

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА

- А.Ю. Денисов, Е.В. Саксина** Модель реинжиниринга бизнес-процессов инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости 7
- В.В. Ковельский** Направления инновационного развития вузов на современном этапе 15
- М.М. Манукян** Стратегия инновационного потенциала российской нефтегазовой отрасли: проблемы и актуальные направления 23
- П.И. Огородников, Е.П. Гусева** Обоснование основных показателей «комплексной» модели по оценке привлекательности региона к инвестициям сельскохозяйственных организаций Оренбургской области 34
- Т.А. Оруч** Особые экономические зоны России: оценка эффективности деятельности и практика привлечения инвестиций 49
- Е.П. Ростова, В.В. Ковельский** Кластерный анализ эффективности НИР в инновационно развивающихся университетах России 56
- А.Г. Саксин, А.Ю. Денисов** Механизм развития инновационной деятельности предприятий в сфере жилой недвижимости на основе реинжиниринга бизнес-процессов 63
- Н.М. Тюкавкин** Процессы трансформации информационных систем экономики в цифровую среду 69
- Н.М. Тюкавкин, Е.С. Подборнова** Энергосбережение и энергетическая эффективность автомобилестроения России (на примере ПАО «АВТОВАЗ») 76
- М.Е. Цибарева, В.А. Васяйчева** Оценка эффективности внедрения элементов «умного города» в процессе цифровизации городской среды 83

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

- А.Ю. Балаева, А.А. Беляков** Разработка экономико-математической модели инвестирования в персонал 92
- Е.Н. Барышева, И.С. Максимова** Исследование показателей дорожно-транспортной сферы методами формирования интегрального фактора 102
- Е.А. Ильина, Л.А. Сараев** Динамика формирования экономических показателей производственного предприятия в условиях цифровой трансформации 115
- В.М. Монтлевич, А.Д. Попов** Математическая модель размещения виртуальных машин на физических серверах вычислительных сетей 125
- В.Н. Никишов, В.О. Левченко** Актуарные методы анализа информационных рисков 132
- Е.С. Подборнова, Е.В. Степанов** Моделирование совокупного предложения с помощью производственной функции 143
- Е.П. Ростова, Е.С. Черепанова** Анализ взаимосвязи ВРП и вредных выбросов в регионах ЦФО 151
- А.Л. Сараев, Л.А. Сараев** Многофакторная математическая модель развития производственного предприятия за счет внутренних и внешних инвестиций 157
- А.Ю. Трусова** Методология многомерной весовой кластеризации 166
- Требования к оформлению статей* 179

CONTENTS

ECONOMICS

| | |
|--|----|
| A.Yu. Denisov, E.V. Saksina Business process reengineering model for innovation in residential real estate | 7 |
| V.V. Kovelskiy Directions of innovative development of higher education institutions at the present stage | 15 |
| M.M. Manukyan Strategy of innovative potential of the Russian oil and gas industry: problems and current directions | 23 |
| P. I. Ogorodnikov, E. P. Guseva Justification of the main indicators of the «complex» model for assessing the attractiveness of the region to investment of agricultural organizations of the Orenburg region | 34 |
| T.A. Oruch Special economic zones of Russia: performance assessment and investment attraction practices | 49 |
| E.P. Rostova, V.V. Kovelskiy Cluster analysis of the efficiency of research activity in innovatively developing universities of Russia | 56 |
| A.G. Saksin, A.Yu. Denisov Mechanism for the development of innovative activities of enterprises in the field of residential real estate based on business process reengineering | 63 |
| N.M. Tyukavkin Processes of transformation of economic information systems into a digital environment | 69 |
| N.M. Tyukavkin, E.S. Podbornova Energy saving and energy efficiency of the Russian automotive industry (on the example of PJSC «AvtoVAZ») | 76 |
| M.E. Tsybareva, V.A. Vasyaicheva Assessment of the effectiveness of implementing smart city elements in the process of digitalization of the urban environment | 83 |

MATHEMATICAL AND INSTRUMENTAL

METHODS OF ECONOMICS

| | |
|--|-----|
| A.Yu. Balaeva, A.A. Belyakov Development of an economic and mathematical model of investment in personnel | 92 |
| E.N. Barysheva, I.S. Maximova Investigation of road transport indicators by methods of forming an integral factor | 102 |
| E.A. Ilina, L.A. Saraev Dynamics of formation of economic indicators of a production enterprise in the conditions of digital transformation | 115 |
| V.M. Montlevich, A.D. Popov Mathematical model of hosting of virtual machines on physical servers of computer networks | 125 |
| V.N. Nikishov, V.O. Levchenko Actuary methods for analysis of information risks | 132 |
| E.S. Podbornova, E.V. Stepanov Modeling aggregate supply using the production function | 143 |
| E.P. Rostova, E.S. Cherepanova Analysis of the relationship between GRP and harmful emissions in the Volga Region Federal District | 151 |
| A.L. Saraev, L.A. Saraev Multi-factor mathematical model of development of a production enterprise accounted by internal and external investments | 157 |
| A.Yu. Trusova Methodology of multidimensional weight clustering | 166 |
| <i>Requirements to the design of articles</i> | 179 |

ЭКОНОМИКА

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-7-14

УДК 65.011.8



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 12.02.2020

после рецензирования / Revised: 19.03.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

А.Ю. Денисов

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

E-mail: dau1304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7955-6623>

Е.В. Саксина

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

E-mail: elena.saksina@nntu.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6158-8907>

Модель реинжиниринга бизнес-процессов инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости

Аннотация: В предлагаемой статье авторами рассмотрены объективные предпосылки реинжиниринга бизнес-процессов в сфере жилой недвижимости, детализирован термин «реинжиниринг бизнес-процесса в СЖН» и дано его авторское определение. Основное внимание уделено формированию модели реинжиниринга бизнес-процессов инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости на базе постоянно обновляемого ресурса сценариев (вариантов) бизнес-процессов в сфере жилой недвижимости, усовершенствованных путем использования ноу-хау, инноваций, последних разработок в фундаментальной и прикладной науке. Предложена схема развития инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости на основе реинжиниринга бизнес-процессов с контролем при реализации. Представлены ключевые направления развития инновационного жилищного строительства, на основе которых разработаны перспективные векторы стратегического управления инновационным жилищным строительством.

Ключевые слова: бизнес-процесс, инновационная деятельность, инновационное жилищное строительство, методический подход, модель, направления развития, процессный подход, реинжиниринг, ресурс (репозиторий), саморегулируемая организация, схема, сфера жилой недвижимости.

Цитирование. Денисов А.Ю., Саксина Е.В. Модель реинжиниринга бизнес-процессов инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 7–14. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-7-14>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

A.Yu. Denisov

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev,
Nizhny Novgorod, Russian Federation

E-mail: dau1304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7955-6623>

E.V. Saxina

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev,
Nizhny Novgorod, Russian Federation

E-mail: elena.saksina@nntu.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6158-8907>

Business process reengineering model for innovation in residential real estate

Abstract: In the proposed article, the author considers the objective prerequisites for reengineering business processes in the field of residential real estate, details the term «reengineering of the business process in

the residential real estate» and gives its author's definition. The main attention is paid to the formation of a model for reengineering business processes of innovation in the field of residential real estate on the basis of a constantly updated resource of scenarios (options) of business processes in the field of residential real estate, improved by using know-how, innovations, and the latest developments in fundamental and applied science. A scheme for the development of innovative activities in the field of residential real estate based on reengineering of business processes with control during implementation is proposed. The paper presents the key directions of development of innovative housing construction, on the basis of which perspective vectors of strategic management of innovative housing construction are developed.

Key words: business process, innovative activity, innovative housing construction, methodological approach, model, development directions, process approach, reengineering, resource (repository), self-regulating organization, scheme, residential real estate sphere.

Citation. Denisov A.Yu., Saksina E.V. Business process reengineering model for innovation in residential real estate. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 7–14. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-7-14>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Алексей Юрьевич Денисов – соискатель кафедры «Управление инновационной деятельностью», Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, 603950, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

© Елена Валерьевна Саксина – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Управление инновационной деятельностью», Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, 603950, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

© Alexey Yu. Denisov – Candidate of the Department of Innovation Management, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, 24, Minin Street, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation.

© Elena V. Saksina – Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Innovation Management, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, 24, Minin Street, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation.

Введение

Системный и глубинный анализ понятийного аппарата сущности реинжиниринга бизнес-процессов применительно к инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости (СЖН) дает возможность расширить и дополнить термины «бизнес-процесс (БП)» и «реинжиниринг БП в СЖН».

Бизнес-процессы в сфере жилой недвижимости – это структурно систематизированные интегрирующиеся функции производственной, управленческой, организационной и финансово-хозяйственной деятельности, которые в условиях ограниченной ресурсной базы создают жизнеобеспечивающий продукт в виде доступной жилой недвижимости и нацелены на инновационное развитие и формирование баланса социальных и экономических интересов застройщиков, квартироприобретателей и других участников сферы жилой недвижимости.

Реинжиниринг бизнес-процесса (далее – РБП) в сфере жилой недвижимости – это деятельность по революционному изменению взаимосвязанных и взаимозависимых функций и операций, которые объединены и сгруппированы в бизнес-процессы, создающие в условиях ограниченной ресурсной базы жизнеобеспечивающий продукт в виде доступной жилой недвижимости и нацеленные на опережающее инновационное развитие на основе баланса социальных и экономических интересов застройщиков, квартироприобретателей и других участников сферы жилой недвижимости [1].

Ход исследования

Реинжиниринг бизнес-процессов является инструментом управления преобразованиями в сфере доступной жилой недвижимости, его эффективность определяется сокращением издержек при строительстве и реализации жилой недвижимости, росте качества и снижении сроков возведения объектов недвижимости, повышении уровня жизни населения (рис. 1).



Рис. 1 – Объективные предпосылки реинжиниринга бизнес-процессов в сфере жилой недвижимости

Fig. 1 – Objective prerequisites for reengineering business processes in the field of residential real estate

В настоящее время на предприятиях в сфере жилой недвижимости особую актуальность приобрел вопрос повышения качества строительной продукции и появления ее принципиально новых, инновационных типов. Под воздействием таких видоизменений стала меняться и концепция управления – предприятие сферы жилой недвижимости начали рассматривать как «открытую» систему, нацеленную на качество производимой строительной продукции, сокращение сроков и затрат на возведение объектов жилой недвижимости. Ключевыми источниками прибавочной стоимости стали компетентные, высококвалифицированные работники, информационные технологии и инновации [2].

Процессный подход в наибольшей степени отвечает требованиям новой парадигмы управления и базируется на принципах: удовлетворении потребностей потребителей, общей ответственности за конечные результаты бизнес-процессов предприятия, ориентации на повышение качества производимой строительной продукции и возводимых объектов недвижимости, повышении мотивации труда сотрудников, снижении издержек производства и сроков строительства и т. д. Реинжиниринг бизнес-процессов как комплекс мероприятий, реализующих процессный подход к деятельности предприятия, обладает мощным потенциалом перестройки и реформирования предприятий в сфере жилой недвижимости [3].

Опираясь на появившийся отечественный опыт и мировую практику применения реинжиниринга, для успешной реализации данных задач наиболее оптимальным способом является моделирование управленческих решений на основе формирования и анализа определенных бизнес-процессов [4].

В результате на основе анализа практики реинжиниринга бизнес-процессов инновационной деятельности предложена модель РБП в сфере жилой недвижимости (рис. 2).

Представленная модель включает в себя комплекс взаимоотношений акторов-участников в сфере жилой недвижимости в ходе коренных изменений бизнес-процессов и создания в условиях ограниченной ресурсной базы жизнеобеспечивающего продукта в виде объекта доступной жилой недвижимости. Модель является универсальной и имеет большую адаптивность к разным типам инновационной деятельности, что обусловлено наличием непрерывно обновляемого ресурса (репозитория) вариантов (сценариев, получаемых от опытных специалистов сферы жилой недвижимости и производственных областей) бизнес-процессов на рынке жилой недвижимости, системы контрольных параметров (КП) реализации бизнес-процессов в сфере жилой недвижимости, что позволяет организовать

корректировку и мониторинг бизнес-процессов, а соответственно, обеспечивать поступательное и непрерывное инновационное развитие жилищной сферы. Данная модель сориентирована на снижение себестоимости и сроков осуществления различных операций, рост эффективности и результативности в сфере жилой недвижимости.



Рис. 2 – Модель проведения реинжиниринга бизнес-процессов инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости

Fig. 2 – Model of reengineering business processes of innovation in the field of residential real estate

Для формирования эффективной модели развития инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости предложена методика по использованию реинжиниринга бизнес-процессов в сфере жилой недвижимости, состоящая из шести этапов. Данная методика во взаимосвязи с моделью РБП в сфере жилой недвижимости представлена в виде схемы (рис. 3).

Отличительной особенностью данного методического подхода является шестой этап, а именно: проведение регулярных контрольных мероприятий с участием представителей инвесторов – покупателей недвижимости с привлечением саморегулируемых организаций (СРО) в строительной сфере. Сам факт наличия возможности привлечения СРО, которые на законодательном уровне закреплены как обязательный элемент по допуску строительных организаций к осуществлению строительства и привлечения инвестиций в сферу строительства, является мощным стимулирующим инструментом по выполнению обязательств по привлечению и использованию инвестиций в процессе создания жилой недвижимости и ее последующей реализации [5].

Применение представленной на рис. 3 схемы РБП к конкретным бизнес-процессам в сфере жилой недвижимости позволит сократить сроки и затраты ресурсов при одновременном повышении качества возведения объектов недвижимости, увеличить комфортность проживания населения, повысить инновационно-инвестиционную активность в этой сфере [6]. Данная разработка демонстрирует возможность ее применения к различным видам инвестиционно-строительной деятельности с помощью ресурса (репозитория) систематически дополняемых и обновляемых вариантов бизнес-процессов в сфере жилой недвижимости, усовершенствованных благодаря использованию ноу-хау, инноваций, а также современных разработок в фундаментальной и прикладной науке [7].



Рис. 3 – Схема развития инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости на основе реинжиниринга бизнес-процессов с контролем при реализации
 Fig. 3 – Scheme for the development of innovation in the field of residential real estate based on the reengineering of business processes with control during implementation

Обобщение анализа развития инновационного жилищного строительства в регионах России позволяет определить следующие перспективные направления повышения эффективности инновационной деятельности предприятий СЖН (см. таблицу) [8].

Таблица 1 – Направления повышения эффективности инновационной деятельности предприятий СЖН

Table 1 – Directions for improving the efficiency of innovative activities of enterprises in the field of residential real estate

| Текущее состояние предприятий СЖН | Предлагаемые направления развития |
|---|---|
| Несовершенство законодательства в сфере жилой недвижимости, слабый уровень нормативно-правового обеспечения строительства объектов жилой недвижимости | Переход на новую модель строительства с использованием проектного управления и финансирования (использование счетов-эскроу) |
| Дезинтеграция и распад строительных трестов, главков, домостроительных комбинатов. До 95 % строительных организаций являются малыми и не способны реализовать масштабные строительные проекты | Создание новых организационных структур замкнутого цикла, способных совмещать и сокращать фазы инвестиционного цикла. Формирование интегрированных структур в форме холдингов, концернов, кластеров и т. д. |
| 75 % рынка занято импортными строительными товарами | Эффективная политика «импортозамещения» |
| Отсутствует контроль со стороны саморегулирования отрасли | Поднять экспертизу в отрасли на уровне саморегулирования, что приведет к удешевлению процессов возведения и реализации объектов жилой недвижимости с выполнением условий различных нововведений (жилищных программ) |

Концентрация всех субъектов экономических отношений в строительной отрасли на эффективной реализации указанных направлений придаст инновационный вектор развития всей строительной индустрии и сопутствующих отраслей народного хозяйства [9]. При этом переход на полномасштабное внедрение новых идей и решений на различных этапах организации и стратегического управления бизнес-процессами позволит преодолеть существующие барьеры [10]. Перспективные векторы стратегического управления инновационным жилищным строительством показаны на рис. 4.



Рис. 4 – Перспективные векторы стратегического управления инновационным жилищным строительством

Fig. 4 – Promising vectors of strategic management of innovative housing construction activity

Заключение

Подводя итоги, необходимо выделить следующие моменты.

1. Выявлены объективные предпосылки реинжиниринга бизнес-процессов в сфере жилой недвижимости (СЖН), детализирован термин «реинжиниринг бизнес-процесса в СЖН», и дано его авторское определение.

2. Сформирована модель реинжиниринга бизнес-процессов в СЖН, которая включает в себя комплекс мероприятий по инновационному развитию СЖН на основе диагностики бизнес-процессов, оцениваемых системой показателей эффективности всех составляющих управленческой, организационной и производственной деятельности, а также учитывает постоянно обновляемый ресурс (репозиторий), состоящий из набора вариантов (сценариев) бизнес-процессов СЖН. Модель способствует определению направлений развития инновационной деятельности в СЖН на основе реинжиниринга бизнес-процессов.

3. Определены ключевые направления развития инновационного жилищного строительства. Разработаны перспективные вектора стратегического управления инновационным жилищным строительством.

Библиографический список

1. Ишмуратов А.Р. Реинжиниринг бизнес-процессов в жилищной сфере: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05, Екатеринбург, 2009. 173 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/reinzhiniring-biznes-protssosov-v-zhilishchnoi-sfere>.
2. Булдаков М.Б., Дзюбло Д.А. Повышение эффективности управления на основе реинжиниринга бизнес-процессов // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2004. № 5. С. 57–66. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11739852>.
3. Плотников А.Н., Иванилов Э.Б. Процессный подход к управлению предприятием и его инвестиционно-инновационной деятельности // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 1 (59). Т. 4. С. 298–300. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17677488>.
4. Лейберт Т.Б., Третьяков К.А. Моделирование управления инновационными процессами развития предприятий // Аудит и финансовый анализ. 2014. № 1. С. 276–283. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21177972>.
5. Саксин А.Г., Денисов А.Ю. Подходы к инновационному развитию системы саморегулирования участников инвестиционно-строительной сферы // Инновации в науке и практике: сб. ст. по материалам II Междунар. научно-практич. конф.: в 2 ч. Ч. 1. УФА: Издательство «НИЦ Вестник науки», 2020. С. 167–171. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42872194>.
6. Денисов А.Ю., Саксин А.Г. Формирование инструментария реализации ипотечных инноваций в строительстве доступного жилья для обеспечения экономической безопасности региона // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: материалы V Междунар. научно-практич. конф. Нижний Новгород: НГТУ, 2017. С. 326–332. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=31228765>.
7. Денисов А.Ю., Саксин А.Г. Обеспечение экономической безопасности строительной отрасли на основе совершенствования методов управления инновационным развитием рынка доступного жилья // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: материалы IV Междунар. научно-практич. конф. Нижний Новгород: НГТУ, 2016. С. 262–268. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27396294>.
8. Саксин А.Г., Денисов А.Ю. Основные направления развития инновационной деятельности предприятий в сфере жилой недвижимости // Инновации в науке и практике: сб. ст. по материалам II Междунар. научно-практич. конф.: в 2 ч. Ч. 1. Уфа: Издательство «НИЦ Вестник науки», 2020. С. 153–158. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42872192>.
9. Загидуллина Г.М., Зарипов А.В. Инновационный аспект инвестиционно-строительного кластера Республики Татарстан // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 1. С. 159–163. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnyy-aspekt-investitsionno-stroitelnogo-klastera-respubliki-tatarstan>.
10. Сураева М.О. Особенности процесса стратегического инновационного развития организаций // Тренды развития современного общества: управленческие, правовые, экономические и социальные аспекты: сб. межд. науч.-практ. конф. Москва, 2016. С. 140–144.

References

1. Ishmuratov A.R. Reengineering of business processes in the housing sector: Candidate's of Economic Sciences thesis. Yekaterinburg, 2009, 173 p. Available at: <https://www.dissercat.com/content/reinzhiniring-biznes-protssosov-v-zhilishchnoi-sfere>. (In Russ.)
2. Buldakov M.B., Dzyublo D.A. Improving management efficiency based on business process reengineering. *Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*, 2004, no. 5, pp. 57–66. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11739852>. (In Russ.)

3. Plotnikov A.N., Ivanilov E.B. The process approach to business management and its investment and innovation activity. *Vestnik Saratov State Technical University*, 2011, no. 1 (59), vol. 4, pp. 298–300 Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17677488>. (In Russ.)
4. Leibert T.B., Tretyakov K.A. Simulation of innovative process management enterprise development. *Audit and financial analysis*, 2014, no. 1, pp. 276–283. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21177972>. (In Russ.)
5. Saksin A.G., Denisov A.Yu. Approaches to innovative development of the system of self-regulation of participants in the investment and construction sphere. In: *Innovations in science and practice: collection of articles based on the materials of the II International research and practical conference: in 2 parts. Part 1*. Ufa: Izdatel'stvo «NITs Vestnik nauki», 2020, pp. 167–171. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42872194>. (In Russ.)
6. Saksin A.G., Denisov A.Yu. Formation of tools for implementing mortgage innovations in the construction of affordable housing property to ensure the economic security of the region. In: *Russia's economic security: problems and prospects: materials of the V International research and practical conference*. Nizhny Novgorod: NGTU, 2017, pp. 326–332. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=31228765>. (In Russ.)
7. Saksin A.G., Denisov A.Yu. Ensuring economic security of the construction industry on the basis of improving management methods of the innovative development of the affordable housing market. In: *Economic security of Russia: problems and prospects: materials of the IV International research and practical conference*. Nizhny Novgorod: NGTU, 2016, pp. 262–268. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27396294>. (In Russ.)
8. Saksin A.G., Denisov A.Yu. Main directions of development of innovative activity of enterprises in the sphere of residential real estate. In: *Innovations in science and practice: collection of articles based on the materials of the II International research and practical conference: in 2 parts. Part 1*. Ufa: Izdatel'stvo «NITs Vestnik nauki», 2020, pp. 153–158. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42872192>. (In Russ.)
9. Zagidullina G.M., Zaripov A.V. Innovative aspect of investment-building cluster of the Republic of Tatarstan. *News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*, 2012, no. 1, pp. 159–163. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnyy-aspekt-investitsionno-stroitel'nogo-klastera-respubliki-tatarstan>. (In Russ.)
10. Suraeva M.O. Features of the process of strategic innovative development of organizations. In: *Trends in the development of modern society: administrative, legal, economic and social aspects: proceedings of the international research and practical conference*. Moscow, 2016, pp. 140–144. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-15-22

УДК 338



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 13.01.2020

после рецензирования / Revised: 27.02.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

В.В. Ковельский

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: kovelskiy@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6792-2101>

Направления инновационного развития вузов на современном этапе

Аннотация: В статье автором анализируются социально-экономические проблемы развития инновационной деятельности высших учебных заведений. Показана необходимость реализации инновационных направлений вуза на современном этапе. Отмечается, что в странах, которые имеют на сегодняшний день положительную динамику развития, была сделана ставка на осуществление инновационной деятельности и развитие наукоемких технологий на основе системы образования. Исследуются инновационные направления деятельности Самарского университета, предлагается создание университетского центра инноваций на основе кластерного развития региона. Отмечено, что в условиях развития экономики знаний первоочередной задачей является интеграция науки, промышленности и образования на основе исследовательских университетов. Результатами интеграции и сетевизации субъектов хозяйствования региона станет развитие инновационной деятельности вуза. Также в статье отмечены и анализируются такие важные фундаментальные составляющие современных процессов, как трансформация, формирование университетских центров инновационного развития и многие другие. Особое внимание уделяется участию Самарского университета в социально-экономическом развитии региона и федеральных приоритетных проектах развития, таких как «Вузы как центры пространства создания инноваций». Самарский университет завоевывает право на участие в приоритетных проектах на конкурсной основе.

Ключевые слова: экономика высшего образования, исследовательский университет, инновационное развитие, наука, финансирование, программа, бюджетное финансирование, качество образования, подготовка кадров, рынок труда, человеческий капитал, образовательный процесс, инновации.

Цитирование. Ковельский В.В. Направления инновационного развития вузов на современном этапе // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 15–22. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-15-22>.

Информация о конфликте интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

V.V. Kovelskiy

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: kovelskiy@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6792-2101>

Directions of innovative development of higher education institutions at the present stage

Abstract: In the article the author analyzes the socio-economic problems of development of innovative activity of higher educational institutions. The necessity of implementing innovative directions of the University at the present stage is shown. It is noted that in countries that have a positive development dynamics to date, a bet was made on the implementation of innovative activities and the development of high-tech technologies based on the education system. The research focuses on innovative activities of Samara University and suggests the creation of a University innovation center based on cluster development of the region. It is noted that in the context of the development of the knowledge economy, the priority task is to integrate science, industry and education on the basis of research universities. The results of integration and networking of economic entities in the region are the development of innovative activities of the university. The article also notes and analyzes such important fundamental components of modern processes as transformation, the formation of university centers for innovative development as well as many others. Particular attention is paid to the participation of Samara University in the socio-economic development of the region and federal priority development projects, such as «Universities as centers for innovations creation» – Samara University wins the right to participate in priority projects on a competitive basis.

Key words: economics of higher education, research university, innovative development, science, financing, program, budget financing, quality of education, training, labor market, human capital, educational process, innovation.

Citation. Kovelskiy V.V. Directions of innovative development of higher education institutions at the present stage. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 15–22. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-15-22>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: author declares no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

© Виктор Владиславович Ковельский – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента, начальник управления по работе с персоналом, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Viktor V. Kovelskiy – Candidate of Economic Sciences, associate professor, associate professor of the Department of Management, head of the Personnel Department, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

В списке динамично развивающихся в последние десятилетия государств представлены те, которые основной упор сделали на развитие инновационных технологий в национальных системах образования. В данных государствах человеческий капитал является основным фактором прогресса, формируя до 58 % производства услуг в валовом внутреннем доходе. За последние 20 лет развитые страны Европы завершили индустриальную революцию, связанную с инновационными технологиями и интеллектуализацией производства, создали индустрию 3.0 и перешли к созданию информационного общества, или общества знаний, на основе цифровизации экономических процессов [1; 7]. В 2018 году мировой рынок наукоемкой продукции достиг уровня 7 трлн долл. в год, из которых 4 трлн долл. приходится на информационные услуги [2]. В США, являющихся мировым лидером в сфере инноваций и научно-технического прогресса, расходы на образование – 6–7 % от ВВП, то есть практически соответствуют уровню расходов на национальную безопасность, а инновационная продукция, согласно экспертным оценкам, составляет в общем объеме выпуска промышленной продукции до 65–75 % [3].

В условиях формирования цифровой экономики, экономики знаний, основной задачей государства стала интеграция науки и образования, осуществляемая инновационной деятельностью вузов [9].

Проведенное автором исследование российской научной литературы показало, что для РФ понятие «инновационная деятельность вуза» не имеет четкого определения и понимания. Данная деятельность представлена различными источниками, категориями и понятиями, отражающими ее сущность: отождествление понятий «инновация», «инновационное развитие», «инновационный цикл» – это формирование инноваций в качестве циклического процесса творческого труда, реализуемого в существенно новые, коммерциализованные продукты, технологии [4–9].

Анализируя деятельность вузов (образование, наука и послевузовское профессиональное образование), видим, что инновационные процессы в вузах отражаются в «следующих направлениях деятельности:

- генерация инновационных идей;
- организация и выполнение фундаментальных и прикладных научных исследований;
- научно-исследовательская деятельность научных работников, профессорско-преподавательского состава, докторантов, аспирантов и студентов вузов;
- организация НИОКР;
- формирование, внедрение и использование инноваций в образовательной сфере, создание инновационного методического обеспечения учебного процесса и инновационных образовательных технологий;

- диффузия знаний о современных инновациях различных видов экономической деятельности, стимулирующих научное развитие вузов, повышение их конкурентоспособности на рынке образовательных услуг;
- проведение аттестации научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации, повышение квалификации и междисциплинарная подготовка инновационно активных сотрудников, востребованных на рынке труда;
- организация совместной работы по развитию инновационной деятельности и инфраструктурного обеспечения региона в составе интегрированных структур, формирующихся на основе национальной инновационной системы» [10].

Основная часть

Ключевым вектором развития конкурентоспособности национальной экономики и эффективности национальной безопасности является производство инновационной продукции и создание инновационных технологий как в научно-технологической, так и в образовательной сфере. Создание в субъектах Федерации университетских инновационных центров развития составляет основу приоритетного проекта «Вузы как центры пространства создания инноваций» [11–14].

К регионам, которые эффективно решают задачи социально-экономического развития и имеют значительный научно-технологический потенциал в концентрации научных знаний и инновационных технологий, относится Самарская область.

Существенное внимание в Самарском регионе в настоящее время уделяется формированию и развитию объектов инновационной инфраструктуры. Кроме этого, регион – мощный образовательный центр среднего Поволжья с развитым образовательным и научным потенциалом. Крупнейшим научно-образовательным центром Самарской области является Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева.

Формирование и развитие инновационной деятельности автором предлагается осуществить на базе трансформационных процессов, реализуемых в Самарском университете путем его перевода в университетский центр инновационного развития Самарского региона. Данная позиция автора базируется на гипотезе о том, что инновации в промышленном секторе должны:

- развиваться на основе научно-исследовательской деятельности и НИОКР, осуществляемых в вузах и поставляемых на промышленные предприятия в виде инновационного продукта и инновационных ресурсов – подготовленных для инновационной деятельности специалистов;
- инновационная деятельность вуза активизируется за счет предъявляемых вызовов промышленными предприятиями, заставляя вузы вводить все виды инновационной деятельности.

В настоящее время в вузе заканчивается реализация «Программы трансформации Самарского университета в университетский центр инновационного, технологического и социального развития Самарской области на период 2017–2020 годов».

Данная Программа основывалась на нормативных правовых актах инновационной направленности: Концепции социально-экономического развития РФ [7], указах Президента РФ об основах государственной политики [15; 16], Стратегии социально-экономического развития Самарской области [1], Госпрограмме области об инновационно-инвестиционной деятельности [4], подпрограмме развития инновационной деятельности Самарской области [9], подпрограмме развития инновационного аэрокосмического кластера.

Целями данной программы «являлись:

- включение университета в решение задач устойчивого социально-экономического развития РФ и Самарской области в условиях вызовов XX века, за счет его активного участия в мероприятиях стратегических программ инновационного развития государства;
- создание на базе университета «Инновационной межкластерной платформы» региона, интегрированной в глобальную инновационную экосистему, для привлечения кадров и инновационных технологий мирового уровня, а также формирования условий реализации международных инновационных проектов;

– создание университета предпринимательского (в формате 3.0), обеспечивающего наиболее полное использование интеллектуального потенциала вуза» [9].

Исходя из целей, «миссией Самарского университета в период деятельности до 2025 года является: подготовка высококвалифицированных кадров для экономики государства и субъекта Федерации, способных формировать и принимать решения в сфере образовательной, научной, инновационной и производственной деятельности, с учетом государственной экономической политики, основных направлений развития реального сектора экономики, на основе установления партнерских отношений с потребителями образовательных услуг, используя современные инновационные технологии обучения, отражающие накопленный российский и зарубежный опыт» [11].

Основными принципами и приоритетами развития инновационной деятельности Самарского университета как ключевого актора и драйвера экономического развития региона автором предлагается считать:

– создание центров генерации инновации и центров инновационных компетенций в научно-технической, образовательной и производственной сферах вуза и экономики региона в целом;

– опережающее кадровое обеспечение и экономическое сопровождение базовых секторов региональной экономики: космического и авиационного машиностроения, двигателестроения, автомобилестроения, электроэнергетики, туристско-рекреационной сферы, нефтегазохимии, инновационных и информационных технологий;

– интеграцию университета в региональный аэрокосмический кластер, внедрении передовых образовательных технологий для полного перехода на «индустрию 4.0»;

– интеграцию университета в ключевые направления Научно-образовательного центра (НОЦ) Самарской области: передовые разработки в двигателестроении; инновационные проекты для аэрокосмической техники; медицинские технологии, биотехнологии; новые технологии цифрового проектирования и моделирования;

– организацию научных исследований и НИОКР университета для НОЦ мирового уровня в целях приобретения инновационных технологий и продуктов, а также развитие межвузовских (медицинский университет), межинститутских и межкафедральных научных исследований.

Самарский университет, являясь активным участником инновационного аэрокосмического кластера региона, который объединяет ведущие предприятия ракетно- и авиастроения, автомобилестроения, двигателестроения, позиционируется в качестве центра компетенции в сфере геоинформационных и аэрокосмических технологий, наращивая взаимодействие с отечественными и зарубежными партнерами по созданию инновационных технологий и продукции [14].

Накопленный в Самарском университете опыт образовательной, научно-исследовательской и инновационной деятельности, имеющийся и развивающийся человеческий капитал, включающий кадровый и научно-технический потенциал, а также уровень международного взаимодействия и компетенций всецело позволяют университету занять место центра инновационного развития Самарского региона [13].

В качестве задач создания университетского центра инновационного развития автором предлагается:

– формирование на базе университета проектного офиса для обеспечения деятельности межкластерной платформы региона, по выполнению системного анализа и долгосрочного прогнозирования, формирования и развития инновационных технологий;

– развитие коммерциализации разрабатываемых инновационных технологий и создание эффективной системы управления интеллектуальной собственностью в сфере перспективных разработок университета, которые являются результатом научной, образовательной и инновационной деятельности персонала и обучающихся университета;

– генерирование стартапов, формирование предпринимательской среды, внедрение проектно-ориентированных форм и программ обучения в сфере предпринимательства и создание малых инновационных предприятий (МИП) по востребованным направлениям в промышленной сфере Самарской области;

– обеспечение предприятий инновационного кластера региона кадрами на длительную перспективу и активное подключение научной и инновационной сферы региона в Национальную технологическую инициативу (НТИ);

– развитие международного сотрудничества и международной интеграции в сфере инноваций и технологического развития, позволяющих повысить эффективность инновационной деятельности за счет международных сетевых связей.

Отечественные ведущие вузы в настоящее время начали активно заниматься научно-исследовательской и инновационной деятельностью. Для ее осуществления требуются высококвалифицированные кадры, а подготовка научных кадров высшей квалификации опять же является задачей вузов и должна осуществляться в определенных масштабах. Для этого требуются развитые сетевые связи с другими образовательными организациями как внутри государства, так и за рубежом. В настоящее время на рынке труда востребованы инновационно активные специалисты, «элитные кадры», способные вывести экономику страны на инновационные рельсы. В связи с данными положениями «государству требуется совместить модели “исследовательского университета” и инновационного вуза по следующему сценарию:

– определить перечень приоритетных направлений развития отечественной экономики;

– включить в государственный мониторинг деятельности вузов рейтинговую оценку с показателями инновационного развития;

– провести анализ отечественных вузов по предлагаемой методике мониторинга.

После этого выбранным вузам – определить задачи развития экономики страны» [12].

Для реализации инновационных инициатив автором предлагается сценарий создания университетского центра инноваций с формированием и разработкой ключевых инициатив:

– интеграции университетского центра инноваций в региональную инновационную экосистему;

– формирования проектной и практико-ориентированной образовательной среды в сфере предпринимательства и коммерциализации инновационных технологий на предприятиях аэрокосмического кластера региона;

– мотивации и привлечения НПП и обучающихся в инновационную деятельность вуза;

– создания новых и развития имеющихся сетевых связей и научно-технологических коопераций с высокотехнологичными предприятиями Аэрокосмического кластера Самарской региона.

Отсюда следует, что при формировании и развитии данных инициатив, являющихся конкурентоспособными на мировом уровне, драйвером инновационного развития Самарской области будет являться университетский центр инноваций с организацией и проведением мультидисциплинарных, прорывных, научных исследований, коммерциализации их результатов и практико-ориентированного обучения, поставляющих на рынок труда высокопрофессиональных специалистов, востребованных в условиях вызовов динамично изменяющихся рынков труда.

