-Мазурский университет, г. Ольштын, Польша
https://orcid.org/0000-0003-2088-2795; e-mail: malgo@uwm.edu.pl

Покупательское поведение потребителей во время эпидемии COVID-19: пример Польши

Рост числа случаев COVID-19 и переход на дистанционный формат работы и обучения привели к смене приоритетов в покупательском поведении. Источником данных послужил опрос, проведенный в начале апреля 2020 г. Цели исследования — продемонстрировать изменения в поведении респондентов при совершении покупок, выявить факторы, влияющие на изменения в покупательском поведении. Анализ данных показал ориентацию потребителей на обеспечение санитарной безопасности в условиях пандемии. С помощью факторного анализа была проведена процедура снижения размерности для оптимизации набора переменных, содержащих субъективные мнения респондентов относительно факторов влияния. Отдельные показатели были использованы в модели подтверждающего факторного анализа (CFA). Полученные оценки качества (Hoelter value, CMIN/DF, RMSEA и др.) свидетельствуют о соответствии предложенных моделей статистическим нормам и критериям приемлемости. В построенных моделях выделяются следующие факторы: безопасность при совершении покупок, предусмотрительность и забота о здоровье. Таким образом, подтвердились предположения о важности психологических факторов и положений поведенческих теорий в условиях кризиса и нестабильности (в том числе и во время пандемии). В результате опроса были получены данные о масштабности и периодичности затрат на различные группы товаров. Эта статья дополняет уже существующие исследования. В предыдущих работах изучалось влияние пандемии на экономическую ситуацию, в то время как в данной статье основное внимание уделяется неэкономическим факторам, определяющим изменения в поведении потребителей.

Ключевые слова: потребление, коронавирус, COVID-19, домохозяйства, поведение потребителей, определяющие покупки факторы, санитарная безопасность, рациональность потребительского поведения, факторный анализ, подтверждающая модель

Для цитирования: Гживиньска-Ромпца М. Покупательское поведение потребителей во время эпидемии COVID-19: пример Польши // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 595-608. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-21.

Introduction

The emergence of a new reality in connection with the coronavirus epidemic has caused changes in many areas of every society. Initially, all government actions aimed at improving and ensuring the health service. Nevertheless, it was expected that with the need to isolate and to change the work system to working from home, government restrictions aimed at minimising the spread of COVID-19 would greatly affect the state of any economy. In times of globalisation and trade relations, the introduction of restrictions in trade, transport, etc., in one region has widespread consequences.

A large number of companies had to reduce their business contacts to a greater or lesser extent overnight, and households, i.e. consumers, had to face major changes in their daily lives. In Poland, changes following the appearance of the first people sick with COVID-19 started in early March 2020. At that time, most state institutions, educational institutions and some companies were forced to switch to remote work. Simultaneously, the decision-makers worked hard to minimise the economic damage while trying to control the number of coronavirus cases.

Despite previous crises (e.g. in 2008), it was the first time that most households were concerned about their economic situation. It seemed that intermittent economic crises did not affect households directly — as subjectively felt by consumers. The emergence of the pandemic caused many consumers for the first time to feel the need to protect not only their own health but also greater economic flexibility. There have been few papers on behaviour during the epidemic and those published concern individual regions. The impact of COVID-19 has certainly been felt in every region of the world. It can be assumed that the effects of the epidemic will be felt to varying degrees in different economies. Consumers in different countries reacted to restrictions differently. In the United States, household spending increased by about 50 % between 26 February and 11 March 2020. According to Baker et al. (2020), this was caused by the belief that they had to stock up on food, and the fear that retail trade might cease to fully function. Similar consumption behaviour was also observed in India.

This paper aims to complement the literature on household consumption in atypical or

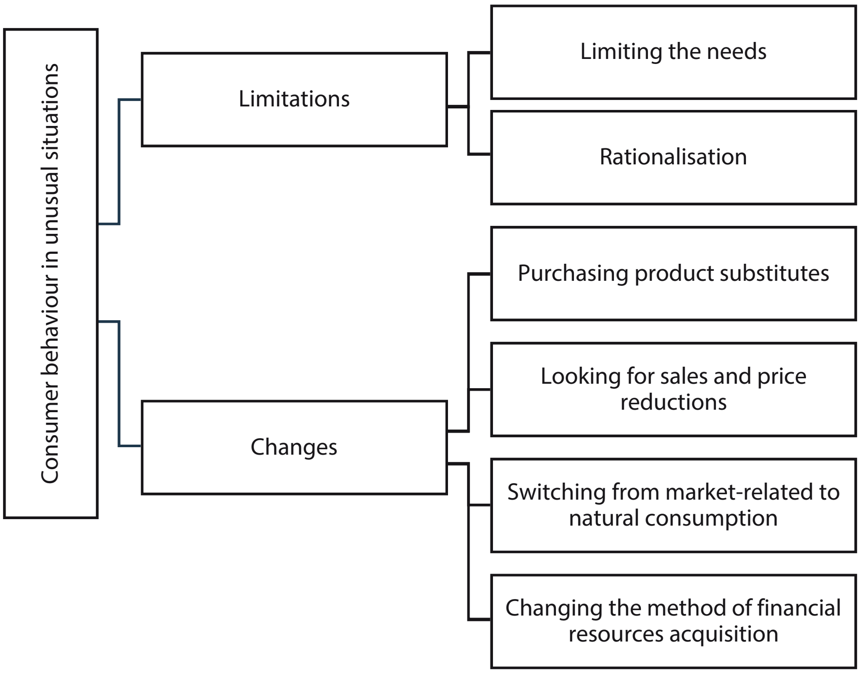


Fig. 1. *Diagram of changes in consumer behaviour in unusual situations (source: Prepared by the author based on: (Smyczek, 2010))*

crisis situations. These issues have been dealt with, for example, in studies by many authors (Zurawicki, Braidot, 2005; Tao, 2018; Pandelica, Pandelica, 2009; Pandelica, Pandelica, 2011; Ang, 2001; Urbonavičius, Pikturnienė, 2010; Smyczek, Matysiewicz, 2015; Duquenne, Vlontzos, 2014; Stoklasa, Starzyczna, Sykorova, 2014; Sowa, 2011; Stanciu et al., 2020). Those authors analysed the factors determining consumers' purchasing behaviour. The majority of studies on household behaviour have been related to expenses, savings, investments in various financial instruments or the purchase of various goods, e.g. luxury goods.

A review of papers devoted to the analysis of consumer behaviour shows that consumer behaviour is defined as the process of making decisions by households or consumers about the processes of obtaining and disposing of goods or services (Światowy, 2006; Engel, Blackwell, Miniard, 2001; Hansen, 1976; Pohorille, 1985; Rudnicki, 2012; Szczepański, 1981; Grzywińska-Rąpca, 2018; Ölander, Thøgersen, 1995; van Raaij, 2016; Welsch, 2007); consumer behaviour is the feeling of the necessity to meet the needs and their hierarchy. Prioritising, and, in consequence, establishing a hierarchy of needs, is also connected with the choice of means through which these needs will be satisfied (Schiffman, Kanuk, Hansen, 2012). The subjectivity of decisions related to satisfying needs has been pointed out by various authors (Fabiunke et al., 1976; Grzywińska-Rąpca, 2019). Consumer behaviour is defined as psychological activities and actions related to the motives and causes of business units, strongly correlated with obtaining information about products, buying and using them (Antonides, van Raaij, 2003). The definition proposed by Kieżel (2004) seems to combine all the above mentioned. According to the author (Kieżel, 2004), consumer behaviour, also in unusual situations, is a whole range of activities from the motive, need, through choices to satisfying them in certain social, cultural and economic conditions (Fig. 1).

Because of the complexity of behaviours and the impact of a combination of various factors on consumers' motives and attitudes, the considerations of the conditions of households' purchasing behaviour in the literature on the subject focus on numerous determinants. In the initial period of development, microeconomic theories presented the consumer as a fully rational person who, having access to comprehensive information, is guided only by economic motives (Zalega, 2007). Over time, however, full rationality has given way to selective rationality, according to which many factors influence human behaviour and the consumer is perceived as an economically rational person (Fig. 2).

The researchers' task is therefore to analyse the rational behaviour of consumers, usually with limited options available. The limitations make it necessary for consumers to choose the order in which their needs are satisfied.

In the context of COVID-19, in order to behave rationally, consumers need to know and be aware of all risks (not only health-related risks, but

Fig. 2. *Selected criteria and measures of rationality of consumer behaviour (source: Prepared by the author based on: (Kieżel, 2004))*

also economic risks) to make the best choices for themselves. In unusual situations (such as an economic crisis, a pandemic or a natural disaster), a consumer rarely has enough information to make rational and timely decisions and must often settle for satisfactory (rather than optimal) choices (Simon, 1997; Kahneman; Tversky, 1979).

According to Zalega (2012), the consumer surveys conducted by various study centres show that, along with an objective economic situation, consumer behaviour is increasingly often influenced by consumers' perception of the situation and their optimistic or pessimistic expectations regarding their own financial situation and the general economic situation (Zalega, 2012). In the context of atypical situations, such as the COVID-19 pandemic, a psychological view of consumer behaviour becomes more important, as it is trying to explain, among other things, the impact of psychological variables on the relationship between a specific economic factor and the household's decision (Antonides, van Raaij, 1998; Falkowski, Tyszka, 2009). The psychological factors determining consumer behaviour are linked to behaviourism. Behavioural research is a source of information that makes it easier to fully understand consumer behaviour and decisions. Many consumers in the same environment may react differently to the coronavirus threat (Coibion, Gorodnichenko, Weber, 2020; Andersen et al., 2020; Stanciu et al., 2020; Chronopoulos, Lukas, Wilson, 2020; Sheth, 2020; Baldwin, Mauro, 2020).

The purpose of this paper is to answer the question of whether the changes brought about by COVID-19 have a significant impact on consumer behaviour and, more specifically, on the structure of household expenditure and (1) What determines the place where purchases are made? (2) What does the consumer take into consideration when shopping during the COVID-19 pandemic?

The author feels that, when analysing consumer behaviour during the pandemic, the main focus should be placed on psychological factors. They are of key importance during the COVID-19 pandemic. During that time, many households are forced to change their habits aimed at satisfying their needs, and the course and duration of the pandemic may have a negative impact on the economy, e.g. through an increase in the number of unemployed or a decrease in income.

Methods & Data

The analysis of consumer behaviour during the COVID-19 pandemic was conducted in order to explore consumer attitudes and motives, and to identify the circumstances that differentiate the consumption behaviour of households in atypical health and economic conditions. With regard to the shaping of purchasing behaviour, the focus was on subjective assessments of households. In order to verify the research questions, primary and secondary source materials were used. The first one specifies data obtained directly from respondents on the basis of a questionnaire prepared by the author. The questions addressed to the respondents concerned the frequency of shopping, the amount of purchased goods in various assortment groups (indicated in the questionnaire by the author) and the level of expenditure on consumer goods and services in two perspectives: before the pandemic and after the outbreak of the disease in Poland. At the time of an atypical situation, and undoubtedly such is a pandemic, in the context of research on consumer behaviour, it seemed important to complete the answers to the questions about the place of shopping, possible change of the place of shopping and indicating factors influencing it. The survey was conducted using the computer-assisted web interviewing (CAWI) method, with the help of which answers were obtained (146 respondents) to the questions formulated in the questionnaire, conducted in the period from 4 April 2020 to 11 April 2020. The sampling was quota based on age, gender and education. In the own research, the

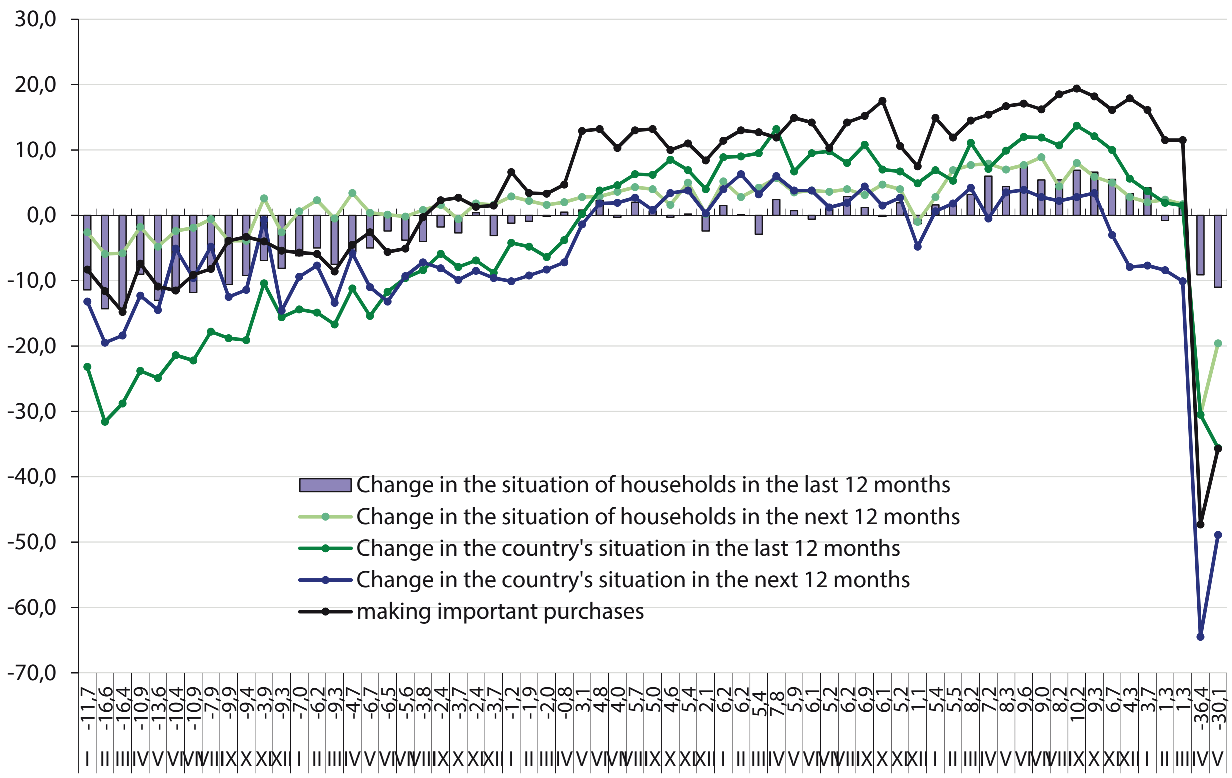


Fig. 3. *Consumer confidence index (CCI) and its components by month between 2017 and 2020 (source: https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/koniunktura/koniunktura/koniunktura-konsumencka-maj-2020-roku,1,87.html (Date of access: 05.06.2020))*

questions were scaled on the Likert scale, meaning that the respondents chose one of the ordered categories. Then the responses were subjected to principal component analysis in order to reduce the variables without losing the information load. Another method used for the analysis was the confirmatory method. The calculations were made using IBM Statistics and AMOS programming. In addition, this paper presents the results of a secondary research carried out by the Central Statistical Office in the period 4 May 2020 to 13 May 2020, using the telephone interview method in a group of 1,376 respondents.