Инновационная деятельность вуза направлена на более качественное обеспечение всех инициатив и процессов, осуществляемых в учебном заведении, повышение качества образования, конкурентоспособности выпускников на рынке труда, а главное, инновационные процессы, осуществляемые в вузе, способствуют развитию инновационных процессов региона, кооперируясь в региональную инновационную экосистему [13].

Место университетского инновационного центра в социально-экономическом развитии региона представлено на рисунке.

Выводы

Создание университетского центра инновационного развития позволит Самарскому университету обеспечить значительный вклад в достижение показателей приоритетного проекта «Вузы как центры пространства создания инноваций». Планируется к 2025 году достичь следующих результатов:

– создать модель реализации практико-ориентированных образовательных программ по всем направлениям подготовки вуза;

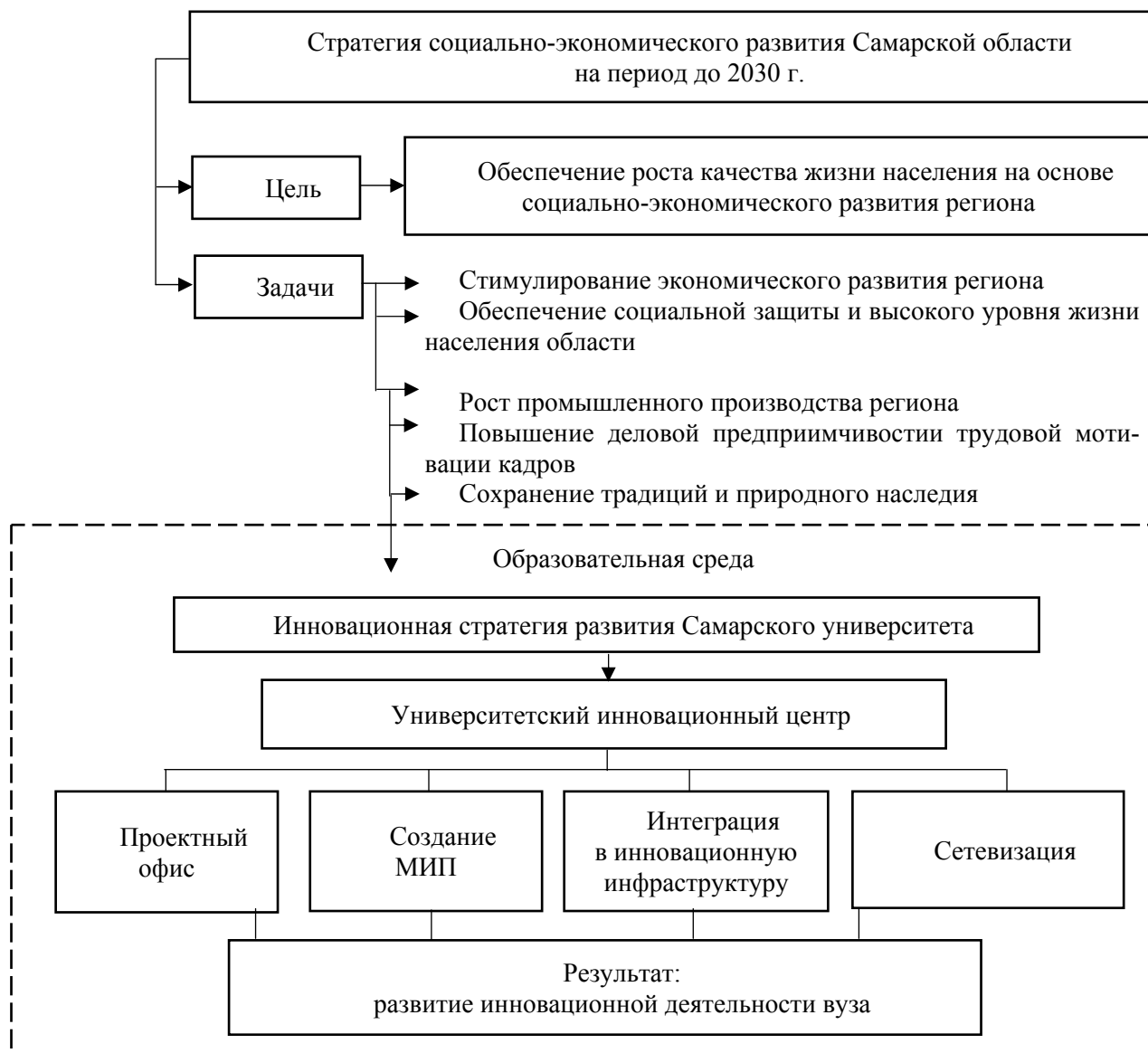


Рис. – Место университетского инновационного центра в социально-экономическом развитии региона
Fig. – Place of the university innovation center in the socio-economic development of the region

– в центре инновационного развития университета реализовать практико-ориентированные программы магистратуры и аспирантуры по технологическому предпринимательству и управлению технологическими проектами;

– осуществить системное взаимодействие с научными центрами региона, в том числе с академическими институтами РАН, на основе создания базовых кафедр, реализации совместных образовательных программ, стимулирующих повышение качества научных исследований.

Библиографический список

1. Стратегия социально-экономического развития Самарской области на период до 2030 года, утвержденная постановлением Правительства Самарской области № 441 от 12 июля 2017 года.

2. Андреев В. Инновационное развитие экономики России в условиях глобальной конкуренции. URL: http://www.iep.ru/files/text/other/12_andr.pdf.
3. Гапоненко А.Л., Орлова Т.М. Управление знаниями. Как превратить знания в капитал. Москва: Эксмо, 2008. 400 с.
4. Государственная программа Самарской области «Создание благоприятных условий для инвестиционной и инновационной деятельности в Самарской области» на 2014–2018 годы, утвержденная постановлением Правительства Самарской области от 14 ноября 2013 года № 622.
5. Дежина И. «Ведущие вузы» или «исследовательские университеты»? / Высшее образование в России. 2004. № 8. С. 9–17. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9573829>.
6. Долгосрочный прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на перспективу до 2030 года. Разработан Минэкономразвития РФ, март 2013 года. Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
7. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.
8. Латуха О.А. Формирование эффективного экономического фундамента вуза на основе развития инноваций: теоретические концепты // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2011. № 4. С. 59–82. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-effektivnogo-ekonomicheskogo-fundamenta-vuza-na-osnove-razvitiya-innovatsiy-teoreticheskie-kontsepty>.
9. Подпрограмма «Развитие инновационной деятельности в Самарской области» на 2014–2018 годы, утвержденная постановлением Правительства Самарской области от 14 ноября 2013 года № 622.
10. Приказ Минобрнауки РФ от 29.07.2005 № 215 «Об инновационной деятельности высших учебных заведений по переходу на систему зачетных единиц».
11. Программа трансформации Самарского университета в университетский центр инновационного, технологического и социального развития Самарской области на период 2017–2020 годов». Доступ из СПС КонсультантПлюс.
12. Пушкарев Ю.В. Образование в современном вузе: новые идеи и направления развития // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. 2011. № 1. С. 40–43. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17718129>.
13. Ракитов А.И. Роль высшей школы в создании системы национальной инновационной экономики // Научно-исследовательские исследования. 2004. С. 7–27.
14. Стриханов М.Н. Об исследовательских инновационных университетах в России // Исследовательские университеты. Интеграция науки и образования: матер. рос.-америк. науч. конф. «Исследовательские университеты», Москва 4–6 апреля 2004 г. Москва: Тверской ИнноЦентр, 2005. 234 с.
15. Указ Президента РФ от 07.05.2012 № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки». Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
16. Указ Президента Российской Федерации от 16.01.2017 № 13 «Об утверждении Основ государственной политики регионального развития Российской Федерации на период до 2025 года». Доступ из СПС «КонсультантПлюс».

References

1. The strategy of social and economic development of the Samara Region for the period up to 2030, approved by the decree of the Government of the Samara Region № 441 dated July 12, 2017. (In Russ.)
2. Andreev V. Innovative development of the Russian economy in the conditions of global competition. Available at: http://www.iep.ru/files/text/other/12_andr.pdf. (In Russ.)
3. Gaponenko A.L., Orlova T.M. Knowledge management. How to turn knowledge into capital. Moscow: Eksmo, 2008, 400 p. (In Russ.)

4. State program of the Samara Region «Creating favorable conditions for investment and innovation activity in the Samara Region» for 2014–2018, approved by the decree of the Government of the Samara Region dated November 14, 2013 № 622. (In Russ.)
5. Dezhina I. «Leading universities» or «research universities»? *Vysshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*, 2004, no. 8, pp. 9–17. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9573829>. (In Russ.)
6. Long-term forecast of socio-economic development of the Russian Federation for the future until 2030. Developed by the Ministry of Economic Development of the Russian Federation, March 2013. Retrieved from legal reference system «ConsultantPlus». (In Russ.)
7. Concept of long-term social and economic development of the Russian Federation for the period up to 2020, approved by the order of the Government of the Russian Federation dated November 17, 2008 № 1662-p. (In Russ.)
8. Latukha O.A. Formation of the effective economic base of the university in case of development of innovations: theoretical concepts. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2011, no. 4, pp. 59–82. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-effektivnogo-ekonomicheskogo-fundamenta-vuza-na-osnove-razvitiya-innovatsiy-teoreticheskie-kontsepty>. (In Russ.)
9. Subprogram «Development of innovative activity in the Samara Region» for 2014–2018, approved by the decree of the Government of the Samara Region dated November 14, 2013 № 622. (In Russ.)
10. Order of the Ministry of Education and Science of Russia dated 29.07.2005 № 215 «About the innovative activities of higher education institutions on the transition to the credit system». (In Russ.)
11. Transformation program of the Samara University in University center, an innovative, technological and social development of the Samara Region for the period of 2017–2020 years. Retrieved from legal reference system «Consultant Plus». (In Russ.)
12. Pushkarev Yu.V. Formation in modern high school: new ideas and directions of development. *Novosibirsk State Pedagogical University Bulletin*, 2011, no. 1, pp. 40–43. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17718129>. (In Russ.)
13. Rakitov A.I. Role of higher education institution in the creation of the system of national innovative economy. *Naukovedcheskie issledovaniya*, 2004, pp. 7–27. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-vysshey-shkoly-v-sozdanii-sistemy-natsionalnoy-innovatsionnoy-ekonomiki>. (In Russ.)
14. Strikhanov M.N. About research innovative universities in Russia. In: *Research Universities. Integration of science and education: materials of Russian-American scientific conference «Research universities», Moscow, April 4–6, 2004*. Moscow: Tverskoy InnoTsentr, 2005, 234 p. (In Russ.)
15. Decree of the President of the Russian Federation dated 07.05.2012 № 599 «On measures to implement state policy in the field of education and science». Retrieved from legal reference system «ConsultantPlus». (In Russ.)
16. Decree of the President of the Russian Federation dated 16.01.2017 № 13 «On approval of the state policy of regional development of the Russian Federation for the period up to 2025». Retrieved from legal reference system «ConsultantPlus». (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-23-33

УДК 330



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 12.03.2020

после рецензирования / Revised: 10.04.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

М.М. МанукянСамарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: marinaarm89@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7618-4633>

Стратегия инновационного потенциала российской нефтегазовой отрасли: проблемы и актуальные направления

Аннотация: В современных условиях глобальной интеграции происходит усиление конкуренции как на мировом, так и национальном рынках, в связи с чем возрастает роль инновационной деятельности в процессах экономического развития. Наиболее высокую стоимость на мировом рынке, по сравнению с другими видами продукции, имеют продукты интеллектуального труда. В настоящее время именно рынок диктует необходимость создания условий для широкого использования нововведений, усиления инновационной деятельности в связи с его открытостью и ужесточением конкуренции. Изменение экономики и внедрение в нее новых элементов, появление новых отраслей более высокого технико-экономического уровня происходит за счет нововведений, которые изначально призваны удовлетворить общественные потребности. Инициаторы инноваций, стремясь улучшить качество жизни, становятся лидерами технологического развития, провоцируя и других субъектов рынка искать новые решения для повышения собственной конкурентоспособности. Как следствие, происходит повышение уровня развития хозяйственной среды в различных масштабах: местном, региональном, национальном, а также мировом. В данной статье рассмотрены проблемы и актуальные направления инновационного потенциала нефтегазовой отрасли России.

Ключевые слова: глобальная интеграция, конкуренция, инновационная деятельность, потенциал, нефтегазовые доходы, нефтедобыча, нефтепереработка, добыча нефти, политика импортозамещения.

Цитирование. Манукян М.М. Стратегия инновационного потенциала российской нефтегазовой отрасли: проблемы и актуальные направления // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 23–33. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-23-33>.

Информация о конфликте интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

М.М. ManukyanSamara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: marinaarm89@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7618-4633>

Strategy of innovative potential of the Russian oil and gas industry: problems and current directions

Abstract: In modern conditions of global integration, competition is increasing, both on the world and national markets, and therefore the role of innovation in the processes of economic development is increasing. Intellectual labor products have the highest value on the world market in comparison with other types of products. At present, it is the market that dictates the need to create conditions for widespread use of innovations, strengthen innovation activities due to its openness and tougher competition. Changes in the economy and the introduction of new elements into it and the emergence of new industries of a higher technical and economic level, in comparison with existing industries, are due to innovations that are initially designed to meet public needs. Initiators of innovations, seeking to improve the quality of life, become leaders of technological development, provoking other market participants to look for new solutions to improve their own competitiveness. As a result, there is an increase in the level of development of the economic environment at various scales: local, regional, national, and global. This article discusses the problems and current trends of the innovative potential of the Russian oil and gas industry.

Key words: global integration, competition, innovative detail, potential, oil and gas revenues, oil production, oil refining, oil production, import substitution policy.

Citation. Manukyan M.M. Strategy of innovative potential of the Russian oil and gas industry: problems and current directions. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 23–33. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-23-33>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: author declares no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

© *Марине Мартиновна Манукян* – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики инноваций, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Marine M. Manukyan* – Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Innovation Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Роль инноваций в экономике носит двойственный характер, и это обусловлено тем, что, с одной стороны, они являются средством удовлетворения потребностей общества, которые имеют тенденцию к росту, а с другой стороны, они служат стимулом развития научно-технического прогресса.

Основным элементом российской экономики является нефтегазовая отрасль, которая включает в себя следующие направления:

- нефтедобычу;
- нефтепереработку;
- газовую промышленность;
- магистральные трубопроводы нефти, газа и продуктов их переработки.

При этом наиболее значимыми направлениями развития нефтегазовой отрасли:

- реализация инновационных проектов, связанных со строительством трубопроводов;
- поощрение капиталовложений, вкладываемых в развитие новых месторождений и усовершенствование транспортной инфраструктуры;
- создание и качественный рост больших современных центров, созданных для добычи газа и нефти;
- развитие шельфовых месторождений нефти и газа;
- рост эффективности применения различных энергетических ресурсов в отдельных отраслях экономики;
- поощрение использования инновационных технологий для добычи и переработки газа и нефти.

Основная часть

Значение нефтегазового комплекса для экономики РФ обусловлено объемом производимой продукции, размером поступления налоговых платежей в бюджет страны, а также поступлений от экспорта (рис. 1).

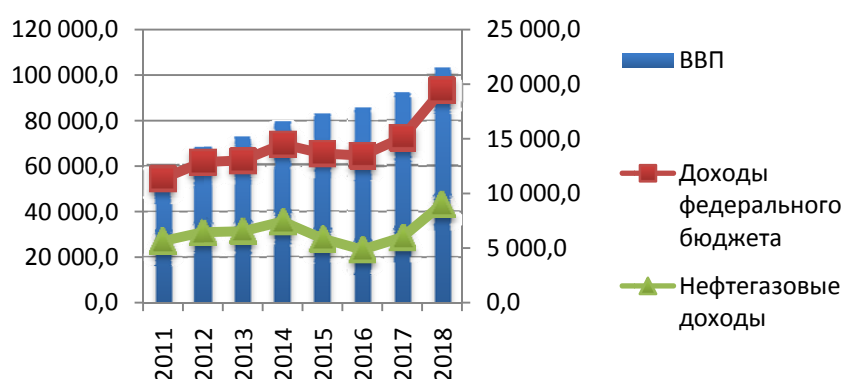


Рис. 1 – Динамика ВВП, доходов федерального бюджета и нефтегазовых доходов РФ за 2011–2018 гг., млрд руб.

Fig. 1 – Dynamics of GDP, federal budget revenues and oil and gas revenues of the Russian Federation for 2011–2018, billion rubles

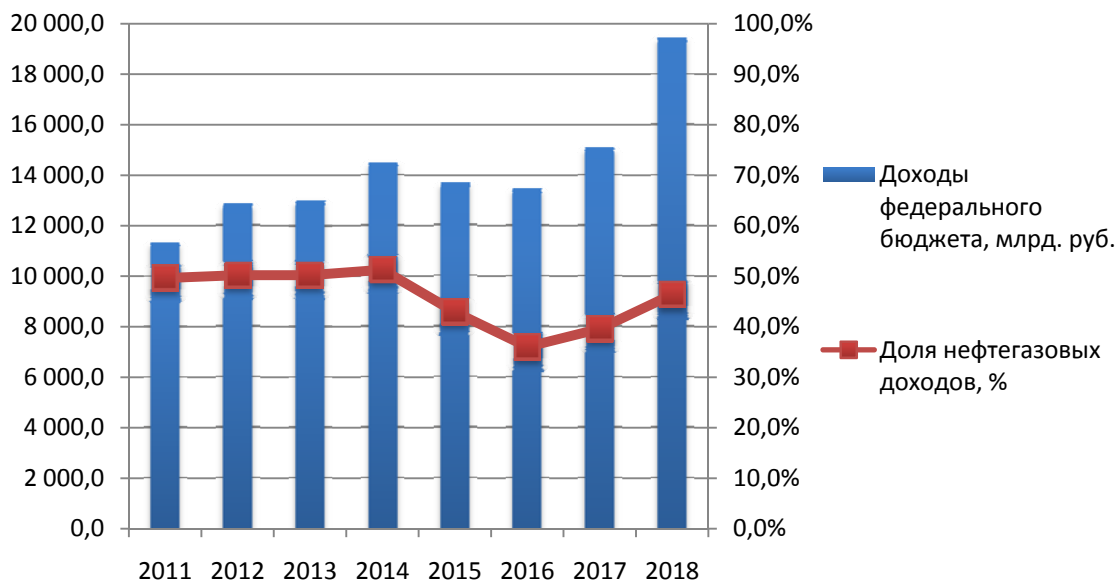


Рис. 2 – Доля нефтегазовых доходов в доходах федерального бюджета РФ за 2011–2018 гг.

Fig. 2 – Share of oil and gas revenues in the revenues of the federal budget of the Russian Federation for 2011–2018

Согласно представленным на рис. 1 и 2 данным, динамика доходов федерального бюджета напрямую зависит от доходов нефтегазовой отрасли. При этом доля нефтегазовых доходов составляет не менее 50 % федерального бюджета, тем самым обеспечивая жизнеспособность экономики РФ. Важными для экономики являются также объем и глубина переработки нефти (рис. 3 и 4).

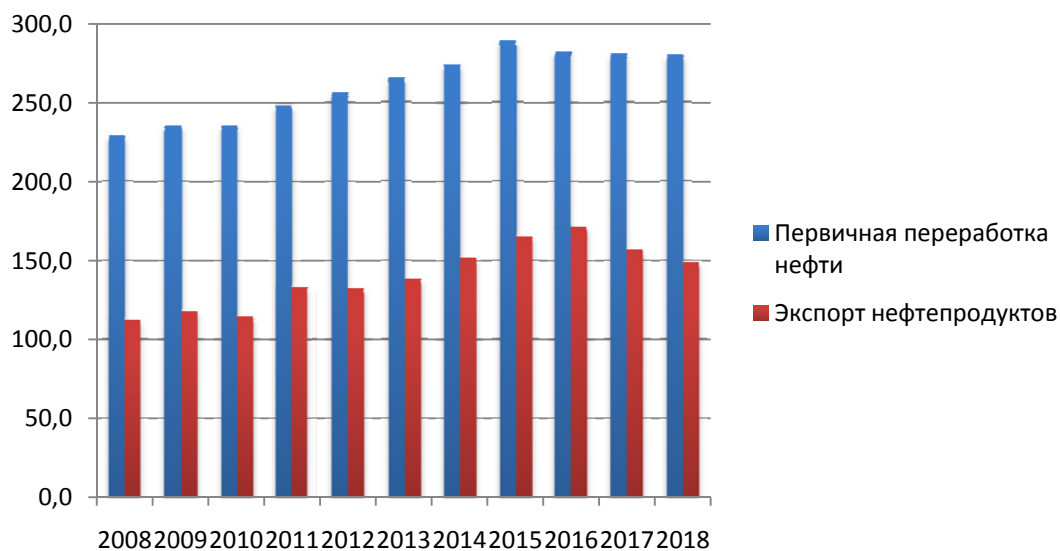


Рис. 3 – Первичная переработка нефти и экспорт нефтепродуктов, млн т

Fig. 3 – Primary oil refining and export of oil products, mln tons

Согласно представленным данным, в 2018 году в сравнении с 2017 годом объемы первичной переработки нефти в России снизились на 0,25 %, в то время как глубина переработки нефтепродуктов за этот же период имела положительную динамику и увеличилась на 2,1 %. Такая тенденция благоприятно сказывается на доходах нефтегазовой отрасли, поскольку стоимость глубоко переработанных нефтепродуктов значительно превышает стоимость сырья.

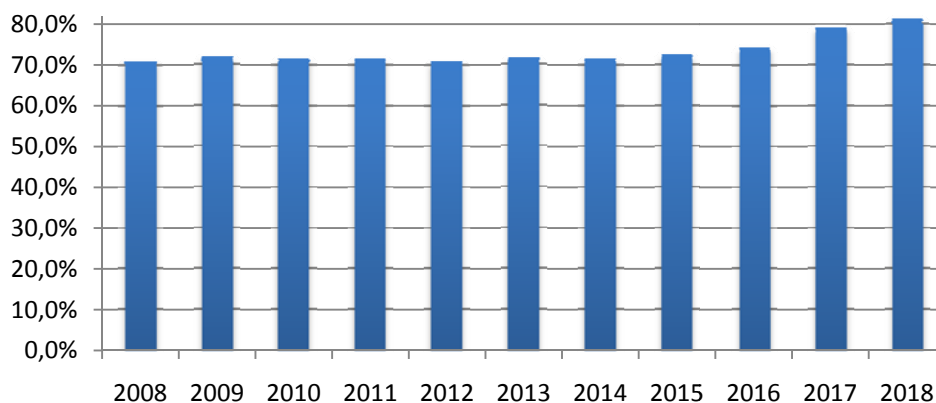


Рис. 4 – Глубина переработки нефтепродуктов, %
 Fig. 4 – Depth of refining of oil products, %

Следует отметить, что на динамику переработки нефти значительное влияние оказывает налоговое и таможенное законодательство. Разработка и реализация государственных мер, направленных на стабилизацию российской экономики на фоне введения антироссийских санкций, началась в 2014 году. Заключительный этап пришелся на начало 2017 года, когда были понижены ставки пошлин для экспортируемой сырой нефти за счет использования предельной нормы отсечения величиной в 30 %. Это стало возможно благодаря увеличению налога на добычу полезных ископаемых (НДПИ) как способ компенсации убытков, полученных от понижения ставок. До 30 % от базовых пошлин были также понижены таможенные ставки на экспортируемые светлые нефтепродукты, в то время как таможенные ставки на экспортируемые темные нефтепродукты были увеличены до 100 % от базовых пошлин на экспорт нефти. Принятые меры по изменению условий налогообложения в нефтегазовой отрасли были направлены на увеличение глубины переработки и снижение объемов производства темных нефтепродуктов.

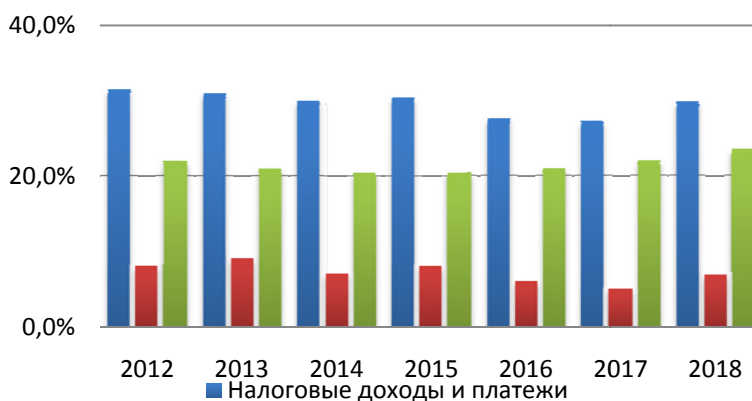


Рис. 5 – Доля доходов бюджета в ВВП РФ, %
 Fig. 5 – Share of budget revenues in GDP of the Russian Federation, %

Динамика доходов бюджета от налогообложения добычи и экспорта нефти и нефтепродуктов за 2012–2018 годы представлена на рис. 5.

Согласно представленным на рис. 5 данным, на долю доходов нефтегазовой отрасли приходится примерно одна треть всех доходов. По итогам 2018 года доля доходов нефтегазовой отрасли составила 6,9 % ВВП, доля других доходов – 23,4 % ВВП. В целом за 2012–2018 годы наблюдается положительная динамика доходов бюджета РФ, получаемых от налогообложения нефти, пошлины на экспорт и НДПИ.

Следует также отметить, что на сегодняшний день нефтегазовая отрасль обладает наиболее высокой инвестиционной привлекательностью. Капитальные вложения с учетом всех источников финансирования составляют не менее 35 % от общего объема инвестиций.

Таким образом, нефтегазовая отрасль играет ключевую роль в российской экономике, и ее значение трудно переоценить. Ее состояние и развитие оказывает влияние на развитие других отраслей. На протяжении трех десятилетий происходят разработка и реализация государственных мер и национальных проектов, направленных на снижение зависимости экономики РФ от нефтегазовой отрасли, но ее роль по-прежнему усиливается.

В условиях возрастающей конкуренции и развития технологий инновационная активность предприятия является движущей силой экономического роста.

Инновационный потенциал отрасли или предприятия представляет собой комплексное сочетание ресурсов, которые необходимы для реализации инновационной деятельности. Ресурсы инновационного потенциала нефтегазовой отрасли представлены на рис. 6 [1; 2].



Рис. 6 – Ресурсы инновационного потенциала нефтегазовой отрасли

Fig. 6 – Resources of the innovative potential of the oil and gas industry

С учетом специфики нефтегазовой отрасли ключевыми ресурсами ее инновационного потенциала являются те, что позволяют добывать углеводородное сырье: минерально-сырьевые, материально-производственные и технологические [3, с. 894].

Тем не менее ряд отраслей отечественной экономики успешно реализуют инновационный потенциал, благодаря чему РФ экспортирует свои технологии в страны ближнего и дальнего зарубежья (рис. 7).

Нефтегазовый сектор экономики – стратегически важная область деятельности государства, поскольку, с одной стороны, обеспечивает стабильность, с другой – является основой развития экономики. Таким образом, развитие инновационного потенциала нефтегазовой отрасли служит гарантом обеспечения жизнеспособности и развития государства.

Очевидность актуальности развития инновационного потенциала РФ проявилась в 2014 году после введения антиросийских санкций рядом западных стран. Разработанная на этом фоне государственная политика импортозамещения показала, что существуют отрасли, где ее реализация в краткосрочной перспективе испытывает сложности. В связи с этим сохраняется зависимость от импорта.

В частности, это относится к нефтегазовому комплексу РФ, который является основным элементом отечественной экономики.

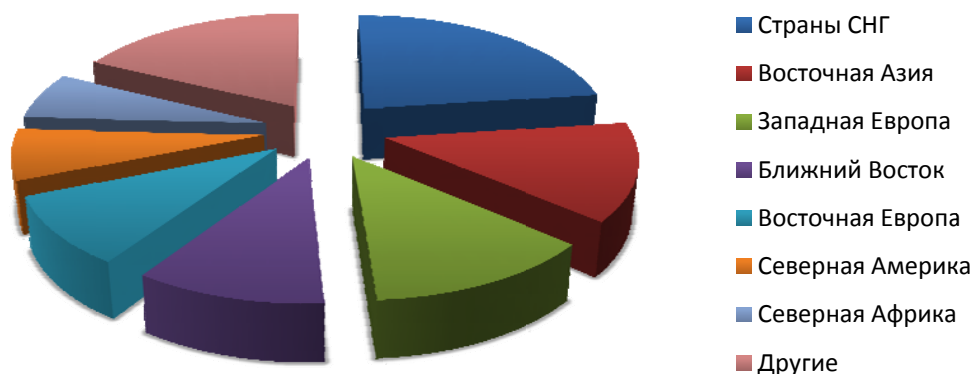


Рис. 7 – Страны-экспортеры российских технологий, %
Fig. 7 – Exporting countries of Russian technologies, %

В период становления рыночной экономики вопросы развития инновационного потенциала РФ неоднократно обсуждались, но практические решения имеющихся проблем не находили широкого распространения и фактически игнорировались. Специалисты сходились во мнении, что российская экономика обладает колоссальным научно-производственным потенциалом, но его реализация шла медленными темпами. И лишь в критической ситуации, с вводом антироссийских санкций, были предприняты реальные шаги, в том числе в нефтегазовой отрасли РФ.

К 2018 году реализация политики импортозамещения в нефтегазовой отрасли принесла существенные результаты. Так, например, за период с 2015 по 2017 год долю импорта катализаторов для нефтеперерабатывающих предприятий удалось снизить с 62,5 до 37 %. При этом произошло увеличение инвестиций в нефтегазовую отрасль. Так, в производство нефтехимической продукции в 2017 году было вложено 194 млрд рублей, что на 56 млрд рублей больше, чем в 2014 году.

С ужесточением антироссийских санкций все больше зарубежных партнеров были вынуждены отказываться от сотрудничества с российскими компаниями нефтегазовой отрасли. Так, в феврале 2018 года стало известно о том, что американская компания Oracle, занимающаяся разработкой программного обеспечения, ориентированного на реализацию проектов в области глубоководной, арктической шельфовой и сланцевой разведки и разработки нефтегазовых месторождений, прекратила сотрудничество с Россией. Зависимость российских предприятий от зарубежных партнеров в этой области достигает 60–80 %. Таким образом, несмотря на постепенное решение имеющихся проблем и реализацию политики импортозамещения, в течение последующих четырех лет после ввода антироссийских санкций проблема зависимости нефтегазовой отрасли РФ от зарубежных технологий, импортного оборудования и программного обеспечения остается на высоком уровне.

Для российской экономики реализация политики импортозамещения по своей сути является снижением и даже избавлением от зависимости российских предприятий от внешних источников влияния. В 2014 году доля импорта в поставках критически важного нефтегазового оборудования составляла 80 %. При этом следует отметить, что по некоторым позициям поставок аналогов отечественного производства не существовало. Это относится к импорту оборудования, предназначенного для добычи углеводородного сырья, в том числе насосно-компрессорного, сейсморазведочного оборудования, технологий и техники для морского бурения, систем автоматизации и программного обеспечения.

Основным элементом развития инновационного потенциала нефтегазовой отрасли является модернизация производств, связанных с разведкой и добычей углеводородов [1, с. 78].

К ключевым проблемам нефтедобывающей промышленности следует отнести [4, с. 434]:

– затормаживание скорости добычи нефти в связи с подорожанием этих работ, а также в результате того, что месторождения находятся в малодоступных местах;

- низкий коэффициент извлечения нефти, что приводит к неразумному использованию ресурсов;
- применение старого и изношенного оборудования и техники в ходе добычи нефти;
- низкокачественную переработку и использование нефтяного попутного газа;
- нерациональное использование новейших инновационных технологий в ходе добычи нефти.

Для нефтегазовой отрасли РФ характерна острая потребность в разработке и реализации новейших технологий, особенно на фоне снижения цен на нефть, истощения традиционных запасов, повышения износа основных фондов и инфраструктуры. Наличие бюрократических барьеров и ужесточение антироссийских санкций лишь ухудшают ситуацию и негативно сказываются на деятельности российских предприятий.

Проблема развития инновационного потенциала нефтегазовой отрасли находится на постоянном контроле Правительства РФ, которое направляет усилия на стимулирование развития отечественных разработок и технологий, а также на реализацию прорывных технологий с целью достижения уровня зарубежных конкурентов.

Не менее важной проблемой развития инновационного потенциала нефтегазовой отрасли является недостаток квалифицированных кадров. По словам президента Союза нефтегазопромышленников России, на сегодняшний день в стране не только перестали готовить инженеров, но и в целом утратили систему подготовки рабочих кадров.

Проблема отсутствия квалифицированных кадров характерна и для научно-технической отрасли, являющейся основой создания нововведений и инноваций. Дефицит кадров негативно сказывается на уровне инновационной активности отечественных предприятий. Этим и обусловлено постоянное усиление зависимости российской экономики от нефтегазовой отрасли, несмотря на реализацию мер по уменьшению ее роли (рис. 8).



Рис. 8 – Основные несырьевые статьи экспорта РФ, млн долл.

Fig. 8 – Main non-resource based export articles of the Russian Federation, mln dollars

Для преодоления зависимости отечественной экономики от нефтегазовой отрасли необходимо проводить эффективную и грамотно разработанную внутреннюю и внешнюю политику государства. Реализация разработанных мер по снижению зависимости дает свои результаты, но обратной стороной этого является недостаточное внимание к другим отраслям экономики несырьевого характера и, как следствие, замедление их развития. В то же время чем более развита нефтегазовая отрасль, тем

больше она может оказать положительного влияния на упомянутые отрасли посредством инвестиций и внедрения результатов политики импортозамещения. Следует отметить, что активное развитие оба эти направления получили после событий 2014 года, когда были введены антироссийские санкции. Благодаря этому появились реальные перспективы развития различных отраслей производства, в том числе наукоемких и высокочрезвычайно затратных.

Таким образом, можно заключить, что основными проблемами развития инновационного потенциала нефтегазовой отрасли являются:

- недостаточный уровень инвестиций;
- недостаточное финансирование НИОКР;
- высокая зависимость от импорта оборудования и технологий;
- высокая степень износа ОПФ;
- длительный период окупаемости капиталовложений;
- недостаточная финансовая поддержка государства;
- высокая стоимость нововведений;
- отсутствие квалифицированных кадров.

Для роста отечественной экономики требует поддерживать текущий объем добычи нефти. Но, несмотря на наличие значительных разведанных в России запасов нефти и газа, доля традиционных месторождений, разработка которых не требует серьезных вложений, в настоящий момент составляет 6,5 и 5,5 % соответственно. Таким образом, проблема развития инновационной деятельности, стимулирования активности в инновационной сфере требует скорейшего решения. К примеру, благодаря введению соответствующих акцизов на разные виды топлива доля производства бензина экологического стандарта «Евро-5» выросла с 1 до 45 % [5].

Как уже было отмечено выше, на развитие нефтегазового комплекса России оказывают влияние не только геополитические и экономические факторы, но и степень научного инновационного развития отрасли, отсутствие широкого применения новейших технологий и методов разработки.

Исходя из выявленных проблем, основными направлениями развития инновационного потенциала нефтегазовой отрасли в России являются:

- снижение зависимости от поставок новейших технологий и оборудования зарубежных стран-производителей;
- увеличение удельного веса предприятий, занимающихся разработкой и внедрением технологических инноваций – в России этот показатель не превышает 8–10 %, в то время как за рубежом он в несколько раз выше, например, в Германии – 65 %, в Швеции – 50 %;
- рост предпринимательской активности, направленной на разработку и реализацию инноваций в нефтегазовой отрасли;
- увеличение финансирования НИОКР;
- совершенствование системы образования и подготовки квалифицированных кадров.

Основные средства, предназначенные на финансирование НИОКР, направляются на разработку и реализацию разведки и добычи углеводородного сырья, а не на переработку и производство продукции с добавленной стоимостью.

Таким образом, наиболее значимой «болевым точкой» инновационного потенциала является низкая наукоемкость продукции предприятий нефтегазовой отрасли. На сегодняшний день значение показателя составляет 0,12 %, что на 0,06 % больше, чем 10 лет назад. Несмотря на рост показателя, его значение остается на низком уровне, особенно в сравнении с зарубежными странами. Значение показателя европейских предприятий составляет не менее 0,4 %, а американских – 0,6 % [6, с. 165].

На государственном уровне также основное внимание уделяется развитию нефтедобывающей отрасли. В этой области на сегодняшний день Министерством энергетики РФ проводится реализация следующих стимулирующих мер [7, с. 87]:

- применение повышенного коэффициента амортизации для инвестиций в месторождения Западной Сибири позволит увеличить свободный денежный поток нефтяных компаний в расчете на баррель с \$3,1 до \$6,2, добыча дополнительно вырастет на 461 млн т в 2019–2035 гг., уплаченные налоги – на 5,3 трлн руб., а инвестиции нефтяных компаний – на 1,85 трлн руб.;
- принятие дополнительных стимулов для геологоразведки;
- ускоренный переход на налог на добавленный доход (НДД), который может быть применен для всех месторождений Западной Сибири;
- законодательное изменение критериев и предоставление льгот с момента достижения степени выработанности недр на участке уровня 1 % вместо фиксации конкретных дат начала и окончания действия льгот по налогу на добычу полезных ископаемых (НДПИ). Ожидаемый результат до 2021 г. – около 25 млн т дополнительной добычи нефти и порядка 265 млрд руб. поступлений в бюджет;
- стимулирование третичных методов нефтеотдачи, использование которых экономически невыгодно, с применением понижающего коэффициента НДПИ для дополнительных объемов добычи;
- стимулирование нефтяных оторочек, или частей нефтегазовой либо нефтегазоконденсатной залежи, в которых газ занимает существенно больший объем, чем нефть, разработка которых на сегодняшний день невыгодна.

Одним из эффективных способов стимулирования развития инновационного потенциала в сфере нефтепереработки является изменение системы налогообложения. Так, по мнению экспертов, реализация проекта по компенсации расходов на корректировку демпфера за счет повышения НДПИ была бы убыточна для нефтяных компаний, основным направлением которых является нефтедобыча («Роснефть», «Сургутнефтегаз»). При этом компаниям, которые активно развивают направление нефтепереработки («Газпром нефть», ПАО «Лукойл»), и частным переработчикам реализация этого проекта принесла бы прибыль [8–12].

Выводы

Благоприятно на развитие инновационного потенциала нефтегазовой отрасли повлияла политика импортозамещения, направленная на стимулирование отечественных разработок, способных конкурировать с зарубежными. Следует отметить, что наиболее эффективным способом развития инновационных технологий является сотрудничество нефтяных компаний между собой, а также с исследовательскими институтами и субъектами из различных отраслей. До сегодняшнего момента обособленность корпораций в области инновационных разработок, отказ от партнерства и покупки новых решений у сторонних организаций существенно тормозили их инновационное развитие.

С практической точки зрения на повышение эффективности нефтегазовой отрасли значительное влияние оказывают не столько технологически крупные прорывы, сколько небольшие инновации, по своей сути являющиеся простыми улучшениями. С этой целью нефтяным компаниям необходимо держать на постоянном контроле и следить за современными достижениями науки и техники, которые могут быть использованы для модернизации производственных процессов. Деятельность компаний в этом направлении должна быть ориентирована на решение как текущих, так и перспективных стратегических задач. Непременным условием являются разработка и формирование инновационной стратегии, а также активная реализация функций инновационного научно-технического менеджмента.

Следует отметить, что на текущем уровне развития современные отечественные разработки являются аналогами зарубежных прорывных технологий и могут составить им достойную конкуренцию. К примеру, в апреле 2019 года российскими программистами была анонсирована разработка, позволяющая решить проблему оптимизации работы электроприводного центробежного насоса, в резуль-

тате чего можно увеличить объем добычи нефти с каждой скважины на 1,5 % без дополнительных капложений. В получении этой разработки заинтересованы не только российские нефтяные компании, но и нефтепредприятия Китая, США, Канады и стран Юго-Восточной Азии, которые располагают значительным количеством старых скважин с падающим объемом добычи.

В целом на современном этапе необходимо повышать эффективность диалога об инновациях между стартапами, исследовательскими институтами и игроками из различных отраслей для обмена опытом и технологиями.

Библиографический список

1. Агаева Л.К., Арисова М.Б., Башкан Е.А. Развитие сферы услуг в современной экономической системе: монография. Самара: СамНЦ РАН, 2016. 186 с.
2. Арсланбекова З.Р. Инновационный потенциал нефтегазового сектора // Молодой ученый. 2019. № 7 (245). С. 11–13. URL: <https://moluch.ru/archive/245/56507>.
3. Справедливый налог // Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3828010>.
4. Конторович А.Э., Эдер Л.В. Энергетика России: взгляд в будущее (Обосновывающие материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 года). Москва: Издательский дом «Энергия», 2010. 616 с.
5. Как инновации спасут нефтегаз // Сколково. URL: <https://sk.ru/news/b/press/archive/2014/10/24/kak-innovacii-spasut-neftegaz.aspx>.
6. Федеральный закон от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» // Министерство образования и науки РФ. URL: <https://минобрнауки.рф/документы/817/файл/8375/127-фз.pdf>.
7. Нефтекомпании поманили субсидиями // Коммерсантъ. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3924301>.
8. Манукян М.М. Инновационный тренд развития деятельности нефтегазохимических кластеров: монография. Самара: Изд-во Самарского университета, 2020. 164 с.
9. Литвиненко И.Л. К вопросу об управлении региональной инновационной системой // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2018. № 3. С. 432–441. DOI: <http://doi.org/10.18413/2411-3808-2018-45-3-432-441>.
10. Манукян М.М. Практическая реализация инновационных технологий нефтедобычи и переработки нефти в России // Высшая школа: научные исследования: материалы Межвузовского научного конгресса (г. Москва, 24 января 2020 г.). Т. 2. Москва: Инфинити, 2020. С. 18–27.
11. Поляков А.А. Системный подход к анализу и снижению риска при поисках и разведке месторождений нефти. Москва: Инфра-М, 2017. 445 с.
12. Череповицын А.Е., Краславски А. Исследование инновационного потенциала нефтегазовой компании на разных стадиях эксплуатации месторождений // Записки Горного института. 2016. Т. 222. С. 892–902. DOI: <http://doi.org/10.18454/PMI.2016.6.892>.

References

1. Agayeva L.K., Arisova M.B., Bashkan E.A. Development of the service sector in the modern economic system: monograph. Samara: SamNTs RAN, 2016, 186 p. (In Russ.)
2. Arslanbekova Z.R. Innovative potential of oil and gas sector. *Molodoy uchenyy*, 2019, no. 7 (245), pp. 11–13. Available at: <https://moluch.ru/archive/245/56507>. (In Russ.)

3. Fair tax. *Kommersant* [Electronic resource]. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3828010>. (In Russ.)
4. Kontorovich A.E., Eder L.V. *Energetics of Russia: looking into the future (Substantiating materials for the Energy Strategy of Russia for the period until 2030)*. Moscow: Izdatel'skiy dom «Energiya», 2010, 616 p. (In Russ.)
5. How innovations will save gas. *Skolkovo*. Available at: <https://sk.ru/news/b/press/archive/2014/10/24/kak-innovacii-spasut-neftegaz.aspx>. (In Russ.)
6. Federal Law № 127-FZ dated August 23, 1996 «Concerning Science and State Scientific and Technical Policy». *Ministry of Education and Science of the Russian Federation*. Available at: <https://минобрнауки.рф/документы/817/файл/8375/127-фз.pdf>. (In Russ.)
7. Oil company were beckoned of subsidies. *Kommersant*. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3924301>. (In Russ.)
8. Manukyan M.M. *Innovative trend of development of activity of petrochemical clusters: monograph*. Samara: Izd-vo Samarskogo universiteta, 2020, 164 p. (In Russ.)
9. Litvinenko I.L. About the management of the regional innovative system. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information Technologies*, 2018, no. 3, pp. 432–441. DOI: <http://doi.org/10.18413/2411-3808-2018-45-3-432-441>. (In Russ.)
10. Manukyan M.M. Practical implementation of innovative technologies of oil production and oil processing in Russia. In: *Higher school: scientific research. Materials of the Interuniversity scientific congress (Moscow, January 24, 2020)*. Vol. 2. Moscow: Infiniti, 2020, 116 p.; pp. 18–27. (In Russ.)
11. Polyakov A.A. *System approach to analysis and risk reduction in the search and exploration of oil fields*. Moscow: Infra-M, 2017, 445 p. (In Russ.)
12. Cherepovitsyn A.E., Kraslawski A. Research into the innovative potential of an oil and gas company at different stages of field development. *Zapiski Gornogo Instituta / Journal of Mining Institute*, 2016, vol. 222, pp. 892–902. DOI: <http://doi.org/10.18454/PMI.2016.6.892>. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-34-48

УДК 33.330



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 12.01.2020

после рецензирования / Revised: 05.04.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

П.И. Огородников

Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук,
Оренбургский филиал, г. Оренбург, Российская Федерация

E-mail: ofguieuroran@mail.ru

Е.П. Гусева

Институт экономики Уральского отделения Российской академии наук,
Оренбургский филиал, г. Оренбург, Российская Федерация

E-mail: ofguieuroran@mail.ru

Обоснование основных показателей «комплексной» модели по оценке привлекательности региона к инвестициям сельскохозяйственных организаций Оренбургской области

Аннотация: Главным вопросом при оценке инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций является поиск методики. Из-за недостаточности исследованности данного направления в настоящий момент не имеется единой методики, которая бы включала в себя экономические показатели, позволяющие конкретно трактовать полученные результаты в ходе анализа. В исследовании представлены основные экономические показатели «комплексной» модели оценки инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных организаций Оренбургского региона. Показаны и обоснованы результаты оценки латентных (скрытых) характеристик экономических показателей сельскохозяйственных предприятий с помощью метода главных компонент. Оценка привлекательности сельскохозяйственных организаций Оренбургского региона содержит два этапа: первый – подготовка и оценка выделенных главных компонент, характеризующих основные принципы, оказывающие влияние на состояние производительности труда. Второй этап – комплексная оценка инвестиционной привлекательности сельскохозяйственных районов с учетом полученных значений четырех главных компонент. Собранные аналитические данные по анализу главных компонент позволяют выявить, что изменения уровня производительности труда в организации определяются в первую очередь работоспособностью коллектива специалистов, занятых в материальном производстве, уровнем технического их оснащения, состояния производственных условий и уровнем профессионализма руководителя. При ранжировании организаций нужно рассчитать величину главной компоненты для них, и это в первую очередь необходимо осмысливать при определении уровня инновационной зрелости. Предлагаемая всесторонняя оценка по инвестиционной зрелости на основе полученных данных по главным компонентам определяет не только объективный подход к выбору предприятий для инвестирования, но и значительно уменьшает вероятность невозврата инвестиционных финансов.

Ключевые слова: эффективность, инвестиционная привлекательность, производительность труда, производимая продукция, ранжирование, сельскохозяйственные предприятия, главные компоненты, оценка.

Благодарности. Статья подготовлена в соответствии с государственным заданием Минобрнауки России для ФГБУН «Институт экономики УрО РАН» 2020 г.

Цитирование. Огородников П.И., Гусева Е.П. Обоснование основных показателей «комплексной» модели по оценке привлекательности региона к инвестициям сельскохозяйственных организаций Оренбургской области // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 34–48. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-34-48>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

P.I. OgorodnikovInstitute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Orenburg branch, Orenburg, Russian Federation
E-mail: ofguieuroran@mail.ru**E.P. Guseva**Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Orenburg branch, Orenburg, Russian Federation
E-mail: ofguieuroran@mail.ru

Rationale for main indicators of the «integrated» model for assessing the attraction of the region to the investments of agricultural organizations of the Orenburg region

Abstract: The main problem in assessing the investment attractiveness of agricultural organizations is the search for a valuation technique. Due to the lack of research into the category of «investment attractiveness of agricultural enterprises», at the moment there is no single methodology for its evaluation, which would contain a specific list of indicators that allow unambiguous interpretation of the results obtained in the course of analysis. The research presents and discusses in detail the main economic indicators of the «integrated» model for assessing the region's attractiveness to the investments of agricultural organizations. The article studies the assessment of latent (hidden, internal) characteristics of the investment attractiveness of agricultural organizations (working capacity of workers, technical equipment, competence of the enterprise management and production conditions on the basis of the main components method). Investigations to assess the attractiveness of agricultural areas to investments were carried out in two main stages. The first stage is a preliminary assessment of the selected main components that characterize the main and the principles that affect the level of labor productivity. The second stage comprehensively assesses the investment attractiveness of agricultural areas, taking into account the values of the four main components. This analysis revealed that fluctuations in labor productivity in an enterprise depend primarily on the working capacity of the workers of the enterprise, their technical armament, conditions production and competence of the company's management. Defined Main components that can be used for ranking and classification are defined. Enterprise, which corresponds to the ranking or classification of associated sets of characteristics. For ranking or classification of enterprises, it is necessary to calculate the values of the main components for each of them, which is very important to consider when evaluating investment attractiveness. The proposed integrated assessment of the attractiveness of investments on the basis of the calculated values of the main components allows not only to objectively approach the issue of choosing an investment object, but also significantly reduce the risks of a non-return of investors' financial resources.

Key words: efficiency, investment attractiveness, labor productivity, manufactured products, ranking, agricultural enterprises, main components, evaluation.

Acknowledgments. The article was prepared in accordance with the state task of the Russian Ministry of Education and Science for the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences in 2020.

Citation. Ogorodnikov P.I., Guseva E.P. Rationale for main indicators of the «integrated» model for assessing the attraction of the region to the investments of agricultural organizations of the Orenburg region. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 34–48. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-34-48>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© *Петр Иванович Огородников* – доктор технических наук, профессор, директор Оренбургского филиала ИЭ УрО РАН, 460000, Российская Федерация, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11.

© *Елена Петровна Гусева* – научный сотрудник Оренбургского филиала ИЭ УрО РАН, 4460000, Российская Федерация, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11.

© *Peter I. Ogorodnikov* – Doctor of Technical Sciences, professor, head of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg branch, 11, Pionerskaya Street, Orenburg, 460000, Russian Federation.

© *Elena P. Guseva* – research associate of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Orenburg branch, 11, Pionerskaya Street, Orenburg, 460000, Russian Federation.

Введение

Отбор предприятий для внесения инвестиций – один из первейших вопросов, которые стоят перед инвестором. База обоснованного отбора заключается в объективной оценке предполагаемых предприятий по инвестированию, что позволяет существенно снизить риски невозврата финансовых средств инвесторов. По причине недостаточной исследованности данной категории в настоящий момент не существует единой методики ее оценки. Чаще всего в разработанных моделях по оценке зрелости предприятия к инвестициям фигурируют финансовые показатели, обычно прибыль, и мало кто при этой оценке учитывает такие важные факторы функционирования предприятия, как наличие работоспособного коллектива, умение экономически грамотно осуществлять руководителем оперативное управление, имеющееся состояние технического потенциала и возможные условия производственной деятельности [1; 2].

Всего в «комплексную» методику оценивания сельскохозяйственной организации по привлекательности к инвестициям входят по количественным свойствам девять показателей и по качественным свойствам – восемь показателей.

Поэтому мы считаем, что в становлении инновационной экономики высокопроизводительного труда остаются важнейшими вышеотмеченные факторы.

Есть разработанный инновационный проект, необходимо иметь соответствующие финансовые средства, позволяющие его реализовать на производстве, а также наличие спроса со стороны предприятий на этот проект.

При этом в процессе реализации инновационных проектов важны все вышеперечисленные составляющие, только нужно всегда помнить, что желать предприятие инновационный проект может, но имеет ли оно объективную возможность его внедрить? Мы в очередной раз подчеркиваем, что важнейшим из составляющих инновационного процесса является оценка предприятий по их зрелости к инвестициям, так как именно здесь закладывается риск для инвесторов (время возврата финансовых средств) [3; 4].

Материал и методы

Предлагаемые нами исследования включают в себя основные составляющие производственного процесса для успешной реализации инновационных программ. Это и технический потенциал предприятия, и профессионализм специалистов, работающих в сфере материального производства, и компетентность руководителей организаций, и производственные условия по производимой продукции. В совокупности все это позволяет объективно оценить возможность того или иного предприятия на переработку вкладываемых инвестором финансовых средств [5–7].

Взаимосвязь выбранных признаков производственно-технологического процесса сельскохозяйственных организаций региона представлена на рис. 1.

Все отмеченные признаки взаимодействуют между собой для достижения тах производительности труда, тах производства сельскохозяйственной продукции, тах получения прибыли. Для обоснования значимости выбранных факторов «комплексной» модели оценки привлекательности региона к инвестициям применяем метод главных компонент.

Многообразии показателей (факторов), которые определяют производительность труда, зачастую оценивается комплексным, интегральным показателем. Среди таких комплексных оценок можно выделить четыре фактора.

Фактор B_1 , определяет:

- оценку уровня базы сырья для производимой продукции;
- наличие рациональных оптимальных логистических схем маршрутов перевозки продукции;
- наличие и состояние рынков реализации производимой сельскохозяйственной продукции;
- уровень конкуренции и оценку возможностей в успешной реализации произведенной продукции.

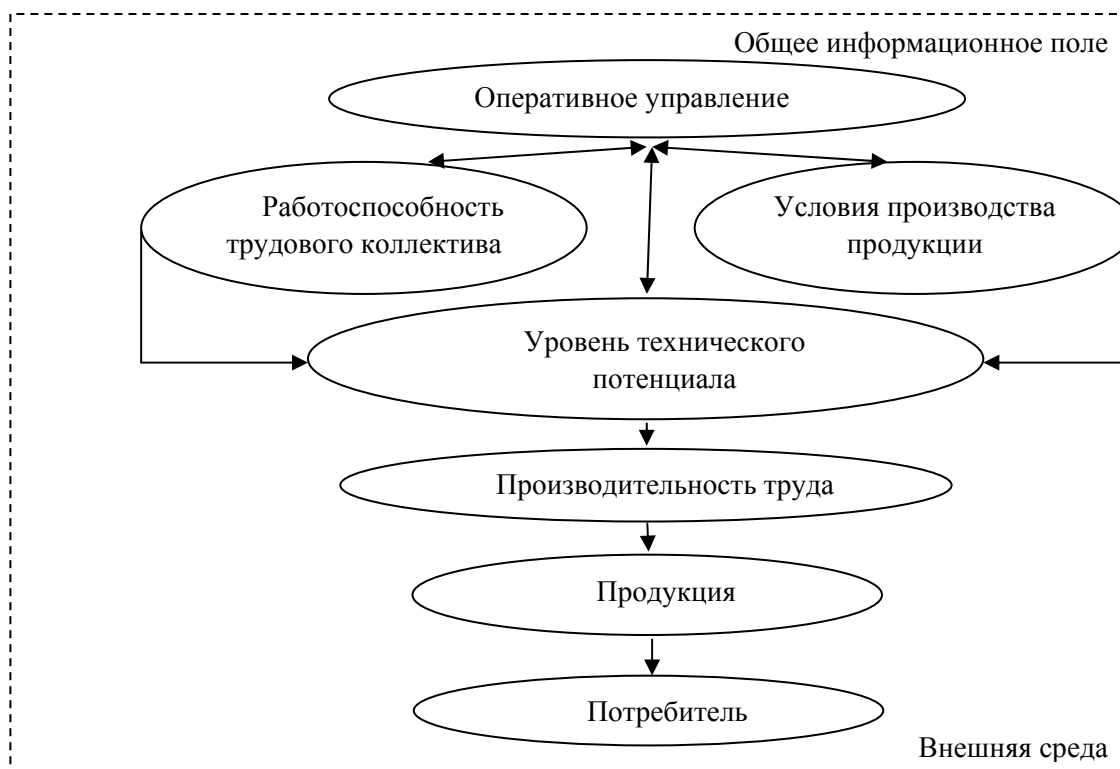


Рис. 1 – Общая схема взаимосвязей выбранных факторов производственно-технологического процесса (разработано авторами).

Fig. 1 – General scheme of the relationship of the selected factors of engineering and manufacturing process (developed by the authors)

Фактор B_2 , определяет:

- компетентность управления сельскохозяйственной организацией;
- степень рациональности производственной программы по ассортименту производимой продукции (т. е. насколько рациональна имеющаяся структура собственной продукции сельхозпредприятия);
- рациональность структурной составляющей по каждой производимой продукции (целесообразность оценки);
- коэффициент корреляции, то есть измерение по определению тесноты связи между средним уровнем рентабельности и структурой себестоимости производимой продукции сельскохозяйственных организаций.

Фактор B_3 , определяет:

- профессиональный уровень работников, участвующих в производственном процессе (средние значения образовательного и профессионального уровня рабочих и специалистов);
- среднюю величину возраста специалистов и рабочих данного предприятия;
- стаж работы участвующих в области производства материальных благ.

Фактор B_4 , определяет:

- среднее значение фондовооруженности – степень обеспеченности работников основными средствами предприятия (отношение среднегодовой стоимости основных средств к среднесписочной численности работников) и энерговооруженности – степень обеспеченности производства электроэнергией, механической энергией и пр. (количество мощностей энергетики, приходящейся на 100 га сельскохозяйственных земель), работников сельскохозяйственных организаций [8; 9].

Фондовооруженность:

$$\Phi_{H_{воор}} = \frac{OC}{СЧ}, \quad (1)$$

где $\Phi_{H_{воор}}$ – фондовооруженность организации;

OC – стоимость основных производственных фондов, тыс. руб.;

$СЧ$ – среднегодовая численность работников.

Энерговооруженность:

$$\text{Эн}_{\text{воор}} = \frac{\text{ЭМ}}{\text{СЧ}}, \quad (2)$$

где $\text{Эн}_{\text{воор}}$ – энерговооруженность организации;

ЭМ – энергетические мощности;

СЧ – среднегодовая численность работников.

Обсуждение результатов исследований

Исходя из априорной информации по предварительным экономическим исследованиям в сельскохозяйственных организациях Оренбургской области, подготовлено 32 предприятия на основе метода случайной выборки. Данные исследований по этим сельскохозяйственным организациям приведены в таблицах 1 и 2.

В таблице 1 присвоены номера выбранным предприятиям, которые в дальнейшем служат их кодом.

Таблица 1 – Номер (код) предприятия

Table 1 – Number (code) of the enterprise

| № Код предприятия | Район | Название предприятия | № Код предприятия | Район | Название предприятия |
|-------------------|-----------------|----------------------|-------------------|---------------|----------------------|
| 1 | Абдулинский | Чемизла | 17 | Сорочинский | Победитель |
| 2 | Абдулинский | Усмановское | 18 | Сорочинский | Уранское |
| 3 | Абдулинский | Салис | 19 | Сорочинский | Бурдыгинское |
| 4 | Абдулинский | Шалтинец | 20 | Сорочинский | Войковское |
| 5 | Оренбургский | Колос | 21 | Переволоцкий | Чесноковское |
| 6 | Оренбургский | Приуральский | 22 | Переволоцкий | Дубрава |
| 7 | Оренбургский | Урал | 23 | Переволоцкий | Сенное |
| 8 | Оренбургский | Чкаловский | 24 | Переволоцкий | Партнер |
| 9 | Ташлинский | Калинина | 25 | Саракташский | Красногорский |
| 10 | Ташлинский | Бородинск | 26 | Саракташский | Восход |
| 11 | Ташлинский | Плодовое | 27 | Саракташский | Дружба |
| 12 | Ташлинский | Раннее | 28 | Саракташский | Сархладпродукт |
| 13 | Новосергеевский | Крестьянское | 29 | Курманаевский | Единство |
| 14 | Новосергеевский | Среднеуранский | 30 | Курманаевский | Смарт-Агро |
| 15 | Новосергеевский | Платовская | 31 | Курманаевский | Надежда |
| 16 | Новосергеевский | Хуторское | 32 | Курманаевский | Элит |

В таблице 2 представлены результаты расчетов основных экономических показателей «комплексной» модели по оценке привлекательности региона к инвестициям репрезентативных предприятий Оренбургской области как исходных данных для факторного анализа, где:

Y – средние значения (по пятилетнему циклу) урожайности зерновых культур, ц/га;

S_r – длительность пути от сельскохозяйственной организации до районного центра, км;

S_o – длительность пути от сельскохозяйственной организации до областного центра, км;

R – коэффициент ранговой корреляции в сельскохозяйственной организации;

M – фактически сложившаяся рентабельность по затратам в организации;

СКО (σ) – фактически сложившееся значение по среднему квадратическому отклонению рентабельности затрат в организации;

O – усредненное значение образования сотрудников по организации, в баллах;

С – усредненная величина трудового стажа сотрудников организации, в балльных оценках;

В – величина усредненного значения возраста сотрудников организации при их оценке, в баллах;

Таблица 2 – Данные по выбранным сельскохозяйственным организациям в натуральном выражении

Table 2 – Data on selected agricultural organizations in physical terms

| № | Признаки предприятия | | | | | | | | | | | |
|----|----------------------|-----|------|--------|--------|-------|------|------|------|--------------------|--------------------|-------|
| | Sr | So | Y | R | M | СКО | O | C | B | Э _{Нвоор} | Ф _{Нвоор} | W |
| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | U |
| 1 | 13 | 293 | 7,3 | 0,900 | 0,008 | 0,120 | 6,8 | 10,6 | 17,2 | 240,8 | 523,5 | 1,7 |
| 2 | 25 | 305 | 10,6 | 0,157 | 0,234 | 0,202 | 15,2 | 21,9 | 62,7 | 43,6 | 266,8 | 19,1 |
| 3 | 0 | 280 | 8,6 | 0,266 | 0,166 | 0,117 | 14,1 | 8,4 | 52,7 | 228,7 | 2614,9 | -83,4 |
| 4 | 33 | 313 | 7,6 | 0,819 | 0,541 | 0,371 | 16,0 | 31,1 | 65,5 | 129,3 | 329,5 | 62,0 |
| 5 | 30 | 30 | 12,7 | 0,335 | 0,016 | 0,090 | 10,1 | 5,0 | 41,2 | 4,1 | 9,0 | -7,1 |
| 6 | 12 | 12 | 12,9 | -0,079 | 0,487 | 0,561 | 12,8 | 10,7 | 44,1 | 210,0 | 456,5 | 260,0 |
| 7 | 4 | 4 | 11,0 | -0,410 | 0,008 | 0,144 | 10,2 | 13,8 | 44,9 | 87,8 | 190,9 | 2,4 |
| 8 | 35 | 35 | 10,1 | -0,468 | -0,281 | 0,162 | 10,9 | 11,1 | 34,9 | 26,6 | 57,7 | -64,9 |
| 9 | 22 | 222 | 15,0 | 0,567 | 0,364 | 0,206 | 9,7 | 11,5 | 41,6 | 65,2 | 438,5 | 66,8 |
| 10 | 67 | 267 | 12,3 | 0,145 | 0,114 | 0,112 | 9,8 | 11,0 | 41,7 | 72,7 | 84,6 | 22,6 |
| 11 | 4 | 204 | 16,3 | 0,780 | 0,832 | 0,219 | 12,0 | 10,3 | 41,3 | 292,8 | 745,5 | 62,8 |
| 12 | 43 | 243 | 10,6 | -0,084 | 0,101 | 0,083 | 10,4 | 10,5 | 42,6 | 55,7 | 234,2 | 7,9 |
| 13 | 22 | 140 | 13,3 | -0,361 | 0,455 | 0,538 | 9,6 | 5,5 | 42,1 | 82,4 | 362,9 | 93,2 |
| 14 | 43 | 161 | 6,9 | 0,213 | -0,065 | 0,041 | 10,2 | 4,4 | 39,1 | 64,0 | 292,9 | -11,9 |
| 15 | 18 | 136 | 7,6 | 0,392 | 0,326 | 0,182 | 10,6 | 6,5 | 30,9 | 187,2 | 1128,0 | 50,9 |
| 16 | 20 | 138 | 7,5 | -0,311 | -0,066 | 0,108 | 10,0 | 4,2 | 35,1 | 59,2 | 251,3 | 0,4 |
| 17 | 36 | 206 | 9,5 | -0,407 | 0,095 | 0,028 | 9,7 | 4,5 | 37,9 | 100,7 | 218,9 | 16,2 |
| 18 | 16 | 186 | 6,1 | -0,066 | -0,327 | 0,200 | 8,9 | 6,3 | 38,7 | 311,6 | 677,4 | -62,1 |
| 19 | 16 | 186 | 17,8 | 0,255 | 0,722 | 0,379 | 10,0 | 10,1 | 38,2 | 41,8 | 90,8 | 196,2 |
| 20 | 22 | 192 | 10,3 | 0,825 | 0,950 | 0,288 | 10,6 | 13,8 | 40,2 | 114,0 | 247,7 | 257,1 |
| 21 | 40 | 113 | 10,2 | 0,015 | -0,160 | 0,080 | 10,2 | 14,2 | 32,7 | 68,4 | 320,7 | -45,6 |
| 22 | 16 | 89 | 4,6 | 0,260 | -0,037 | 0,200 | 9,7 | 8,6 | 35,3 | 125,6 | 4,6 | -1,6 |
| 23 | 35 | 108 | 9,9 | 0,277 | -0,142 | 0,031 | 9,4 | 3,5 | 31,4 | 40,0 | 439,0 | -21,7 |
| 24 | 0 | 73 | 12,2 | 0,405 | 0,225 | 0,158 | 10,4 | 5,5 | 29,9 | 54,2 | 353,8 | 60,8 |
| 25 | 35 | 140 | 17,0 | 0,084 | 0,182 | 0,168 | 10,6 | 9,5 | 33,5 | 59,5 | 347,9 | 45,6 |
| 26 | 45 | 150 | 14,3 | 0,278 | 0,395 | 0,199 | 10,5 | 8,4 | 37,7 | 62,0 | 316,0 | 89,4 |
| 27 | 38 | 143 | 12,1 | 0,082 | 0,529 | 0,103 | 9,5 | 11,3 | 43,2 | 94,3 | 289,8 | 24,9 |
| 28 | 22 | 127 | 16,5 | 0,315 | 0,361 | 0,153 | 9,9 | 5,4 | 36,3 | 88,3 | 62,4 | 121,2 |
| 29 | 61 | 342 | 4,7 | -0,856 | -0,047 | 0,176 | 12,7 | 4,7 | 38,0 | 162,0 | 42,6 | 3,0 |
| 30 | 2 | 283 | 6,1 | 1,000 | 0,429 | 0,506 | 13,9 | 4,7 | 40,9 | 40,0 | 612,4 | 165,5 |
| 31 | 52 | 333 | 9,3 | 0,905 | 0,573 | 0,299 | 13,2 | 32,9 | 28,0 | 249,0 | 1925,0 | 521,0 |
| 32 | 37 | 218 | 11,7 | 0,805 | 0,445 | 0,298 | 11,7 | 13,1 | 44,1 | 90,3 | 691,1 | 83,8 |

Ф_{Нвоор} – фондовооруженность труда сотрудников, работающих в сфере материальных производств (сложившаяся средняя величина);

Многомерный статистический анализ [2] позволяет получить от совокупности изучаемых признаков интегральные характеристики, призванные наилучшим способом формализовать исследуемый процесс.

Проведенные исследования по данному процессу позволили получить матрицу парных коэффициентов ранговой корреляции, которые представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица парных коэффициентов корреляционного исследования изучаемых факторов

Table 4 – Matrix of paired coefficients of the correlation study of the studied factors

| Коэф. | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 | U |
|-------|------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|------|
| X1 | 1,00 | | | | | | | | | | | |
| X2 | 0,28 | 1,00 | | | | | | | | | | |
| X3 | – 0,05 | –0,28 | 1,00 | | | | | | | | | |
| X4 | – 0,24 | 0,33 | 0,08 | 1,00 | | | | | | | | |
| X5 | – 0,18 | 0,23 | 0,47 | 0,54 | 1,00 | | | | | | | |
| X6 | – 0,29 | 0,08 | 0,13 | 0,24 | 0,58 | 1,00 | | | | | | |
| X7 | – 0,03 | 0,41 | –0,14 | 0,18 | 0,33 | 0,41 | 1,00 | | | | | |
| X8 | 0,20 | 0,40 | –0,01 | 0,38 | 0,35 | 0,24 | 0,54 | 1,00 | | | | |
| X9 | – 0,04 | 0,22 | 0,04 | –0,03 | 0,25 | 0,26 | 0,70 | 0,37 | 1,00 | | | |
| X10 | – 0,23 | 0,31 | –0,25 | 0,19 | 0,14 | 0,15 | 0,09 | 0,20 | –0,11 | 1,00 | | |
| X11 | – 0,23 | 0,36 | –0,16 | 0,34 | 0,17 | 0,08 | 0,36 | 0,26 | 0,03 | 0,57 | 1,00 | |
| У | 0,04 | 0,19 | 0,23 | 0,44 | 0,69 | 0,59 | 0,26 | 0,48 | –0,11 | 0,18 | 0,24 | 1,00 |

Исходя из содержания таблицы 4, основную значимость составляют изученные признаки, определяющие производственные характеристики сельскохозяйственных организаций Оренбургской области, что позволяет выявить скрытые факторы, влияющие на свойства сельхозпредприятий.

На информационной базе корреляционной матрицы изучаемых признаков составлена матрица собственных векторов (табл. 5) и факторных нагрузок (табл. 6).

Таблица 5 – Данные собственных векторов V из матричной корреляции R

Table 5 – Data of the eigenvectors V from the matrix correlation R

| № | Собственные векторы корреляционной матрицы | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | V1 | V2 | V3 | V4 | V5 | V6 | V7 | V8 | V9 | V10 | V11 |
| 1 | –0,029 | 0,33 | 0,18 | 0,69 | –0,05 | 0,02 | 0,15 | –0,16 | 0,02 | 0,47 | 0,02 |
| 2 | 0,37 | –0,07 | 0,07 | 0,5 | –0,19 | –0,08 | 0,53 | –0,17 | –0,28 | –0,66 | 0,07 |
| 3 | –0,07 | 0,35 | 0,43 | –0,27 | 0,68 | –0,08 | 0,16 | 0,25 | –0,17 | –0,23 | –0,18 |
| 4 | 0,32 | –0,12 | 0,43 | –0,28 | –0,31 | –0,56 | 0,27 | 0,13 | 0,12 | 0,14 | –0,03 |
| 5 | 0,14 | 0,22 | 0,48 | –0,12 | –0,6 | 0,63 | –0,25 | 0,07 | 0,13 | –0,07 | –0,07 |
| 6 | 0,29 | 0,12 | –0,07 | –0,44 | 0,23 | 0,22 | 0,21 | –0,73 | –0,06 | 0,28 | 0,17 |
| 7 | 0,45 | 0,18 | –0,36 | –0,03 | 0,04 | 0,09 | –0,04 | 0,14 | –0,21 | 0,25 | –0,73 |
| 8 | 0,41 | 0,18 | 0,08 | 0,15 | 0,15 | –0,36 | –0,66 | –0,14 | 0,33 | 0,03 | 0,15 |
| 9 | 0,32 | 0,37 | –0,45 | –0,04 | 0,07 | 0,18 | 0,19 | 0,39 | 0,27 | –0,23 | 0,46 |
| 10 | 0,23 | –0,57 | 0,12 | 0,07 | 0,27 | 0,25 | 0,08 | –0,09 | 0,58 | –0,07 | –0,22 |
| 11 | 0,33 | –0,42 | 0,12 | 0,01 | 0,13 | 0,18 | –0,21 | 0,37 | –0,55 | 0,32 | 0,34 |
| Собственные числа | 3,031 | 1,712 | 1,210 | 1,497 | 0,859 | 0,782 | 0,416 | 0,655 | 0,396 | 0,303 | 0,152 |

В таблице 5а представлено произведение матриц V^*R и V , то есть матрица V^*RV .