Results & Discussion

The epidemic has had an impact on household behaviour. The conditions of household living also changed. The concept of economic condition contains information related to the material and intangible quality of life of households. The Central Statistical Office provides detailed data on the quality of life in a very broad sense, taking into account the economic situation of consumers (households' subjective assessments of their current and future financial situation) (Fig. 3).

Research on the material and non-material quality of household living is carried out within various scopes and aspects. The following thematic areas are distinguished: material living conditions, health, education, economic activity and economic security. As for the epidemic situation, important information is provided by the data presented in Figure 3. It is notable that there has been a significant drop in respondents' assessments of the change in the financial situation during the next 12 months and the possibility of making purchases at the moment. Assessments of the current domestic economic situation and the households' current financial situation have deteriorated (declined by 5.1 p.p. and 1.9 p.p., respectively)[1]. According to the Central Statistical Office's Household Condition Survey[2], many respondents were afraid of losing their jobs due to the epidemic — 33.1 % in April and 36.1 % in the survey repeated a month later (Table 1).

A large group of respondents saw the epidemic situation as a threat to the economy. As many as 99 % respondents answered the question: What, in your opinion, is the threat posed by the epidemic situation (COVID-19) to the Polish economy? by indicating a major or moderate threat. These assessments improved slightly in May and were 78.2 % (major threat) and 19 % (moderate threat). Respondents participating in the survey conducted by the Central Statistical Office (GUS)

[1] Retrieved from: https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/koniunktura/koniunktura/koniunktura-konsumencka-maj-2020-roku,1,87.html, (Date of access: 05.06.2020).

[2] in connection with the epidemic situation (COVID-19 threat)

Table 1

Respondents' assessment of the impact of the epidemic on their lives and financial situation

ITEM		April	May
To what extent were your responses affected by the current epidemic situation (COVID-19)?	considerable	58.1	46
	moderate	37.3	47
	none	4.6	7
Are you afraid of losing your job or of a decline in your business activities in connection with the epidemic situation (COVID-19)?	yes, very	11.1	5.7
	possibly	16.9	14.2
	rather not	16.3	21.9
	no	11.6	15
	don't know	2.4	1.6
	not applicable (unemployed)	41.7	41.7
What, in your opinion, is the threat posed by the epidemic situation (COVID-19) to the Polish economy?	major threat	88	78.2
	moderate threat	11	19
	small threat	0.9	2.4
	no threat	0.1	0.4
What, in your opinion, is the threat posed by the epidemic situation (COVID-19) to your personal financial situation?	major threat	44.4	29.3
	moderate threat	36.5	42.6
	small threat	14.6	19.8
	no threat	4.5	8.3
What, in your opinion, is the threat posed by the epidemic situation (COVID-19) to everyday life in your local community?	major threat	49.5	29.1
	moderate threat	43.1	51
	small threat	7.3	17.9
	no threat	0.1	2

Source: https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ceny-handel/handel/dynamika-sprzedazy-detalicznej-w-kwietniu-2020-roku,14,64.html (Date of access: 05.06.2020).

also expressed concerns about the deterioration of their own household's financial situation. In April and May, the indications were 80.9 % and 71.9 % for responses "major threat" and "moderate threat", respectively. It is noteworthy that the change (improvement) is very small — 15.1 percentage points. For 29.3 % of the respondents, the current epidemic posed a major threat to their personal financial situation. Moderate threat was felt by 42.6 % of those answering questions about the consumer's financial situation. A small threat was indicated by 19.8 %, while 8.3 % of the respondents felt no threat.[1]

Responses to the question about the impact of the current epidemic situation on the daily life of the local community are also noteworthy. In April, 49.5 % of the respondents indicated a major threat, with the percentage lower by nearly 20 pp a month later. The respondents' answers could have been influenced by their adaptation to the situation, government actions (e.g. various types of subsidies and relief), as well as by what is closest to health security — a high level of health care resource availability.

[1] https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/koniunktura/koniunktura/koniunktura-konsumencka-maj-2020-roku,1,87.html (Date of access: 05.06.2020).

A significant drop in retail sales of goods (in fixed prices) was undoubtedly caused by the activity of decision-makers resulting in reduced activity or the total closure of shops, shopping malls and service outlets, except for grocery shops and drugstores. The retail sales were also influenced by decisions to close the borders and to introduce obligatory quarantine for travellers. The changes introduced due to the emergence of the epidemic threat changed the level of online shopping (Table 2).

The data presented in Table 2 show an almost twofold month-on-month increase in the purchase of food and pharmaceuticals and textiles. No such large changes were observed in the remaining product groups.

The starting point for analysing data concerning the identification of factors that determine specific respondents' behaviours was a principal component analysis. Essentially, this analysis aims to identify a new uncorrelated set of variables. The aim of the principal component analysis is to present multiple observable variables as a linear compilation of input variables as one unobservable variable. Pearson (1901) was the forerunner of the principal component method. Another important person dealing with this issue was Hotelling (1933), who applied this method to

Table 2

Share of online sales in groups of retail sales

Specification	Share of online sales in groups of retail sales (in %)			
	I 2020	II 2020	III 2020	IV 2020
TOTAL	5.6	5.6	8.1	11.9
Motor vehicles, motorcycles, spare parts	0.8	0.8	1.0	1.8
Food, beverages and tobacco products	0.6	0.6	0.8	1.1
Pharmaceuticals, cosmetics, orthopaedic quipment	4.5	4.9	6.8	10.0
Textiles, clothing, footwear	17.1	17.4	35.6	61.3
Furniture, radio, TV and household appliances	9.9	9.6	24.5	28.6
Newspapers, books, other sale in specialised stores	18.7	17.0	26.2	39.9
Others	5.2	5.1	7.4	8.3

Source: https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/koniunktura/koniunktura/koniunktura-konsumencka-maj-2020-roku,1,87.html (Date of access: 05.06.2020).

random variables (Panek, Zwierzchowski, 2013). Thus, apart from factor analysis, the principal component method is one of the exploratory methods focusing on determining the interrelationships in an analysed data set (Frątczak et al., 2009).

A survey of subjective respondents' assessments of the values important to them was analysed. The respondents in the survey conducted in early April 2020 were 85 % women and 15 % men. The largest group was aged 18–25 years (45 %), followed by those aged 40–55 years (35 %). The respondents were also diverse in terms of the place of residence: 25 % lived in rural areas, 20 % lived in a town with a population of less than 10 thousand, 20 % lived in a town with a population of 10 to 50 thousand, 10 % lived in a town with a population of 50 to 150 thousand and 25 % lived in a town with a population of 150 to 300 thousand. The majority of the respondents (55 %) had an income per capita in the household of PLN 2,000–5,000. The education structure of the group was as follows: 55 % had a university degree and 45 % had secondary education.

The respondents participating in the survey considerably reduced the shopping frequency. Only 5 % of them did shopping every day. The largest group (55 %) reduced the frequency of shopping for groceries and personal hygiene products to once or twice a week. At the same time, 70 % of the respondents increased the quantities of the purchased groceries (70 %) and hygienic products (60 %), as well as reduced the quantities of clothes and footwear (indicated by 65 % of the respondents). The respondents taking part in the survey represented households of diverse socio-economic profiles. When asked: What is the decisive factor in choosing the shopping place, they indicated: (1) availability of goods — 55 %, and (2) health security (85 % mentioned it as important, 10 % — as rather important).

The results were analysed to identify the principal components and, later, to construct the model.

According to its theoretical assumptions, the principal component analysis should be applied when the input set is co-linear since it affects the number of components. The higher the co-linearity, the smaller number of components can be obtained. In effect, the application of the principal component analysis should result in a considerable reduction in the number of variables that characterise the respondents' assessments (Olejnik, 2013). The variables are expected to be reduced to two or three components. The correlation matrix adequacy was assessed using the Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) coefficient and the Bartlett sphericity test (Table 3).

The Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) measure compares partial correlations with bivariate correlation coefficients. It lies within the interval from 0 to 1. If the measure is close to 0, further analysis is unjustified because the dimensionality reduction will be small. The KMO for this analysis is 0.456, which — combined with the Bartlett sphericity test result — suggests that further actions will produce a sensible effect.

The Bartlett sphericity test for the nine variables under analysis was 19.138 (approximate $\chi 2$) with 10 degrees of freedom and p = 0.039. Both measures can be used to identify common factors. To decide how many principal components to focus on in further analysis, a scree plot can be used (Fig. 4).

Scree (Fig. 5), i.e. a set of similar eigenvalues positioned on a nearly horizontal line, starts with the third eigenvalue. It means that the first two principal components can be preserved for the analysis. Table 4 shows the common volatility resources, whereas Table 5 shows the total response variance.

Table 3

Kaiser-Meyer-Olkin and Bartlett tests

KMO measure of sample selection adequacy		0.456
Bartlett sphericity test	Approximate chi-square	19.138
	df	10
	Significance	0.039

Source: prepared by the author with SPSS software.

Table 4

Common volatility resources

Specification	Initial	Isolated
Attractive price	1.000	.450
Suitable offer	1.000	.844
Available purchase place	1.000	.787
Service quality	1.000	.487
The health safety of my family while shopping	1.000	.800

Source: prepared by the author with SPSS software.

Data presented in Table 5 show that the first two components contribute significant information. Table 6 lists significant factorial loads, which comprise a given factor. It was assumed arbitrarily that the factor components are those variables which, when rounded, have absolute values of 0.5 or higher. Ultimately, consistent groups of components were obtained, which created two principal (synthetic) types of factors (Table 6).

The first synthetic type of factors that the respondents indicated as important in their lives was described by the following: suitable offer, service quality and attractive price. For further analysis, this component is referred to as the COMMERCIAL OFFER. The second group of variables, i.e. the health safety of a family while shopping and available purchase place, happy life, is termed as PROTECTION.

Further analysis was conducted by one of the methods in the group of Structural Equation Models (SEM) — Confirmatory Factor Analysis (CFA). The aim was to test the model of respondents' subjective assessments regarding the values they considered as important. The following assumptions were adopted:

— correlations between assessments are possible;

— the principal components obtained in the exploratory analysis are hidden variables in the confirmatory analysis;

— a model was developed for each component according to defined constructs specified in the exploratory factorial analysis;

— the model does not constitute a unique problem solution and its different construction is acceptable;

— the model parameters were estimated by the maximum likelihood method (Olejnik, 2013; Górniak, Wachnicki, 2000; Pleśniak, 2009; Brown, 2015).

The pathway diagram of confirmatory analysis shows the standardised values of regression coefficients (above the direction arrows). An assessment of the model quality shows that it meets the acceptability criteria (Wiktorowicz, 2016; Górniak and Wachnicki, 2000). The Hoelter value shows

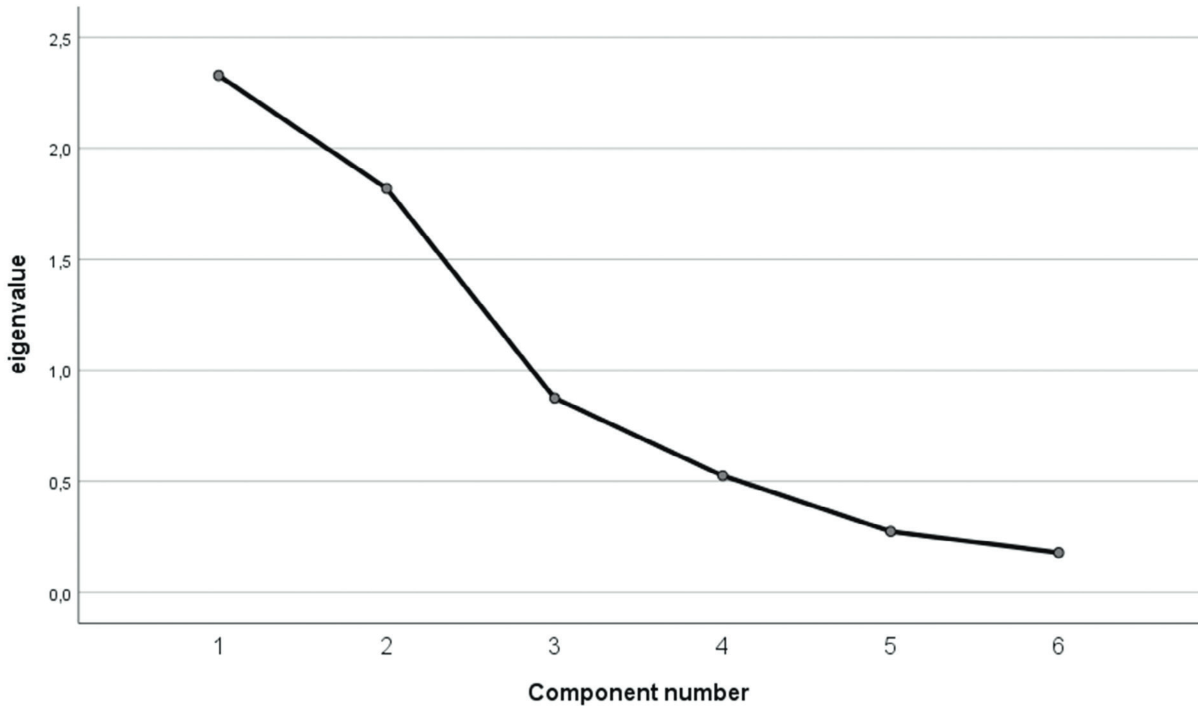


Fig. 4. *Scree plot (source: prepared by the author with SPSS software)*

Table 5

Method for isolation of factors — principal components

Component	Initial eigenvalues			Load square sums following isolation		
	Total	% of variance	% accumulated	Total	% of variance	% accumulated
1	1.797	35.935	35.935	1.797	35.935	35.935
2	1.571	31.412	67.347	1.571	31.412	67.347
3	.936	18.729	86.075			
4	.399	7.970	94.046			
5	.298	5.954	100.000			

Source: prepared by the author with SPSS software.