Таблица 5а – Матрица V^*RV собственных значений корреляционной матрицы R
Table 5a – Matrix V^*RV of the eigenvalues of the correlation matrix R

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 3,031 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0,1 | 0,04 | 0,08 | -0 | -0 |
| -0 | 1,712 | -0,2 | -0,1 | 0,11 | 0,05 | -0 | -0 | 0 | -0 | -0,1 |
| 0 | -0,2 | 1,210 | -0,4 | -0,1 | -0,1 | -0 | -0 | 0,02 | -0,1 | -0,1 |
| 0 | -0,1 | -0,4 | 1,497 | -0,2 | -0,4 | 0,09 | -0 | -0,1 | 0,04 | 0,07 |
| 0 | 0,11 | -0,1 | -0,2 | 0,859 | 0,17 | -0,2 | 0,08 | 0,04 | 0,04 | -0 |
| 0 | 0,05 | -0,1 | -0,4 | 0,17 | 0,782 | 0,05 | -0,1 | 0,01 | -0 | -0 |
| -0,1 | -0 | -0 | 0,09 | -0,2 | 0,05 | 0,416 | -0,1 | -0,1 | -0,2 | 0,01 |
| 0,04 | -0 | -0 | -0 | 0,08 | -0,1 | -0,1 | 0,655 | -0,1 | -0,1 | 0,02 |
| 0,08 | 0 | 0,02 | -0,1 | 0,04 | 0,01 | -0,1 | -0,1 | 0,396 | -0 | 0,01 |
| -0 | -0 | -0,1 | 0,04 | 0,04 | -0 | -0,2 | -0,1 | -0 | 0,303 | -0 |
| -0 | -0,1 | -0,1 | 0,07 | -0 | -0 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | -0 | 0,152 |

Исходя из значений векторов v_r , значения λ_r матричной корреляции R , матричные столбцы факторных нагрузок определим следующим образом:

$$a_r = (\lambda_r)^{0,5} \cdot v_r.$$

Далее в табличном виде представлены факторные нагрузки (табл. 6).

Таблица 6 – Факторные нагрузки
Table 6 – Factor loads

| X_i | a1 | a2 | a3 | a4 | a5 | a6 | a7 | a8 | a9 | a10 | a11 |
|---------------|-------------|--------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| X1 | -0,11 | 0,41 | 0,21 | 0,81 | -0,11 | 0,001 | 0,11 | -0,11 | 0,001 | 0,304 | 0,001 |
| X2 | 0,72 | -0,12 | 0,12 | 0,51 | -0,22 | -0,11 | 0,32 | -0,12 | 0,201 | 0,401 | 0,001 |
| X3 | -0,11 | 0,43 | 0,51 | -0,32 | 0,62 | -0,12 | 0,11 | 0,22 | 0,102 | 0,103 | 0,102 |
| X4 | 0,53 | -0,14 | 0,51 | -0,43 | -0,31 | -0,53 | 0,21 | 0,13 | 0,104 | 0,102 | 0,002 |
| X5 | 0,21 | 0,32 | 0,52 | -0,11 | -0,51 | 0,61 | -0,22 | 0,14 | 0,105 | 0,001 | 0,003 |
| X6 | 0,52 | 0,22 | -0,11 | -0,52 | 0,21 | 0,21 | 0,13 | -0,61 | 0,102 | 0,105 | 0,101 |
| X7 | 0,81 | 0,24 | -0,41 | 0,01 | 0,01 | 0,12 | 0,001 | 0,14 | 0,106 | 0,102 | 0,301 |
| X8 | 0,72 | 0,22 | 0,11 | 0,21 | 0,22 | -0,33 | 0,401 | -0,11 | 0,207 | 0,001 | 0,103 |
| X9 | 0,53 | 0,51 | -0,53 | -0,13 | 0,13 | 0,21 | 0,12 | 0,33 | 0,208 | 0,107 | 0,202 |
| X10 | 0,44 | -0,71 | 0,12 | 0,14 | 0,31 | 0,22 | 0,11 | -0,12 | 0,402 | 0,001 | 0,101 |
| X11 | 0,62 | -0,62 | 0,21 | 0,01 | 0,11 | 0,21 | -0,13 | 0,31 | 0,303 | 0,208 | 0,103 |
| Собств. числа | 3,0 | 1,7 | 1,2 | 1,5 | 0,9 | 0,8 | 0,4 | 0,7 | 0,4 | 0,3 | 0,2 |

Главные компоненты в матрице определяем как $B = A^T \cdot X$, где A^T – матрица весов A , полученная путем замены строк на столбцы в исходной матрице – транспонированная (со столбцами a_1, a_2, \dots, a_k). Матрица ковариаций $B \cdot B^T$ является диагональной из-за ортогональности главных компонент с диагональными параметрами λ_i . На основе исследований Н.Я. Головецкого «приведены главные компоненты (факторы влияния) [1]», представленные в табл. 7.

Таблица 7 – Главные компоненты (факторы)**Table 7 – Main components (factors)**

| Главные компоненты (факторы) | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| № | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 | F10 | F11 | Y |
| 1 | -0,481 | -3,242 | 2,211 | 0,333 | -1,133 | -1,342 | 0,361 | -1,023 | 0,681 | -1,001 | 0,222 | 1,73 |
| 2 | 2,671 | 2,171 | -2,082 | 0,561 | 0,162 | -0,374 | -0,054 | 0,784 | 0,001 | -0,961 | -0,042 | 19,111 |
| 3 | 3,191 | -2,641 | -1,072 | -0,181 | 0,452 | 1,223 | -0,111 | 2,622 | -1,631 | -0,311 | 0,501 | -83,411 |
| 4 | 4,711 | 1,811 | -1,861 | 0,472 | -0,063 | -0,984 | -0,201 | -0,301 | 1,162 | -0,061 | 0,123 | 62,011 |
| 5 | -1,901 | 1,152 | -0,021 | -0,601 | -0,122 | -0,491 | -0,114 | 0,894 | -0,013 | 0,462 | -0,021 | -7,112 |
| 6 | 0,741 | 0,042 | -0,983 | -2,284 | 2,051 | 1,333 | -0,303 | -1,254 | 0,772 | 1,161 | -0,422 | 260,011 |
| 7 | -1,231 | 0,372 | -1,221 | -1,024 | 0,841 | 0,462 | -1,643 | 0,624 | 0,871 | -0,122 | 0,343 | 2,411 |
| 8 | -1,784 | 0,983 | -0,792 | 0,321 | 0,191 | 0,294 | -1,221 | -0,261 | 0,0001 | 0,931 | -0,344 | -64,923 |
| 9 | 0,0001 | 0,522 | 0,811 | -0,572 | 0,483 | -0,894 | 0,553 | 0,352 | -0,341 | -0,783 | 0,582 | 66,811 |
| 10 | -0,522 | 1,331 | 0,552 | 2,181 | -0,212 | -0,533 | 0,844 | -0,164 | 0,011 | -0,121 | 0,331 | 22,62 |
| 11 | 1,481 | -1,373 | 0,892 | -1,442 | 1,571 | -0,194 | 0,703 | 0,762 | 0,691 | -0,933 | -0,812 | 62,82 |
| 12 | -0,562 | 0,833 | -0,293 | 1,454 | -0,321 | -0,183 | 0,242 | 0,293 | -0,232 | -0,511 | 0,301 | 7,92 |
| 13 | -0,631 | 0,674 | -0,513 | -1,342 | 1,351 | 1,182 | 0,691 | -1,612 | -0,453 | 0,121 | 0,932 | 93,21 |
| 14 | -1,161 | 0,002 | -0,333 | 1,211 | -1,282 | -0,131 | 0,272 | 0,463 | -0,101 | 0,352 | 0,071 | -11,911 |
| 15 | 0,042 | -2,112 | 0,291 | -0,252 | -0,313 | 0,223 | -0,284 | 0,161 | -0,253 | 0,701 | -0,142 | 50,91 |
| 16 | -1,682 | -0,331 | -0,852 | 0,291 | -0,671 | 0,492 | -0,263 | 0,051 | -0,324 | -0,161 | -0,021 | 0,41 |
| 17 | -1,571 | -0,082 | -0,454 | 1,411 | -0,363 | 0,521 | 0,222 | 0,361 | -0,115 | -0,641 | 0,014 | 16,23 |
| 18 | -0,0832 | -2,561 | -0,2911 | 0,3022 | 0,0111 | 1,1241 | 0,1812 | -0,452 | 1,361 | -0,512 | 0,5143 | -62,122 |
| 19 | -0,491 | 1,192 | 0,671 | -1,562 | 1,361 | -0,473 | 0,704 | -0,681 | -0,542 | -0,723 | 0,202 | 196,211 |
| 20 | 0,681 | -0,011 | 0,371 | -0,662 | -0,221 | -0,962 | 0,321 | -0,532 | 0,491 | -0,053 | 0,201 | 257,11 |
| 21 | -1,071 | 0,283 | 0,224 | 0,931 | -0,163 | -0,522 | -1,011 | 0,093 | 0,112 | 0,611 | -0,142 | -45,61 |
| 22 | -0,951 | -0,912 | -0,644 | -0,351 | -1,062 | -0,073 | -0,481 | -0,692 | 0,983 | 0,374 | 0,081 | -1,62 |
| 23 | -1,902 | -0,233 | 0,481 | 0,442 | -0,791 | -0,432 | -0,071 | 0,663 | -0,562 | 0,482 | -0,052 | -21,72 |
| 24 | -1,584 | -0,504 | 0,272 | -1,903 | 0,132 | -0,462 | -0,632 | 0,512 | -0,343 | 0,291 | -0,563 | 60,81 |
| 25 | -1,073 | 0,882 | 0,863 | -0,121 | 1,093 | -0,401 | 0,023 | 0,274 | -0,654 | 0,083 | -0,454 | 45,63 |
| 26 | -0,751 | 0,941 | 0,644 | 0,252 | 0,454 | -0,391 | 0,411 | 0,032 | -0,382 | 0,434 | -0,071 | 89,42 |
| 27 | -0,812 | 0,572 | 0,112 | 0,615 | 0,252 | -0,222 | -0,174 | 0,491 | 0,411 | -0,113 | 0,502 | 24,91 |
| 28 | -1,382 | 0,513 | 0,801 | -0,852 | 0,831 | -0,433 | 0,532 | 0,443 | -0,063 | -0,522 | -0,374 | 121,24 |
| 29 | -0,151 | 0,074 | -1,653 | 3,202 | -0,874 | 1,532 | 1,023 | -1,324 | -0,192 | -0,183 | -0,923 | 3,03 |
| 30 | 2,003 | -0,371 | -0,992 | -1,881 | -1,232 | -0,314 | 1,561 | -1,163 | -1,411 | 0,111 | -0,341 | 165,52 |
| 31 | 4,151 | -1,732 | 1,671 | 1,834 | 0,421 | -1,403 | -1,294 | -0,812 | -0,364 | 1,524 | -0,192 | 521,01 |
| 32 | 2,052 | 1,773 | 3,174 | -0,791 | -2,864 | 2,812 | -0,801 | 0,391 | 0,393 | 0,072 | -0,012 | 83,83 |
| Сред | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60,52 |
| Дисп | 3,031 | 1,712 | 1,210 | 1,497 | 0,859 | 0,782 | 0,416 | 0,655 | 0,396 | 0,303 | 0,152 | 13514,2 |
| Сум. | 3,19 | 4,96 | 6,34 | 7,97 | 8,50 | 9,15 | 9,57 | 10,23 | 10,67 | 11,06 | 11,23 | |
| % | 28,4 | 44,2 | 56,5 | 71,0 | 75,7 | 81,5 | 85,2 | 91,1 | 95,0 | 98,5 | 100 | |

В таблице 7 «показаны расчеты главных компонент (факторов влияния) и показатели дисперсии выборки» [1].

Значения коэффициентов корреляции по связи главных компонент с исследуемыми признаками или корреляционные взаимоотношения признаков с главными компонентами приведены в таблице 8 [10].

Таблица 8 – Корреляционные взаимоотношения признаков с главными компонентами
Table 8 – Correlation relationships of characteristics with the main components

| Корреляция факторов с признаками (значимы для 5 % уровня значимости коэффициенты ABS(R) > 0,35) | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Признаки | | | | | | | | | | | |
| Факторы | Sr | So | У | R | М | СКО | О | С | В | Э | К |
| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 | X11 |
| F1 | -0,07 | 0,66 | -0,17 | 0,53 | 0,50 | 0,48 | 0,80 | 0,72 | 0,53 | 0,44 | 0,61 |
| F2 | 0,41 | -0,12 | 0,42 | -0,19 | 0,15 | 0,12 | 0,23 | 0,18 | 0,51 | -0,75 | -0,60 |
| F3 | 0,12 | 0,04 | 0,38 | 0,51 | 0,25 | -0,09 | -0,47 | 0,01 | -0,57 | 0,13 | 0,15 |
| F4 | 0,81 | 0,48 | -0,42 | -0,32 | -0,42 | -0,55 | -0,01 | 0,19 | -0,05 | 0,04 | -0,01 |
| F5 | -0,26 | -0,28 | 0,63 | -0,20 | 0,35 | 0,31 | 0,08 | 0,12 | 0,15 | 0,16 | 0,06 |
| F6 | -0,06 | -0,13 | -0,15 | -0,47 | -0,18 | 0,18 | 0,11 | -0,35 | 0,21 | 0,15 | 0,11 |
| F7 | 0,03 | 0,44 | 0,09 | 0,12 | 0,26 | 0,21 | -0,03 | -0,41 | 0,06 | -0,01 | -0,17 |
| F8 | -0,17 | -0,11 | 0,21 | 0,06 | -0,12 | -0,62 | 0,11 | -0,09 | 0,28 | -0,12 | 0,33 |
| F9 | -0,01 | -0,20 | -0,14 | 0,00 | -0,03 | 0,02 | -0,17 | 0,29 | 0,09 | 0,36 | -0,37 |
| F10 | 0,24 | -0,40 | -0,17 | -0,02 | -0,09 | 0,19 | 0,14 | 0,15 | -0,24 | -0,07 | 0,17 |
| F11 | -0,05 | 0,04 | -0,03 | -0,01 | -0,03 | 0,01 | -0,31 | 0,06 | 0,22 | -0,06 | 0,10 |

Физический смысл значения факторов оценивается на базе по признаку, показывающему более значимую корреляционную связь с факторами (абсолютная величина) и имеющему значительную фактическую нагрузку. При выполнении этих признаков в основном применяется определенная значимость эмпирических критериев, допустимых $a_{ij} \geq 0,6$

Общую дисперсию и ее часть, объясняющиеся признаками, которые мы исследуем, иногда целесообразно включать в изучаемую среду; факторы, которые показывают параметры изменения изучаемых признаков, представлены для анализа. При применении критериальных значений $\lambda_r > 1$ (именно когда изучаемые собственные числа корреляционной матрицы больше единицы).

На наш взгляд, в этом случае необходимо выявить значения первых четырех главных компонент. Суммарные значения вклада всех (четырех) главных компонент в значение общей дисперсии выражаются 67,62 %, которые представлены в таблице 9 и продемонстрированы на рис. 2.

Таблица 9 – Вес общей дисперсии, объясняемый значениями факторов, и их вес в суммарном исчислении общей дисперсии признаков

Table 9 – Weight of the total variance, explained by the values of the factors, and their weight in the total calculation of the total variance of signs

| Наименование | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 | F6 | F7 | F8 | F9 | F10 | F11 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Собственные числа | 3,031 | 1,712 | 1,210 | 1,487 | 0,859 | 0,782 | 0,416 | 0,655 | 0,396 | 0,303 | 0,152 |
| Доля F_i | 0,276 | 0,155 | 0,111 | 0,136 | 0,077 | 0,072 | 0,039 | 0,060 | 0,037 | 0,029 | 0,015 |
| Суммарный вклад, % | 27,6 | 43,2 | 54,2 | 67,7 | 75,5 | 82,6 | 86,4 | 92,5 | 95,7 | 98,5 | 100,0 |



Рис. 2 – Динамика суммарной дисперсии главных компонент от общей суммы их вкладов, %
 Fig. 2 – Dynamics of the total dispersion of the main components of the total amount of their contributions, %

Данные таблиц 8 и 9 подтверждают тесную взаимосвязь (линейную) первой главной компоненты с факторами, которые определяют профессионализм специалистов и рабочих сельхозпредприятия конкретно в области производства материальных благ (продукции). Вклад первой компоненты в общей суммарной дисперсии факторных нагрузок определяется 27,6 % и оценивается как «потенциал трудового коллектива сельхозтоваропроизводителей». По главной компоненте второго номера можно отличать, что она достаточно эффективно взаимосвязана по линейному принципу с факторами, которые определяют составляющую технической обеспеченности сотрудников производственной сферы. Ее вес в общей дисперсии признаков (факторов) составляет 15,6 %, а суммарное значение вклада двух компонент – 43,2 %.

Вторую компоненту можно охарактеризовать как техническую составляющую вооруженности работников сельскохозяйственной организации «техническая организация».

Третья главная компонента существенно взаимодействует с факторами, определяющими профессионализм руководства в сельскохозяйственных организациях, а также рентабельность производства. Данные признаки в дисперсии признаков составляют 11 %, а суммарный вклад трех главных компонент определяется как 54,2 %. Данную (третью) компоненту возможно оценить как качество профессионального руководства сельскохозяйственной организации.

Четвертая главная компонента наиболее значимо взаимодействует с факторами, которые определяют условия производства сельскохозяйственной продукции (погодные условия, составляющие производства сельхозпродукции, качество земли, оптимальные грузоперевозки продукции). Ее вес в дисперсии признаков составляет 13,6 % и характеризует условия ведения бизнеса.

Заключение

Исследование показывает, что вариации производительности труда у сельхозпроизводителей Оренбургского региона определяются конкретными условиями производства продукции, зависящей от технической вооруженности, работоспособности и профессионализма трудового коллектива.

Главные компоненты, приведенные в работе, можно использовать для ранжирования и классификации сельхозпредприятий по уровню производительности труда и инвестиционной привлекательности, определяемых рангом и уровнем в классификации данных предприятий в связи с влиянием на них совокупности факторов.

В таблице 10 приведены классификации выбранных сельскохозяйственных организаций. Выбор этих организаций конкретизирован по трем группам на основе величины главных компонент: группа первая – самые большие средние значения признаков, связанных с главной компонентой, и высокая производительность труда (оценка «хорошо»); 2-я группа – средние значения признаков и производительности труда (оценка «удовлетворительно»); 3-я группа – низкие средние значения признаков данных сельскохозяйственных предприятий и производительности труда («плохо»).

Эти классификации характеризует профессионализм и работоспособность сотрудников сельхозпредприятий в сфере материального производства по значению главной компоненты.

Таблица 10 – Результаты классификации сельскохозяйственных организаций по величине первой главной компоненты

Table 10 – Classification results of agricultural organizations by the size of the first main component

| 1-я группа = от 0 до 5 | | | | | | | | |
|--------------------------|-----|-----------------|----------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| № | Код | Район | Предприятие | F1 | W | O | C | B |
| 1 | 4 | Абдулинский | Шалтинец | 4,71218 | 62 | 16,0 | 31,1 | 65,5 |
| 2 | 31 | Курманаевский | Надежда | 4,15465 | 521 | 13,2 | 32,9 | 28,0 |
| 3 | 3 | Абдулинский | Салис | 3,19463 | -83,4 | 14,1 | 8,4 | 52,7 |
| 4 | 2 | Абдулинский | Усмановское | 2,66548 | 19,1 | 15,2 | 21,9 | 62,7 |
| 5 | 32 | Курманаевский | Элит | 2,05476 | 83,8 | 11,7 | 13,1 | 44,1 |
| 6 | 30 | Курманаевский | Смарт-Агро | 2,00142 | 165,5 | 13,9 | 4,7 | 40,9 |
| 7 | 11 | Ташлинский | Плодовое | 1,48452 | 62,8 | 12,0 | 10,3 | 41,3 |
| 8 | 6 | Оренбургский | Приуральский | 0,74162 | 260 | 12,8 | 10,7 | 44,1 |
| 9 | 20 | Сорочинский | Войковское | 0,68439 | 257,1 | 10,6 | 13,8 | 40,2 |
| 10 | 15 | Новосергеевский | Платовская | 0,04224 | 50,9 | 10,6 | 6,5 | 30,9 |
| 11 | 9 | Ташлинский | Калинина | 0,00027 | 66,8 | 9,7 | 11,5 | 41,6 |
| Среднее | | | | 1,976 | 133,2 | 12,7 | 15,0 | 44,7 |
| 2-я группа = от -1 до 0 | | | | | | | | |
| 1 | 18 | Сорочинский | Уранское | -0,07744 | -62,1 | 8,9 | 6,3 | 38,7 |
| 2 | 29 | Курманаевский | Единство | -0,15397 | 3 | 12,7 | 4,7 | 38,0 |
| 3 | 1 | Абдулинский | Чемизла | -0,47836 | 1,7 | 6,8 | 10,6 | 17,2 |
| 4 | 19 | Сорочинский | Бурдыгинское | -0,49172 | 196,2 | 10,0 | 10,1 | 38,2 |
| 5 | 10 | Ташлинский | Бородинск | -0,51755 | 22,6 | 9,8 | 11,0 | 41,7 |
| 6 | 12 | Ташлинский | Раннее | -0,56357 | 7,9 | 10,4 | 10,5 | 42,6 |
| 7 | 13 | Новосергеевский | Крестьянское | -0,62591 | 93,2 | 9,6 | 5,5 | 42,1 |
| 8 | 26 | Саракташский | Восход | -0,75077 | 89,4 | 10,5 | 8,4 | 37,7 |
| 9 | 27 | Саракташский | Дружба | -0,81204 | 24,9 | 9,5 | 11,3 | 43,2 |
| 10 | 22 | Переволоцкий | Дубрава | -0,95066 | -1,6 | 9,7 | 8,6 | 35,3 |
| Среднее | | | | -0,542 | -0,5 | 9,8 | 8,7 | 37,5 |
| 3-я группа = от -2 до -1 | | | | | | | | |
| 1 | 25 | Саракташский | Красногорский | -1,06521 | 45,6 | 11 | 9,5 | 33,5 |
| 2 | 21 | Переволоцкий | Чесноковское | -1,07305 | -45,6 | 10 | 14 | 32,7 |
| 3 | 14 | Новосергеевский | Среднеуранский | -1,15977 | -11,9 | 10 | 4,4 | 39,1 |
| 4 | 7 | Оренбургский | Урал | -1,23399 | 2,4 | 10 | 14 | 44,9 |
| 5 | 28 | Саракташский | Сархладпродукт | -1,37699 | 121,2 | 9,9 | 5,4 | 36,3 |
| 6 | 17 | Сорочинский | Победитель | -1,56545 | 16,2 | 9,7 | 4,5 | 37,9 |
| 7 | 24 | Переволоцкий | Партнер | -1,58308 | 60,8 | 10 | 5,5 | 29,9 |
| 8 | 16 | Новосергеевский | Хуторское | -1,67930 | 0,4 | 10 | 4,2 | 35,1 |
| 9 | 8 | Оренбургский | Чкаловский | -1,77734 | -64,9 | 11 | 11 | 34,9 |
| 10 | 23 | Переволоцкий | Сенное | -1,89520 | -21,7 | 9,4 | 3,5 | 31,4 |
| 11 | 5 | Оренбургский | Колос | -1,90481 | -7,1 | 10 | 5 | 41,2 |
| Среднее | | | | -1,483 | 8,7 | 10 | 7,4 | 36,1 |

Исходные табличные данные подчеркивают, что на сельхозпредприятиях первой группы, имеющих значительные показатели усредненных значений первой главной компоненты (по сравнению со второй и третьей группами), более высокий профессионализм и работоспособность работников, занятых в сфере материального производства, что подтверждается большими значениями средних показателей по образованию, по стажу работника, по возрасту. Все это позволяет поддерживать значительно большую производительность труда по сравнению с другими группами. Эти данные подтверждают, что при необходимости (по уровню величины главной компоненты) можно обоснованно оценить профессионализм и работоспособность коллектива организации, занятого в материальном производстве, что позволяет определить и инвестиционную привлекательность данных организаций.

Предлагаемая методика не только представляет объективный подход к выбору организации для вложения инвестиций, но и позволяет значительно снизить временность потери финансовых средств инвесторов, при этом она может быть применена с успехом инвесторами для других регионов России.

Библиографический список

1. Головецкий Н.Я., Терехова А.И. Инвестиционная привлекательность аграрного сектора экономики в условиях импортозамещения // *Науковедение*. 2015. Т. 7. № 5. С. 30. DOI: <http://dx.doi.org/10.15862/104EVN515>.
2. Дубров А.М. Обработка статистических данных методом главных компонент. Москва: Статистика, 1978.
3. Анализ инвестиционной привлекательности организации: научное издание / Д.А. Ендовицкий, В.А. Бабушкин, Н.А. Батурина [и др.]; под ред. Д.А. Ендовицкого. Москва: КНОРУС, 2012. 376 с.
4. Иванов В.А., Авакян К.Г. Сравнительный анализ методик оценки инвестиционной привлекательности предприятия // *Вестник Удмуртского Университета. Серия: Экономика и право*. 2010. № 3. С. 22–28. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15056688>.
5. Крейнина М.Н. Финансовый менеджмент: учеб. пособие. Москва: Дело и Сервис, 2010. 304 с.
6. Матвеев Т.Н. Оценка инвестиционной привлекательности предприятия // *Труды МГТА*. 26.09.11. URL: http://e-magazine.meli.ru/vipusk_19/262_v19_Matveev.doc (дата обращения: 08.11.2016).
7. Месропян М.А., Панова В.А. Инвестиционная привлекательность предприятия // *Молодой ученый*. 2016. № 23. С. 255–257. URL <https://moluch.ru/archive/127/35161> (дата обращения: 04.04.2018).
8. Огородников П.И., Базаров М.К., Коловертнова М.Ю., Матвеева О.Б. Производительность труда и ее анализ методом главных компонент // *Повышение производительности труда как ключевое направление региональной промышленной политики и основа неоиндустриального подъема инновационной конкурентоспособности корпораций: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Пермь, ПГНИУ, 3 дек. 2015 г.)* / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. С. 153–158. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26372175>.
9. Огородников П.И., Базаров М.К., Матвеева О.Б. Работоспособность трудового коллектива является основным фактором оценки инвестиционной привлекательности сельскохозяйственной организации // *Инновационная наука*. 2015. № 10 (Ч. 2). С. 118–121. ISSN 2410–6070. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24356946>.
10. Базаров М.К. Компонентный анализ производительности труда на сельскохозяйственных предприятиях. // *Экономика и предпринимательство*. 2017. № 2–2 (79). С. 560–569. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28930094>.
11. Шулятьева Г.М. Инновации в хозяйствах населения как фактор развития предпринимательства на селе // *Экономика и предпринимательство*. 2015. № 9–1 (62–1). С. 945–948. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-hozyaystvah-naseleniya-kak-faktor-razvitiya-selskih-territoriy>.

References

1. Goloveckiy N.Ya., Terekhova A.I. Investment attractiveness of the agricultural sector in the context of import substitution. *Naukovedenie*, 2015, vol. 5, p. 30. DOI: <http://dx.doi.org/10.15862/104EVN515> (In Russ.)
2. Dubrov A.M. Processing statistical data using the principal component method. Moscow: Statistika, 1978. (In Russ.)
3. Endovitsky D.A., Babushkin V.A., Baturina N.A. et al. Analysis of the investment attractiveness of an organization: scientific publication. Endovitsky D.A. (Ed.). Moscow: KNORUS, 2012, 376 p. (In Russ.)
4. Ivanov V.A., Avakyan K.G. Comparative analysis of estimation methods of company investment attractiveness. *Bulletin of Udmurt University. Series: Economics and Law*, 2010, no. 3, pp. 22–28. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15056688>. (In Russ.)
5. Kreinina M.N. Financial management: textbook. Moscow: Delo i Servis, 2010, 304 p. (In Russ.)
6. Matveev T.N. Estimate of investment attractiveness of an enterprise. *Trudy MGTA*. 26.09.11. Available at: http://e-magazine.meli.ru/vipusk_19/262_v19_Matveev.doc (accessed 08.11.2016). (In Russ.)
7. Mesropyan M.A., Panova V.A. Investment attractiveness of an enterprise. *Molodoy uchenyy*, 2016, no. 23, pp. 255–257. Available at: <https://moluch.ru/archive/127/35161> (accessed 04.04.2018). (In Russ.)
8. Gardeners P.I., Markets M.K., Kolovertnova M.Yu., Matveeva O.B. Labour productivity and its analysis method main the component. In: *Increasing labor productivity as a key area of regional industrial policy and the basis of the neo-industrial upsurge of innovative competitiveness of corporations: proceedings of the VIII International research and practical conference (Perm, PSNIU, December 3, 2015)*. Perm, 2015, pp. 153–158. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26372175>. (In Russ.)
9. Ogorodnikov P.I., Bazarov M.K., Matveeva O.B. The efficiency of labour collective is the main factor in assessing the investment attractiveness of an agricultural organization. *Innovatsionnaya nauka*, 2015, no. 10 (Part 2), pp. 118–121. ISSN 2410–6070. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24356946>. (In Russ.)
10. Basarov M.K. Component analysis of productivity in agricultural enterprises. *Journal of Economy and entrepreneurship*, 2017, no. 2–2 (79), pp. 560–569. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28930094>. (In Russ.)
11. Shulyatyeva G.M. Innovations in households as a factor in the development of entrepreneurship in rural areas. *Journal of Economy and entrepreneurship*, 2015, no. 9–1 (62–1), pp. 945–948. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-hozyaystvah-naseleniya-kak-faktor-razvitiya-selskih-territoriy>. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-49-55

Дата: поступления статьи / Submitted: 14.01.2020

УДК 332.122

после рецензирования / Revised: 21.02.2020



Научная статья / Scientific article

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

Т.А. Оруч

Поволжский государственный университет сервиса, г. Тольятти, Российская Федерация

E-mail: oruch_t@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2398-5298>

Особые экономические зоны России: оценка эффективности деятельности и практика привлечения инвестиций

Аннотация: Вступление Российской Федерации в число пяти наиболее крупных мировых экономик может быть обеспечено за счет реализации новых инвестиционных проектов в промышленной сфере, увеличения степени локализации производства, а также внедрения инновационных производственных технологий. Все это является необходимыми условиями для выхода российской экономики на устойчивую траекторию роста, повышения конкурентоспособности предприятий на международном рынке высокотехнологичной продукции. Основным способом реализации поставленной задачи стал переход к модели роста, основанной на повышении инвестиционной привлекательности России и инвестиционной активности предприятий. Один из основных драйверов формирования экономики нового поколения – развитая инфраструктура, ключевым элементом которой служат особые экономические зоны. Созданные и функционирующие в России особые экономические зоны являются важным инструментом привлечения инвестиций и масштабным проектом по развитию экономики регионов страны за счет привлечения инвестиций в приоритетные виды экономической деятельности. В процессе многочисленных исследований было выявлено, что создание в регионах, имеющих высокий уровень инвестиционного развития и привлекательности, особых экономических зон имеет положительное влияние нового особого режима ведения предпринимательской деятельности на результаты инвестиционного развития регионов страны. В статье рассматриваются показатели эффективности деятельности особых экономических зон и приводится оценка их инвестиционной привлекательности.

Ключевые слова: особые экономические зоны, типы ОЭЗ, элементы особого режима ОЭЗ, показатели, эффективность, инвестиционная привлекательность, эффективность привлечения инвестиций, рейтинг инвестиционной привлекательности ОЭЗ.

Цитирование. Оруч Т.А. Особые экономические зоны России: оценка эффективности деятельности и практика привлечения инвестиций // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 49–55. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-49-55>.

Информация о конфликте интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Т.А. Оруч

Volga Region State University of Service, Togliatti, Russian Federation

E-mail: oruch_t@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2398-5298>

Special economic zones of Russia: evaluation of efficiency of activity and practice of attracting investments

Abstract: Russia's entry into the five largest economies in the world will be ensured through the implementation of new investment projects in industry, increasing the level of production localization and the mass introduction of advanced production technologies. This is a necessary condition for the Russian economy to enter a stable growth path, increase the competitiveness of enterprises in the world market of high-tech products. The only way to accomplish this task is to switch to a growth model based on increasing the investment attractiveness of Russia and the investment activity of enterprises. One of the main drivers of the formation of a new generation economy is a developed infrastructure, the key element of which are special economic zones. The special economic zones created and functioning in Russia are an important tool for attracting investments and a large-scale project to develop the economy of the country's regions by attracting investments in priority types of economic activity. In the process of numerous studies, it was found that the creation in regions with a high level of investment development and attractiveness of special economic zones has a positive effect of a new special regime of doing business on the results of investment development of the country's regions. The article discusses the performance indicators of special economic zones and provides an assessment of their investment attractiveness.

Key words: special economic zones, types of special economic zones, elements of a special regime of special economic zones, indicators, efficiency, investment attractiveness, investment attraction efficiency, investment attractiveness rating of special economic zones.

Citation. Oruch T.A. Special economic zones of Russia: evaluation of efficiency of activity and practice of attracting investments. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 49–55. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-49-55>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: author declares no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

© Татьяна Анатольевна Оруч – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Многофункциональная экономика и развитие территории», Поволжский государственный университет сервиса, 445017, Самарская область, г. Тольятти, ул. Гагарина, 4.

© Tatyana A. Oruch – Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Multifunctional Economics and Territory Development, Volga Region State University of Service, 4, Gagarin Street, Togliatti, 445017, Russian Federation.

Введение

В регионах Российской Федерации создаются и функционируют особые экономические зоны (ОЭЗ) 4 типов: промышленно-производственного, технико-внедренческого, туристско-рекреационного типа и портовые особые экономические зоны. На настоящий момент в России действует 26 ОЭЗ (10 промышленно-производственных, 6 технико-внедренческих, 9 туристско-рекреационных и 1 портовая) [1].

За годы функционирования ОЭЗ в стране общий объем заявленных инвестиций составил порядка 900 млрд рублей, вложенных частных инвестиций – более 360 млрд рублей (в том числе 203,9 млрд рублей иностранных инвестиций), было создано более 36 тысяч рабочих мест, уплачено порядка 79,3 млрд рублей налогов и таможенных платежей. В структуре прямых инвестиций по источникам финансирования преобладают частные инвестиции резидентов, которые в 2018 году нарастающим итогом составляют 91,3 %, что является положительным фактором развития инвестиционной деятельности региона и отражает заинтересованность частного сектора в развитии отдельных регионов и продуктивную работу государства в обеспечении условий роста инвестиционной привлекательности регионов. Наглядным в этом плане представляется не только рост доли частных инвестиций резидентов ОЭЗ нарастающим итогом, но и создание и развитие отдельных особых экономических зон без участия государственного финансирования как на федеральном, так и на региональном уровне. Получается, что особые экономические зоны направлены на создание привлекательных условий для реализации долгосрочных инвестиционных проектов [2].

В этой связи возникает необходимость оценки эффективности деятельности особых экономических зон, а также изучения вопроса привлечения инвестиций в них. В статье исследование выполняется на примере особой экономической зоны промышленно-производственного типа «Тольятти» (ОЭЗ ППТ «Тольятти»).