Table 6

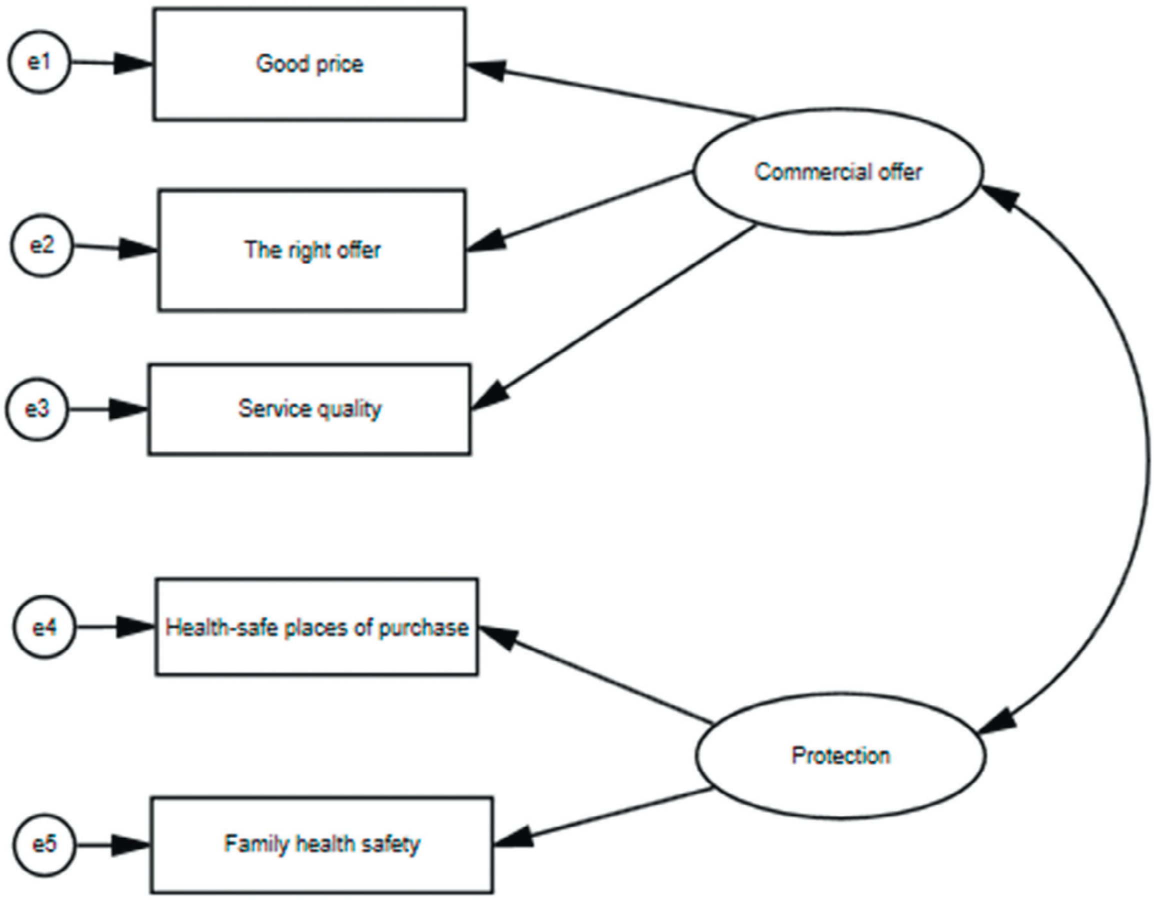
Matrix of rotated components

Specification	Component	
	1	2
Suitable offer	.906	.155
Service quality	.683	–.143
Attractive price	.669	.047
The health safety of my family while shopping	–.044	.893
Available purchase place	.071	.884

Method for isolation of factors — principal components. Rotation method — Varimax with Kaiser normalisation. Source: prepared by the author with SPSS software.

that the sample size taken for the model construction is sufficient. The CMIN/DF value of 0.083 (chi-square by degrees of freedom) lies within the acceptance range up to 5. It is noteworthy that the CMIN/DF result is advantageous with respect to the model applicability. An analysis of the other measures of the confirmative model fitting shows that they meet the statistical standards and the model can be accepted.

Table 7 shows the correlation matrix for the respondents' answer to the question: What is the principal factor that you take into consideration when doing major shopping during the COVID-19 pandemic?



CMIN/DF = 0.083; RMSEA = 0.989; AIC=32.332; ECVI=1.702; RFI = 0.962; NFI = 0.985; FMIN=0.017; Hoelter for 0.05 = 543

Fig. 5. *Dependence structure in the CFA model for assessment of value during shopping (standardised coefficients) (source: prepared by the author with the IBM SPSS Statistics AMOS package)*

Table 7

What is the principal factor that you take into consideration when doing major shopping during the COVID-19 pandemic?-correlation matrix

specification	I stock up on goods because I am resourceful	I stock up on goods because it gives me a sense of security	I stock up on goods because I fear supply shortages	I stock up on goods because I fear price increases	I like to have goods in stock for a rainy day
I stock up on goods because I am resourceful	1.000	–.245	.509	–.167	.145
I stock up on goods because it gives me a sense of security	–.245	1.000	.206	.681	–.023
I stock up on goods because I fear supply shortages	.509	.206	1.000	–.055	.286
I stock up on goods because I fear price increases	–.167	.681	–.055	1.000	–.055
I like to have goods in stock for a rainy day	.145	–.023	.286	–.055	1.000

Source: prepared by the author with the IBM SPSS Statistics package.

Table 8

Kaiser-Mayer-Olkin and Bartlett tests

KMO measure of sample selection adequacy		,382
Bartlett sphericity test	Approximate chi-square	22,651
	df	10
	Significance	,012

Source: prepared by the author with the IBM SPSS Statistics package.

The KMO and Bartlett tests were further conducted (Table 8) and the common volatility resources were determined (Table 9).

The value of the Kaiser-Meyer-Olkin of 0.382 shows that further analysis is reasonable. The Bartlett sphericity test (approximate $\chi 2$) with 10 degrees of freedom and the significance level of 0.012 can be regarded as sufficient for the factor determination. Therefore, the principal component method was applied to isolate two factors (Table 10 and Figure 6).

The scree (i. e. a set of eigenvalues) starts with the third value, which means that the two principal components can be preserved. These components explain 70 % of the issue under analysis (first component: 35.054 % of variance, second component: 33.162 % of variance).

Further, Tables 11 and 12 show the component matrix for answers to the question: What is the principal factor that you take into consideration when doing major shopping during the COVID-19 pandemic? and the rotated component matrix.

The factorial loads for the first component, referred to in this analysis as SAFEGUARD, shown in Table 12, exceed 0.887, whereas for the second component they lay within the interval of 0.554 to 0.876. The second component is termed FORETHOUGHT (Fig. 7).

The structural model of CFA had the following values: CMIN/DF = 1.256; RMSEA = 0.116; AIC = 27.026; ECVI = 1.422; RFI = 0.518; NFI = 0.807; FMIN=0.265; Hoelter for 0.05 = 36. All the results are acceptable for the model structure and they lie within the acceptance range in terms of the model applicability. The model shown in Fig. 7 for the answers to the question: What is the principal factor that you take into consideration when doing major shopping during the COVID-19 pandemic? can be accepted as it meets the methodological conditions. Incidentally, these models should not be treated as the only solution.

Table 9

Common volatility resources for: What is the principal factor that you take into consideration when doing major shopping during the COVID-19 pandemic?

Specification	Initial	Isolated
I stock up on goods because I am resourceful	1.000	.649
I stock up on goods because it gives me a sense of security	1.000	.879
I stock up on goods because I fear supply shortages	1.000	.789
I stock up on goods because I fear price increases	1.000	.788
I like to have goods in stock for a rainy day	1.000	.307

Method for isolation of factors — Principal components
Source: prepared by the author with the IBM SPSS Statistics package.

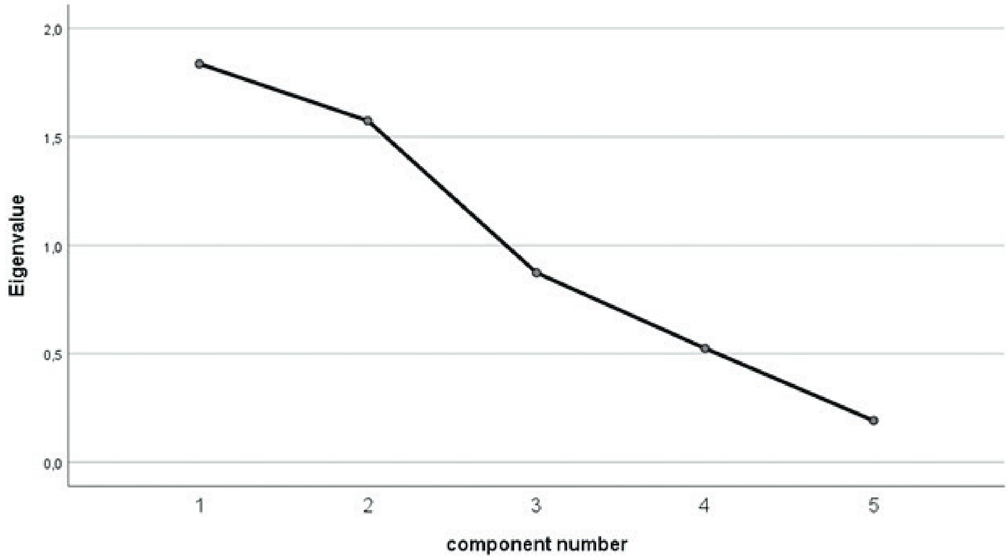


Fig. 6. *Scree plot for: What is the principal factor that you take into consideration when doing major shopping during the COVID-19 pandemic? (source: prepared by the author with SPSS software)*

Table 10

Method for isolation of factors — principal components

Total response variable									
Component	Initial eigenvalues			Load square sums following isolation			Load square sums following rotation		
	Total	% of variance	% accumulated	Total	% of variance	% accumulated	Total	% of variance	% accumulated
1	1.83	36.73	36.73	1.83	36.73	36.73	1.75	35.05	35.05
2	1.57	31.48	68.21	1.57	31.48	68.21	1.65	33.16	68.21
3	.873	17.464	85.680						
4	.525	10.494	96.174						
5	.191	3.826	100.000						

Method for isolation of factors — Principal components
Source: prepared by the author with SPSS software.

Table 11

Component matrix for: What is the principal factor that you take into consideration when doing major shopping during the COVID-19 pandemic?

Specification	Component	
	1	2
I stock up on goods because I fear price increases	.783	.418
I stock up on goods because it gives me a sense of security	.746	.568
I stock up on goods because I am resourceful	–.656	.468
I stock up on goods because I fear supply shortages	–.373	.806
I like to have goods in stock for a rainy day	–.313	.457

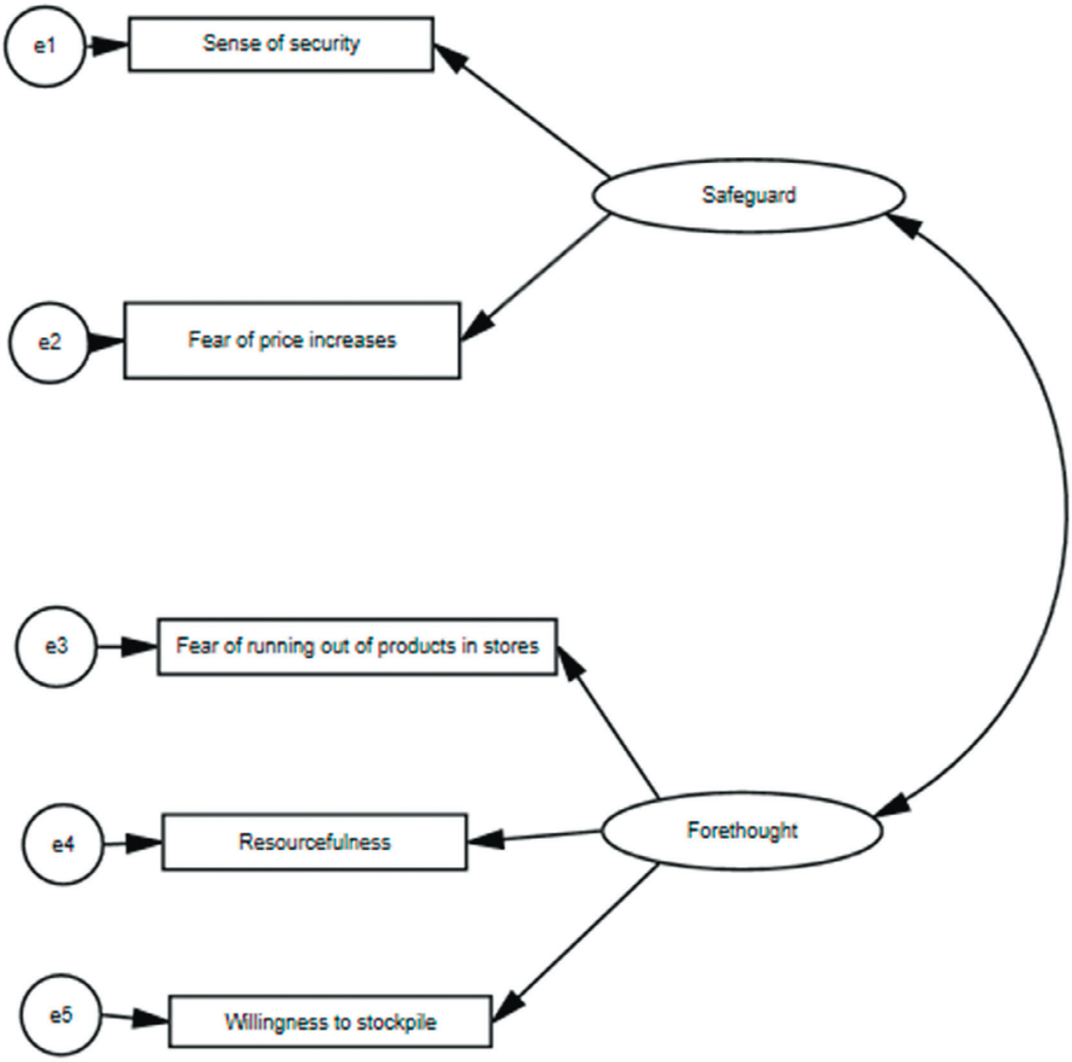
Method for isolation of factors — principal components. a. 2 — number of isolated components.
Source: prepared by the author with SPSS software.

Table 12

Matrix of rotated components for: What is the principal factor that you take into consideration when doing major shopping during the COVID-19 pandemic?

Specification	Component	
	1	2
I stock up on goods because it gives me a sense of security	.936	
I stock up on goods because I fear price increases	.882	
I stock up on goods because I fear supply shortages		.876
I stock up on goods because I am resourceful		.756
I like to have goods in stock for a rainy day		.554

Method for isolation of factors — principal components. Rotation method — Varimax with Kaiser normalisation.
a. Rotation is convergent after 3 iterations/
Source: prepared by the author with SPSS software.



CMIN/DF = 1.256; RMSEA = 0.116; AIC=27.026; ECVI=1.422; RFI = 0.518; NFI = 0.807; FMIN=0.265; Hoelter for 0.05 = 36

Fig. 7. *The CFA model relationship structure for the answers to the question: What is the principal factor that you take into consideration when doing major shopping during the COVID-19 pandemic? (standardised coefficients) (source: prepared by the author with the IBM SPSS Statistics AMOS package)*

Conclusions

In conclusion, it can be claimed that the world is facing a great economic challenge because of the pandemic. Each crisis situation is a multidimensional and multifaceted phenomenon, affecting economic stability and social life to a varying degree, and even more so, a pandemic which, like no previous crisis, has affected all continents. Based on the conducted analysis, the effect of which was the proposed models (Fig. 6, 7), it is possible to present possible potential directions for the application of empirical relationships of individual consumer traits, and their subjective assessments and variables describing changes in household behaviours in atypical situations. First, analyses can be proposed on selected consumer segments, taking into account, for example, biological type or a specific professional group. The main issue would be the ability to identify individual segments. The research would then target specific groups. A second potential area could be research focusing on different dimensions of functioning, for instance, on specific dimensions of behaviours. This paper presents the results of the survey that focused on changes in the purchasing habits of households participating in the CAWI survey. Respondents provided answers when a small, as it turned out in retrospect, number of cases occurred in Poland.

Consumer purchase behaviour (perceived as a set of decision-making processes) will certainly affect the outcome of the pandemic. A number of consumers will have to reduce their expenses during the next wave of the pandemic, but the scale of the reduction will vary depending on the households' financial condition.

The following factors were emphasised in the models: security, prudence and the will to protect oneself in case of future shortages. Therefore, the assumptions were corroborated, according to which in a time of crisis and uncertainty (a pandemic is such a time), psychological factors and assumptions of behavioural theories gain prominence. These determinants have confirmed that consumers care about their health and health safety when shopping.

One can expect that when the social distancing restrictions are lifted, many households will continue to do their shopping online, many companies will find a way to reduce costs and will switch to "working from home" mode, etc. Therefore, it may be the case that when the pandemic subsides, these new shopping forms and habits will remain and households will see them as convenient and safe.

References

Andersen, A. L., Hansen, E. T., Johannesen, N. & Sheridan, A. (2020). *Pandemic, shutdown and consumer spending: Lessons from Scandinavian policy responses to COVID-19.* Papers 2005.04630, 34.

Ang, S. (2001), Personality influences on consumption: insight from the Asian economic crisis. *Journal of International Consumer Marketing, 13(1),* 5–21.

Antonides, G. & van Raaij, W. F. (1998). *Consumer behaviour: A European perspective.* John Wiley.

Antonides, G. & van Raaij, W. V. (2003). *Zachowanie konsumenta Podrecznik akademicki [Consumer behavior].* Polish Scientific Publishers PWN, 605. (In Polish)

Baldwin, R. & Mauro, B. W. D. (2020). *Economics in the Time of COVID-19.* CEPR Press, 111.

Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research.* Guilford Press, 462.

Chronopoulos, D. K., Lukas, M. & Wilson, J. O. (2020). *Consumer Spending Responses to the COVID-19 Pandemic: An Assessment of Great Britain.* Available at SSRN 3586723.

Coibion, O., Gorodnichenko, Y. & Weber, M. (2020). *The cost of the covid-19 crisis: Lockdowns, macroeconomic expectations, and consumer spending* (No. w27141). National Bureau of Economic Research. Retrieved from: https://www.nber.org/papers/w27141.

Duquenne, M. N. & Vlontzos, G. (2014). The impact of the Greek crisis on the consumers' behaviour: some initial evidences? *British Food Journal, 16(6),* 890–903.

Engel, B., Blackwell, R. D. & Miniard, P. W. (2001). *Consumer Behavior (9 ed.).* New York: Harcourt College Publishers.

Fabiunke, H., Fischer, H., Jäger, J. & Köppert, W. (1976). *Badania ankietowe popytu konsumpcyjnego [Consumer demand survey research].* PWE, Warszawa, 32. (In Polish)

Falkowski, A. & Tyszka, T. (2009). *Psychologia zachowań konsumenckich [Psychology of Consumer Behavior].* Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, 293. (In Polish)

Frątczak, E., Gołata, E., Klimanet, T., Ptak-Chmielewska, A. & Pęczkowski, M. (2009). *Wielowymiarowa analiza statystyczna. Teoria–przykłady zastosowań z systemem SAS [Multivariate statistical analysis theory — applications with SAS].* Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa, 120–122. (In Polish)

Górniak, J. & Wachnicki, J. (2000). *SPSS PL for Windows. Pierwsze kroki w analizie danych [SPSS PL for Windows. First steps in data analysis].* SPSS Polska, Kraków, 192. (In Polish)

Grzywińska-Rąpca, M. (2018). Diversification of the economic potential of households in provinces of Poland. *Acta Scientiarum Polonorum. Oeconomia, 17(3),* 33–41. DOI: 10.22630/ASPE.2018.17.3.352018,

Grzywińska-Rąpca, M. (2019). Regional differentiation of households in the context of a subjective assessment of the level of income. *Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy [Social inequalities and economic growth], 60(4),* 227–241. DOI: 10.15584/nsawg.2019.4.15

Hansen, F. (1976). Psychological theories of consumer choice. *Journal of Consumer Research, 3(3),* 117–142.

Kahneman, D. & Tversky, A. (1979). On the interpretation of intuitive probability: A reply to Jonathan Cohen. *Cognition, 7(4),* 409–411.

Kieżel, E. (Ed.). (2004). *Racjonalność konsumpcji i zachowań konsumentów: praca zbiorowa [The rationality of consumption and consumer behaviours].* Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 228. (In Polish)

Ölander, F. & Thøgersen, J. (1995). Understanding of consumer behaviour as a prerequisite for environmental protection. *Journal of consumer policy, 18(4),* 345–385.

Olejnik, I. (2013). Attitudes towards saving for retirement in the context of the life cycle. *Handel Wewnętrzny [Internal Trade],* 205–213.

Pandelica, A. & Pandelica, I. (2009), Consumers' reaction and organizational response in crisis context. *Annals of Faculty of Economics, 4(1),* 779–782.

Pandelica, A. & Pandelica, I. (2011). The change of consumers behavior in crisis conditions: A psychological approach to the empirical evidence from Romania. *African Journal of Business Management, 5(28),* 11399–11412.

Panek, T. & Zwierzchowski, J. K. (2013). *Statystyczne metody wielowymiarowej analizy porównawczej: teoria i zastosowania [Statistical methods of multivariate comparative analysis. Theory and applications].* Oficyna Wydawnicza, Szkoła Główna Handlowa, 409. (In Polish)

Pleśniak, A. (2009). Estimation method choice in the factor scale creation. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician, 11,* 1–17. (In Polish)

Pohorille, M. (1985). *Potrzeby, podział, konsumpcja [Needs, Distribution, Consumption].* Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, 144. (In Polish)

Rudnicki, L. (2012). *Zachowania konsumentów na rynku [Consumer behaviour in the market].* Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 188. (In Polish)

Schiffman, L. G., Kanuk, L. L. & Hansen, H. (2012). *Consumer behaviour.* Trans-Atlantic Publications, Inc., 460.

Sheth, J. (2020). Impact of Covid-19 on Consumer Behavior: Will the Old Habits Return or Die? *Journal of Business Research, 117,* 280–283.

Simon, H. A. (1997). *Models of bounded rationality, Empirically grounded economic reason* (Vol. 3). MIT press, 191.

Smyczek, S. & Matysiewicz, J. (2015). Consumers' financial literacy as tool for preventing future economic crisis. *Review of Business, 36(1),* 19.

Smyczek, S. (2010). Models of market consumer behavior. In: *E. Kieĝel (Ed.), Konsument i jego zachowania na rynku europejskim [The consumer and his behavior on the European market].* PWN, Warszawa. (In Polish)

Sowa, I. (2011). Consumers' behavioral strategies in crisis on the example of some selected markets. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Usług (Marketing przyszłości: trendy, strategie, instrumenty: przedsiębiorstwo i konsument w ewoluującym otoczeniu) [Economic Problems of Services], 73,* 183–196. (In Polish)

Stanciu, S., Radu, R. I., Sapira, V., Bratoveanu, B. D. & Florea, A. M. (2020). Consumer Behavior in Crisis Situations. Research on the Effects of COVID-19 in Romania. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Fascicle: I, Economics Applied Informatics, 26(1),* 5–13. DOI: https://doi.org/10.35219/eai1584040975.

Stoklasa, M., Starzyczna, H. & Sykorova, P. (2014). Behavior of Czech Consumers during Crisis. *International Journal of Social, Human Science and Engineering, 8(3),* 134–137.

Światowy, G. (2006). *Zachowania konsumentów: determinanty oraz metody poznania i kształtowania [Consumer behavior: determinants and methods of knowing and shaping].* Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 212. (In Polish)

Szczepański, J. (1981). *Konsumpcja a rozwój człowieka: wstęp do antropologicznej teorii konsumpcji [Consumption and human development. Introduction to the anthropological theory of consumption].* Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, 318–319. (In Polish)

Tao, W. (2018). How consumers' pre-crisis associations and attitude certainty impact their responses to different crises. *Communication Research, 45(6),* 815–839.

Urbonavičius, S. & Pikturnienė, I. (2010). Consumers in the face of economic crisis: evidence from two generations in Lithuania. *Ekonomika ir vadyba [Economics and management], 15,* 827–834.

van Raaij, W. F. (2016). Confidence and Trust. In: *Understanding Consumer Financial Behavior* (pp. 159–171). Palgrave Macmillan, New York.

Welsch, H. (2007). Macroeconomics and life satisfaction: Revisiting the "Misery Index". *Journal of Applied economics, 10(2),* 237–251.

Wiktorowicz, J. (2016). Exploratory factor analysis in the measurement of the competencies of older people. *Ekonometria, 54,* 48–60.

Zalega, T. (2007). *Konsumpcja-podstawy teoretyczne [Consumption — theoretical basis].* Wydawnictwo Naukowe Wydział Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego, 114–115.

Zalega, T. (2012). *Konsumpcja: determinanty, teorie, modele [Consumption. Determinants. Theories. Models].* Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 296. (In Polish)

Zurawicki, L. & Braidot, N. (2005). Consumers during crisis: responses from the middle class in Argentina. *Journal of Business Research, 58(8),* 1100–1109.

About the author

Malgorzata Grzywińska-Rąpca — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Institute of Economics and Finance, Department of Market and Consumption, Faculty of Economic Sciences, University of Warmia and Mazury in Olsztyn; https://orcid.org/0000-0003-2088-2795 (1/329A, pl. Cieszyński, Olsztyn, 10-720, Poland; e-mail: malgo@uwm.edu.pl).

Информация об авторе

Гживиньска-Ромпца Малгожата — доктор экономических наук, профессор, Институт экономики и финансов, кафедра рынка и потребления, факультет экономических наук, Варминьско-Мазурский университет; https://orcid.org/0000-0003-2088-2795 (Польша, 10-720, г. Ольштын, пл. Цешиньского, 1/329A; e-mail: malgo@uwm.edu.pl).

Дата поступления рукописи: 12.08.2020.
Прошла рецензирование: 10.11.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 12 Aug 2020.
Reviewed: 10 Nov 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАТЬЯ
https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-22
УДК 339.13.017

Л. Н. Ясницкий [а], В. Л. Ясницкий [б], А. О. Алексеев [в]
[а] НИУ «Высшая школа экономики» в Перми; Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Российская Федерация
[б, в] Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Российская Федерация
[а] https://orcid.org/0000-0002-8212-3826, e-mail: yasn@psu.ru
[б] https://orcid.org/0000-0002-8881-533X
[в] https://orcid.org/0000-0001-5033-6694

Моделирование рынков жилой недвижимости крупнейших городов России[1]

Существующие математические модели массовой оценки и прогнозирования рыночной стоимости жилых объектов обладают рядом недостатков: разработанные для какого-либо одного региона модели не годятся для других регионов. Все они быстро устаревают и требуют постоянной актуализации, поскольку не учитывают постоянно меняющуюся экономическую обстановку. Они не пригодны для оптимизации строительного бизнеса. Целью исследования является создание системы оценки недвижимости городов России, применимой к любым ее регионам, причем независимо от постоянно меняющейся экономической ситуации. Эта цель была достигнута благодаря тому, что в качестве входных параметров нейронной сети помимо строительно-эксплуатационных факторов были учтены географические параметры, фактор времени, а также ряд параметров, характеризующих экономическую ситуацию в конкретных регионах, в России и в мире. Статистические данные о рынках недвижимости РФ, необходимые для обучения нейронной сети, были собраны за длительный период с 2006 г. по 2020 г., что обусловило ее динамические свойства. В качестве примера применения системы были проведены виртуальные компьютерные эксперименты, которые, например, показали, что в Москве самую высокую удельную стоимость квадратного метра имеют однокомнатные квартиры минимальных размеров — 16 м^2. Максимальная стоимость двухкомнатных квартир достигается при их площади 90 м^2, трехкомнатных — 100 м^2, четырехкомнатных — 110 м^2, пятикомнатных — 120 м^2. Для условий Екатеринбурга среди двухкомнатных квартир наибольшую стоимость квадратного метра имеют квартиры общей площадью 30 м^2, трехкомнатных — 110 м^2, четырехкомнатных — 130 м^2, пятикомнатных — 150 м^2. Таким образом, система может быть использована для оптимизации строительного бизнеса. Она может быть полезна государственным структурам, занимающимся вопросами управления рынком городской недвижимости, вопросами имущественного налогообложения, вопросами повышения эффективности жилищного рынка.

Ключевые слова: массовая оценка, рыночная стоимость, рынок недвижимости, жилая недвижимость, налогообложение, прогнозирование, строительный бизнес, нейронная сеть, сценарное прогнозирование, ценовые зоны

Благодарность

Исследования и публикация статьи финансировались Российским фондом фундаментальных исследований: Грант № 19-010-00307 «Разработка интеллектуальной самоадаптируемой системы массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости регионов РФ».

Авторы выражают глубокую признательность авторитетным специалистам в области оценки имущества: Геннадию Моисеевичу試рнику, Сергею Геннадьевичу Стернику и Евгению Иосифовичу Нейману за полезные консультации и поддержку.

Авторы благодарны Илье Наилевичу Нуруллину за разработку удобного пользовательского интерфейса.

Для цитирования: Ясницкий Л. Н., Ясницкий В. Л., Алексеев А. О. Моделирование рынков жилой недвижимости крупнейших городов России // Экономика региона. 2022. Т. 18, вып. 2. С. 609-622. https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-2-22.