Ход исследования

Одним из наиболее эффективных инструментов пространственного развития экономики России служит «государственный институт ОЭЗ, давно зарекомендовавший себя в качестве драйвера реализации высокотехнологичных проектов в приоритетных отраслях экономики страны и повышения ее инвестиционной привлекательности в целом» [3]. Успешность развития ОЭЗ во многом зависит от обеспечения максимально комфортных условий для осуществления на их территории предпринимательской деятельности.

Особой экономической зоной является «территория, которая имеет особый юридический статус по отношению к остальной территории страны и льготные экономические условия для предпринимателей» [1]. Основные элементы особого режима предпринимательской деятельности таких экономических зон представлены на рис. 1 [4].

| | |
|--|--|
| Особый административный режим | •Снижение административных барьеров, принцип "одного окна" |
| Особый налоговый режим | •Снижение ставок налога на прибыль и социальных взносов, освобождение от земельного и транспортного налогов на 5 лет |
| Особый таможенный режим | •Режим свободной таможенной зоны |
| Вся необходимая инфраструктура | •Офисные помещения, газ, вода, энергия и т. д. |
| Гарантии | •Неизменность предоставленных преференций гарантируется Правительством РФ |
| Прозрачная система управления ОЭЗ | •Задействованные в управлении органы: Минэкономразвития России, ОЭЗ, субъекты РФ |
| Доступ к квалифицированным кадровым ресурсам | •Научные и образовательные центры |

Рис. 1 – Элементы особого режима предпринимательской деятельности ОЭЗ

Fig. 1 – Elements of a special business regime of the SEZ

Рассматривая ОЭЗ ППТ «Тольятти», необходимо отметить, что «созданная в 2010 г. ОЭЗ сегодня является одним из лидеров федерального проекта по созданию особых экономических зон в регионах России. ОЭЗ расположена в непосредственной близости от г. Тольятти (2 км) и крупнейшего российского автосборочного завода альянса АВТОВАЗ – Renault – Nissan, GM-АВТОВАЗ. Большая часть территории ОЭЗ обеспечена всеми видами инфраструктуры и энергоресурсов из числа необходимых для ведения промышленно-производственной деятельности. При локализации производства в ОЭЗ инвесторы могут получить значительные преимущества и льготы, гарантированные государством» [5].

Показатели, характеризующие деятельность ОЭЗ ППТ «Тольятти», отображены в табл. 1.

Таблица 1 – Показатели эффективности деятельности ОЭЗ ППТ «Тольятти» за 2011–2018 гг.
Table 1 – Performance indicators of the SEZ PPT «Togliatti» for 2011–2018

| Показатели | Годы | | | | | | | |
|---|------|------|---------|---------|---------|-------|----------|---------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Объем осуществленных инвестиций в создание объектов инфраструктуры, млн руб. | 58 | 510 | 1828,75 | 4413,13 | 5362,75 | 6887 | 7022,3 | 5365,8 |
| Количество резидентов | – | 5 | 11 | 15 | 16 | 18 | 20 | 22 |
| Количество работающих производств | – | – | – | 1 | 5 | 6 | 8 | 10 |
| Доля работающих производств в общем количестве резидентов, % | – | – | – | 6,7 | 31,3 | 33,3 | 40,0 | 45,5 |
| Объем осуществленных резидентами инвестиций, млн руб. | 1,9 | 3,53 | 286,48 | 3561,63 | 7130,94 | 8678 | 10409,40 | 12361,2 |
| Количество созданных резидентами рабочих мест | – | 12 | 86 | 206 | 284 | 574 | 1077 | 1321 |
| Объем налогов и таможенных платежей, перечисленных резидентами в бюджет, и использованных резидентами налоговых льгот, млн руб. | – | 44,8 | 110,8 | 230 | 440,22 | 297,5 | 521,9 | 368,2 |
| Объем полученной резидентами выручки, млн руб. | – | – | – | 91,57 | 888,01 | 3999 | 6974,94 | 4475,8 |

В 2018 году количество резидентов в ОЭЗ «Тольятти» выросло до 22, из них 9 компаний с иностранным участием. По отраслевой принадлежности преобладают компании, занимающиеся производством автомобилей или компонентов и частей к ним, к таким компаниям относятся: ООО «ТПВ Рус» (производство автомобильных сидений), ООО «Эдша» (производство частей и принадлежностей автомобилей и их двигателей), ООО «Джей Ви Системз» (производство автомобильных кузовов и автодеталей, оказание логистических и инженерно-исследовательских услуг), ООО «СИЕ Аутомотив Рус» (производство литых алюминиевых деталей для двигателей легковых автомобилей), ООО «Нобель Аутомотив Русиа» (производство систем передачи рабочих жидкостей автомобилей; производство стеклоомывателей, гибких тросов, металлических деталей), ООО «Хай-Лекс Рус» (производство тросов парковочного тормоза, для управления АКПП и МКПП, тросов стеклоподъемников, тросов открывания багажника и лючка заливной топливной горловины) и др. Положительным фактором развития ОЭЗ ППТ «Тольятти» является рост доли работающих производств в общем количестве резидентов, данный показатель имеет положительную тенденцию в анализируемом периоде. В этот период наблюдается как рост количества резидентов ОЭЗ, так и объема привлеченных частных инвестиций, но их эффективность вызывает сомнения. По состоянию на 2018 год на создание одного рабочего места потрачено 13,41 млн рублей инвестиций. Общий объем налоговых льгот и таможенных преференций, полученных резидентами в 2018 г., составил 125,5 млн рублей. А в виде налоговых отчислений и таможенных платежей бюджет получил 242,7 млн рублей [6].

На данный момент нет однозначного ответа об эффективности привлечения инвестиций за счет развития и функционирования особых экономических зон. Так, в работе М.В. Морозкиной и С.А. Мяки на основе сравнительного анализа темпов инвестиционного развития регионов в 2005–2015 гг. показано, что создание ОЭЗ незначительно влияет на динамику инвестиций в регионы [2]. Однако можно утверждать, что ОЭЗ – это важный инструмент для развития экономики страны, привлечения инвестиций и расширения взаимовыгодного международного сотрудничества в различных сферах экономики и промышленности [7].

Для оценки инвестиционной привлекательности ОЭЗ ППТ «Тольятти» воспользуемся данными III Национального рейтинга инвестиционной привлекательности ОЭЗ России [3]. В таблице 2 отражены показатели инвестиционной привлекательности ОЭЗ ППТ «Тольятти» в детализованном виде.

По результату рейтинга ОЭЗ ППТ «Тольятти» относится к достаточно привлекательным с инвестиционной точки зрения особым экономическим зонам, шестое итоговое место в рейтинге 2018 года (рост инвестиционной привлекательности по сравнению с 2017 годом, когда ОЭЗ находилась на седьмом месте) [8].

В рейтинге анализируемого года ОЭЗ ППТ «Тольятти» входит в пятерку сильнейших ОЭЗ по обеспеченности инфраструктурой. Доля свободной мощности объектов инфраструктуры – 77,55 %. Стоимость продажи земельного участка в ОЭЗ составляет 2,81 % по отношению к региональному значению (3-е место среди ОЭЗ ППТ, показатель 4,3). Так, аренда земельного участка обойдется резиденту ОЭЗ «Алабуга» в среднем в 3 руб./кв. м, в то время как в ОЭЗ «Тольятти» – 5,5 руб./кв. м. В ОЭЗ ППТ «Тольятти» существует понижающий коэффициент на аренду земельного участка в зависимости от объема капитальных вложений, что способствует привлечению потенциальных резидентов. О последнем свидетельствует высокий объем инвестиций резидентов ОЭЗ к арендопригодной площади территории ОЭЗ, занятой резидентами (3-е место, 125,72 млн руб./га, показатель 5,1).

Низкий рейтинг ОЭЗ ППТ «Тольятти» получила в функциональном блоке «Инвестиционная привлекательность региона» из-за высоких инвестиционных рисков и уровня налоговой нагрузки. Действующий налоговый режим для инвестора в ОЭЗ «Тольятти» выгоден для проектов со сроком окупаемости до 5 лет. Для крупных инвестиционных проектов в промышленности, на которые ориентирована ОЭЗ «Тольятти», в последние годы характерно увеличение сроков окупаемости (значительно более 5 лет). Шкала налога на прибыль, жестко привязанная к определенным годам, также обуславливает невыгодный режим для вновь входящих инвесторов. При запуске проекта в 2019 году инвестор, планирующий получать прибыль через 6 лет, будет платить по ставке 15,5 %, что выше, чем предусмотрено в настоящий момент в других особых экономических зонах промышленно-производственного типа [9].

Таблица 2 – Показатели инвестиционной привлекательности ОЭЗ ППТ «Тольятти» за 2018 год
Table 2 – Indicators of investment attractiveness of the SEZ PPT «Togliatti» for 2018

| Индикатор, единица измерения | Рейтинг (от 1 до 10) | Значение | Кол-во баллов | Среднее значение баллов | Лучшая ОЭЗ | Кол-во баллов |
|---|----------------------|----------|---------------|-------------------------|----------------------------|---------------|
| 1-й ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ БЛОК (S1): ИНВЕСТИЦИОННАЯ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТЬ РЕГИОНА РОССИИ | 9 | – | 1,202 | 1,315 | ОЭЗ ППТ «Липецк» | 1,584 |
| ПОДГРУППА 1 «Эффективность экономической и инвестиционной деятельности» | 10 | – | 1,211 | 1,670 | ОЭЗ ППТ «Липецк» | 2,256 |
| Объем инвестиций в основной капитал, % от ВРП | 8 | 18,63 | 0,791 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Лотос» | 1,454 |
| Уровень налоговой нагрузки для потенциального резидента ОЭЗ, % | 10 | 1,90 | 0,000 | 0,850 | ПОЭЗ «Ульяновск» | 0,000 |
| Уровень содействия РОИВ в привлечении инвестиций, баллов | 9 | 3,67 | 3,667 | 4,081 | ОЭЗ ППТ «Узловая» | 4,800 |
| Инвестиционный риск, баллов | 10 | 0,80 | 0,786 | 1,002 | ОЭЗ ППТ «Моглино» | 1,133 |
| Коэффициент Энгеля, % | 8 | 0,076 | 0,812 | 1,416 | ОЭЗ ППТ «Липецк» | 3,428 |
| ПОДГРУППА 1.2 «Обеспеченность региона трудовыми ресурсами» | 3 | – | 1,193 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Ступино Квадрат» | 1,585 |
| Коэффициент плотности населения, чел./кв. км | 2 | 59,61 | 1,159 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Ступино Квадрат» | 3,292 |
| Трудовой потенциал, % | 1 | 49,64 | 1,060 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Тольятти» | 1,060 |
| Уровень профессионального образования, чел. на 10 тыс. чел. населения | 2 | 69,84 | 1,361 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Алабуга» | 1,686 |
| 2-й ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ БЛОК (S2): БЛАГОПРИЯТНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОЭЗ | 7 | – | 0,761 | 0,842 | ОЭЗ ППТ «Алабуга» | 1,048 |
| Продолжительность получения разрешения на строительство, дней | 4-10 | 7 | 0,714 | 0,800 | ОЭЗ ППТ «Узловая» | 1,000 |
| Среднегодовое количество привлеченных резидентов, ед. | 5 | 2,44 | 0,927 | 0,985 | ОЭЗ ППТ «Алабуга» | 1,288 |
| Наличие инфраструктуры СТЗ, построенной УК ОЭЗ, баллов | 10 | 0,00 | 0,000 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Титановая долина» | 1,000 |
| Отношение фактически привлеченных резидентов в ОЭЗ к плановому значению накопленным итогом с момента начала функционирования ОЭЗ, % | 4-7 | 100,00 | 1,011 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Липецк» | 1,119 |
| Наличие наград ОЭЗ в международном рейтинге «FDI Global Free Zones», баллов | 1-5 | 1,00 | 1,000 | 0,500 | ОЭЗ ППТ «Тольятти» | 1,000 |
| Качество предоставляемой информации УК ОЭЗ в ответ на запрос потенциального иностранного резидента, баллов | 1-7 | 1,00 | 1,000 | 0,700 | ОЭЗ ППТ «Калуга» | 1,000 |
| Наличие у УК ОЭЗ компетенций для привлечения иностранных инвесторов, баллов | 10 | 0,50 | 0,500 | 0,850 | ОЭЗ ППТ «Моглино» | 1,196 |
| Уровень выживаемости резидентов ОЭЗ, % | 9 | 88,00 | 0,948 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Лотос» | 1,077 |
| 3-й ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ БЛОК (S3): ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ОЭЗ ИНФРАСТРУКТУРОЙ | 4 | - | 0,965 | 0,858 | ОЭЗ ППТ «Ступино Квадрат» | 1,077 |
| Отношение фактически построенных объектов инфраструктуры к плановому значению, % | 9 | 84,62 | 0,824 | 1,020 | ПОЭЗ «Ульяновск» | 1,203 |
| Доля свободной мощности объектов инфраструктуры, % | 1 | 77,55 | 1,334 | 0,893 | ОЭЗ ППТ «Тольятти» | 1,334 |
| Транспортная доступность ОЭЗ, баллов | 8 | 0,70 | 0,700 | 0,820 | ОЭЗ ППТ «Липецк» | 1,000 |
| Возможность оказания строительных услуг силами УК ОЭЗ, баллов | 1-6 | 1,00 | 1,000 | 0,700 | ОЭЗ ППТ «Моглино» | 1,000 |
| 4-й ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ БЛОК (S4): ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ | 7 | – | 0,377 | 0,489 | ОЭЗ ППТ «Моглино» | 0,906 |
| Доля занятой площади в общей полезной площади ОЭЗ, % | 9 | 21,00 | 0,628 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Калуга» | 1,664 |
| Отношение стоимости аренды земельного участка в ОЭЗ к региональному значению, % в год | 8 | 13,63 | 0,027 | 0,154 | ОЭЗ ППТ «Моглино» | 1,000 |
| Отношение стоимости продажи земельного участка в ОЭЗ к региональному значению, % | 3 | 2,81 | 0,475 | 0,313 | ОЭЗ ППТ «Моглино» | 1,000 |
| 5-й ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ БЛОК (S5): ИНВЕСТИЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ РЕЗИДЕНТОВ ОЭЗ | 6 | - | 0,982 | 0,975 | ОЭЗ ППТ «Липецк» | 1,234 |
| Отношение объема инвестиций резидентов ОЭЗ к арендопригодной площади территории ОЭЗ, занятой резидентами, млн руб./га | 3 | 125,72 | 1,132 | 0,952 | ОЭЗ ППТ «Алабуга» | 1,239 |
| Инвестиционная привлекательность инфраструктуры, % | 6 | 230,37 | 0,833 | 0,998 | ОЭЗ ППТ «Ступино Квадрат» | 1,537 |
| 6-й ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ БЛОК (S6): ИНФОРМАЦИОННАЯ ОТКРЫТОСТЬ ИНТЕРНЕТ-САЙТА ОЭЗ | 4 | – | 1,031 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Лотос» | 1,084 |
| Качество интернет-сайта на русском языке, баллов | 6 | 1,02 | 1,016 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Алабуга» | 1,202 |
| Качество интернет-сайта на английском языке, баллов | 8 | 0,97 | 0,974 | | ОЭЗ ППТ «Лотос» | 1,059 |
| Удобство пользования интернет-сайтом для резидента ОЭЗ, баллов | 4 | 4,60 | 1,104 | 1,000 | ОЭЗ ППТ «Узловая» | 1,200 |
| Итоговое место | 6 | – | 8,4 | 8,6 | ОЭЗ ППТ «Алабуга» | 9,9 |

Низкий рейтинг в функциональном блоке «Благоприятные условия для предпринимательской деятельности в ОЭЗ» обусловлен отсутствием инфраструктуры Свободной таможенной зоны, построенной УК ОЭЗ, и относительно высокой продолжительностью получения разрешения на строительство объектов ОЭЗ. УК ОЭЗ «Тольятти» обеспечивает индивидуальный подход и оперативно отвечает на

новые запросы потенциальных резидентов. В интересах инвесторов УК ОЭЗ предоставляет широкий спектр услуг, с консалтинга и помощи резиденту, составления бизнес-плана и иных необходимых документов до выполнения собственными силами полного спектра строительных (показатель 3,4), ремонтных работ по конкурентоспособной цене на региональном рынке. Все указанные мероприятия значительно упрощают процедуру реализации резидентами ОЭЗ инвестиционных проектов и свидетельствуют об эффективности деятельности УК ОЭЗ [10].

В настоящее время в РФ идет довольно активный процесс формирования частным сектором инновационных бизнес-планов, создания инновационных структур и новых технологических площадок в регионах для развития промышленности. Но они зачастую не могут быть реализованы в силу существующих инфраструктурных ограничений. Именно создание ОЭЗ ППТ с непосредственным участием государства в подготовке и реализации подобных производственных зон является залогом дальнейшего успешного функционирования промышленных производств. Подобное создание ОЭЗ на первоначальных этапах может быть не всегда оправдано со стороны государства с точки зрения бюджетной эффективности [11].

Одна из причин низкой бюджетной эффективности состоит в имеющихся сложностях учета всех составляющих и факторов влияния формируемых новых проектов ОЭЗ имеющимися традиционными методами дисконтирования денежных потоков в границах проведения анализа проектов. В ряде случаев проект ОЭЗ в целом не будет являться эффективным (для государства в лице региона) и может быть не принят.

Таким образом, для эффективной деятельности особых экономических зон необходимо разрабатывать и реализовывать меры по внедрению новых механизмов управления ОЭЗ, совершенствовать процедуры продвижения ОЭЗ всех типов на внутренних и внешних рынках, в случаях финансового кризиса разрабатывать и применять системы поддержки резидентов ОЭЗ при реализации их проектов [12].

Заключение

Наряду с очевидными преимуществами в виде создания благоприятного инвестиционного климата регионов, стимулирования промышленного производства и развития инновационных отраслей производства ОЭЗ помогают решить на федеральном уровне ряд системных проблем РФ, таких как исторически сложившиеся диспропорции в развитии отдельных регионов страны. Практика организации особых экономических зон не только активизирует развитие экономики региона, но и структурирует ее и дает эффект синергии за счет появления кластеров. Так, в ОЭЗ ТПП «Гольянти» значительная часть резидентов относится к автомобильной, химической и фармацевтической промышленности, что продиктовано производственным профилем города.

Библиографический список

1. Данько Т.П., Окрут З.М. Свободные экономические зоны в мировом хозяйстве. Москва: ИНФРА-М, 2011. 307 с.
2. Синенко О.А., Цыганова Т.Д. Особые экономические зоны России: практика применения налоговых льгот и оценка эффективности // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2018. Т. 17. № 1. С. 166–191. DOI: <https://doi.org/10.15826/vestnik.2018.17.1.008>.
3. Морошкина М.В., Мяки С.А. Результаты инвестиционного развития российских регионов, на территориях которых функционируют особые экономические зоны // Региональная экономика: теория и практика. 2018. Т. 16. № 9. С. 1735–1748. DOI: <https://doi.org/10.24891/re.16.9.1735>.
4. Бизнес-навигатор по особым экономическим зонам России – 2019 / И.В. Голубкин, М.М. Бухарова, Л.В. Данилов [и др.]; Ассоциация развития кластеров и технопарков России. Москва: АКИТ РФ, 2019. 180 с.
5. Скорниченко Н.Н. Формирование инвестиционного потенциала как фактор устойчивого развития муниципального образования // Инновационные процессы в формировании интегрированных структур региональных промышленных комплексов Поволжья: сб. материалов междунар. научно-практич. конф. Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2017. С. 118–123. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28967643>.
6. Голощапова Т.В. Стратегический подход к обобщенной оценке потенциала региона // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2018. Т. 7. № 2. С. 117–120. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskij-podhod-k-obobschennoy-otsenke-potentsiala-regiona>.

7. Ерохина Л.И., Ченцова Н.М. Перспективы развития инвестиционной привлекательности г. о. Тольятти // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. 2014. № 1 (33). С. 65–68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21243637>.
8. Курносова Е.А. Экономические аспекты реализации инновационного процесса в разрезе региональной сферы услуг // Наука – промышленности и сервису. 2012. № 7. С. 103–106. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21304631>.
9. Комаревцева О.О. Разработка программы повышения инвестиционной привлекательности региона как инструмент развития территории // Актуальные проблемы формирования инвестиционного потенциала и управления инвестиционными рисками в Орловской области: сб. науч. тр. по материалам научно-практич. конф. (20 октября 2012 г.). Ч. 1. / ФГБОУВПО ОГУ. Орел: Изд-во ФГБОУВПО ОГУ, 2012. С. 86–90.
10. Камдин А.Н., Ельмеева И.Г. Особые экономические зоны: проблемы и особенности функционирования на региональном уровне // Молодой ученый. 2013. № 5. С. 312–317. URL: <https://moluch.ru/archive/52/6713>.
11. Басенко А.М., Григорян Э.М. Особые экономические зоны в Российской Федерации: монография. Ростов. гос. экон. ун-т «РИНХ», Фак. коммерции и маркетинга. Ростов-на-Дону: Ростов.гос. экон. ун-т «РИНХ», 2009. 247 с.
12. Шарاپов С.А. Свободные экономические зоны. Москва: Юнити-Дана, 2014. 167 с.

References

1. Danko T.P., Okrut Z.M. Free economic zones in the world economy. Moscow: INFRA-M, 2011, 307 p. (In Russ.)
2. Sinenko O.A., Tsyganova T.D. Special Economic Zones of Russia: Practice of Application of Tax Incentives and Assessment of Efficiency. *Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, 2018, vol. 17, no. 1, pp. 166–191. DOI: <https://doi.org/10.15826/vestnik.2018.17.1.008>. (In Russ.)
3. Moroshkina M.V., Myaki S.A. The results of the investment development of the Russian regions with Special Economic Zones. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2018, vol. 16, no. 9, pp. 1735–1748. DOI: <https://doi.org/10.24891/re.16.9.1735>. (In Russ.)
4. Golubkin I.V., Bukharova M.M., Danilov L.V. et al. Business navigator for special economic zones of Russia – 2019; edited by the Association for the Development of Clusters and Technology Parks of Russia. Moscow: AKIT RF, 2019, 180 p. (In Russ.)
5. Skornichenko N.N. Formation of investment potential as a factor in the sustainable development of the municipal formation. In: *Innovative processes in the formation of integrated structures of regional industrial complexes of the Volga Region: collection of materials of an international research and practical conference*. Samara: ANO «Izdatel'stvo SNTs», 2017, pp. 118–123. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28967643>. (In Russ.)
6. Goloshchapova T.V. Strategic approach to the generalized assessment of the region potential. *Azimuth naučnyh issledovanij: ekonomika i upravlenie = ASR: Economics and Management*, 2018, vol. 7, no. 2, pp. 117–120. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/strategicheskiy-podhod-k-obobschennoy-otsenke-potentsiala-regiona>. (In Russ.)
7. Erokhina L.I., Chentsova N.M. Development prospects of investment attractiveness of Togliatti. *Vestnik of Volga Region State University of Service. Series: Economics*, 2014, no. 1 (33), pp. 65–68. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21243637>. (In Russ.)
8. Kurnosova E.A. Economic aspects of realization of innovative process in a section of a regional services sphere. *Science to industry and service*, 2012, no. 7, pp. 103–106. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21304631>. (In Russ.)
9. Komarevtseva O.O. Development of a program to increase the investment attractiveness of the region as a tool for the development of the territory. In: *Topical issues of formation of investment potential and investment risk management in the Oryol region: collection of scientific papers based on the materials of the research and practical conference (October 20, 2012). Part 1*. Orel: Izd-vo FGBOUVPO OGU, 2012, pp. 86–90. (In Russ.)
10. Kamdin A.N., Elmeeva I.G. Special economic zones: problems and features of functioning at the regional level. *Molodoy uchenyy*, 2013, no. 5, pp. 312–317. Available at: <https://moluch.ru/archive/52/6713>. (In Russ.)
11. Basenko A.M., Grigoryan E.M. Special economic zones in the Russian Federation: monograph. Rostov-on-Don: Rostov.gos. ekon. un-t «RINKh», 2009, 247 p. (In Russ.)
12. Sharapov S.A. Free economic zones. Moscow: Yuniti-Dana, 2014, 167 p. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-56-62

УДК 33



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 11.02.2020

после рецензирования / Revised: 30.03.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

Е.П. Ростова

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: el_rostova@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

В.В. Ковельский

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: kovelskiy@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6792-2101>

Кластерный анализ эффективности НИР в инновационно развивающихся университетах России

Аннотация: В статье проанализированы показатели НИР национальных исследовательских университетов как вузов, отличающихся высокими показателями в области инноваций, научно-исследовательской и образовательной деятельности. Исследованы показатели публикационной активности работников вузов и доход от НИР в части финансирования НИР из бюджета РФ. На основе статистических данных проведен кластерный анализ национальных исследовательских вузов РФ.

Ключевые слова: национальные исследовательские университеты, эффективность НИР, кластерный анализ, публикационная активность.

Цитирование. Ростова Е.П., Ковельский В.В. Кластерный анализ эффективности НИР в инновационно развивающихся университетах России // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 56–62. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-56-62>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

E.P. Rostova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: el_rostova@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

V.V. Kovelskiy

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: kovelskiy@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6792-2101>

Cluster analysis of the efficiency of research activity in innovatively developing universities of Russia

Abstract: The article studies the performance of national research universities, as universities, which are distinguished by high rates in the field of innovation, research and educational activities. The following indicators have been analyzed: the amount of publications performed by the university employees and the income from research activities in terms of financing of research from the budgetary funds of the Russian Federation. Based on statistical data, a cluster analysis of national research universities of the Russian Federation was performed.

Key words: national research universities, research efficiency, cluster analysis, publication activity.

Citation. Rostova E.P., Kovelskiy V.V. Cluster analysis of the efficiency of research activity in innovatively developing universities of Russia. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 56–62. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-56-62>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© *Елена Павловна Ростова* – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры математических методов в экономике, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Виктор Владиславович Ковельский* – кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента, начальник управления по работе с персоналом, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Elena P. Rostova* – Candidate of Economic Sciences, associate professor, associate professor of the Department of Mathematical Methods in Economy, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© *Viktor V. Kovel'skiy* – Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Management, head of HR Office, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Оценка научно-исследовательской деятельности вузов является важной составляющей мониторинга Министерства науки и высшего образования РФ. Также эта оценка входит в том или ином виде в любой из мировых рейтингов образовательных учреждений. Среди ряда ключевых показателей, оценивающих эффективность НИР, одним из наиболее значимых являются публикации в научных изданиях, в которых должны отражаться результаты исследований и научных разработок сотрудников университетов. Также важным показателем при анализе научно-исследовательской деятельности являются средства, полученные от выполнения НИР, которые поступают из внебюджетных источников и федерального бюджета: первые – это доходы, поступающие от внешних организаций, которые оплачивают университету выполнение договорных, исследовательских, консалтинговых услуг, проведение лабораторных испытаний и т. п., а вторые – средства, поступающие со стороны федерального бюджета в рамках выполнения НИР, представленные грантами и субсидиями. Таким образом, можно сказать, что бюджетные средства НИР характеризуют финансирование государством научно-исследовательской деятельности университетов.

В связи с необходимостью осуществления контроля и мониторинга за эффективностью использования денежных средств налогоплательщиков России возникает вопрос анализа взаимосвязи расходования бюджетных средств и получаемого результата в виде развития научно-исследовательской составляющей современного университета.

Ход исследования

Кластерный анализ применительно к исследованию вузов встречается у таких авторов, как Н.А. Котова [1], О.Ю. Гордашникова [2], Г.А. Банных, С.Н. Костина [3], В.Н. Харченко [4], А.С. Михайлов, И.Ю. Пекер [5], Н.Ю. Сурова [6] и др. Авторы подчеркивают важность территориальных аспектов в развитии вузов, необходимость учитывать геополитические особенности регионов. Следует отметить исследование А.С. Михайлова и И.Ю. Пекер, в котором «интеллектуальный капитал регионов сопоставлен со специализацией региональных кластеров» [5].

Представляется очевидным, что для достижения необходимой глубины исследования необходимо осуществлять группировку университетов одного ранга. В данной статье рассмотрены национальные исследовательские университеты, поскольку именно они отличаются высокими показателями в области инноваций, научно-исследовательской и образовательной деятельности. Вузы данной категории характеризуют направление развития и отражают основные тенденции высшего образования РФ. В категорию национальных исследовательских университетов входят 29 вузов из различных федеральных округов. Наибольшее количество национальных исследовательских вузов (12 вузов) находится в Центральном федеральном округе (далее – ЦФО), из них 10 – в городе Москве (рис. 1). Следует отметить, что национальные исследовательские вузы ЦФО и в Северо-Западном федеральном округе (далее – С-ЗФО) сосредоточены в двух крупных городах – Москве и Санкт-Петербурге, в то время как в других федеральных округах национальные исследовательские вузы представлены в различных городах и не имеют такой высокой концентрации.

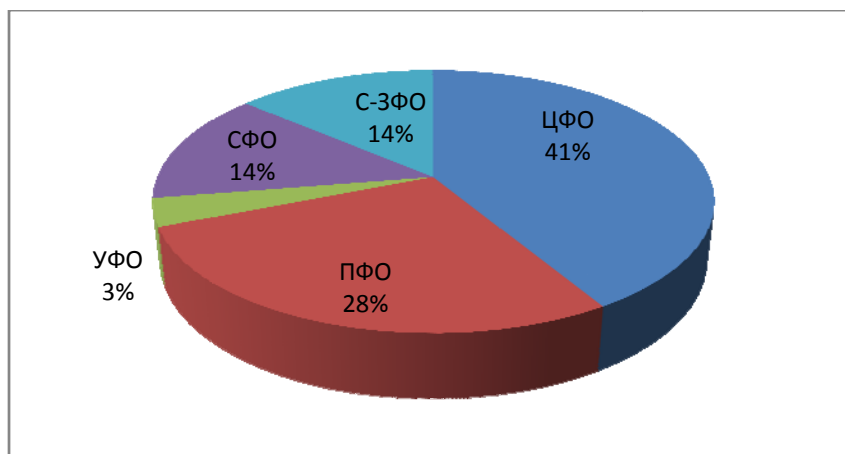


Рис. 1 – Территориальное распределение национальных исследовательских вузов по федеральным округам (составлено авторами на основе статистических данных [7])

Fig. 1 – Territorial distribution of national research universities by federal districts (compiled by the authors based on statistical data [7])

Финансирование из бюджета распределяется по федеральным округам и имеет объемы, представленные ниже (рис. 2). Более половины бюджетных средств от выполнения НИР приходится на ЦФО, в Приволжский федеральный округ (далее – ПФО) поступает всего 9 %, однако количество национальных исследовательских вузов ПФО составляет 28 % от общего числа вузов данной категории. При этом Уральский федеральный округ (далее – УрФО), Сибирский федеральный округ (далее – СФО) и С-ЗФО получают финансирование НИР из бюджета пропорционально количеству вузов в этих округах [7].

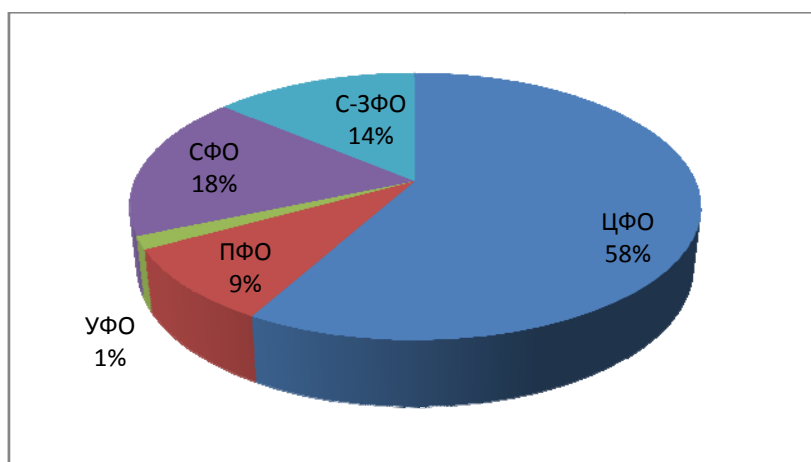


Рис. 2 – Соотношение доходов вузов от НИР из бюджетных источников по федеральным округам (составлено авторами на основе статистических данных [7])

Fig. 2 – The ratio of university income from research activity from budgetary sources by federal districts (compiled by the authors based on statistical data [7])

Рассмотрим далее соотношение количества публикаций в различных базах данных (рис. 3). Вузы ЦФО лидируют по публикациям во всех базах данных и занимают около 40 % от общего числа публикаций, что соответствует их процентному соотношению по количеству вузов (рис. 1). Вузы СФО, количество которых совпадает с количеством вузов С-ЗФО, лидируют по количеству публикаций WoS и РИНЦ по сравнению с вузами Санкт-Петербурга, что очевидно по причине наличия высоко-рейтинговых университетов, академгородков и научных центров.

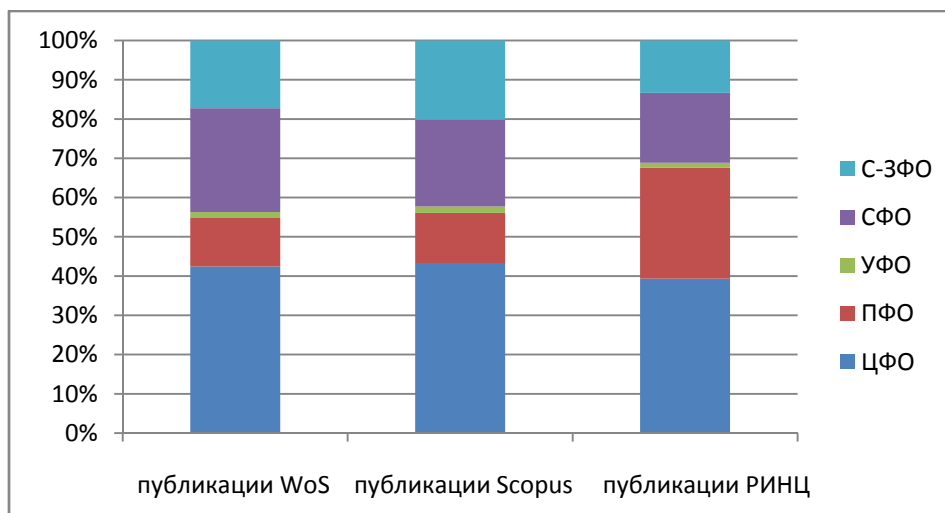


Рис. 3 – Процентное соотношение публикаций в различных базах данных по федеральным округам (составлено авторами на основе статистических данных [7])

Fig. 3 – Percentage of publications in various databases by federal districts (compiled by the authors based on statistical data [7])

Рассмотрим соотношение публикаций и бюджетного финансирования вузов. В качестве примера на рис. 4 представлены данные по публикациям в изданиях, индексируемых в WoS. Отметим, что относительно публикаций Scopus закономерность аналогичная.