RESEARCH ARTICLE

Leonid N. Yasnitsky [a], *Vitaliy L. Yasnitsky* [b], *Aleksandr O. Alekseev* [c]
[a] National Research University "Higher School of Economics" in Perm, Perm, Russian Federation
[a] Perm State University, Perm, Russian Federation
[b, c] Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation
[a] https://orcid.org/0000-0002-8212-3826, e-mail: yasn@psu.ru
[b] https://orcid.org/0000-0002-8881-533X
[c] https://orcid.org/0000-0001-5033-6694

Simulation of Residential Real Estate Markets in the Largest Russian Cities

The existing mass appraisal models and mathematical tools for predicting the market value of residential property have a number of disadvantages, as they are developed for individual regions. Without considering the constantly changing economic environment, these models quickly become outdated and require constant updating. Thus, they are not suitable for construction business optimisation. The study aims to create a universally applicable real estate appraisal system for Russian cities, regardless of the constantly changing economic situation. This goal was achieved through the creation of a neural network, whose input parameters include construction and operational data, geographical factors, time effect, as well as a number of indicators characterising the economic situation in specific regions, Russia and the world. In order to examine the dynamics of real estate markets in the Russian Federation, statistical data for neural network training were collected over a long period from 2006 to 2020. Virtual computer experiments were performed for testing the developed system. They showed that minimum size one-room apartments of 16 square meters have the highest unit cost per square meter in Moscow. Two-room apartments with an area of 90 square meters have the maximum price, as well as 100 sq. m. three-room, 110 sq. m. four-room and 120 sq. m. five-room apartments. In Ekaterinburg, two-room apartments with a total area of 30 square meters have the highest cost per square meter; the same applies for 110 sq. m. three-room, 130 sq. m. four-room and 150 sq. m. five-room apartment. Thus, the proposed system can be used to optimise the construction business. It can be also be useful for government institutions concerned with urban real estate market management, property taxation, and housing market improvement.

Keywords: mass appraisal, market value, real estate market, residential property, taxation, forecasting, construction business, neural network, scenario forecasting, price zones

Acknowledgments

The article has been prepared with the support of the Russian Foundation for Basic Research, the grant No. 19-010-00307 "Development of intellectual self-adaptive system of mass valuation and scenario forecasting of the market value of residential real estate in the regions of the Russian Federation".

The authors express their deep gratitude to the authoritative experts in the field of property valuation: Gennady Moiseevich Sternik, Sergey Gennadievich Sternik and Evgeny Iosifovich Neiman for their support and useful advice.

The authors are grateful to Ilya Nailevich Nurullin for developing a convenient user interface.

For citation: Yasnitsky, L. N., Yasnitsky, V. L. & Alekseev, A. O. (2022). Simulation of Residential Real Estate Markets in the Largest Russian Cities. Ekonomika regiona [Economy of regions], 18(2), 609-622, https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2022-1-22.

Введение

Результаты разработки математических моделей рынков недвижимости отражены в исследованиях многих зарубежных и отечественных ученых. Актуальность данных исследований обусловлена использованием систем поддержки принятия решений в задачах администрирования имущественного налогообложения (Davis, 2012; Manganelli, 2014; Oshodi, 2019), планирования территориальных преобразований (Manganelli, 2014), планирования строительства жилых объектов (Ćetković, 2018), что необходимо для инвесторов, финансовых институтов, покупателей, так как информация о рыночной стоимости городской недвижимости является аналитической поддержкой для принятия решений (Oshodi, 2019) и обеспечивает смягчение последствий отрицательных рыночных явлений.

До 1990 г. для оценки объектов недвижимости применялись пять основных методов: сравнительный метод (*comparation method*), затратный метод (*costmethod*), остаточный метод (*development method*), доходный метод (*accounts method*) и метод капитализации (*capitalization / incomemethod*) (Xiao, 2017).

Начиная с 1990-х гг. и по настоящее время наблюдается повышенный интерес к применению методов искусственного интеллекта. Наряду с искусственными нейронными сетями обсуждаются возможности применения методов нечеткой логики. Однако последние пока не нашли широкого распространения. В качестве причин некоторые авторы (Родина, 2009; Дьяков, 2016) отмечают субъективизм нечетких логических моделей, являющийся следствием неопределенности выбора функций принадлежности и формирования правил нечеткого выбора. Поэтому там, где это возможно, рекомендуется пользоваться методами, основанными на количественных статистических данных, которые объективны по своей природе. И действительно, в литературе имеются примеры (Malaman, 2017), где на конкретных примерах показано, что в городских условиях, когда объекты недвижимости могут быть охарактеризованы четкими количественными параметрами, модели, полученные путем применения математического аппарата нечеткой логии, имеют более высокую погрешность, чем обычные регрессионные модели.

Есть мнение (Renigier-Biłozor, 2019), что метод нечеткой логики имеет смысл применять для оценки недвижимости в условиях сельской местности, для которой обычно не имеется достаточного количества количественных статистических данных. Для оценки же городской недвижимости в настоящее время наиболее широкое распространение получили искусственные нейронные сети.

Первой работой на эту тему, по-видимому, можно назвать статью (Borst, 1991), опубликованную в 1991 г. R.A. Borst рассматривал нейронную сеть как черный ящик, на вход которого подавал строительно-эксплуатационные параметры объектов недвижимости (площадь, тип дома, этаж и т. д.), а на выходе получал рыночную стоимость объектов. Обучение нейронной сети на статистической информации сделок продажи недвижимости на данных Нью-Йорка показало, что модель способна прогнозировать цену объектов недвижимости с точностью до 90 %.

В 1991 году D.P. Tay и D.K. Ho в статье (Tay, Ho, 1992) опубликовали результаты применения аналогичного подхода для оценки недвижимости Тайваня, а A. Evans в (Evans, 1991) — Великобритании.

В 1992 г. A.Q. Do и G. Grudnitski (Do, Grudnitski, 1992) применили нейронную сеть для оценки недвижимости Сан-Диего (США).

Начиная с 1992 г. и по настоящее время в зарубежной литературе появляется множество публикаций (Borst,1995; Guan, 2008; Manganelli, 2014; Abidoye, 2017; Oshodi, 2019; Бочко, 2020), посвященных применению нейронных сетей для оценки стоимости жилых объектов. Во многих работах отмечаются преимущества использования математического аппарата нейронных сетей по сравнению регрессионным анализом и другими методами оценки недвижимости. В обзорной работе (Abidoye, 2017), опубликованной в 2017 г., дан анализ 80 публикаций, посвященных применению нейронных сетей для оценки недвижимости. В качестве входных параметров нейросетевых моделей исследователями были использованы строительно-эксплуатационные параметры с небольшими модификациями. Причем каждая из нейронных сетей обучалась на данных только одного какого-либо региона. Вопросами применения метода нейросетевого моделирования для выявления и исследования закономерностей региональных рынков недвижимости, тем более, сравнения их между собой, указанные авторы не занимались. В заключении обзорной работы (Abidoye, 2017) было отмечено, что четверть всех 80 проанализированных статей была написана в США, остальные исследования были проведены учеными преимущественно развитых стран.

В России первая нейросетевая система массовой оценки объектов недвижимости была создана в 2008 г. Л.Н. Ясницким с соавторами (Ясницкий, 2008). Система показала погрешность в прогнозировании стоимости квартир 16,4 %. В отличие от своих предшественников, автор применил разработанную модель для выявления закономерностей моделируемого жилищного рынка, выявил зависимости стоимости квартир от удаленности дома от центра города, типа дома и его технического состояния, исследовал на основании этих зависимостей эффективность инвестиционных вложений и их влияние на рыночную стоимость недвижимости, представил практические рекомендации.

В 2009 г. К.К. Борусяк, И.В. Мунерман и С.С. Чижов (Борусяк, Мунерман, Чижов, 2009) разработали для Департамента имущества г. Москвы нейронную сеть, предназначенную для оценки нежилой недвижимости. Средняя относительная погрешность нейросетевой оценки имущества составила 20,0 %. В 2011 г. эта методика получила дальнейшее развитие и применение в диссертации И.В. Мунермана (Мунерман, 2011).

Подводя итог выполненному аналитическому обзору, можно обратить внимание на недостатки существующих моделей.

1. Все существующие модели быстро устаревают и требуют систематической актуализации, поскольку не учитывают меняющиеся региональные и внешнеэкономические условия. Такие модели будем называть статическими. Отмеченный недостаток статических моделей наиболее характерен при моделировании жилищных рынков развивающихся стран, включая Россию. Жилищные рынки развивающихся стран довольно существенно зависят от изменяющихся во времени цен на энергоресурсы, валютные курсы, фондовые индексы и др.

2. Разработанные для какого-либо одного региона, статические модели непригодны для применения в условиях других регионов, так как не учитывают их мезоэкономические параметры.

3. Статические модели не годятся для выполнения сравнительного анализа рынков недвижимости различных регионов и не позволяют выявлять их системные закономерности.

Вместе с тем, можно заметить, что имеются модели, которые можно назвать динамическими, так как они учитывают некоторые макроэкономические критерии и предназначены для исследования рынка недвижимости в целом (Abidoye, 2019; Abidoye, 2017; Ćetković, 2018; Davis, 2012; Анимица, 2010; Стерник, 2009; Молчанова, 2015). Но указанные динамические модели плохо подходят для массовой оценки недвижимости, поскольку не учитывают индивидуальные (статических) характеристик жилых объектов.

В связи с этим авторами настоящей работы была опубликована статья (Yasnitsky, 2016), в которой предложены методики создания нейросетевых комплексных экономико-математических моделей, обладающих обоими свойствами описанных выше статических и динамических моделей. Предложенные авторские модели учитывают как строительно-эксплуатационные характеристики объектов недвижимости, так и экономические параметры. Благодаря этому модели приобрели свойство самоадаптируемости ко времени, то есть сохраняют свои прогностические способности независимо от меняющейся со временем внешней экономической среды.

Таким образом, был устранен первый недостаток.

Однако по-прежнему остаются неустраненными второй и третий недостатки, то есть разработанные для какого-либо одного региона, комплексные нейросетевые модели не могут быть применены для других регионов и, как следствие, с помощью таких моделей нельзя выполнять сравнительный анализ рынков недвижимости различных регионов, нельзя выявлять специфические особенности закономерностей рынков недвижимости регионов.

Между тем, как отмечают некоторые современные исследователи (например (Yasnitsky, 2020)) при планировании развития городов, а также при стратегическом планировании деятельности строительных организаций, при разработке мер государственного регулирования региональных рынков недвижимости, политики ипотечного кредитования, политики налогообложения необходим индивидуализированный подход, учитывающий особенности и закономерности поведения рынков недвижимости отдельных регионов.

В связи с этим цель настоящего исследования состоит в дальнейшем развитии результатов предыдущих разработок и создании математических моделей, обладающих свойством самоадаптирования не только ко времени, но и к пространству. Другими словами, цель исследования состоит в том, чтобы научиться создавать самоадаптирующиеся к меняющейся экономической ситуации интеллектуальные системы сценарного прогнозирования рынков жилой недвижимости, пригодные для применения одновременно ко многим городам, позволяющие моделировать и выявлять особенности, выполнять сравнительный анализ и изучать закономерности поведения локальных рынков недвижимости в различных регионах.

Гипотеза настоящего исследования состоит в предположении, что достичь указанных целей можно, если обучать нейронные сети на примерах поведения рынка недвижимости не одного отдельно взятого города, а сразу нескольких городов, причем, помимо всей учитываемой в предшествующей работе (Yasnitsky, 2016) информации, сообщать нейронной сети сведения о географическом положении регионов, а также самих объектов недвижимости и связанный с этими данными уровень престижности и удобства места расположения объекта на географической карте города. Кроме того, предполагается проектировать нейронную сеть с учетом информации об экономическом состоянии каждого региона, к которому относится оцениваемый объект недвижимости.

Методы

При построении математической модели региональных рынков недвижимости в качестве входных параметров были введены географические, строительно-эксплуатационные, макроэкономические параметры и фактор времени.

Географические параметры: код города (1 — Москва, 2 — Санкт-Петербург, 3 — Екатеринбург, 4 — Новосибирск и т. д., всего 10 городов), географические координаты дома (широта, долгота), определяемые с помощью сервиса геокодирования «Яндекс.Карты», показатель качества расположения дома.

Помимо кода города и географических координат, осуществляющих привязку объекта недвижимости к конкретному городу и месту на географической карте, авторами введен новый параметр, который назван показателем качества расположения дома. Этот параметр, по авторскому замыслу, должен сообщать нейронной сети информацию о степени престижности и удобства места положения дома в городе.

Надо отметить, что в практике профессиональной оценки качество расположения объектов недвижимости обычно характеризуется расстоянием до цента города, транспортной доступностью, доступностью инфраструктуры (метро, парковок, городских скверов, деловых и культурных центров, промышленных индустриальных зон и т. д.). Однако, по мнению авторов, эти традиционно применяемые параметры имеют серьезный недостаток, заключающийся в том, что они зависят от субъективного мнения отдельных оценщиков. Например, встречаются города без ярко выраженного центра или с несколькими центрами, а скверы, культурные и деловые центры, парковки различаются удобствами, объективно оценить которые часто не представляется возможным. То же самое можно сказать о возможностях учета негативного влияния на стоимость жилья близко расположенных промышленных предприятий, ночных клубов, ресторанов, мест сбора и накопления отходов и т. д.

Для расчета предлагаемого показателя качества расположения дома используем так называемые статистические тепловые карты, построение которых осуществляется следующим образом.

На карту города наносятся координаты однотипных (близких по своим строительно-эксплуатационным характеристикам) объектов недвижимости, а их рыночная стоимость изображается на карте цветами. Зоны расположения наиболее дорогих объектов изображаются красным цветом, который по мере снижения стоимости объекта переходит в более холодные цветовые оттенки. Пример построенной таким

Рис. 1. *Тепловая карта ценовых зон города Екатеринбурга*

Fig. 1. *Heat map of the Ekaterinburg's price zones*

способом статистической тепловой карты города Екатеринбурга приведен на рисунке 1.

Как видно на рисунке, Екатеринбург по состоянию на зиму 2019 г. имеет четыре ярко выраженных ценовых центра, расположенных в разных частях города.

Далее строится математическая функция, приближенно аппроксимирующая значения цен квартир, изображенных на тепловой карте. Данная функция зависит от двух аргументов — географической широты и долготы места расположения дома. В нашем случае аппроксимирующая функция строится с помощью специально создаваемой для каждого города вспомогательной нейронной сети. Значение аппроксимирующей функции, выстраиваемой вспомогательной нейронной сетью, приведенное к интервалу от 0 до 1, задает параметр, названный авторами показателем качества расположения жилого дома. В ходе исследования доказано, что использование данного параметра повышает точность оценки квартир на 3–7 %.