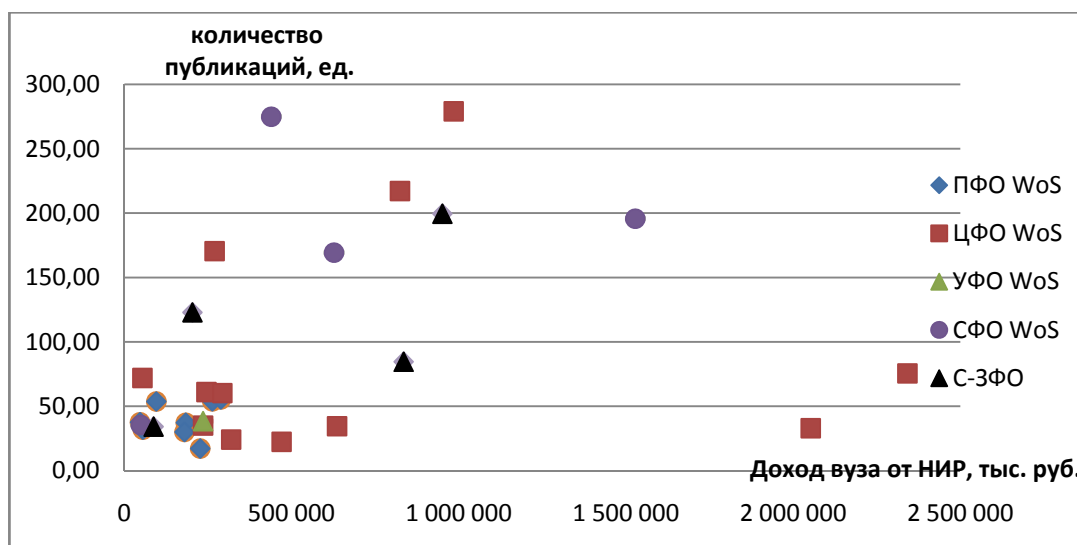


Рис. 4 – Соотношение дохода вуза от НИР (бюджетные средства) и публикаций в изданиях WoS на 100 НИР

Fig. 4 – Ratio of university income from research (budgetary funds) and publications in WoS per 100 scientific research projects

На рис. 4 видно, что вузы ПФО группируются в кластер, характеризующийся низким финансированием из бюджета (не более 300 000 тыс. руб.) и низким количеством публикаций на 100 НИР (не более 55). Для полноты понимания отметим, что к данной группе вузов близки по характеристикам такие выдающиеся вузы из других федеральных округов, как Южно-Уральский государственный университет, Санкт-Петербургский горный университет, Белгородский государственный национальный исследовательский университет и московские вузы: МЭИ, Московский авиационный институт,

Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, Московский государственный строительный университет, Московский институт электронной техники.

Интересно отметить, что особо можно выделить Высшую школу экономики и Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, поскольку они имеют значительный объем бюджетного финансирования (2 341 648 тыс. руб. и 2 052 412 тыс. руб. соответственно) и низкий показатель по публикациям (75,46 и 32,85 соответственно) [7]. Другие национальные исследовательские университеты, не отнесенные ни к одной из двух первых групп, сложно объединить по каким-либо признакам.

Рассмотрим более подробно кластерное деление национальных исследовательских университетов на основе следующих данных (табл. 1). Обозначим x_{ij} значение i -го показателя j -го вуза, $i=1..12$, $j=1..29$.

Таблица 1 – Показатели отчетности вузов

Table 1 – University reporting rates

| Наименование показателя | Номер переменной i |
|--|----------------------|
| Доходы вуза из всех источников (тыс. руб.) | 1 |
| Общий объем средств, поступивших (за отчетный год) от выполнения работ, услуг, связанных с научными, научно-техническими, творческими услугами и разработками, выполненных собственными силами (тыс. руб.) | 2 |
| Число публикаций организации, индексируемых в информационно-аналитической системе научного цитирования Web of Science Core Collection, в расчете на 100 НПП | 3 |
| Число публикаций организации, индексируемых в информационно-аналитической системе научного цитирования Scopus, в расчете на 100 НПП | 4 |
| Число публикаций организации, индексируемых в информационно-аналитической системе научного цитирования РИНЦ, в расчете на 100 НПП | 5 |
| Доход вуза от научных исследований и разработок (тыс. руб.) | 6 |
| Внебюджетные средства от научных исследований и разработок (тыс. руб.) | 7 |
| Бюджетные поступления в доходе от научных исследований и разработок (тыс. руб.) | 8 |

На основе статистических данных [7] рассчитаем расстояние d_{hk} между вузами $h = 1..29$, $k = 1..29$ по формуле

$$d_{hk} = \sqrt{\sum_{i=1}^{12} (x_{ih} - x_{ik})^2}.$$

Расстояния позволяют выделить следующие кластеры:

1) Самарский национальный исследовательский университет, Казанский национальный исследовательский технологический университет, Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Южно-Уральский государственный университет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Санкт-Петербургский горный университет, Московский институт электронной техники, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, Иркутский национальный исследовательский технический универси-

тет, Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Пермский государственный университет, Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского;

2) Московский физико-технический институт, МИФИ, Томский государственный университет, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики;

3) МИСиС, Московский авиационный институт, Московский государственный строительный университет, Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, МЭИ, Томский политехнический университет.

Каждый кластер характеризуется особенностями, присущими вузам, входящим в него (табл. 2).

Таблица 2 – Особенности вузов, входящих в кластеры

Table 2 – Features of universities included in the cluster

| Кластер | Характеристики | |
|---------|------------------------------------|---|
| Первый | Низкий уровень финансирования НИР | Небольшое количество публикаций |
| Второй | Средний уровень финансирования НИР | Количество публикаций выше среднего и большое |
| Третий | Низкий уровень финансирования НИР | Количество публикаций не выше среднего и низкое |

Заключение

Следует отметить равномерное распределение бюджетных средств за НИР в ПФО и отсутствие подобного равномерного распределения в других округах. Среди вузов Москвы и Санкт-Петербурга, в СФО нет равномерного распределения – присутствуют вузы, получающие значительное финансирование и не имеющие высоких показателей публикационной активности, а также присутствуют вузы с обратной ситуацией: низкое финансирование и высокая публикационная активность.

Библиографический список

1. Котова Н.А. Инновационно-образовательная среда вуза: анализ сущности и структурных компонентов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2020. Т. 25. № 184. С. 15–24. DOI: <https://doi.org/10.20310/1810-0201-2020-25-184-15-24>.
2. Гордашникова О.Ю. Результаты кластерного анализа факторов, оказывающих влияние на конкурентоспособность вуза // Экономическая безопасность и управление инновациями: сб. тр. Междунар. научно-практич. конф. 2018. С. 182–185. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36311887>.
3. Банных Г.А., Костина С.Н. Реализация кластерной политики с участием университетов как фактора развития территории // Российские регионы в фокусе перемен: сб. докладов XIII Международной конф. 2019. С. 25–33.
4. Харченко В.Н. Методология развития конкурентных кластеров в сфере образования // Современная конкуренция. 2018. Т. 12. № 2–3 (68–69). С. 126–131. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35104617>.
5. Mikhaylov A.S., Peker I.Yu. Spatial distribution of the intellectual capital of Russia // Vyssee Obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia, 2019, vol. 28, no. 6, pp. 28–39. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-6-28-39>.
6. Сурова Н.Ю. Интегрированное образование как основа кластерного подхода для цифровой трансформации социально-экономической системы России // Вестник академии. 2019. № 1. С. 50–55. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41500016>.

7. Информационно-аналитические материалы по результатам проведения мониторинга эффективности деятельности образовательных организаций высшего образования. URL: <http://indicators.miccedu.ru/monitoring/?m=vpo>.

References

1. Kotova N.A. Innovative educational university environment: essence and structural components analysis. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki = Tambov University Review. Series: Humanities*, 2020, vol. 25, no. 184, pp. 15–24. DOI: <https://doi.org/10.20310/1810-0201-2020-25-184-15-24>. (In Russ.)
2. Gordashnikova O.Yu. Results of a cluster analysis of factors affecting the competitiveness of the university. In: *Economic Security and Innovation Management: proceedings of the International research and practical conference*, 2018, pp. 182–185. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36311887>. (In Russ.)
3. Bannykh G.A., Kostina S.N. Implementation of cluster policy with the participation of universities as a factor of the development of the territory. In: *Russian regions in the focus of change: collection of reports of the XIII International conference*, 2019, pp. 25–33. (In Russ.)
4. Kharchenko V.N. The methodology of development of competitive clusters in the field of education. *Journal of Modern Competition*, 2018, vol. 12, no. 2–3 (68–69), pp. 126–131. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35104617>. (In Russ.)
5. Mikhaylov A.S., Peker I.Yu. Spatial distribution of the intellectual capital of Russia. *Vyshee Obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*, 2019, vol. 28, no. 6, pp. 28–39. DOI: <https://doi.org/10.31992/0869-3617-2019-28-6-28-39>. (In Russ.)
6. Surova N.Yu. Integrated education as a basis of cluster approach for digital transformation of social and economic system of Russia. *Academy's Herald*, 2019, no. 1, pp. 50–55. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41500016>. (In Russ.)
7. Information and analytical materials on the results of monitoring the effectiveness of educational institutions of higher education. Available at: <http://indicators.miccedu.ru/monitoring/?m=vpo>. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-63-68

УДК 65.011.8



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 07.02.2020

после рецензирования / Revised: 09.04.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

А.Г. Саксин

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

E-mail: a.g.saksin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1538-314X>

А.Ю. Денисов

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексева,
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

E-mail: dau1304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7955-6623>

Механизм развития инновационной деятельности предприятий в сфере жилой недвижимости на основе реинжиниринга бизнес-процессов

Аннотация: В предлагаемой статье авторами рассмотрены проблемы, сдерживающие развитие инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости на современном этапе, дано авторское определение термина «ипотечные инновации». Модернизирован механизм развития инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости на основе реинжиниринга бизнес-процессов. Разработана организационно-функциональная модель, учитывающая баланс интересов участников рынка жилой недвижимости.

Ключевые слова: инновационная деятельность, инструментарий ресурсного обеспечения, ипотечные инновации, механизм, организационно-функциональная модель, программный продукт, реинжиниринг бизнес-процессов, саморегулируемая организация, сфера жилой недвижимости.

Цитирование. Саксин А.Г., Денисов А.Ю. Механизм развития инновационной деятельности предприятий в сфере жилой недвижимости на основе реинжиниринга бизнес-процессов // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 63–68. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-63-68>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

A.G. Saxin

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev,
Nizhny Novgorod, Russian Federation

E-mail: a.g.saksin@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1538-314X>

A.Yu. Denisov

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev,
Nizhny Novgorod, Russian Federation

E-mail: dau1304@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7955-6623>

Mechanism for the development of innovative activities of enterprises in the field of residential real estate based on business process reengineering

Abstract: In this article, the authors consider the problems that hinder the development of innovation in the field of residential real estate at the present stage, and give the author's definition of the term «mortgage innovation». The mechanism for developing innovative activities in the field of residential real estate based on business process reengineering has been modernized. An organizational and functional model has been developed that takes into account the balance of interests of participants in the residential real estate market.

Key words: innovative activity, resource support tools, mortgage innovations, mechanism, organizational and functional model, software product, business process reengineering, self-regulating organization, residential real estate.

Citation. Saksin A.G., Denisov A.Yu. Mechanism for the development of innovative activities of enterprises in the field of residential real estate based on business process reengineering. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 63–68. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-63-68>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© *Алексей Геннадьевич Саксин* – доктор экономических наук, профессор, кафедра «Управление инновационной деятельностью», Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, 603950, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

© *Алексей Юрьевич Денисов* – соискатель кафедры «Управление инновационной деятельностью», Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева, 603950, Российская Федерация, г. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

© *Alexey G. Saksin* – Doctor of Economics, professor, Department of Innovation Management, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, 24, Minin Street, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation.

© *Alexey Yu. Denisov* – Candidate of the Department of Innovation Management, Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, 24, Minin Street, Nizhny Novgorod, 603950, Russian Federation.

Введение

В данной статье авторами поставлена задача сформировать механизм развития инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости на основе ипотечных инноваций с использованием инструмента контроля со стороны участников жилищных программ с привлечением саморегулируемой организации; сформулировать авторское определение термина «ипотечные инновации». В дополнение к механизму разработать организационно-функциональную модель развития инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости (СЖН) с учетом баланса интересов всех акторов – участников данной сферы.

Ход исследования

На основе анализа основных бизнес-процессов, участвующих в инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости (СЖН), авторами предлагается маркетинговая инновация в виде механизма инновационного развития рынка доступной жилой недвижимости на основе новых жилищных программ с использованием инструментов льготного ипотечного кредитования, представленный на рис. 1.

При этом использование предложенных нововведений позволяет существенным образом снизить себестоимость строительства за счет экономии на отказе от коммерческих кредитов при инвестировании в строительство предприятиями-застройщиками и за счет экономии на стоимости земельных участков (участники жилищных программ имеют право получать земельные участки бесплатно), что приводит к снижению стоимости объекта жилой недвижимости и к повышению эффективности от предложенной маркетинговой инновации.

Наличие контроля за предприятием-застройщиком со стороны инвестора-приобретателя жилой недвижимости с возможным участием саморегулируемой организации, членом которой является застройщик, позволяет не допустить расходования образовавшейся экономии не по назначению и получить экономию при реализации жилья [1].

Механизм инновационного развития рынка доступной жилой недвижимости имеет четкую структуру, состоящую из следующих составляющих: факторов внешней среды, управляющей подсистемы, управляемой подсистемы, механизмов управления на основе инновационных ипотечных программ и результатов [2].

Под *ипотечными инновациями* будем понимать формирование и реализацию новых программных продуктов в сфере жилой недвижимости на основе инструментов льготного ипотечного кредитования, направленных на инновационное развитие рынка доступного жилья [3].

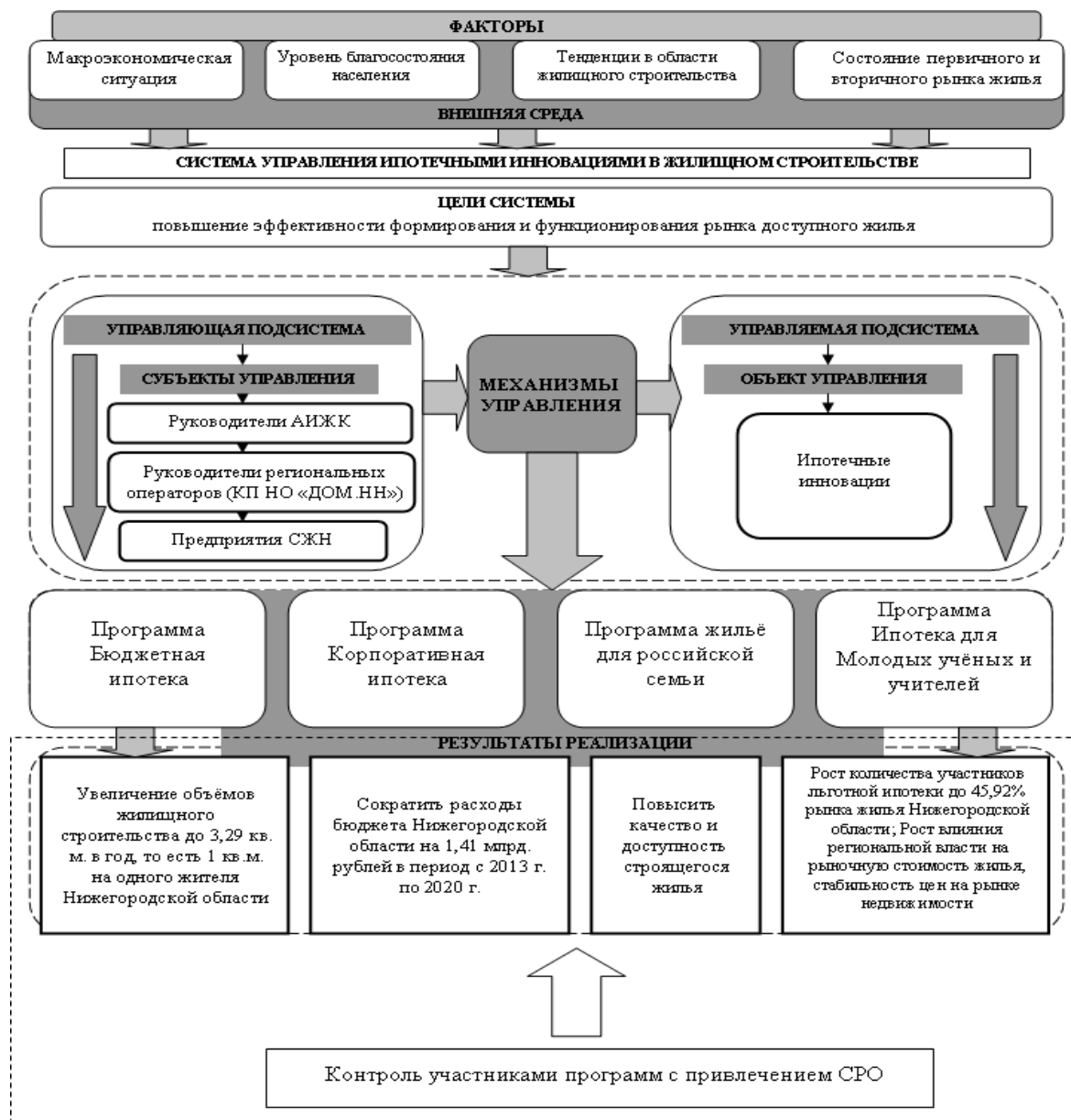


Рис. 1 – Механизм инновационного развития рынка доступной жилой недвижимости

Fig. 1 – Mechanism of innovative development of the affordable housing property

Управление ипотечными инновациями происходит под влиянием обширного количества факторов внешней среды, а именно это: уровень благосостояния населения и его доходов, макроэкономическая ситуация, тенденции в области жилищного строительства, состояние инвестиционно-строительного комплекса, состояние первичного и вторичного рынка жилья [4].

Субъекты управления (управляющая подсистема) принимают управленческие решения, целью которых являются разработка и совершенствование ипотечных инноваций на предприятиях Агентства по ипотечному жилищному кредитованию (АИЖК в настоящее время переименовано в АО «ДОМ.РФ» – далее АИЖК или ДОМ.РФ), развитие их инновационной деятельности [5]. Субъектами управления выступают руководители ДОМ.РФ, руководители региональных операторов (в частности, КП НО «ДОМ.НН», Нижний Новгород), руководители предприятий СЖН [6].

Объектом управления, то есть управляемой подсистемой, служат ипотечные инновации на предприятиях региональных операторов АИЖК. Принципы, заложенные в основу представленного механизма, обеспечивают эффективное управление в процессе возведения и последующей реализации объектов жилой недвижимости [7]. Разработанные инструменты позволяют принимать гибкие и

своевременные решения в области реинжиниринга бизнес-процессов с использованием ипотечных инноваций.

В дополнение к сформированному механизму разработана организационно-функциональная модель развития инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости [8]. Ориентация на синергию маркетинговой и организационной инновации позволяет определить место и роль каждого субъекта инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости в контурах представленной модели, обеспечить население объектами доступной жилой недвижимости в условиях ограниченности ресурсов и оптимизации издержек, определить ключевые направления в поиске дополнительных инвестиций в сферу жилой недвижимости. Организационно-функциональная модель развития инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости наглядно представлена на рис. 2.



Рис. 2 – Организационно-функциональная модель развития инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости

Fig. 2 – Organizational and functional model for the development of innovation in the field of residential real estate

По мнению авторов, данная модель будет обеспечивать привлекательные партнерские условия для всех акторов на рынке доступной жилой недвижимости: муниципалитета, застройщика, специализированной проектной компании и инвестора (покупателя недвижимости). Преимущества данной модели состоят в том, что застройщик начинает строительство с помощью только собственных средств без привлечения коммерческих кредитов. Реализация жилья происходит на самом раннем этапе строительства, при этом застройщик не платит проценты за заемные средства коммерческим банкам и не тратит средства на приобретение земельного участка, так как участники программ и специализированные проектные компании (СПК) могут использовать бесплатный механизм предоставления земельных участков (в соответствии с ФЗ-161). В связи с этим стоимость строительства жилья уменьшается, что делает развитие рынка доступного жилья более активным [9].

Покупатели и СПК при этом тратят собственные средства, а также заемные средства, полученные по льготной ставке, в том числе у застройщика (инвестора), специально выделенные для целей кредитования по данной инновационной модели. В обеспечение возврата заемных средств участники жилищных программ (физические лица) и СПК (юридическое лицо) оформляют закладные на застрой-

щика (инвестора). При этом участники программ (физические лица) возвращают займы за счет своих доходов, а СПК возвращает заемные средства за счет долгосрочной аренды и последующей продажи. Застройщик (инвестор) организует секьютеризацию полученных залладных и продает облигации внешним инвесторам (в том числе с иностранным участием). Используя инновационную модель, рынок доступной жилой недвижимости будет развиваться динамичнее, так как застройщики не будут привлекать дорогие заемные средства для начала строительства.

Данная инновационная модель позволит задействовать новые сегменты спроса на жилую недвижимость и создать гарантированный спрос на рынке доступной жилой недвижимости, а именно:

– увеличит спрос на жилую недвижимость по специальным жилищным программам, разработанным для семей с невысоким среднемесячным доходом, которые не могут улучшить свои жилищные условия без помощи государства, работодателей и сниженной стоимости строительства [10];

– повысить спрос на арендное жилье – для семей, не имеющих необходимых средств и достаточного дохода для льготного ипотечного кредитования.

Данная модель может быть использована региональными органами исполнительной власти для роста объема инвестиций и рынка жилья на территории региона.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования модернизирован механизм развития инновационной деятельности в сфере жилой недвижимости на основе реинжиниринга бизнес-процессов, сформированный на основе реализации комплекса новых жилищных программ и организационно-функциональной модели, учитывающей баланс интересов акторов – участников рынка жилой недвижимости: муниципалитета, застройщика, специализированной проектной компании и инвестора (покупателя недвижимости) – и направленный на развитие инновационной деятельности и привлечение дополнительных инвестиций в сферу жилой недвижимости.

Библиографический список

1. Саксин А.Г., Денисов А.Ю. Подходы к инновационному развитию системы саморегулирования участников инвестиционно-строительной сферы // Инновации в науке и практике: сб. ст. по материалам II Междунар. научно-практич. конф.: в 2 ч. Ч. 1. УФА: Издательство «НИЦ Вестник науки», 2020. С. 167–171. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42872194>.
2. Саксин А.Г., Саксина Е.В. Формирование моделей и механизмов управления интеграционными процессами для обеспечения экономической безопасности в инвестиционно-строительном комплексе // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: материалы IV Междунар. научно-практич. конф. Нижний Новгород: НГТУ, 2016. С. 309–316. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27396319>.
3. Денисов А.Ю. Управление развитием жилищного строительства региона на основе ипотечных инноваций // Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций: материалы Междунар. научно-практич. конф. Нижний Новгород: НГТУ, 2018. С. 222–226. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36677715>.
4. Лапаев Д.Н., Саксина Е.В. Управление интеграционными процессами в инвестиционно-строительной сфере региона: монография. Нижний Новгород: Издательство НГТУ, 2015. 160 с.
5. Ульянов И.М., Саксин А.Г., Денисов А.Ю. Формирование инструментария реализации ипотечных инноваций в строительстве жилья на примере ГП НО «НИКА» // Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций: сб. материалов Междунар. научно-практич. конф. Нижний Новгород: НГТУ, 2016. С. 47–50.
6. Денисов А.Ю., Саксин А.Г. Формирование инструментария реализации ипотечных инноваций в строительстве доступного жилья для обеспечения экономической безопасности региона // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: материалы V Междунар. научно-практич. конф. Нижний Новгород: НГТУ, 2017. С. 326–332. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=31228765>.
7. Саксина Е.В. Система и механизмы управления интеграционными процессами в инвестиционно-строительном комплексе: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Пенза, 2015. 208 с. URL: http://dissovet.pguas.ru/files/212-184-03/DISSER_Saksina.pdf.

8. Ерохина Ю.Г. Разработка инновационного механизма развития рынка доступного жилья: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05. Москва, 2011. 156 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19245683>.
9. Денисов А.Ю., А.Г. Саксин Обеспечение экономической безопасности строительной отрасли на основе совершенствования методов управления инновационным развитием рынка доступного жилья // Экономическая безопасность России: проблемы и перспективы: материалы IV Междунар. научно-практич. конф. Нижний Новгород, НГТУ, 2016. С. 262–268. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27396294>.
10. Денисов А.Ю. Совершенствование системы ипотечного кредитования жилищного строительства в условиях кризиса // Экономика и предпринимательство. № 5. Ч. 1. 2015. С. 693–698. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23805112>.

References

1. Saksin A.G., Denisov A.Yu. Approaches to innovative development of the system of self-regulation of participants in the investment and construction sphere. In: *Innovations in science and practice: collection of articles based on the materials of the II International research and practical conference: in 2 parts. Part 1*. Ufa: Izdatel'stvo «NITs Vestnik nauki», 2020, pp. 167–171. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42872194>. (In Russ.)
2. Saksin A.G., Saksina E.V. Formation of models and mechanisms for managing integration processes to ensure economic security in the investment and construction complex. In: *Russia's economic security: problems and prospects: materials of the IV International research and practical conference*. Nizhny Novgorod: NGTU, 2016, pp. 309–316. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27396319>. (In Russ.)
3. Denisov A.Yu. Management of housing construction development of the region on the basis of mortgage innovations. In: *Actual issues of economics, management and innovation: materials of the International research and practical conference*. Nizhny Novgorod: NGTU, 2018, pp. 222–226. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36677715> (In Russ.)
4. Lapaev D.N., Saksina E.V. Management of integration processes in the investment and construction sphere of the region: monograph. Nizhny Novgorod: Izdatel'stvo NGTU, 2015, 160 p. (In Russ.)
5. Ulyanov I.M., Saksin A.G., Denisov A.Yu. Formation of tools for implementing mortgage innovations in housing construction on the example of SE NO «NIKA». In: *Topical issues of economics, management and innovation: collection of materials of the International research and practical conference*. Nizhny Novgorod: NGTU, 2016, pp. 47–50. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27530837>. (In Russ.)
6. Saksin A.G., Denisov A.Yu. Formation of tools for implementing mortgage innovations in the construction of affordable housing property to ensure the economic security of the region. In: *Russia's economic security: problems and prospects: materials of the V International research and practical conference*. Nizhny Novgorod: NGTU, 2017, pp. 326–332. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=31228765>. (In Russ.)
7. Saksina E.V. System and mechanisms of management of integration processes in the investment and construction complex: Candidate's of Economic Sciences thesis. Penza, 2015. 208 p. Available at: http://dissovet.pguas.ru/files/212-184-03/DISSER_Saksina.pdf. (In Russ.)
8. Erokhina Yu.G. Development of an innovative mechanism for the development of the affordable housing market: Candidate's of Economic Sciences thesis. Moscow, 2011, 156 p. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19245683>. (In Russ.)
9. Saksin A.G., Denisov A.Yu. Ensuring economic security of the construction industry on the basis of improving management methods for the innovative development of the affordable housing market. In: *Economic security of Russia: problems and prospects: materials of the IV International research and practical conference*. Nizhny Novgorod: NGTU, 2016, pp. 262–268. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27396294>. (In Russ.)
10. Denisov A.Yu. Improvement of system of mortgage lending of housing construction in the conditions of crisis. *Journal of Economy and Entrepreneurship*, 2015, no. 5, part 1, pp. 693–698. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23805112>. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-69-75

УДК 338



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 11.01.2020

после рецензирования / Revised: 20.02.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

Н.М. Тюкавкин

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: tnm-samara@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6049-897X>

Процессы трансформации информационных систем экономики в цифровую среду

Аннотация: Рассмотрены экономические и управленческие вопросы трансформации информационных систем экономики в цифровые экономические системы. Представлены отличия систем информатизации от систем цифровизации экономики. Проведен анализ нормативно-правовой базы цифровизации экономики. Раскрыты направления решения задач цифровизации экономики РФ. Наиболее существенным результатом работы является определение этапов трансформации информационных процессов в цифровые, раскрытие сути данных этапов и результатов их осуществления.

Ключевые слова: информатизация, трансформационные процессы, цифровая экономика, моделирование, цифровизация, инновационная деятельность, индустрия 4.0, эффективность, устойчивость, развитие.

Цитирование. Тюкавкин Н.М. Процессы трансформации информационных систем экономики в цифровую среду // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 69–75. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-69-75>.

Информация о конфликте интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

N.M. Tyukavkin

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: tnm-samara@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6049-897X>

Processes of transformation of economic information systems into a digital environment

Abstract: Economic and managerial issues of transformation of economic information systems into digital economic systems are considered. Differences of the systems of informatization on a system of digitalization of the economy are presented. The analysis of legal framework for digitalization of the economy is carried out. The directions of solving the problems of digitalization of the Russian economy are revealed. The most significant result of the work is to determine the stages of transformation of information processes into digital ones, to reveal the essence of these stages and the results of their implementation.

Key words: informatization, transformation processes, digital economy, modeling, digitalization, innovation, industry 4.0, efficiency, sustainability, development.

Citation. Tyukavkin N.M. Processes of transformation of economic information systems into a digital environment. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 69–75. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-69-75>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: author declares no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

© Николай Михайлович Тюкавкин – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики инноваций, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Nikolay M. Tyukavkin – Doctor of Economical Sciences, professor, head of the Department of Innovation Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

На современном этапе экономического развития цифровая экономика является адекватным ответом на вызовы, предъявляющиеся человечеству ускоряющимися процессами развития техники, технологий, инноваций.

Шесть лет назад в РФ была создана «Национальная технологическая инициатива» (НТИ) в качестве комплексной программы деятельности по формированию условий для обеспечения лидерства России на принципиально новых, высокотехнологичных рынках, которые в будущем (перспектива 15–20 лет) будут определять структуру мировой экономики. В Послании Федеральному собранию 4 декабря 2014 года Президент РФ обозначил «Национальную технологическую инициативу» как одним из основных приоритетов современной государственной политики [1].

Цифровизация является ключевым направлением деятельности государства в рамках НТИ. Четыре года назад утверждена «Стратегия научно-технологического развития страны на долгосрочный период», в которой трансформация цифровых роботизированных, интеллектуальных систем и технологий является одним из главных направлений развития государства [2].

Страна живет в информационном обществе, и переход к цифровому обществу будет осуществляться на базе информационного. Но между ним существуют различия: информатизация представляет собой определенный инструментарий, включающий технологическое и программное обеспечение, системы передачи данных, позволяющих осуществлять определенные виды отчетности и обмениваться информацией.

Цифровизация представляет другой уровень развития. После ввода в цифровую систему необходимых данных она сама решает задачи, поставленные пользователем, осуществляет анализ информации, предоставляет прогноз. Пока цифровизация еще не искусственный интеллект – она только представляет промежуточное звено между человеком и искусственным разумом. Нужно отметить, что система информатизации органично входит в систему цифровизации.

В настоящее время «сфера информатизации является одной из динамично развивающихся секторов отечественной экономики. За период 2010–2018 годов по объемам своей деятельности он (сектор) повысился на 19 %, вдвое опережая динамику роста ВВП страны. Доля сферы информатизации в ВВП имеет 2,7 %. В ряде развитых стран сектор информатизации играет существенную роль, имея долю в добавленной стоимости экономики в странах ОЭСР в 1,7 раза больше, чем в РФ (5,4 и 3,4 % соответственно)» [3]. РФ отстает по индексу информатизации от Швеции, Кореи, Финляндии в 3 раза.

Валовая добавленная стоимость в сфере информационных технологий увеличилась более чем в 2 раза с 2010 по 2018 год – на 12 %. Рост доли российского программного обеспечения, используемого в органах государственной власти и учреждениях социального обеспечения, составил в 2018 году 67,5 %, а в организациях достиг 23,8 %.

«В 2018 году экспорт информационной продукции и технологий повысился на 25 %, в т. ч. услуг информатизации – на 34 %, технических средств – на 28 %. Но пока отечественные разработчики программного обеспечения и оборудования не входят в число лидеров цифровизации экономики» [2].

В отличие от информатизации, цифровизация имеет направленность на изменение ключевых процессов, осуществляемых на каком-либо объекте при внедрении цифровых технологий. Также нужно отметить, что такой вид деятельности, как внедрение системы электронного документооборота в компании, не является цифровизацией, в связи с тем что всю документацию разрабатывает человек, а ее передача осуществляется по каналам информатизации в цифровом виде. Так и переход от физической торговли продукцией к осуществлению продаж через Интернет тоже не является цифровизацией, а созданием новой модели бизнеса.

Основная часть

Термин «цифровизация» применяется в узком и широком смыслах. В узком смысле под ним понимается техническое преобразование информации в цифровую форму, необходимую для уменьшения издержек, возникновения новых возможностей в сфере ее обработки и т. д. [10].

Из-за существенного числа преобразований информации в цифровую форму появился термин цифровизации в широком смысле, приводящий к существенным результатам в экономике за счет использования цифровых технологий и трактуемый как «переход на цифровую информацию всех сторон социально-экономической деятельности» [2]. Таким образом, «цифровизация из простого метода улучшения разных частных сторон жизни превращается в драйвер мирового общественного развития, обеспечивающий повышение эффективности экономики и улучшение качества жизни» [2].

В широком смысле «цифровизацию можно интерпретировать в качестве современного тренда эффективного мирового развития в том случае, когда цифровая трансформация экономики отвечает требованиям:

- охватывает все виды экономической деятельности;
- объединяет государство, бизнес, науку и социальную сферу;
- приносит эффективные результаты от ее использования;
- имеет широкую доступность для пользователей;
- наличие у пользователей цифровой информации навыков работы с ней.

Отсюда можно сделать вывод, что цифровизация сменяет информатизацию в сфере решения научных, экономических, производственных и социальных задач» [4].

Основу современных процессов трансформации государственного устройства определяет Указ Президента «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [5], где наряду с другими положениями представлены вопросы цифровой трансформации России. В Указе определены приоритеты развития государства на период до 2024 года, в том числе «обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере» (пункт 1 ж данного Указа) [5]. Задачи Указа сформированы относительно 12 национальных проектов: наука и образование, демография, здравоохранение, жилье и городская среда, экология и пр.

Под номером 9 находится Нацпроект «Цифровая экономика» с горизонтом развития до 2024 года, «содержащий 4 блока задач:

- образование – создание современной и безопасной цифровой образовательной среды, обеспечивающей высокое качество и доступность образования всех видов и уровней;
- формирование системы непрерывного обновления работающими гражданами своих профессиональных знаний и приобретения ими новых профессиональных навыков, включая овладение компетенциями в области цифровой экономики всеми желающими;
- безопасные и качественные автомобильные дороги: внедрение новых технических требований и стандартов обустройства автомобильных дорог, в том числе на основе цифровых технологий, направленных на устранение мест концентрации дорожно-транспортных происшествий;
- повышение производительности труда и поддержки занятости: формирование системы подготовки кадров, направленной на обучение основам повышения производительности труда, в том числе посредством использования цифровых технологий и платформенных решений;
- развитие малого и среднего предпринимательства и поддержки индивидуальной предпринимательской инициативы: создание цифровой платформы, ориентированной на поддержку производственной и сбытовой деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей» [5].

Цели Нацпроекта «Цифровая экономика» заключаются «в следующем:

- увеличение внутренних затрат на развитие цифровой экономики за счет всех источников (по доле в валовом внутреннем продукте страны) не менее чем в три раза по сравнению с 2017 годом;
- создание устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры высокоскоростной передачи, обработки и хранения больших объемов данных, доступной для всех организаций и домохозяйств;
- использование преимущественно отечественного программного обеспечения государственными органами, органами местного самоуправления и организациями» [5].

Основными задачами, «регламентирующими трансформацию в цифровую экономику являются:

- внедрение цифровых технологий и платформенных решений в сферах государственного управления и оказания государственных услуг, в том числе в интересах населения и субъектов малого и среднего предпринимательства, включая индивидуальных предпринимателей;
- преобразование приоритетных отраслей экономики и социальной сферы, включая здравоохранение, образование, промышленность, сельское хозяйство, строительство, городское хозяйство, транспортную и энергетическую инфраструктуру, финансовые услуги, посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений» [5].