Строительно-эксплуатационные факторы: тип стен дома (1 — блочные, 2 — шлакоблочные, 3 — деревянные, 4 — монолитные, 5 — газобетонные, 6 — панельные, 7 — кирпичные), количество комнат, этаж, количество этажей в доме, общая площадь квартиры, жилая площадь и площадь кухни.

Фактор времени: год и сезон (1 — зима, 2 — весна, 3 — лето, 4 — осень) на дату оценки стоимости квартиры.

Макроэкономические параметры: в качестве параметров, учитывающих внешнеэкономическую ситуацию в мире, стране и регионе, были выбраны: валютный курс доллара США по отношению к рублю; цена нефти марки Brent, индекс валового внутреннего дохода ВВП, объем городского жилищного строительства в предшествовавшем году дате оценки, объем ипотечных кредитов, выданных в предшествовавшем году. Выбор этих параметров обусловлен тем, что они соответствуют нижнему уровню иерархии некоррелированных факторов укрупненной структуры ценообразующих факторов спроса и предложения рынка недвижимости [20]. Следует заметить, что в ходе построения нейросетевых моделей авторами исследовался вопрос использования большего числа параметров, таких как численность населения города, уровень доходов, индекс инфляции и др. Вычислительные эксперименты показали, что увеличение числа входных параметров приводило к эффекту автокорреляции и практически не приводило к росту ее точности. Другими словами, выбранные авторами макроэкономические параметры являются наиболее существенными и значимыми для моделирования рыночной стоимости.

Выходным параметром модели является заявленная рыночная цена объекта недвижимости.

Статистические данные о рынках недвижимости РФ, необходимые для обучения и тестирования нейронной сети, были собраны за период с 2006 г. по 2020 г., который охватывает как экономически спокойные для России годы, так и периоды экономического роста, кризисный и переломный этап российской и мировой экономики, период восстановления после кризиса и падение состояния экономики на фоне ввода санкций, резкого падения цен на нефть, финансовой блокады и закрытия доступа к международному капиталу.

В информационный базис вошли данные городов — административных центров федеральных округов РФ: Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Нижний Новгород, Новосибирск, Владивосток, Ростов-на-Дону, Пятигорск, и трех городов с населением выше миллиона — Хабаровск, Казань, Пермь. В дальнейшем планируется расширить область применения разработанной интеллектуальной системы на все города РФ и всего мира.

Очистка обучающего множества от случайных выбросов статистической информации произведена с применением авторской нейросетевой технологии, описанной в работе (Yasnitsky, 2020), позволившей отсечь 3,2 % некачественной собранной информации. Далее база была разделена на обучающее, валидирующее и тестирующее множества в пропорции: 70:20:10. Создание и обучение нейронных сетей производилось с помощью авторского программного обеспечения Nsim 5.0[1], (доступ www.LbAi.ru). Для обучения нейронной сети и ее оптимизации использовалось соответственно обучающее и тестовое множество, а валидирующее — для проверки обобщающих свойств. Для оценки погрешности использовалась формула:

$$E = \frac{\sqrt{\dfrac{\sum_{n=1}^{N}\left(d_n - y_n\right)^2}{N}}}{\left|\max\left(d_n\right) - \min\left(d_n\right)\right|} 100\%, \qquad (1)$$

где N — количество элементов выборки; d_n — заявленная стоимость n-й квартиры; y_n — ее стоимость, оцененная с помощью нейронной сети. В окончательном варианте оптимальная структура нейронной сети представляла собой трехслойный персептрон с линейными входными и выходными нейронами. Первый скрытый слой содержал четыре нейрона, второй скрытый слой — три нейрона. Активационными функциями скрытых нейронов являлись функции гиперболического тангенса.

Погрешность нейронной сети, рассчитанная по формуле (1) на обучающем множестве составила 5,2 %, на тестовом множестве — 6,2 %, на валидирующем множестве — 6,3 %. Это является подтверждением того, что нейронная сеть усвоила закономерности рынков недвижимости выбранных российских городов. Это значит, что нейронная сеть ведет себя так же, как вели бы себя моделируемые рынки недвижимости. Поэтому нейронную сеть можно использовать для изучения закономерностей рынков недвижимости городов РФ путем выполнения виртуальных компьютерных экспериментов, поочередно изменяя входные параметры и наблюдая за результатами вычислений — выходным параметром.

Результаты

Моделирование рынков городской недвижимости проводилось путем проведения виртуальных компьютерных экспериментов на пяти типовых квартирах, различающихся количеством комнат и площадью, как указано в таблице 1.

Задаем строительно-эксплуатационные параметры дома, а также время оценки и соответствующую этому времени экономическую ситуацию в мире, стране и регионе (табл. 2).

[1] Нейросимулятор 5.0 : Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014618208 от 12.07.2014 г. / Черепанов Ф. М., Ясницкий Л. Н. (РФ).

Таблица 1

Параметры, характеризующие рассматриваемые типовые квартиры

Table 1

Parameters characterizing the considered standard apartments

Номер квартиры	Количество комнат	Площадь помещений, м²		
		общая	жилая	кухня
1	1	30	18	6
2	2	55	32	9
3	3	80	50	12
4	4	106	70	14
5	5	145	75	16

Таблица 2

Фиксированные параметры, характеризующие время оценки и соответствующую экономическую ситуацию в России

Table 2

Fixed parameters characterising evaluation time and the corresponding economic situation in Russia

Параметр	Значение
Тип стен дома	7
Этаж	10
Количество этажей в доме	16
Год	2019
Сезон	1
Курс доллара США	63,62 руб.
Цена нефти марки Brent	3530 руб.
ВВП России	109 361 млрд руб.

Предполагаем, что это типовой шестнадцатиэтажный дом с кирпичными стенами и что квартиры расположены на 10-м этаже этого дома. Предполагаем также, что квартиры оценивались в начале 2019 г., зимой. На этот момент курс американского доллара составлял 63,62 руб., цена нефти марки Brent — 3530 руб. за баррель,ВВП России — 109 361 млрд руб. Указанный набор параметров с соответствующими им значениями (или кодировкой) приведены в таблице 2.

На первом этапе моделирования задается исследуемый объект с реальными координатами и характеристиками типового дома и квартиры (табл. 3). Пусть выбранный для экспериментов дом находится в центральном районе города Москвы и имеет географические координаты: широта 55,75211 °, долгота 37,59398 °. Показатель качества расположения дома в указанном районе Москвы, вычисленный с помощью вспомогательной нейронной сети, составил 0,95. В году, предшествовавшем оценке, объем жилищного строительства в Москве составил 5025 тыс. м², а объем ипотечного кредитования — 389 842 млрд руб.

Результаты оценки квартир, полученные с помощью нейронной сети, представлены графически в виде группы из пяти столбцов, расположенной слева на рисунке 2. На том же рисунке правее приведены результаты оценки тех же квартир в предположении, что они расположены в таком же доме при виртуальном перемещении этого дома в центральную часть Санкт-Петербурга, а затем в центральную часть Екатеринбурга.

В вычислительном эксперименте виртуальное перемещение дома осуществляется путем замены значений входных параметров модели, приведенных в таблице 3, на значения входных параметров, приведенных в таблице 4, а затем — в таблице 5, относящихся соответственно к Санкт-Петербургу и Екатеринбургу.

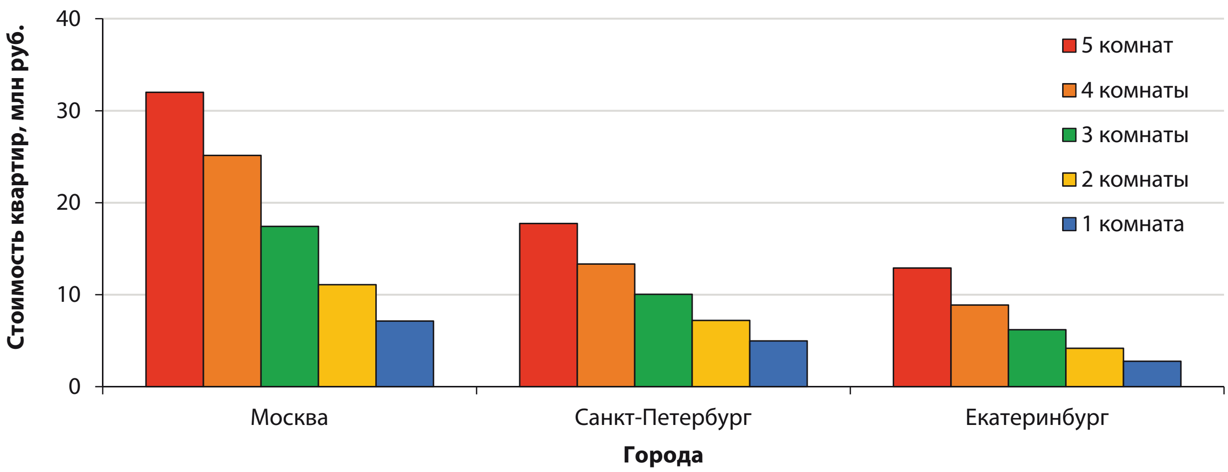


Рис. 2. *Результаты компьютерных экспериментов по оценке стоимости пяти квартир при виртуальном перемещении типового шестнадцатиэтажного дома из Москвы в Санкт-Петербург и в Екатеринбург*

Fig. 2. *Results of computer experiments on appraisal of the market value of five apartments during the virtual movement of a typical sixteen-story building from Moscow to Saints Petersburg and to Ekaterinburg*

Таблица 3

Параметры, характеризующие выбранный для экспериментов типовой дом в Москве, его географическое положение и соответствующую экономическую ситуацию в регионе

Table 3

Parameters characterising a typical building in Moscow chosen for experiments, its geographic location and the corresponding economic situation in the region

Параметр	Значение
Код города	1
Широта	55,75211°
Долгота	37,59398°
Показатель качества расположения дома	0,95
Жилищное строительство в регионе в предшествовавшем оценке году	5025 тыс. м^2
Ипотечные кредиты в регионе предшествовавшем оценке году	389,842 млрд руб.

Таблица 4

Параметры, характеризующие выбранный для экспериментов типовой дом в Санкт-Петербурге, его географическое положение и соответствующую экономическую ситуацию в регионе

Table 4

Parameters characterising a typical building in Saint-Petersburg chosen for experiments, its geographic location and the corresponding economic situation in the region

Параметр	Значение
Код города	2
Широта	59,936927°
Долгота	30,315257°
Показатель качества расположения дома	0,95
Жилищное строительство в регионе в предшествовавшем оценке году	3471,2 тыс. м^2
Ипотечные кредиты в регионе предшествовавшем оценке году	193,359 млрд руб.

Таблица 5

Параметры, характеризующие выбранный для экспериментов типовой дом в Екатеринбурге, его географическое положение и соответствующую экономическую ситуацию в регионе

Table 5

Parameters characterising a typical building in Ekaterinburg chosen for experiments, its geographic location and the corresponding economic situation in the region

Параметр	Значение
Код города	3
Широта	56,839114°
Долгота	60,606952°
Показатель качества расположения дома	0,95
Жилищное строительство в регионе в предшествовавшем оценке году	2391,1 тыс. м^2
Ипотечные кредиты в регионе предшествовавшем оценке году	89,816 млрд руб.

Как видно на рисунке 2, во всех трех городах цены квартир снижаются с уменьшением количества комнат и, соответственно, площади. Стоимость пятикомнатной квартиры в Москве больше стоимости аналогичной квартиры в Екатеринбурге в 2,48 раза, четырехкомнатной — в 2,83 раза, трехкомнатной — в 2,81 раза, двухкомнатной — в 2,65 раза, однокомнатной — в 2,57 раза.

Результаты проведенного сценарного прогноза, представленные на рисунке 2, демонстрируют адекватность в отражении специфики выбранных для исследований регионов. Москва, имея статус столицы, по своему благосостоянию, доходам населения, объемам инвестиций и другим показателям значительно превосходит остальные города. Санкт-Петербург — второй по величине город в России. Екатеринбург является менее крупным административным и торгово-промышленным центром, поэтому стоимости моделируемых квартир убывают по мере виртуального перемещения выбранного дома из Москвы в Санкт-Петербург и в Екатеринбург, что продемонстрировано на рисунке.

Следующая серия компьютерных экспериментов представлена на рисунках 3–5.

На рисунке 3 показано изменение стоимости пяти московских квартир при виртуальном увеличении их общих площадей и одновременном пропорциональном увеличении жилой площади и площади кухни. Снизу на том же рисунке показано изменение удельной стоимости квадратного метра площади рассматриваемых квартир. Как видно на рисунке, показатели стоимости всех пяти квартир равномерно возрастают с увеличением их площадей. Однако удельные стоимости одного квадратного метра площади квартир подчиняются иным закономерностям. Как видно на нижней части рисунка 3, самую высокую удельную стоимость квадратного метра в Москве имеет однокомнатная квартира минимальных размеров — 16 м^2. Также видно, что максимальная стоимость двухкомнатной квартиры достигается при ее площади 90 м^2, трехкомнатной — 100 м^2, четырехкомнатной — 110 м^2, пятикомнатной — 120 м^2. Этот интересный экспериментальный факт, по-видимому, имеет смысл принимать во внимание при планировании строительства жилых объектов г. Москвы.