Таким образом, цифровая экономика – это эволюционное развитие традиционной экономики, основанное на применении современных средств цифровизации экономических процессов и решающей задачи, сформулированные пользователем по анализу информации, разработке решения и предоставления прогноза развития экономической системы [2].

Автор отмечает, что цифровизация не является системой искусственного интеллекта, а выступает промежуточным звеном между человеком и искусственным интеллектом.

При решении задачи по внедрению цифровых технологий предполагается обмен данными между участниками процессов в онлайн-режиме. Здесь наглядно видны преимущества цифровой экономики по сравнению с традиционной:

- упрощение и ускорение системы взаимодействия субъектов экономики с превращением процессов управления в более простые и прозрачные;
- масштабирование цифровых процессов управления до международного уровня;
- интеграция цифровых процессов во все существующие процессы государства.

Цифровые платформенные решения в сферах государственного управления и регулирования деятельности субъектов малого и среднего предпринимательства представляют глобальную сеть социально-экономических мероприятий, реализуемых через платформы: Интернет, мобильные и сенсорные сети. Другими словами, это построение модели экономики, которая основана на предоставляемых возможностях в сфере повышения производительности труда, роста конкурентоспособности компаний, снижения издержек производства. Для успешного осуществления цифровых платформенных решений в целях организации функционирования цифровой экономики требуется три элемента [6–10]:

- инфраструктура – доступность информационных сетей, Интернет, наличие технологического оборудования и программного обеспечения, системы телекоммуникации;
- организация электронного взаимодействия (сетевизация) субъектов экономики, бизнес – осуществление хозяйственной деятельности через информационные сети;
- организация электронной коммерции предпринимательских структур – дистрибуция товаров и услуг через информационные сети.

Выполнение задачи по преобразованию приоритетных отраслей экономики путем внедрения цифровых технологий и платформенных решений основывается на том, что отрасли традиционной экономики оказываются недееспособны при осуществлении цифровизации государства, общества, бизнеса, поэтому развитие цифровизации заключается в ускорении процессов внедрения цифровых отношений на все уровни взаимодействия ее участников.

Базовой составляющей цифровой экономики являются цифровые каналы обмена данными, информацией и их доступность, а также наличие нормативно-правовой базы в сфере цифровизации и готовность государства к организации электронного взаимодействия.

Трансформация цифровых процессов проще происходит в отраслях и компаниях, которые связаны с информационными технологиями и в которых взаимодействие персонала трудноосуществимо без применения цифровых каналов коммуникаций вследствие наличия в них более быстрой скорости передачи информации и более существенных объемов ее передачи.

Прежде чем переходить на цифровые технологии, необходимо провести анализ бизнес-процессов компании на предмет их цифровизации. Здесь требуется понять и определить, какие бизнес-процессы нуждаются в переходе в цифровой формат, какие для этого требуются затраты и какие результаты данной трансформации будут достигнуты.

При осуществлении трансформации процессов цифровизации первым этапом является цифровизация управленческой деятельности компании. В данном случае требуется осуществить интеграцию действующих и вновь разрабатываемых комплексов информатизации в единую систему, осуществить переход на полный цифровой документооборот, цифровую систему приказов, распоряжений, отчетов и других документов.

Далее, на втором этапе, осуществляется цифровая интеграция (цифровая сетевизация) с взаимодействующими организациями и предприятиями-партнерами: органами государственной власти, контрагентами, поставщиками ресурсов и организациями, реализующими продукцию, выпускаемую компанией.

На третьем этапе осуществляется цифровая диагностика или цифровая аналитика деятельности. Здесь стоит задача изменения идеологии использования данных внутри компании таким образом, чтобы в системы информатизации загрузка данных осуществлялась сразу в цифровых форматах, которые удобны для проведения аналитики, дальнейшей обработки и представления результатов в виде отчетов. В перспективе отчеты для внешних пользователей требуется формировать автоматически.

Цифровой компания становится тогда, когда большинство ее бизнес-процессов осуществляется в онлайн-режиме. В первую очередь это процессы управления, контроля и анализа производственных бизнес-процессов, реализуемых в компании, онлайн-формирование и согласование договоров, организация бухгалтерского учета, процессы логистики, закупки, обучения персонала, контроль и мониторинг послепродажной деятельности, техническая поддержка и др.

Глобально цифровую экономику в нашей стране возможно построить после четвертой промышленной революции, создания индустрии 4.0, представляющей новый этап развития общества, с применением таких технологий, как: интернет вещей, искусственный интеллект, машинное обучение и пр. Для организации индустрии 4.0 государству и бизнесу требуется сместить главные приоритеты на создание и развитие цифровых технологий, замену и инжиниринг бизнес-моделей, а также адаптацию рынка труда к новым экономическим условиям. Сегодня в России начинает приживаться именно понятие «электронная экономика».

На современном этапе РФ входит в топ-50 основных международных рейтингов цифрового развития: индекс развития электронного правительства (EGDI), индекс развития информационно-коммуникационных технологий (IDI), глобальный индекс кибербезопасности (GCI), международный индекс цифровой экономики и общества (I-DESI) отражают развитие государств в сфере цифровизации. В 2012–2018 годах позиции России в ряде индексов понизились [3; 11; 12]:

- по индексу EGDI – РФ опустилась с 27-го до 35-го места;
- по индексу IDI – с 41-го до 43-го.

Но в то же время РФ в 2018 году по глобальному индексу кибербезопасности GCI заняла 10-е место.

Если посмотреть значение индекса цифровизации по деятельности бизнеса по РФ, то по нему страна находится на 28-м месте. По степени диффузии цифровых технологий в сфере бизнеса Россия имеет место рядом с Венгрией, Болгарией и Румынией, а лидирующие места занимают Финляндия – 50-е место; Дания – 47-е; Бельгия – 46-е [3].

Степень использования в РФ отдельных технологий, которые учитываются при расчете индекса, имеет большую дифференциацию: широкополосный Интернет используют 82 % организаций бизнеса; ERP-системы – 19 %; сервисы облачных технологий – 23 %, электронные продажи – 12 % [3].

Выводы

1. Современный этап внедрения цифровых технологий в экономическую деятельность имеет статус «ведущего» направления развития государства, формирования цифровой экономики, порождая новые технологические, структурные, организационные и управленческие вызовы.

2. По мнению автора, современный этап развития экономики как инновационной экономики нового типа не состоялся и стратегия-2020 не достигла своих целей. Все объясняется тем, что инновации необходимо разрабатывать на новой технологической базе – на модернизированной промышленно-

сти. Поэтому Президентом РФ поставлена новая глобальная задача – осуществить модернизацию промышленности на основе цифровизации.

3. Цифровая экономика представляет собой следующую стадию эволюционной трансформации экономической, производственной и инновационной модели общества. Здесь требуется учесть факт того, что полностью от традиционной экономики нельзя отказаться – необходимы производство продуктов питания, одежды, строительства, перевозки, медицинские услуги. Но данные виды деятельности также изменяют свои принципы реализации – цифровые процессы повысят их качество, быстрдействие, удобство, комфорт и доступность для населения [4].

Библиографический список

1. Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение: докл. к XX Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 9–12 апр. 2019 г. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л. М. Гохберг [и др.]; науч. ред. Л.М. Гохберг; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва: Изд. дом Высшей школы экономики, 2019. 82, [2] с. 250 экз. ISBN 978-5-7598-1974-5 (в обл.). ISBN 978-5-7598-1898-4 (e-book). URL: <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/262126147>.
2. «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы», утв. Указом Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения: 10.05.2018).
3. Цифровая экономика: 2019: крат. стат. сб. / Г.И. Абдрахманова, К.О. Вишневецкий, Л.М. Гохберг [и др.]; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва: 75 НИУ ВШЭ, 2019. 96 с. 250 экз. ISBN 978-5-7598-1927-1 (в обл.). URL: <https://www.hse.ru/data/2018/12/26/1143130930/ice2019kr.pdf>.
4. Кудряшова Е., Филатова Е. Вызов принят: как цифровизация меняет телекоммуникации. URL: <https://hbr-russia.ru/management/upravlenie-izmeneniyami/p25421> (дата обращения: 10.05.2018).
5. Указ Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 7 мая 2018 года № 204. URL: <http://bit.samag.ru/uart/more/67maintitle> (дата обращения: 10.05.2018).
6. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-р. URL: <http://government.ru/docs/all/112831> (дата обращения: 10.05.2018).
7. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 1 декабря 2016 года № 642). URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>.
8. Козырев А.Н. Цифровая экономика и цифровизация в исторической ретроспективе. URL: <http://digital-economy.ru/stati/tsifrovaya-ekonomika-i-tsifrovizatsiya-v-istoricheskoy-retrospektive> (дата обращения: 10.06.2018).
9. Россия в цифрах. 2019: крат. стат. сб. / Росстат. Москва, 4 окт. 2019. 549 с. URL: https://gks.ru/bgd/regl/b19_11/Main.htm.
10. Negroponte N. Being Digital. New York: Knopf, 1995. URL: <https://web.stanford.edu/class/sts175/NewFiles/Negroponte.%20Being%20Digital.pdf> (дата обращения: 10.05.2018).
11. Brynjolfsson E., Kahin B. (ed.) Understanding the digital economy: data, tools, and research. Cambridge, MA: MIT press, 2002. URL: <https://ru.scribd.com/doc/226282141/Brynjolfsson-Erik-Brian-Kahin-Eds-2000-Understanding-the-Digital-Economy-Data-Tools-And-Research-Cambridge-MA-MIT-Press>.
12. de Reuver M., Sorensen C., Basole R.C. The digital platform: a research agenda // Journal of Information Technology. 2018. Vol. 33. No. 2. P. 124–135. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41265-016-0033-3>.

References

1. Abdrakhmanova G.I., Vishnevsky K.O., Gokhberg L.M. et al. *What is the digital economy? Trends, competencies, measurement: reports to the XX April scientific conference on problems of development of economy and society, Moscow, April 9–12, 2019. Gokhberg L.M. (Ed).* Moscow: Izd. dom Vysshei shkoly ekonomiki,

- 2019, 82, [2] p., 250 copies. ISBN 978-5-7598-1974-5 (in the region). ISBN 978-5-7598-1898-4 (e-book). Available at: <https://conf.hse.ru/mirror/pubs/share/262126147>. (In Russ.)
2. «Development strategy of information society in the Russian Federation for 2017–2030», approved by the Decree of the President of Russia dated May 9, 2017 № 203. Available at: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919> (accessed 10.05.2018) (In Russ.)
 3. Abdrakhmanova G.I., Vishnevsky K.O., Gokhberg L.M. et al. *Digital economy: 2019: brief statistical collection*. Moscow: NIU VShE, 2019, 96 p., 250 copies. ISBN 978-5-7598-1927-1 (in the region). Available at: <https://www.hse.ru/data/2018/12/26/1143130930/ice2019kr.pdf>. (In Russ.)
 4. Kudryashova E., Filatova E. Challenge accepted: how digitalization changes telecommunications. Available at: <https://hbr-russia.ru/management/upravlenie-izmeneniyami/p25421> (accessed 10.05.2018). (In Russ.)
 5. Decree of the President of the Russian Federation «On national objectives and strategic tasks for the development of the Russian Federation for the period up to 2024» dated May 7, 2018 № 204. Available at: <http://bit.samag.ru/uart/more/67maintitle> (accessed 10.05.2018). (In Russ.)
 6. Program «Digital economy of the Russian Federation», approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated July 28, 2017 № 1632-p. Available at: <http://government.ru/docs/all/112831> (accessed 10.05.2018). (In Russ.)
 7. Strategy of scientific and technological development of the Russian Federation (approved by the Decree of the President of the Russian Federation dated December 1, 2016 № 642). Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>. (In Russ.)
 8. Kozyrev A.N. Digital economy and digitalization in historical retrospect. Available at: <http://digital-economy.ru/stati/tsifrovaya-ekonomika-i-tsifrovizatsiya-v-istoricheskoy-retrospektive> (accessed 10.06.2018). (In Russ.)
 9. Russia in numbers. 2019: short statistics digest. Rosstat. Moscow, 2019, 549 p. Available at: https://gks.ru/bgd/regl/b19_11/Main.htm.
 10. Negroponte N. *Being Digital*. New York: Knopf, 1995. Available at: <https://web.stanford.edu/class/sts175/NewFiles/Negroponte.%20Being%20Digital.pdf> (accessed 10.05.2018).
 11. Brynjolfsson E., Kahin B. (ed.) *Understanding the digital economy: data, tools, and research*. Cambridge, MA: MIT press, 2002. Available at: <https://ru.scribd.com/doc/226282141/Brynjolfsson-Erik-Brian-Kahin-Eds-2000-Understanding-the-Digital-Economy-Data-Tools-And-Research-Cambridge-MA-MIT-Press>.
 12. de Reuver M., Sorensen C., Basole R.C. The digital platform: a research agenda. *Journal of Information Technology*, 2018, vol. 33, no. 2, pp. 124–135. DOI: <https://doi.org/10.1057/s41265-016-0033-3>.

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-76-82

УДК 330



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 11.02.2020

после рецензирования / Revised: 30.03.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

Н.М. Тюкавкин

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: tnm-samara@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6049-897X>

Е.С. Подборнова

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: kate011087@rambler.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5135-7961>

Энергосбережение и энергетическая эффективность автомобилестроения России (на примере ПАО «АвтоВАЗ»)

Аннотация. В статье показано, что промышленные предприятия отечественного автомобилестроения – это наиболее энергоемкие сектора промышленного производства, в которых используется значительное количество первичных и вторичных ресурсов, полуфабрикатов и автокомпонентов. Данное исследование вызвано тем, что на автомобилестроительных предприятиях в силу их специфики применяется энергоемкое промышленное и технологическое оборудование, находящееся в постоянной эксплуатации и интенсивном использовании, что вызывает существенное увеличение потребления энергоресурсов. Сфера энергопотребления и энергоэффективности автомобилестроительных производств является актуальной темой. В статье представлено исследование промышленных производств автомобилестроения на предмет энергосбережения, достигаемого с помощью модернизации производственных процессов. Рассмотрена организационная структура промышленных производств АвтоВАЗа, показаны основные мероприятия трансформации промышленного комплекса АвтоВАЗа на основе энергосбережения и повышения энергетической эффективности, проведен анализ энергетического производства АвтоВАЗа, включающего пять энергетических цехов: металлургического производства, главного корпуса, западной и восточной зоны, внешних объектов. Авторами показано, что одним из вопросов организации деятельности в сфере энергосбережения и развития энергетической эффективности является модернизация производственной структуры предприятия. Исследован экономический эффект от внедрения мероприятий модернизации в производство АвтоВАЗа. В статье авторами обосновывается, что управление вопросами энергосбережения и повышения энергетической эффективности требует особых методических подходов, базирующихся на внедрении инноваций в производственный процесс предприятия.

Ключевые слова: автомобилестроение, модернизация, энергосбережение, энергетическая эффективность, промышленная политика, производство, инновации, стратегия.

Цитирование. Тюкавкин Н.М., Подборнова Е.С. Энергосбережение и энергетическая эффективность автомобилестроения России (на примере ПАО «АвтоВАЗ») // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 76–82. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-76-82>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

N.M. Tyukavkin

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: tnm-samara@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6049-897X>

E.S. Podbornova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation.
E-mail: kate011087@rambler.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5135-7961>

Energy saving and energy efficiency of the Russian automotive industry (on the example of PJSC «AvtoVAZ»)

Abstract: The article reflects that the industrial enterprises of the domestic automobile industry are the most energy-intensive sectors of industrial production, which use a significant amount of primary and secondary resources, semi-finished products and automotive components. This study is caused by the fact that automotive

enterprises, due to their specifics, use energy-intensive industrial and technological equipment that is in constant operation and intensive use, which causes a significant increase in energy consumption. The sphere of energy consumption and energy efficiency of automobile manufacturing is an actual topic of research. The article presents a study of industrial production in the automotive industry on the subject of energy savings achieved through the modernization of production processes. The organizational structure of AvtoVAZ industrial production is considered, the main measures of transformation of the AvtoVAZ industrial complex are shown, based on energy saving and energy efficiency improvement, the analysis of AvtoVAZ energy production, which includes five power plants: metallurgical production, the main building, the Western and Eastern zones, and external facilities. The authors show that one of the issues of organizing activities in the field of energy conservation and development of energy efficiency is the modernization of the production structure of the enterprise. The paper examines the economic effect of implementing modernization measures in the production of AvtoVAZ. In the article, the authors substantiate that the management of energy conservation and energy efficiency requires special methodological approaches based on the introduction of innovations in the production process of the enterprise.

Key words: automotive industry, modernization, energy saving, energy efficiency, industrial policy, production, innovation, strategy.

Citation. Tyukavkin N.M., Podbornova E.S. Energy saving and energy efficiency of the Russian automotive industry (on the example of PJSC «AvtoVAZ»). *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 76–82. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-76-82>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Николай Михайлович Тюкавкин – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики инноваций, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Екатерина Сергеевна Подборнова – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики инноваций, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Nikolay M. Tyukavkin – Doctor of Economics, professor, head of the Department of Innovation Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© Ekaterina S. Podbornova – Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Innovation Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Промышленные предприятия автомобилестроения являются наиболее энергоемкими секторами производства, в которых используется значительное количество первичных и вторичных ресурсов, автокомпонентов. Кроме этого, на данных предприятиях в силу их специфики применяется энергоемкое промышленное и технологическое оборудование, находящееся в постоянной эксплуатации и интенсивном использовании, подвергающееся ускоренному износу, что, в свою очередь, вызывает существенное увеличение потребления энергоресурсов. Следовательно, непрерывное повышение расходов на энергоресурсы вызывает увеличение себестоимости производимой продукции, чем обуславливает требования и значимость мероприятий по понижению энергоресурсной составляющей в производственных издержках [1].

Определяющим условием для снижения производственных издержек на предприятиях автомобилестроения, развития экономической эффективности производства автомобилей и снижения их себестоимости является комплексная модернизация процессов производства с параллельным осуществлением энергосбережения [2].

Основная часть

Модернизация является трудоемким процессом, требующим существенных финансовых ресурсов. Поэтому автомобилестроительные предприятия имеют слабый интерес к ее проведению и в особенности к формированию и реализации программ энергосбережения. Здесь требуется отметить два ас-

пекта предлагаемых мероприятий: во-первых, модернизация производства требует значительного времени на ее осуществление, привлечения определенных сил и средств, вложения значительных финансовых ресурсов, остановку производства на период монтажа и наладки оборудования, переучивания персонала для работы на новом оборудовании и пр. [3]. Во-вторых, осуществление программ энергосбережения на основе произведенной модернизации также вызывает определенные финансовые вложения, как и обучение персонала подходам и действиям в сфере энергосбережения и повышения энергетической эффективности, вызываемых отсутствием механизмов энергосбережения, экономических стимулов и мотивации персонала [1; 4].

Осуществление модернизации, кроме снижения энергопотребления и повышения энергоэффективности, имеет и основное ее свойство – оно позволяет предприятиям перейти на более современные технологии и оборудование производства и получить новые конкурентные преимущества на автомобилестроительном рынке [5].

В осуществлении программ модернизации автомобилестроительных предприятий большое значение имеет экономическая эффективность реализуемой модели, которая определяется с учетом специфики технологических процессов на различных стадиях производства, что позволяет определить зоны энергосбережения: цеха подготовки производства, основное производство, вспомогательное производство, участки обслуживания, логистические участки и непромышленный сектор [6; 7].

Рассматривая промышленное производство флагмана отечественного автомобилестроения АвтоВАЗа в целях исследования энергосбережения, отметим, что производственная площадка (периметр) АвтоВАЗа «включает следующие производства:

1. Сборочно-кузовные производства Priora; Lada Kalina, Largus, XRAY 4x4, Vesta; Niva; Niva Chevrolet.

2. Производство автомобилей на платформе альянса Renault-Nissan.

3. Опытно-промышленное производство» [8].

В производственный периметр предприятия также входят прессовое, металлургическое, энергетическое производство и производство изделий из пластмассы.

В настоящее время АвтоВАЗ осуществляет постоянную модернизацию производственных процессов и технологий. За 2019 год был выполнен существенный объем работ, результатом которых явились «увеличение контроля качества продукции, оптимизация производственных процессов, экономия средств, улучшение условий труда персонала, что отразилось на энергосбережении и повышении энергетической эффективности предприятия» [9].

Особенно ярко энергосбережение выражено в металлургическом производстве, считающемся «заводом в заводе», имеющем существенное энергопотребление. Данное производство представляет собой полноценный металлургический завод, разделенный на 7 цехов, из которых основные – чугунолитейный, кузнечный и цех алюминиевого литья; вспомогательные – инструментальный, ремонтный, ремонтно-кузнечный и ремонтно-литейный. Годовые объемы «металлургического производства АвтоВАЗа в натуральных единицах составляют:

- более 120 000 тонн чугуна (90 позиций заготовок из высокопрочного чугуна);
- более 38 000 тонн алюминиевого литья (120 позиций деталей);
- более 1 миллиона блоков цилиндров для двигателей автомобилей;
- более 110 000 тонн штампованных заготовок;
- более 1 120 тонн металлокерамики (84 позиции)» [10].

В кузнечных цехах металлургического производства выпускают более 180 позиций штамповок и поковок, среди которых: шатуны, блоки шестерен, поворотные кулаки, пружины подвесок, полуоси и пр. В производстве применяют методы объемной штамповки: горячий, полугорячий и холодный.

Модернизация металлургического производства осуществлена «за счет внедрения:

- автоматических линий литья и использования широкого набора технологий литья с возможностью термообработки деталей;
- организации модельного цеха и создания испытательной лаборатории;
- создания квалифицированной службы инжиниринга производства» [11].

Проведенные мероприятия позволили сократить используемые энергоресурсы в 2019 году на 18 % по сравнению в 2016 годом.

Прессовое производство АвтоВАЗа после проведенной модернизации 14.07.2010 путем введения в эксплуатацию самой современной и уникальной прессовой линии японского производства KOMATSU является одним из лучших в Европе. Ее суточная производительность – 11 300 автомобильных деталей с несущественными отходами производства, малым числом дефектов и поврежденных лицевой поверхности [5].

Ежегодно на производстве выпускается более 1 млн автокомплектов, поставляемых на конвейер завода, дочерние организации, предприятия внешней сборки, рынок автокомпонентов и автозапчастей. Модернизация прессового производства снизила энергопотребление завода по сравнению с 2010 годом на 12 % [7].

Энергетическое производство АвтоВАЗа включает пять энергетических цехов: металлургического производства, главного корпуса, западной и восточной зоны, внешних объектов. Водообеспечение осуществляется работой трех цехов – это цех оборотного водоснабжения и канализации, цех очистных сооружений воды, цех очистных сооружений канализации.

Также в состав энергетического производства входят: цех газоснабжения, электросиловой цех, цех противопожарных автоматов, электротехническая лаборатория, цех контрольно-измерительных приборов и автоматики, цех тепловодоснабжения и ремонта сетей, цех аварийной техники и спецмашин и электромеханический цех.

Производственные мощности энергетического производства ежегодно «обеспечивают»:

- 2,5 млрд киловатт-час электроэнергии в год (по объемам энергии – это снабжение города с 1,5 млн чел.);
- 100 млн куб. м хозяйственной и питьевой воды;
- 17 млрд куб. м сжатого воздуха;
- больше 100 000 куб. м ацетилена и углекислого газа;
- 3,5 млн Гкал тепла» [11].

В сфере энергосбережения деятельность энергетического производства ознаменована серьезными достижениями – это использование ультрафиолетовой очистки воды; ввод в эксплуатацию дополнительной насосной станции, реконструкция очистных сооружений. Данные мероприятия связаны с деятельностью по уменьшению отрицательного воздействия на окружающую среду. Кроме этого, на производстве внедрены автоматические системы управления «Ремонт» и «Энергетика», позволившие обеспечить непрерывное планирование, контроль и исполнение энергообеспечения. В декабре 2006 года был запущен в эксплуатацию стенд по диагностике мощностей электродвигателей, позволивший существенно повысить энергоэффективность (до 14 %) в деятельности ремонтных подразделений энергетического производства [12]. В перспективе производство ожидает самая масштабная и комплексная модернизация оборудования.

Повышение эффективности автомобилестроительного производства осуществляется в границах методик сборки альянса Renault-Nissan, имеющего контрольный пакет акций АвтоВАЗа, являющегося полноправным участником «Международного производственного консорциума», производящего не только автомобили, которые соответствуют современным мировым стандартам, АвтоВАЗ также осуществляет производство и поставку автокомпонентов для автомобилей альянса в РФ и за рубежом [10].

В настоящее время механосборочное производство предприятия состоит из трех самостоятельных промышленных структур: производство шасси, двигателей и коробок передач, что полностью отвечает организации предприятия – все узлы и агрегаты автомобиля (кроме кузовных узлов) выпускают в механосборочном производстве завода. Ежегодный объем производства составляет более 1 млн комплектов, обеспечивающих сборку автомобилей на главном конвейере завода для всех моделей, а также поставок этих комплектов на предприятия, обеспечивающие внешнюю сборку, и на рынок автозапчастей.

Промышленная сборка автомобилей на АвтоВАЗе «производится на трех производственных линиях:

– на главном конвейере имеются две “нитки”, на первой осуществляют производство автомобиля Lada Priora в трех типах кузовов, а на второй “нитке” – сборку автомобилей на основе французской автосборочной платформы, в том числе и автомобилей Lada Largus;

– отдельный сборочный цех предназначен для трехдверного автомобиля Lada 4x4. Также имеется отдельный цех, основанный в 2004 году, – цех сборки автомобилей на платформе автомобиля Granta. Кроме “Гранты” здесь выпускаются автомобили Lada Kalina, представленные вариантами универсал и хэтчбек, а также хэтчбеки седан японского бренда автомобиля Datsun;

– линия опытно-промышленного производства вынесена за главный периметр предприятия, где осуществляют мелкосерийную сборку “Приоры” в кузове купе и пятидверную Lada 4x4» [10].

В 2019 году на предприятии была осуществлена модернизация сборочного конвейера автомобиля Lada Granta путем уменьшения производственных потоков сборочных линий на 560 метров. Тем самым было уменьшено число производимых автомобилей в сборочном потоке, что положительно повлияло на их качество и снижение ресурсоемкости [8].

Также для снижения потребления энергоресурсов и повышения энергоэффективности были созданы участки по формированию кит-комплектов и уменьшено число конвейерных погрузчиков, причем конвейеры были оснащены 8 роботизированными тележками для автоматической поставки комплектующих на посты сборки. Данные нововведения позволили улучшить ритмичность поставок на 23 % и снизить электропотребление на 9 % [12]. Концепция промышленной организации инновационной сборки, применяемая на заводе, определяет формирование набора деталей, компонентов и узлов, согласно комплектации собираемого автомобиля [4; 6].

В производстве автомобилей на базе французской сборочной платформы внедрено 8 дополнительных роботов, которые отвечают за сварку критически значимых точек в основании автомобиля и каркаса кузова, фиксирующих геометрические пропорции автомобиля. Роботизация и увеличение стабильности по выполнению операций сварки позволили повысить эффективность функционирования данного производственного участка на 11 %. В настоящее время на сборочной линии сварки основания кузова Lada XRAY и Lada Largus задействованы 13 роботов и продолжается дальнейшая роботизация – в 2020 году будет введено в эксплуатацию еще два промышленных робота. Это снижает энергозатраты и используемые производственные ресурсы [12].

Производство на АвтоВАЗе пластмассовых изделий – это довольно молодое промышленное производство, которое было сформировано в 1995 году. Основная часть пластика, используемого для экстерьера и интерьера, изготавливается на собственном производстве пластмассовых изделий. Кроме АвтоВАЗа собственное производство завода обеспечивает пластиком и автопредприятие GM-AvtoVAZ, выпускающее автомобили Chevrolet Niva. В настоящее время производится плановая замена оборудования на более современное, позволяющее понизить энергопотребление и сократить промышленные отходы.

В 2019 году в производстве автомобилей Lada 4x4 произведена модернизация грузонесущего конвейера – внедрена автоматическая подача комплектующих и автозапчастей. Кроме этого, созданы три транспортных кольца с осуществлением загрузки из одной зоны комплектования, позволяющих наборы комплектующих и автозапчастей подавать непосредственно в зону сборки оператора, что существенно снижает энергозатраты производства [9].

Относительно трудозатрат предприятия можно отметить, что численность производственного персонала снижается: 2013 год – 65 800 чел., 2014 год – 52 500 чел., 2018 год – 42 725 чел., а в 2019 году – 35 028 чел. Данные показатели – это результаты сокращения сотрудников и оптимизации персонала, определяющейся тем, что в 2011 году на каждого работника АвтоВАЗа приходилось производство 5 автомобилей, в 2013 году – 20 автомобилей, в 2014 году – 40 автомобилей, в 2015 году данная цифра увеличилась до 60 автомобилей, а в 2018 году – до 62 автомобилей. В цифрах выпущенных автомобилей: за 2014 год АвтоВАЗ выпустил 511 894 единицы, в 2017-м – 331 534 единицы, а в 2018 году – 393 604 единицы [12; 13].

Выводы

Таким образом, проводимые на автомобилестроительном предприятии «АвтоВАЗ» мероприятия модернизационного характера имеют своей целью повышение эффективности производственной деятельности и конкурентоспособности производимой продукции, сопровождающиеся технологическими процессами энергосбережения и энергоэффективности, вносящими дополнительный положительный вклад в деятельность предприятия.

Библиографический список

1. «Энергетическая стратегия России до 2030 года». Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 года № 1715-р). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
2. «Стратегия развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года». Утверждена Распоряжением Правительства РФ от 28 апреля 2018 года № 831-р). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
3. Распоряжение Правительства РФ № 703-р от 19.04.2018 года «Комплексный план мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики РФ». Доступ из СПС «Гарант».
4. Приказ Минэкономразвития РФ № 471 от 01.08.2019 года. «Методика расчета энергоемкости ВВП Российской Федерации и оценки вклада отдельных факторов в динамику энергоемкости ВВП Российской Федерации». Доступ из СПС «Гарант».
5. Комплексный анализ состояния и развития автомобилестроения государств – членов Евразийского экономического союза в 2016–2018 гг.
6. Постановление Правительства РФ от 30 августа 2012 г. № 870 «Об утилизационном сборе в отношении колесных транспортных средств».
7. Приказ Минэкономразвития РФ № 657 от 14.10.2019 года «О привлечении ФГБОУ ВО “Всероссийская академия внешней торговли Министерства экономического развития Российской Федерации”». Доступ из СПС «Гарант».
8. Приказ Министерства экономического развития и торговли РФ Министерства промышленности и энергетики РФ и Министерства финансов РФ от 15 апреля 2005 года № 73/81/58н «Об утверждении порядка, определяющего понятие “промышленная 71 сборка” и устанавливающего применение данного понятия при ввозе на территорию Российской Федерации автокомпонентов для производства моторных транспортных средств товарных позиций 8701–8705 ТН ВЭД, их узлов и агрегатов».
9. Госпрограмма РФ «“Энергоэффективность и развитие энергетики”, включающая 7 подпрограмм, в т. ч. “Энергосбережение и повышение энергетической эффективности”» (распоряжение Правительства РФ от 3 апреля 2013 г. № 512-р).
10. Приказ Министерства экономического развития и торговли РФ, Министерства промышленности и энергетики РФ и Министерства финансов РФ от 24 декабря 2010 года № 678/1289/184н «О внесении изменений в порядок, определяющий понятие “промышленная сборка моторных транспортных средств” и устанавливающий применение данного понятия при ввозе на территорию Российской Федерации автокомпонентов для производства моторных транспортных средств товарных позиций 8701–8705 ТН ВЭД, их узлов и агрегатов».
11. Россия в цифрах. 2019: крат. стат. сб. / Росстат. Москва, 2019. 549 с. ISBN 978-5-89476-465-8. URL: https://gks.ru/bgd/regl/b19_11/Main.htm.
12. АвтоВАЗ. URL: <http://ac.vaz.ru>.
13. Франк Е.В., Ахметов С.М., Тюкавкин Н.М. Методические подходы к исследованию ресурсосбережения промышленных предприятий // Теоретико-методологические проблемы инновационных способов повышения энергоэффективности региональных промышленных комплексов: сб. материалов Междунар. научно-практич. конф. Самара, 2018. С. 12–17. URL: http://repo.ssau.ru/bitstream/Teoretikometodologicheskie-i-prakticheskie-problemy-integracii/METODICHESKIE-PODHODY-K-ISSLEDOVANIU-RESURSOSBEREZHENIYA-PROMYSHLENNYH-PREDPRIYATIY-68660/1/03_12-17_Ahmetov.pdf.

References

1. «Energy strategy of Russia until 2030». Approved by the Order of the Government of the Russian Federation dated November 13, 2009 № 1715-п). *Legal reference system «ConsultantPlus»*. (In Russ.)
2. «Strategy for the development of the automotive industry of the Russian Federation for the period up to 2025». Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation № 831-п dated April 28, 2018). *Legal reference system «ConsultantPlus»*. (In Russ.)
3. Decree of the Government of the Russian Federation № 703-R dated 19.04.2018 «Comprehensive plan of measures to improve the energy efficiency of the Russian economy». *Legal reference system «Garant»*. (In Russ.)
4. Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation № 471 dated 01.08.2019 «Methodology for calculating the energy intensity of the GDP of the Russian Federation and evaluating the contribution of individual factors to the dynamics of the energy intensity of the GDP of the Russian Federation». *Legal reference system «Garant»*. (In Russ.)
5. Comprehensive analysis of state and development of the automotive industry of the member states of the Eurasian Economic Union in 2016–2018. (In Russ.)
6. Resolution of the Government of the Russian Federation dated August 30, 2012 № 870 «On recycling fees for wheeled vehicles». (In Russ.)
7. Order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation № 657 dated 14.10.2019 «On attracting FSBEI of Higher Education “Russian Academy for Foreign Trade of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation”». *Legal reference system «Garant»*. (In Russ.)
8. Order of the Ministry of Economic Development and Trade of the Russian Federation, the Ministry of Industry and Energy of the Russian Federation and the Ministry of Finance of the Russian Federation dated April 15, 2005 № 73/81/58n «On approval of the procedure determining the notion “industrial Assembly 71” and establishing application of the given concept at import on territory of the Russian Federation of autocomponents for manufacture of motor vehicles of commodity positions 8701–8705 TNVED, their knots and units». (In Russ.)
9. State program of the Russian Federation «“Energy efficiency and energy development”», which includes 7 subprograms, including “Energy Conservation and energy efficiency improvement”» (decree of the Government of the Russian Federation dated April 3, 2013 № 512-п). (In Russ.)
10. Order of the Ministry of Economic Development and Trade of the Russian Federation, the Ministry of Industry and Energy of the Russian Federation and the Ministry of Finance of the Russian Federation dated December 24, 2010 № 678/1289/184H «On amendments being made to the procedure defining the notion of industrial assembly of motor vehicles and establishing application of the given concept at import on territory of the Russian Federation of autocomponents for manufacture of motor vehicles of commodity positions 8701–8705 TN VED, their knots and units». (In Russ.)
11. Russia in numbers. 2019: Short statistical digest. Rosstat. Moscow, 2019, 549 p. ISBN 978-5-89476-465-8. Available at: https://gks.ru/bgd/regl/b19_11/Main.htm. (In Russ.)
12. AvtoVAZ. Available at: <http://ac.vaz.ru>. (In Russ.)
13. Akhmetov S.M., Tyukavkin N.M., Frank E.V. Methodological approaches to the study of resource saving of industrial enterprises. In: *Collection of materials of the International research and practical conference «Theoretical and methodological problems of innovative ways to improve energy efficiency of regional industrial complexes»*. Samara, 2018, pp. 12–17. Available at: http://repo.ssau.ru/bitstream/Teoretikometodologicheskie-i-prakticheskie-problemy-integracii/METODICHESKIE-PODHODY-K-ISSLEDOVANIU-RESURSOSBEREZHENIYa-PROMYShLENNYH-PREDPRIYaTII-68660/1/03_12-17_Ahmetov.pdf. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-83-91

УДК 332.14



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 12.03.2020

после рецензирования / Revised: 27.04.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

М.Е. Цибарева

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация.