Далее, анализируя рисунки 4 и 5, на которых изображены результаты аналогичных вычислительных экспериментов, относящихся к Санкт-Петербургу (табл. 3) и Екатеринбургу (табл. 4), можно заметить, что для этих городов

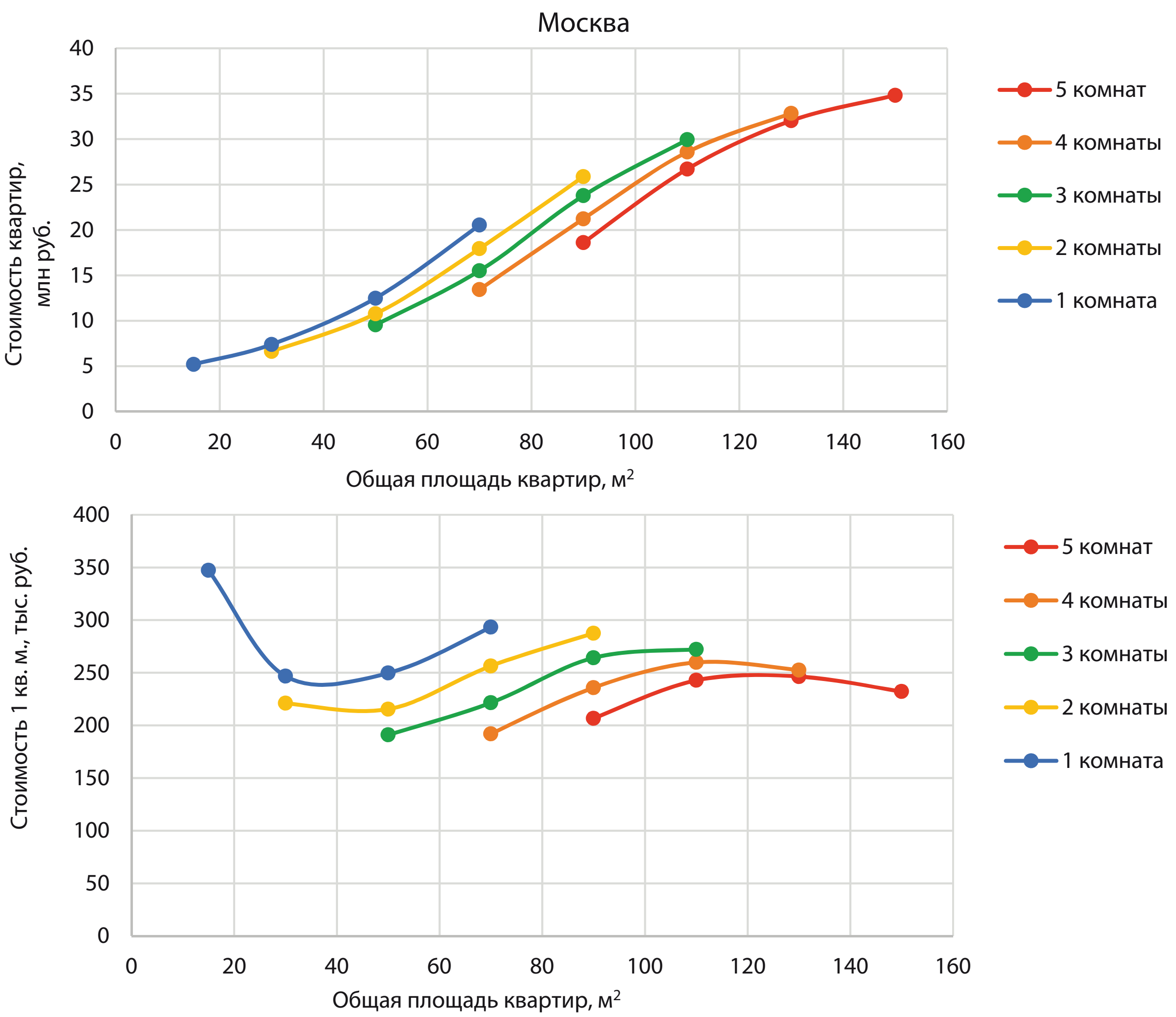


Рис. 3. *Зависимости стоимости квартир г. Москва (сверху) и удельной стоимости одного квадратного метра площади (снизу) от их общей площади*

Fig. 3. *Dependence of the Moscow apartment's market value (top) and the market value of one square meter (bottom) from their total area*

однокомнатная квартира площадью 16 м^2 по-прежнему остается в выигрыше с точки зрения застройщика. Стоимость квадратного метра ее площади по-прежнему максимальна.

Можно также заметить, что для Санкт-Петербурга стоимости одного квадратного метра двух-, трех-, четырех- и пятикомнатных квартир мало зависят от их общей площади и отличаются между собой не более чем в 1,20 раза, тогда как для Москвы это соотношение составляет 1,42 раза, а для Екатеринбурга — 1,31 раза. Для Екатеринбурга среди двухкомнатных квартир наибольшую стоимость квадратного метра имеют квартиры общей площадью 30 м^2, среди трехкомнатных — 110 м^2, среди четырехкомнатных — 130 м^2, среди пятикомнатных — 150 м^2.

Выявленный результат представляет практический интерес для застройщиков Екатеринбурга.

Заключение

Предложен подход к созданию экономико-математических моделей массовой оценки жилых объектов, обладающих свойством самоадаптации к пространству и времени, пригодных для сравнительного анализа и выявления закономерностей и особенностей региональных рынков. Разработана комплексная экономико-математическая модель и компьютерная программа массовой оценки жилой недвижимости десяти городов РФ, учитывающая их географическое положение, уровень престижности и удобства места расположения квартиры в городе, строительно-эксплуатационные параметры дома и квартиры, а также текущее состояние экономики в регионе, в стране и в мире. Методом сценарного прогнозирования на примере пяти типовых квартир выполнены сценарные прогнозы и исследования рынков Москвы, Санкт-Петербурга

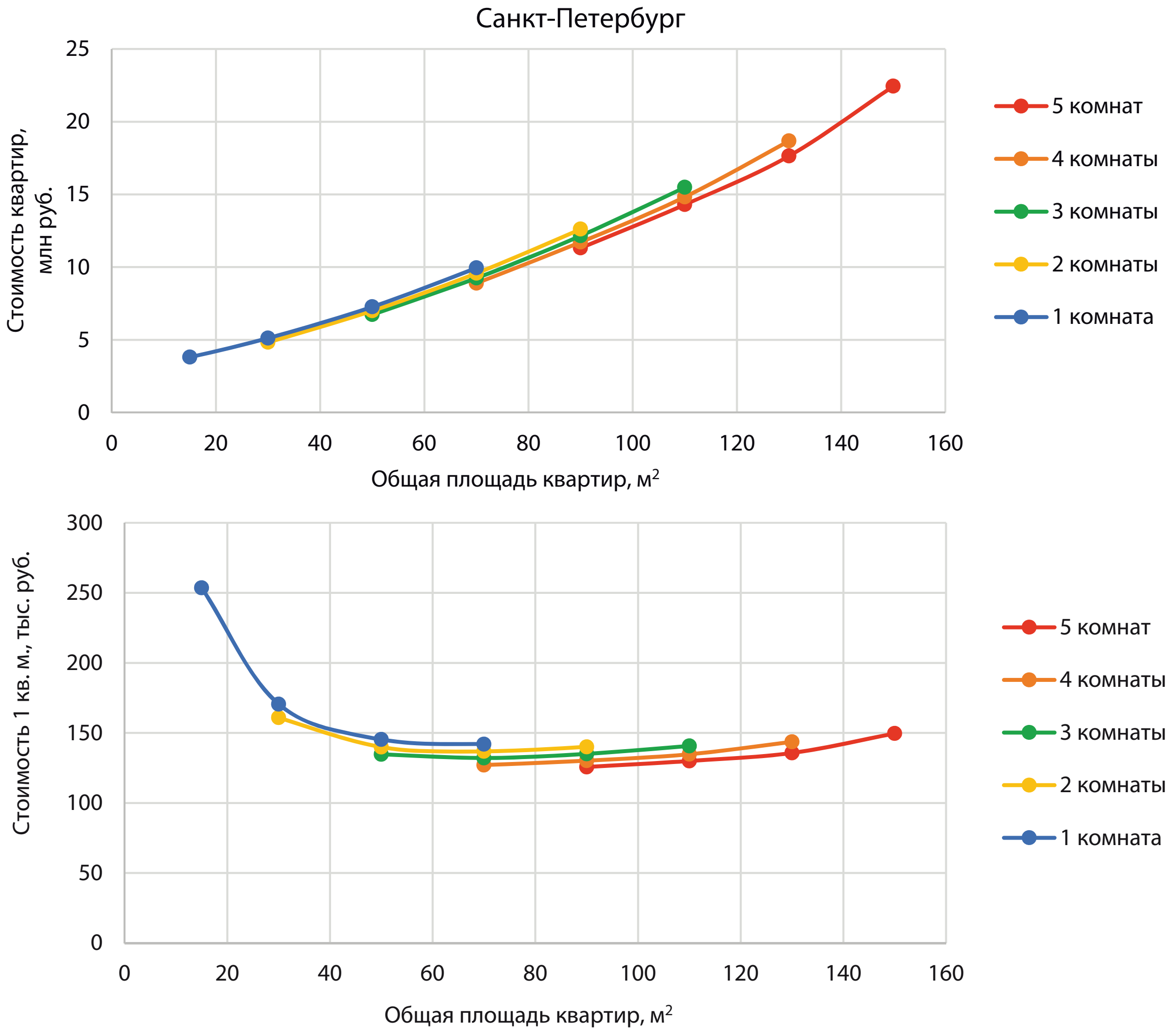


Рис. 4. *Зависимости стоимости квартир г. Санкт-Петербург (сверху) и удельной стоимости одного квадратного метра (снизу) от их площади*

Fig. 4. *Dependences of the Saint-Petersburg apartment's market value (top) and the market value of one square meter (bottom) from their total area*

и Екатеринбурга. Показано, что рыночная стоимость различных квартир, расположенных в различных городах, по-разному реагирует на виртуальные изменения их площади. Получены зависимости изменения рыночной стоимости от ряда эксплуатационных показателей. Установлены особенности ценообразования удельной стоимости квадратного метра для объектов различных регионов при их различной площади.

Отличительной особенностью разработанной модели является свойство самоадаптируемости к постоянно меняющейся с течением времени экономической обстановке, а также возможность ее применения сразу ко многим городам. Именно в этом состоят научная новизна и конкурентное преимущество развиваемого авторами подхода, реализация которого стала возможной благодаря предложенному в настоящей статье параметру, названному показателем качества расположения дома, и методике его расчета, а также благодаря применению авторской методики выявления и устранения выбросов статистической информации.

Учитывая низкую погрешность результатов моделирования, можно с некоторыми оговорками утверждать, что в настоящем исследовании удалось экспериментально доказать возможность построения единой математической модели, способной оценивать рыночную стоимость жилой недвижимости различных городов. Этот результат открывает путь другим исследователям для построения моделей отдельных регионов и всей страны в целом.

Полученные результаты имеют практическую значимость для строительной отрасли, в частности, разработанная модель и реализующая ее компьютерная программа востребованы государственными структурами, занимающимися вопросами управления рынком город-

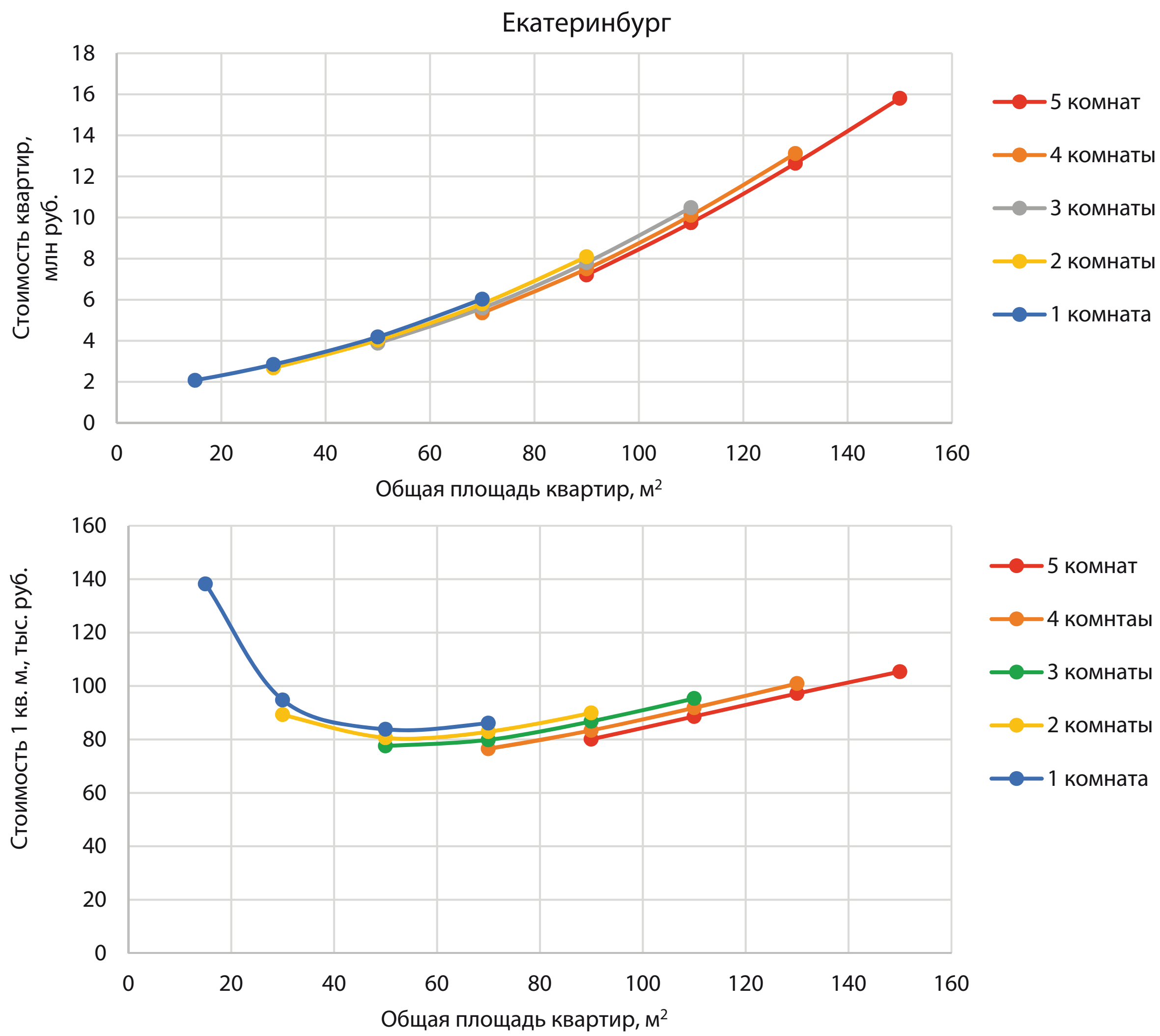


Рис. 5. *Зависимости стоимости квартир г. Екатеринбург (сверху) и удельной стоимости одного квадратного метра (снизу) от их площади*

Fig. 5. *Dependences of the Ekaterinburg apartment's market value (top) and the market value of one square meter (bottom) from their total area*

ской недвижимости, вопросами имущественного налогообложения, вопросами повышения эффективности рынка, а также строительными организациями в решении стратегических задач рыночного прогнозирования.

Разработанная интеллектуальная система доступна по ссылке https://projects.permai.ru/Nedv.

С помощью этого сервиса можно получить оценку стоимости любых квартир, расположенных в указанных десяти городах РФ, а также выполнить сценарные прогнозы и исследования рынков недвижимости этих городов, в частности, исследовать влияние на региональные рынки недвижимости ипотечных программ и макроиндексов.

Список источников

Анимица Е. Г., *Власова Н. Ю.* Градоведение. Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2010. 433 с.

Борусяк К. К., *Мунерман И. В.*, *Чижов С. С.* Нейросетевое моделирование в задаче массовой оценки нежилой недвижимости г. Москвы // Экономическая наука современной России. 2009. № 4 (47). С. 86–98.

Бочко В. С., *Захарчук Е. А.* Индивидуализация стратегий развития городов. На примере Екатеринбурга и Бирмингема // Экономика региона. 2020. Т. 16, вып. 2. С. 391–405. DOI: doi.org/10.17059/2020-2-5.

Дьяков В. А., *Курзаева Л. В.*, *Вахрушев В. И.* Обзор методов построения моделей оценки недвижимости // Современная техника и технологии. 2016. № 11. Ч. 2. URL: http://technology.snauka.ru/2016/11/11387 (дата обращения: 15.09.2020).

Молчанова М. Ю., *Печенкина А. В.* Применение сценарного метода при прогнозировании ситуации на рынке жилья г. Перми // Вестник Пермского университета. «PermUniversityHerald. ECONOMY». 2015. № 1 (24). С. 79–88. (Экономика).

Мунерман И. В. Нейро-нечеткие модели и инструменты для регионального управления объектами коммерческой недвижимости: дисс. … канд. экон. наук: 08.00.13. Москва, 2011. 156 с.

Пермская научная школа искусственного интеллекта и ее инновационные проекты / Л. Н. Ясницкий, В. В. Бондарь, С. Н. Бурдин и др. Москва — Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. 75 с.

Родина С. М. Использование метода нечеткой логики при оценке недвижимости. На примере жилья // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2009. Т. 91, вып. 6. С. 135–140.

Стерник Г. М., *Стерник С. Г.* Анализ рынка недвижимости для профессионалов. Москва : ЗАО «Издательство „Экономика"», 2009. 606 с.

Predicting property price index using artificial intelligence techniques: Evidence from Hong Kong / R. B. Abidoye, A. P. C. Chan, F. A. Abidoye, O. S. Oshodi // International Journal of Housing Markets and Analysis. 2019. No. 12 (6). P. 1072–1092. DOI: doi.org/10.1108/IJHMA-11–2018–0095.

Abidoye R. B, *Chan A. P.* C. Modelling property values in Nigeria using artificial neural network // Journal of Property Research. 2017. No. 34 (1). P. 36–53. DOI: doi.org/10.1080/09599916.2017.1286366.

An empirical analysis of simplified valuation approaches for residential property tax purposes / P. Davis, W. McCluskey, T. V. Grissom, M. McCord // Property Management. 2012. No. 30 (3). P. 232–254. DOI: doi.org/10.1108/02637471211233774.

Assessment of the Real Estate Market Value in the European Market by Artificial Neural Networks Application / J. Ćetković, S. Lakić, M. Lazarevska, et al. // Complexity. 2018. 1472957. DOI: doi.org/10.1155/2018/1472957.

Borst R. A. Artificial neural networks in mass appraisal // Journal of Property Tax Assessment & Administration. 1995. No. 1 (2). P. 5–15.

Borst R. A. Artificial neural networks: the next modelling/calibration technology for the assessment community // Property Tax Journal. 1991. No. 10 (1). P. 69–94.

Do A. Q., *Grudnitski G.* A neural network approach to residential property appraisal // The Real Estate Appraiser. 1992. No. 58. P. 38–45.

Evans A., *James H.*, *Collins A.* Artificial neural networks: An application to residential valuation in the UK // Journal of Property Valuationand Investment. 1991. No. 11 (2). P. 195–204.

Guan J., *Zurada J.*, *Levitan A. S.* An adaptive neuro-fuzzy inference system based approach to real estate property assessment // Journal of Real Estate Research. 2008. No. 30 (4). P. 395–422. DOI: doi.org/10.1080/10835547.2008.12091225.

Malaman C. S., *Amorim A.* Method for determining values in real estate appraisal: Comparing between linear regression model and fuzzy logic // Boletim deCienciasGeodesicas. 2017. No. 23 (1). P. 87–100. DOI: doi.org/10.1590/S1982–21702017000100006.

Renigier-Biłozor M., *Janowski A.*, d'*Amato M.* Automated Valuation Model based on fuzzy and rough set theory for real estate market with insufficient source data // Land UsePolicy. 2019. No. 87. P. 104021. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104021.

Tay D. P., *Ho D. K.* Artificial intelligence and the mass appraisal of residential apartments // Journal of Property Valuation and Investment. 1992. No. 10 (2). P. 525–540. DOI: doi.org/10.1108/14635789210031181.

Using geographically weighted regression for housing market segmentation / B. Manganelli, P. Pontrandolfi, A. Azzato, B. Murgante // International Journal of Business Intelligence and Data Mining. 2014. No. 9 (2). P. 161–177. DOI: dx.doi.org/10.1504/IJBIDM.2014.065100.

Using neural network model to estimate the rental price of residential properties / O. S. Oshodi, W. D. Thwala, T. B. Odubiyi, et al. // Journal of Financial Management of Property and Construction. 2019. No. 24 (2). P. 217–230. DOI: dx.doi.org/10.1108/JFMPC-06–2019–0047.

Xiao Y. Hedonic Housing Price Theory Review. Urban Morphology and Housing Market (11–40). Singapore : Springer, 2017. 202 p. DOI: doi.org/10.1007/978–981–10–2762–8_2.

Yasnitsky L. N. Algorithm for searching and analyzing abnormal observations of statistical information based on the Arnold — Kolmogorov — Hecht-Nielsen theorem // International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering. 2020. No. 9 (2). P. 1814–1819. DOI: dx.doi.org/10.30534/ijatcse/2020/139922020.

Yasnitsky L. N., *Yasnitsky V. L.* Technique of design for integrated economic and mathematical model for mass appraisal of real estate property. Study case of Yekaterinburg housing market // Journal of Applied Economic Sciences. 2016. No. 11 (8). P. 1519–1530.

References

Abidoye, R. B. & Chan, A. P. C. (2017). Modelling property values in Nigeria using artificial neural network. *Journal of Property Research, 34(1),* 36–53. DOI: doi.org/10.1080/09599916.2017.1286366.

Abidoye, R. B., Chan, A. P. C., Abidoye, F. A. & Oshodi, O. S. (2019). Predicting property price index using artificial intelligence techniques: Evidence from Hong Kong. *International Journal of Housing Markets and Analysis, 12(6),* 1072–1092. DOI: doi.org/10.1108/IJHMA-11–2018–0095.

Animitsa, E. G. & Vlasova, N. Yu. (2010). *Gradovedenie [Urbanology].* Ekaterinburg: Ural State University of Economics, 433. (In Russ.)

Bochko, V. S. & Zacharchuk, E. A. (2020). Individualization of City Development Strategies: Case of Ekaterinburg and Birmingham). *Ekonomika regiona [Economy of region], 16(2),* 391–405. DOI: doi.org/10.17059/2020–2-5. (In Russ.)

Borst, R. A. (1991). Artificial neural networks: the next modelling/calibration technology for the assessment community. *Property Tax Journal, 10(1),* 69–94.

Borst, R. A. (1995). Artificial neural networks in mass appraisal. *Journal of Property Tax Assessment & Administration, 1(2),* 5–15.

Borusyak, K. K., Munerman, I. V. & Chizhov, S. S. (2009). Neural network modeling in the problem of mass appraisal of non-residential real estate in Moscow. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii [Economics of Contemporary Russia], 4(47),* 86–98. (In Russ.)

Ćetković, J., Lakić, S., Lazarevska, M., Žarković, M., Vujošević, S., Cvijović, J. & Gogić, M. (2018). Assessment of the Real Estate Market Value in the European Market by Artificial Neural Networks Application. *Complexity, 2018,* 1472957. DOI: doi.org/10.1155/2018/1472957.

Davis, P., McCluskey, W., Grissom, T. V. & McCord, M. (2012). An empirical analysis of simplified valuation approaches for residential property tax purposes. *Property Management, 30(3),* 232–254. DOI: 10.1108/02637471211233774.

Do, A. Q. & Grudnitski, G. (1992). A neural network approach to residential property appraisal. *The Real Estate Appraiser, 58,* 38–45.

Dyakov, V. A., Kurzaeva, L. V. & Vakhrushev, V. I. (2016). Review of methods of construction of real estate valuation models. *Sovremennaya tekhnika i tekhnologii [Modern technics and technologies], 11(2).* Retrieved from: http://technology.snauka.ru/2016/11/11387 (Date of access: 15.09.2020). (In Russ.)

Evans, A., James, H. & Collins, A. (1991). Artificial neural networks: An application to residential valuation in the UK. *Journal of Property Valuation and Investment, 11(2),* 195–204.

Guan, J., Zurada, J. & Levitan, A. S. (2008). An adaptive neuro-fuzzy inference system based approach to real estate property assessment. *Journal of Real Estate Research, 30(4),* 395–422. DOI: doi.org/10.1080/10835547.2008.12091225.

Malaman, C. S. & Amorim, A. (2017). Method for determining values in real estate appraisal: Comparing between linear regression model and fuzzy logic. *Boletim de Ciencias Geodesicas, 23(1),* 87–100. DOI: doi.org/10.1590/S1982–21702017000100006.

Manganelli, B., Pontrandolfi, P., Azzato, A. & Murgante, B. (2014). Using geographically weighted regression for housing market segmentation. *International Journal of Business Intelligence and Data Mining, 9(2),* 161–177. DOI: dx.doi.org/10.1504/IJBIDM.2014.065100.

Molchanova, M. Yu. & Pechenkina, A. V. (2015). Application of the scenario method for forecasting Perm housing market. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Ekonomika [Perm University Herald. Economy], 1(24),* 79–88. (In Russ.)

Munerman, I. V. (2011). *Neyro-nechetkie modeli i instrumenty dlya regionalnogo upravleniya obektami kommercheskoy nedvizhimosti: diss. …kand. ekon. nauk: 08.00.13 [Neuro-fuzzy models and tools for regional management of commercial real estate.. Thesis of Cand. Sci. (Econ.). 08.00.13].* Moscow, 156. (In Russ.)

Oshodi, O. S., Thwala, W. D., Odubiyi, T. B., Abidoye, R. B. & Aigbavboa, C. O. (2019). Using neural network model to estimate the rental price of residential properties. *Journal of Financial Management of Property and Construction, 24(2),* 217–230. DOI: dx.doi.org/10.1108/JFMPC-06–2019–0047.

Renigier-Biłozor, M., Janowski, A. & d'Amato, M. (2019). Automated Valuation Model based on fuzzy and rough set theory for real estate market with insufficient source data. *Land Use Policy, 87,* 104021. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104021.

Rodina, S. M. (2009). Use of the fuzzy logic method in real estate appraisal. On the example of housing. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Informatika. Telekommunikatsii. Upravlenie [St. Petersburg Polytechnical University Journal. Computer Science. Telecommunication and Control Systems], 91(6),* 135–140. (In Russ.)

Sternik, G. M. & Sternik, S. G. (2009). *Analiz rynka nedvizhimosti dlya professionalov [Analysis of the real estate market for professionals].* Moscow: Izdatelstvo "Ekonomika", 606. (In Russ.)

Tay, D. P. & Ho, D. K. (1992). Artificial intelligence and the mass appraisal of residential apartments. *Journal of Property Valuation and Investment, 10(2),* 525–540. DOI: doi.org/10.1108/14635789210031181.

Xiao, Y. (2017). Hedonic Housing Price Theory Review. In: *Urban Morphology and Housing Market* (pp. 11–40). Singapore: Springer. DOI: doi.org/10.1007/978–981–10–2762–8_2.

Yasnitsky, L. N. & Yasnitsky, V. L. (2016). Technique of design for integrated economic and mathematical model for mass appraisal of real estate property. Study case of Yekaterinburg housing market. *Journal of Applied Economic Sciences, 11(8),* 1519–1530.

Yasnitsky, L. N. (2020). Algorithm for searching and analyzing abnormal observations of statistical information based on the Arnold — Kolmogorov — Hecht-Nielsen theorem. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 9(2),* 1814–1819. DOI: doi.org/10.30534/ijatcse/2020/139922020.

Yasnitsky, L. N., Bondar, V. V., Cherepanov, F. M., Burdin, S. N., Volegova, E. V., Gladkiy, S. L., … Shipitsyn, P. A. (2008). *Permskaya nauchnaya shkola iskusstvennogo intellekta i ee innovatsionnye proekty [Perm Scientific School of Artificial Intelligence and Its Innovative Projects].* Moscow — Izhevsk: SIC Regular and Chaotic Dynamics, 75. (In Russ.)

Информация об авторах

Ясницкий Леонид Нахимович — доктор технических наук, профессор, председатель, Пермское отделение Научного совета при Президиуме РАН по методологии искусственного интеллекта, профессор кафедры информационных технологий в бизнесе, НИУ «Высшая школа экономики» в Перми; профессор кафедры прикладной математики и информатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет; Scopus Author ID: 6602291952; https://orcid.org/0000-0002-8212-3826; SPIN РИНЦ: 9529-0668, Author ID: 3277 (Российская Федерация, 614107, г. Пермь, ул. Лебедева, 27; 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: yasn@psu.ru).

Ясницкий Виталий Леонидович — кандидат экономических наук, доцент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет; Scopus Author ID: 57192961381; https://orcid.org/0000-0002-8881-533X; SPIN РИНЦ: 6754-2911 (Российская Федерация, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29; e-mail: yasnitskiy@mail.ru).

Алексеев Александр Олегович — кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет; Scopus Author ID: 55972134400; https://orcid.org/0000-0001-5033-6694; SPIN РИНЦ: 3350-9048 (Российская Федерация, 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, 29; e-mail: alekseev@cems.pstu.ru).

About the authors

Leonid N. Yasnitsky — Dr. Sci. (Eng.), Full Professor, Chairman of the Perm Branch of the Scientific Council under the Presidium of RAS on the Methodology of Artificial Intelligence; Professor, Department of Information Technologies in Business, National Research University "Higher School of Economics" in Perm; Professor, Department of Applied Mathematics and Computer Science, Perm State University; Scopus Author ID: 6602291952; https://orcid.org/0000-0002-8212-3826; SPIN RSCI: 9529-0668; Author ID: 3277 (27, Lebedeva St., Perm, 614107; 15, Bukireva St., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: yasn@psu.ru).

Vitaliy L. Yasnitsky — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Department of Construction Engineering and Materials Science, Perm National Research Polytechnic University; Scopus Author ID: 57192961381; https://orcid.org/0000-0002-8881-533X; SPIN RSCI: 6754-2911 (29, Komsomolskiy Ave., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: yasnitskiy@mail.ru).

Aleksandr O. Alekseev — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Department of Construction Engineering and Materials Science, Perm National Research Polytechnic University; Scopus Author ID: 55972134400; https://orcid.org/0000-0001-5033-6694; SPIN RSCI: 3350-9048 (29, Komsomolskiy Ave., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: alekseev@cems.pstu.ru).

Дата поступления рукописи: 25.09.2020.
Прошла рецензирование: 29.12.2020.
Принято решение о публикации: 07.04.2022.
Received: 25 Sep 2020.
Reviewed: 29 Dec 2020.
Accepted: 07 Apr 2022.