E-mail: tsibareva@mail.ru

В.А. Васяйчева

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

E-mail: veraavasyaycheva@yandex.ru

Оценка эффективности внедрения элементов «умного города» в процессе цифровизации городской среды

Аннотация. В статье представлены научно-практические и методологические результаты оценки эффективности внедрения элементов «умного города». Выделены основные проблемы цифровизации городской среды в России. Раскрыты понятия «умный город» и «цифровизация». Цифровизация рассматривается как внедрение цифровых технологий. Построена модель «умного города», и выявлена траектория развития городов по вектору SMART CITY 3.0. Определены показатели эффективности цифровой трансформации городского хозяйства, и предложены методы оценки эффективности внедрения «умных городов» (индекса IQ города): индексные, интегральные показатели. Интегральный метод основан на балльной оценке. Индексный метод – на определении максимальных и минимальных величин. Вводится переменная t (время). Время в оценке эффективности цифровой трансформации городов представляет собой новые возможности реализации профессиональных способностей населения и продуктивного восстановления жизненных параметров человека. Балльная оценка показателей осуществляется на основе эффективности внедрения элементов «умного города», определяются пороговые значения данного показателя. Проводится сравнение пороговых значений с текущими данными. Выявляются регионы России с низкой и высокой эффективностью внедрения «умных городов». На первое место с высокой эффективностью внедрения «умных городов» был поставлен г. Москва.

Ключевые слова: умный город, цифровая трансформация, городская среда, элементы «умного города», эффективность, индекс эффективности, цифровизация.

Цитирование. Цибарева М.Е., Васяйчева В.А. Оценка эффективности внедрения элементов «умного города» в процессе цифровизации городской среды // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 83–91. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-83-91>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

М.Е. Tsybareva

Samara National Research University, Samara, Russian Federation

E-mail: tsibareva@mail.ru

V.A. Vasyaicheva

Samara National Research University, Samara, Russian Federation.

E-mail: veraavasyaycheva@yandex.ru

Assessment of the effectiveness of implementing «smart city» elements in the process of digitalization of the urban environment

Abstract: The article presents scientific, practical and methodological results of evaluating the effectiveness of implementing «smart city» elements. The main problems of digitalization of the urban environment in Russia are highlighted. The concepts of «smart city» and «digitalization» are revealed. Digitalization is considered as the introduction of digital technologies. A model of a «smart city» is constructed and the trajectory of urban development according to the SMART CITY 3.0 vector is revealed. The efficiency indicators of the digital transformation of urban economy are determined and methods for evaluating the effectiveness of

the implementation of «smart cities» (the city's IQ index): index and integral indicators. The integral method is based on a score. The index method is based on determining the maximum and minimum values. Enter the variable t (time). Time in assessing the effectiveness of digital transformation of cities is a new opportunity to realize the professional abilities of the population and the productive recovery of human life parameters. The score is based on performance indicators for implementing «smart city» elements, and the threshold values for this indicator are determined. The threshold values are compared with the current data. Regions of Russia with low and high efficiency of smart cities implementation are identified. The city of Moscow was put in the first place with a high efficiency of implementing «smart cities».

Key words: smart city, digital transformation, urban environment, «smart city» elements, efficiency, efficiency index, digitalization.

Citation. Tsybareva M.E., Vasyaicheva V.A. Assessment of the effectiveness of implementing «smart city» elements in the process of digitalization of the urban environment. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 83–91. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-83-91>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© *Марина Евгеньевна Цибарева* – кандидат экономических наук, доцент кафедры управления человеческими ресурсами, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Вера Ансаровна Васяичева* – кандидат экономических наук, доцент кафедры управления человеческими ресурсами, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Marina E. Tsybareva* – Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Human Resource Management, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© *Vera A. Vasyaicheva* – Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Human Resource Management, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

В России интерес к вопросам внедрения «умного города» с каждым годом растет. Данный интерес связан не только с вектором развития городов, но также с тем, что в процессе внедрения «умных городов» администрация и население встречает множество проблем, решение которых не имеет аналогов и практического опыта на территории России.

Основная часть

По этой причине крайне важны первые пилотные проекты по внедрению «умных городов» на территории России в 2019–2020 гг. Среди ожидаемых результатов внедрения «умных городов» отмечаются такие, как:

- выявление высокой эффективности цифровых технологий;
- повышение доступности коммунальных и административных служб;
- рост численности обучающихся в образовательных учреждениях в связи с низкой квалификацией персонала по управлению и обслуживанию городской среды;
- увеличение числа консультантов по вопросам пользования новыми цифровыми системами города.

Проект «умный город» экономит время населения, высвобождая его для реализации научной, профессиональной, хозяйственной деятельности, что позволяет повысить результаты организаций и в итоге городов, выраженные в росте доходной части федеральных и региональных бюджетов.

На данный момент выделяются основные проблемы в процессе внедрения «умных городов»:

- организационные: отсутствие требуемых трудовых ресурсов, слабая коммуникация между координаторами проекта, сложность преодоления административных барьеров;
- финансовые: низкая доходность инвестируемых средств в проект «умный город»;

– технологические: устаревшие системы жилищно-коммунального хозяйства, сложность в совершенствовании транспортной системы, старые строительные объекты без учета элементов «умного города».

Данные проблемы касаются существующих городов в России и требуют особого подхода к их разрешению.

Общая модель «умного города» складывается из шести характеристик (рис. 1).



Рис. 1 – Модель «умного города»

Fig. 1 – Model of the «smart city»

Одним из ожидаемых результатов концепции «умного города» является формирование «умных людей», которые становятся источником развития городов [1]. Ученые Т. Нам и Т. Пардо считают, что фактор умных людей должен включать в себя: способность к обучению на протяжении всей жизни, социальную и этническую множественность, гибкость, креативность, космополитизм, открытость и участие в общественной жизни [2]. Так же считает и В. Альбино, закладывая в умных людей способности предлагать умные решения городских проблем [3].

Следовательно, «умный город», согласно К. Харисону, – город, в котором объединены инженерная инфраструктура, ИТ-инфраструктура, социальная инфраструктура и бизнес-инфраструктура для использования коллективного интеллекта города [4].

Т. Бакиси под «умным городом» понимает объединение людей, информации и элементов городской инфраструктуры с помощью новых технологий для создания конкурентоспособной и инновационной экономики, высокого качества жизни [5].

В Концепции проекта Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ (далее – Минстрой) по цифровизации городского хозяйства «Умный город» даются определения понятий «умный город» и «цифровизация».

«Умный город» – это город, который внедряет и использует комплексные передовые технологии цифровых и инженерных решений и организационных мероприятий, направленных на достижение максимально возможной эффективности управления ресурсами и предоставления услуг в целях создания на своей территории устойчивых благоприятных условий проживания и пребывания, деловой активности нынешнего и будущих поколений [6].

Понятие «цифровизация» означает замену аналоговых (физических) систем сбора и обработки данных технологическими системами, которые генерируют, передают и обрабатывают цифровой сигнал о своем состоянии. В широком смысле – процесс переноса в цифровую среду функций и деятельности (бизнес-процессов), ранее выполнявшихся людьми и организациями [7].

Программа цифровой экономики реализуется Правительством России в 2017–2030 гг., согласно ей регионы в этот период должны внедрить современные цифровые технологии [8].

Целью ведомственного проекта является достижение городами России по цифровизации городского хозяйства уровня SMAT CITY 3.0 (рис. 2).



Рис. 2 – Развитие «умных городов»
 Fig. 2 – Development of «smart cities»

Уровень SMAT CITY 3.0 положен в основу оценки степени и качества цифровой трансформации городского хозяйства [9].

Эффективность внедрения «умного города» можно оценить по анализу его основных элементов (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка эффективности элементов внедрения «умных городов»
Table 1 – Evaluation of effectiveness of implementation elements of «smart cities»

| Элементы цифровизации социально-экономического пространства города | Эффективность внедрения «умного города» |
|--|--|
| Цифровизация работы органов местного самоуправления (обращения граждан и обратная реакция) | Рост эффективности управления городскими системами и службами |
| Цифровизация инфраструктуры города (фонари, камеры, система ЖКХ и т. д.) | Переход к масштабному применению информационно-компьютерных технологий |
| Вовлечение жителей города в обучение, создание новшеств | Рост инноваций и инновационного высокотехнологичного производства |
| Цифровизация промышленности и переход промышленных объектов, бизнеса и предпринимательства на новые технологии | Формирование и использование новых знаний Рост числа образованных людей на территории; Снижение экологической нагрузки на территорию |
| Применение новых технологий полного цикла переработки городских отходов | |

К элементам «умного города» относятся различные объекты городской жизни, вовлеченные в процесс цифровизации [10].

Оценка эффективности внедрения «умных городов» на территории России проводится с помощью следующих показателей:

– среднее значение индекса эффективности цифровой трансформации городского хозяйства – IQ городов;

– доля жителей городов старше 14 лет, участвующих в принятии решений по вопросам городского развития с применением цифровых технологий (к 2024 г. доля должна быть не менее 60 % населения);

– доля организаций, управляющих жилищным фондом в сфере теплоснабжения, водоснабжения, водоотведения, применяющих автоматизированные системы диспетчерских (к 2024 г. должна быть не менее 15 %);

– доля многоквартирных домов подключенных к автоматизированным системам учета потребления коммунальных услуг с возможностью передачи данных в режиме онлайн (к 2024 г. должна составить не менее 80 %);

– доля информации в сфере ЖКХ, переведенная в машиночитаемый формат (к 2024 г. должна составить 50 %).

Одним из показателей эффективности внедрения элементов «умного города» является определение IQ городов, которое связано с переменной t (время). Под временем подразумевается, на что тратит и как распоряжается им человек, где проводит время.

Например, до цифровизации городской среды население большую часть своего времени тратило на перемещение в транспорте, на работе (в офисе), в поликлинике, в доме (квартире) и меньше всего времени на прогулки по парку, посещение бассейна, спортивных объектов, театров, музеев и т. д. Таким образом, большую часть времени население находится в служебных помещениях.

После проведения цифровизации городской среды большую часть времени население будет проводить на улице и в культурных учреждениях и меньше тратить времени на нахождение в служебных помещениях.

Поэтому функция эффективности будет иметь вид

$$IQ = f(t),$$

где IQ – индекс эффективности цифровой трансформации городского хозяйства, t – время.

Если применить индексный метод оценки IQ городов, то получим следующую формулу:

$$IQ = \frac{t_v - t_{min}}{t_{max} - t_{min}},$$

где IQ – индекс эффективности цифровой трансформации городского хозяйства, t_v – фактическое время, t_{max} , t_{min} – максимальное и минимальное значение времени за исследуемый период.

Так, жители г. Москвы проводят в парках 135 минут в неделю, что несколько выше, чем в мегаполисах мира – всего 83 минуты в неделю. Время на отдых жители тратят 184 минуты в день. Следует заметить, что этот показатель вырос за последние два года на 53 минуты, т. е. почти на час.

Таким образом, если время на отдых будет возрастать каждые два года на 53 минуты, то к 2024 г. оно должно составить 289 минут.

Следовательно, формула расчета индекса IQ городов примет вид

$$IQ_{2024} = \frac{t_v - 184}{289 - 184}$$

Расчет эффективности внедрения элементов «умного города» можно рассчитать с помощью интегрального показателя:

$$IQ = \frac{\text{Эффект}}{\text{Затраты}}$$

где Эффект – это полученные улучшения в результате цифровизации городской среды; Затраты – стоимость затрат на внедрение элементов «умного города»

Под эффектом понимается объем экономии, а именно, сколько денежных средств город сэкономил в результате внедрения «умного города»

Например, внедрение системы переработки мусора, в результате снизилась экологическая нагрузка на окружающую среду, уменьшились затраты на содержание территорий, выделенных под утилизацию мусора, затраты также уменьшатся на здоровье граждан, они станут меньше болеть.

Для расчета другого интегрального показателя используется балльно-рейтинговая система оценок:

$$IQ = \sum_{i=1}^n B_i,$$

где B_i – средняя балльная оценка n -элементов внедрения «умного города» i -экспертами.

Подобные расчеты также проводит Сингапурский университет технологии и дизайна (SUTD), который издал первый научный труд с оценкой индекса «умного города» 2019 IMD с оценкой 102 городов мира. К самым продвинутым городам в области цифровизации были отнесены Сингапур, Цюрих, Осло, Женева, Копенгаген и другие [11].

В России индекс эффективности городов (IQ городов) определен по балльно-рейтинговой оценке. Перед началом запуска проекта «Умный город» в конце 2018 г. был оценен 191 город России. Среди крупных городов России от 1 млн человек получились следующие результаты (табл. 2) [12].

Таблица 2 – Оценка индекса IQ городов России в конце 2018 г.

Table 2 – Assessment of the IQ index of Russian cities at the end of 2018

| Город | Баллы | Город | Баллы |
|-----------------|-------|--------------|-------|
| Москва | 81,19 | Самара | 30,33 |
| Казань | 52,58 | Омск | 28,58 |
| Санкт-Петербург | 50,37 | Красноярск | 26,88 |
| Нижний Новгород | 46,50 | Волгоград | 25,38 |
| Уфа | 42,05 | Воронеж | 22,48 |
| Пермь | 39,77 | Челябинск | 21,05 |
| Ростов на Дону | 36,09 | Екатеринбург | 17,35 |
| Новосибирск | 33,31 | | |

Как мы видим, наибольшие баллы набрал г. Москва – 81,19 балла, наименьшие баллы у г. Екатеринбурга – 17,35 балла. В этом списке г. Самара имеет крайне низкие позиции – всего 30,33 балла.

В конце 2020 г. будет проведена повторная оценка индекса IQ городов, и тогда можно будет их сравнить.

Применяя балльно-рейтинговую оценку, можно рассчитать текущий IQ г. Самары (табл. 3).

Таблица 3 – Оценка индекса IQ г. Самары
Table 3 – Assessment of the IQ index of Samara

| № | Элемент «умного города» | Оценка элементов «умного города», г. Самара, баллы |
|---|---|--|
| 1 | Городское управление | 5 |
| 2 | Умное ЖКХ | 10 |
| 3 | Инновации для городской среды | 2 |
| 4 | Умный городской транспорт | 5 |
| 5 | Интеллектуальные системы общественной безопасности | 10 |
| 6 | Интеллектуальные системы экологической безопасности | 3 |
| 7 | Инфраструктура сетей связи | 5 |
| 8 | Туризм и сервис | 4 |
| Коэффициент цифровой трансформации городского хозяйства | | 35 |

В результате оценки IQ г. Самары было установлено 35 баллов, что почти на пять баллов выше предыдущего значения. Если данное значение соотносить с нормативными значениями, то г. Самара будет относиться к регионам с низким IQ (табл. 4).

Индекс IQ городов необходимо соотносить с пороговым значением, которое можно получить, исследовав максимальные и минимальные значения IQ крупнейших городов России.

Таблица 4 – Пороговые значения индекса IQ городов
Table 4 – Threshold values of the IQ index of cities

| Показатель | Очень низкая эффективность | Низкая эффективность | Нормальная эффективность | Высокая эффективность |
|------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------|
| Индекс IQ, баллы | 17–33 | 34–48 | 49–64 | 65–82 |

По оценке IQ 2018 г., ряд городов России показал очень низкую эффективность внедрения элементов «умного города»: Самара, Омск, Красноярск, Волгоград, Воронеж, Челябинск, Екатеринбург.

Выводы

Выделим города с высокой эффективностью внедрения элементов «умного города»: Москва, Дубна (72,48), Реутов (71,35), Химки (66,32).

Показатель эффективности внедрения элементов «умного города» представляет собой дополнительную оценку управленческого аппарата города. Если показатели эффективности внедрения элементов «умного города» остаются без изменения, то это будет сигналом к оценке соответствия профессиональных компетенций действующего управленческого персонала требуемым для реализации программ цифровизации городской среды.

Библиографический список

1. Anthopoulos L., Janssen M., Weerakkody V. A Unified Smart City Model (USCM) for smart city conceptualization and benchmarking // International Journal of Electronic Government Research. 2016. Vol. 12. Issue 2. P. 77–93. DOI: <http://doi.org/10.4018/IJEGR.2016040105>.
2. Nam T., Pardo T.A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions // Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government Research. 2011. P. 282–291. DOI: <http://doi.org/10.1145/2037556.2037602>.

3. Albino V., Berardi U., Dangelico R.M. Smart cities: Definitions, dimensions, performance and initiatives. // *Journal of Urban Technology*. 2015. Vol. 22, issue 1. P. 3–21. DOI: <http://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>.
4. Harrison C., Eckman B., Hamilton R., Hartswick P., Kalagnanam J., Paraszcak J., Williams P. Foundations for smarter cities. IBM // *Journal of Research and Development*. 2010. Vol. 54, no. 4. P. 1–16. DOI: <http://doi.org/10.1147/JRD.2010.2048257>.
5. Mora L., Bolici R. How to become a smart city: Learning from Amsterdam / Bisello A., Vettorato D., Stephens R., Elisei P. (eds.) // *Smart and sustainable planning for cities and regions*. Springer, 2015. P. 251–266.
6. Национальный проект «Жилье и городская среда». Утвержден протоколом заседания президиума Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам от 24.09.2018 г. № 12. URL: https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/426/Pasport-natsionalnogo-proekta-_ZHile-i-gorodskaya-sreda_.pdf (дата обращения: 02.01.2020).
7. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Утв. Правительством РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-п. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (дата обращения: 02.01.2020).
8. Гончаренко Л.П., Сыбачин С.А. Цифровизация национальной экономики // *Вестник университета*. 2019. № 8. С. 32–42. DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2019-8-32-38>.
9. Грибков Р.В., Мухин М.А. Умный город: концептуальный подход к созданию платформы умного города на муниципальном уровне // *Развитие менеджмента в индустрии 4.0: Переход к киберфизическим организациям и формирование их систем управления: материалы XI Российской научно-практич. конф. (с междунар. участием)*. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2018. С. 49–51. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37043748>.
10. Власова Н.Ю. От безопасного города к умному городу: стратегический подход // *Экономико-правовые проблемы обеспечения экономической безопасности: материалы Всероссийской научно-практич. конф.* Екатеринбург: Изд-во Екатер. ун-та, 2018. С. 163–166. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36888260>.
11. IMD Smart City Index 2019 // *IMD Real Learning*. URL: <https://www.imd.org/research-knowledge/reports/imd-smart-city-index-2019> (дата обращения: 02.01.2020).
12. Российские города отрейтинговали по IQ / C-news. URL: https://cnews.ru/news/top/2020-03-04_rossijskie_goroda_razdelili (дата обращения: 12.03.2020).

References

1. Anthopoulos L., Janssen M., Weerakkody V. A Unified Smart City Model (USCM) for smart city conceptualization and benchmarking. *International Journal of Electronic Government Research*, 2016, vol. 12, issue 2, pp. 77–93. DOI: <http://doi.org/10.4018/IJEGR.2016040105>.
2. Nam T., Pardo T.A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. *Proceedings of the 12th Annual International Conference on Digital Government Research*, 2011, pp. 282–291. DOI: <http://doi.org/10.1145/2037556.2037602>.
3. Albino V., Berardi U., Dangelico R.M. Smart cities: Definitions, dimensions, performance and initiatives. *Journal of Urban Technology*, 2015, vol. 22, issue 1, pp. 3–21. DOI: <http://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>.
4. Harrison C., Eckman B., Hamilton R., Hartswick P., Kalagnanam J., Paraszcak J., Williams P. Foundations for smarter cities. IBM. *Journal of Research and Development*, 2010, vol. 54, no. 4, pp. 1–16. DOI: <http://doi.org/10.1147/JRD.2010.2048257>.
5. Mora L., Bolici R. How to become a smart city: Learning from Amsterdam. In: *Bisello A., Vettorato D., Stephens R., Elisei P. (eds) Smart and sustainable planning for cities and regions*. Springer, 2015, pp. 251–266. DOI: http://doi.org/10.1007/978-3-319-44899-2_15.

6. National project «Housing and urban environment». Approved by the protocol of the meeting of the Presidium of the Presidential Council on Strategic Development and National Projects dated September 24, 2018, № 12. Available at: https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/426/Pasport-natsionalnogo-proekta_ZHile-i-gorodskaya-sreda_.pdf (accessed 02.01.2020). (In Russ.)

7. Program «Digital Economy of the Russian Federation» approved by the Government of the Russian Federation dated July 28, 2017 № 1632-p. Available at: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> (accessed 02.01.2020). (In Russ.)

8. Goncharenko L.P., Sybachin S.A. Digitalization of national economy. *Vestnik universiteta*, 2019, no. 8, pp. 32–42. DOI: <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2019-8-32-38>. (In Russ.)

9. Gribkov R.V., Mukhin M.A. Smart city: conceptual approach to creating digital platform for smart city at the municipal level. In: *Management Development in Industry 4.0: Transition to Cyberphysical Organizations and the Formation of Their Management Systems: materials of the XI Russian Research and Practical Conference (with international participation)*. Perm: Izd-vo Perm. un-ta, 2018, pp. 49–51. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37043748>. (In Russ.)

10. Vlasova N.Yu. From a safe city to a smart city: a strategic approach. In: *Economic and legal problems of ensuring economic security: proceedings of the All-Russian Research and Practical Conference*. Ekaterinburg: Izd-vo Ekater. un-ta, 2018, pp. 163–166. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36888260>. (In Russ.)

11. IMD Smart City Index 2019. *IMD Real Learning*. Available at: <https://www.imd.org/research-knowledge/reports/imd-smart-city-index-2019> (accessed 02.01.2020).

12. Russian cities rated by IQ. *C-news*. Available at: https://cnews.ru/news/top/2020-03-04_rossijskie_goroda_razdelili (accessed 12.03.2020). (In Russ.)

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-92-101

УДК 330.322



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 13.02.2020

после рецензирования / Revised: 30.03.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

А.Ю. Балаева

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: balaeva_au@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8308-362X>

А.А. Беляков

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: jake.dunn@inbox.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5789-8048>

Разработка экономико-математической модели инвестирования в персонал

Аннотация: Инвестиции в образование персонала компании – это инвестиции в создание ее нематериальных активов, которое повышает уровень конкурентоспособности организации. В статье приводится описание решения проблемы формализации задачи инвестиций в персонал и оценки их рентабельности. Авторами предложена экономико-математическая модель инвестирования в персонал на основе формирования инвестиционного портфеля. Излагаются методы расчета различных по своему типу инвестиций, весов портфельных активов и ожидаемых доходностей. При помощи разработанной модели можно оценить финансовую эффективность вложений в развитие сотрудников; получить понятный, надежный инструмент для контроля результативности мероприятий по развитию персонала; сделать более измеримым «человеческий фактор» и его влияние на результат деятельности компании; повысить прозрачность, а следовательно, и управляемость организацией.

Ключевые слова: персонал, инвестиции, HR, человеческие ресурсы, инвестиции в персонал, рабочая сила, денежный поток, ставка дисконтирования, инвестиционный портфель, аппроксимация графика, характеристики человеческого капитала.

Цитирование. Балаева А.Ю., Беляков А.А. Разработка экономико-математической модели инвестирования в персонал // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 92–101. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-92-101>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

A.Yu. Balaeva

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: balaeva_au@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8308-362X>

A.A. Belyakov

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: jake.dunn@inbox.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5789-8048>

Development of an economic and mathematical model for investing in personnel

Abstract: Investment in the education of company personnel is an investment in the creation of its intangible assets, which increases the level of competitiveness of the organization. The article describes the solution to

the problem of formalizing the problem of investment in personnel and evaluating their profitability. The authors propose an economic and mathematical model of investing in personnel based on the formation of an investment portfolio. Methods for calculating various types of investments, portfolio asset weights, and expected returns are described. Using the developed model, you can evaluate the financial effectiveness of investments in employee development; get a clear, reliable tool for monitoring the effectiveness of personnel development activities; make the «human factor» and its impact on the company's performance more measurable; increase transparency, and, consequently, the manageability of the organization.

Key words: personnel, investment, HR, human resources, investment in personnel, labor force, cash flow, discount rate, investment portfolio, approximation of the schedule, characteristics of human capital.

Citation. Balaeva A.Yu., Belyakov A.A. Development of an economic and mathematical model of investment in personnel. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 92–101. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-92-101>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Анастасия Юрьевна Балаева – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Андрей Алексеевич Беляков – студент, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Anastasia Yu. Balaeva – Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© Andrey A. Belyakov – student, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

В последние годы отношение к кадровому потенциалу компании изменилось: затраты на персонал уже оцениваются не как затраты на ресурс, а как инвестиции в человеческий капитал организации.

Актуальность нового подхода уже нашла отклик в статистике:

– Корреляция между инвестициями в персонал и текучестью кадров составляет 43 %, т. е. чем выше вовлеченность сотрудника в деятельность компании, тем ниже текучесть кадров [1];

– Средняя стоимость замены в России составляет примерно 21 % от годового дохода сотрудника и приближена к международным показателям [2];

– Согласно исследованиям, в компаниях с высоким уровнем заинтересованности персонала на 37 % меньше прогулов [3; 8];

– Производительность труда мотивированного работника возрастает в среднем на 12 % [4; 10].

Таким образом, грамотно произведенные инвестиции в персонал организации могут сыграть значительную роль в будущем успехе компании.

Но на практике менеджеры компаний часто сталкиваются с проблемой оценки рентабельности инвестиций в персонал. В финансовой отчетности присутствует лишь информация о размерах расходов и обязательств по каждому сотруднику: оклады, премии, налоговые, страховые выплаты. До сих пор не разработаны бухгалтерские инструменты для оценки человеческого капитала в условиях структурных изменений экономического пространства.

Тем не менее начиная с 60-х годов XX века появлялись методики оценки эффективности вложений в сотрудников компании. Один из вариантов такой оценки может быть основан на теории человеческого капитала, в соответствии с которой знания и квалификация наемных работников рассматриваются как принадлежащий им и приносящий доход капитал, а затраты времени и средств на приобретение этих знаний и навыков – инвестиции в него.

Исходя из этого, можно выделить следующие ключевые характеристики основного капитала: цена приобретения, восстановительная стоимость и балансовая стоимость. Словесная трактовка этих понятий уже устоялась, но нет конкретных математических моделей, описывающих инвестиционные стратегии в персонал и составление портфелей на их основе. Поэтому авторы данной статьи разрабо-

тали экономико-математическую модель инвестирования в персонал на основе формирования инвестиционного портфеля, а также предложили методику расчета объема инвестиций и ожидаемых доходностей на базе одной из существующих классических моделей.

Ход исследования

Для формулирования экономико-математической модели были введены несколько опорных переменных, достаточных для составления формул и получения достоверных результатов вычислений с некоторой допустимой точностью. Было сделано допущение, что характеристики основного капитала в целом определяются следующими тремя опорными переменными, эквивалентными по своей сути денежным затратам на развитие персонала, уровню компетентности того или иного сотрудника и текучести кадров компании.

1. Затратность S – размер денежных средств, затрачиваемых компанией на персонал в конкретный момент времени t . Реальное поведение функции затрат на HR во времени определить довольно сложно, поскольку она может принимать определенные величины как периодически, так и хаотично. Поэтому она представлена в виде стохастического осциллятора:

$$S(t) = \beta e^t (\sin \sigma t + \cos K t) \approx \text{approx}[S(t)], \quad (1)$$

где β – факторная бета формируемого портфеля;

σ – среднеквадратичное отклонение случайной величины S относительно ожидаемой доходности портфеля;

K – ковариация случайных величин S_{j+dj} и S_j на горизонте инвестирования;

j – порядковый номер нанятого компанией работника (ненятые не учитываются);

$j + dj$ – порядковый номер схожего по компетенции нанятого компанией работника;

t – время;

$\text{approx}[S(t)]$ – аппроксимация графика функции S по времени.

Из формулы (1) становится ясным, что получить закон изменения величины S проще аппроксимацией графика планируемых или уже осуществленных инвестиций во времени, исходя из стратегии HR-менеджера (инвестора). В ином случае использование стохастического осциллятора трансформирует все последующие зависимости в цепочку рекуррентных соотношений, которую решать довольно затруднительно в сравнении с более простыми приближенными вычислениями от графика.

2. Информационный ресурс a характеризует уровень компетентности персонала компании, представляет собой меру относительной стоимости актива, равную отношению величины инвестиций, совершенных в человеческий капитал, к средней рыночной цене за единицу информационного ресурса, которая изменяется во времени. Из определения также вытекает тот факт, что функция информационного ресурса непрерывна и дифференцируема:

$$a(S) = \frac{1}{S_0} S, \quad (2)$$

где S_0 – средняя рыночная цена за единицу информационного ресурса, изменяющаяся во времени.

3. Приток рабочей силы e – денежная оценка текучести кадров компании, принимающая во внимание интенсивность найма и затраты на персонал, а также соотношение реальной компетентности рабочей силы к ожидаемой:

$$e(S, a) = \kappa S \frac{a}{a_0} = \text{approx}[e(S)], \quad (3)$$

где κ – интенсивность найма (чел./мес.);

a_0 – ожидаемый информационный ресурс (компетентность), которым должен обладать персонал;

$\frac{a}{a_0}$ – соотношение реальной компетентности персонала к ожидаемой;

$approx[e(S)]$ – аппроксимация графика функции притока кадров от затратности S .

Из формулы (3) видно, что функция не зависит от времени в явном виде, т. к. не учитывается заранее затраченное работниками время на самоподготовку до вступления в должность, а ее графическая аппроксимация по затратности S делает вклад информационных ресурсов также неявным.

Кроме того, формула (3) предполагает постоянный поток заявок и стабильные инвестиции, поэтому функция притока рабочей силы непрерывна и дифференцируема. В конечном счете выбор той или иной формы записи формулы (3) определяется возможностями и предпочтениями менеджера, а также требованиями к достоверности производимых калькуляций.

Далее представлена оценка характеристик основного капитала.

Цена приобретения OC – это сумма расходов на подбор персонала, ознакомление его с производством и первоначальное обучение [5; 9]. Согласно определению, представлена в виде следующего выражения:

$$OC = \sum_{j=1}^k g_j + \sum_{j=1}^k q_j + \sum_{j=1}^k p_j, \quad (4)$$

где k – количество нанятых компанией работников;

$g_j = \frac{\partial e_j}{\partial S} \frac{dS}{dt}$ – расход на набор j -го работника, где первый множитель характеризует величину затрат, а второй – ее интенсивность;

$q_j = \int_{a_0}^a \frac{\partial e_j}{\partial S} da$ – расход на ознакомление j -го работника с производством, где подинтегральная про-

изводная также характеризует величину затрат, а интеграл – количество информационного ресурса (на что тратим);

$p_j = \delta_j \frac{\partial e_j}{\partial S} \frac{dS}{dt} + \frac{\partial a}{\partial S} \frac{dS}{dt} = \left(\delta_j \frac{\partial e_j}{\partial S} + \frac{\partial a}{\partial S} \right) \frac{dS}{dt}$ – расход на первоначальное обучение j -го работника, где

первое слагаемое характеризует расход на набор j -го работника в учебную группу, а второе слагаемое – расход на организацию образовательного процесса;

$\delta_j = \frac{p_{j-1}}{g_j}$ – соотношение расходов на обучение предыдущего ($j-1$)-го уже работающего в компа-

нии работника к расходам на набор нового j -го работника.

При этом:

$0 < \delta_j < 1$ – приобретение нового дороже обучения старого работника;

$\delta_j = 1$ – приобретение нового равно обучению старого работника;

$\delta_j > 1$ – приобретение нового дешевле обучения старого работника.

Благодаря коэффициенту δ_j можно с помощью замены g_j преобразовать выражение для p_j :

$$p_j = p_{j-1} + \frac{\partial a}{\partial S} \frac{dS}{dt}. \quad (5)$$

Формула (5) позволяет оценить расходы на повышение квалификации у ($j-1$)-го работника до уровня нового, более компетентного j -го работника. Как видно, разница этих расходов представляет собой затраты на организацию образовательного процесса и является известной фиксированной величиной.

Для частного случая зарождающейся компании: пусть собственники наняли самого первого работника, то есть $j = 1$. Тогда $p_{j-1} = p_0 = 0$ означает, что некого пока переподготавливать. Следовательно, $p_1 = \frac{\partial a}{\partial S} \frac{dS}{dt}$ – стартовый расход на обучение первого и единственного работника в компании.

Таким образом, формула (5) вносит значительный вклад не только в инвестиции в персонал, но и в общее бюджетирование расходов.

Восстановительная стоимость RV устанавливается для каждой группы сотрудников и выражает стоимость ежегодного обучения работников каждой профессиональной группы в текущих ценах [5]:

$$RV = \sum_{t=1}^{\tau} \frac{1}{(1+\gamma)^t} [R]^T [V], \quad (6)$$

где γ – ставка дисконтирования для приведения значений к текущим ценам;

t – время очередного взноса;

τ – горизонт инвестирования;

$$[R] = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & \dots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \dots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{m1} & R_{m2} & \dots & R_{mn} \end{bmatrix} \text{ – матрица образовательных курсов, где } R_{mn} \text{ – количество обучающих мо-}$$

дулей типа m для j -го работника подразделения компании n ;

$$[V] = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1n} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{m1} & V_{m2} & \dots & V_{mn} \end{bmatrix} \text{ – матрица затрат, где } V_{mn} \text{ – затраты на курс из } m \text{ обучающих модулей для}$$

j -го работника подразделения компании n .

Иными словами, RV – квадратная матрица стоимости ежегодного обучения всего персонала компании по отделам и необходимым для каждого работника курсам.

Балансовая стоимость BV : в балансе указывается общая сумма вложений в трудовые ресурсы на начало планового периода (затраты на выбор и обучение), объем произведенных в течение отчетного периода инвестиций, подсчитывается величина потерь вследствие увольнений, устаревания знаний и квалификации и выводится стоимость на конец рассматриваемого периода [5; 7]:

$$BV = OC + RV + \iint_{\tau, S} I(S, t) ds dt - \iiint_{h, c, f} L(f, c, h) df dc dh, \quad (7)$$

где $I(S, t) = \text{approx}[S(t)]$ – аппроксимация графика прочих инвестиций в персонал по затратности S во времени t на всем горизонте инвестирования τ , возврат которых гарантирован инвестиционной моделью;

$f(t) = \text{approx}[f(t)]$ – аппроксимация графика функции f выбытия персонала со временем; причем выбытие может быть плановое (сокращение по решению руководства компании) и неплановое (увольнение по собственному желанию);

$c(a) = \frac{1}{a} \frac{da}{dt}$ – регрессия компетенций, где производная характеризует скорость устаревания информационных ресурсов;

$h(e, a) = \lim_{a \rightarrow 0} [e(S, a) - f(t)]$ – количество неликвидных работников, то есть тех, кто неэффективен, но при этом и не уволен;

$L(f, c, h) = \frac{1}{\kappa} (f(t) + h(e, a)) + S_0 c(a)$ – функция невозполнимых потерь, которая описывает совокупность факторов, вызывающих убытки; является численной и требует заданной точности, так как при

прогнозировании использует тенденции, а в случае сводки данных опирается на аппроксимации и предельные случаи.

Были введены обозначения:

$$P_0 = OC + RV + \iint_{\tau, S} I(S, t) ds dt - \text{первоначальная стоимость активов};$$

$$A = \iiint_{h, c, f} L(f, c, h) df dc dh - \text{накопленная амортизация}.$$

Формула (7) с учетом замены принимает следующий вид:

$$BV = P_0 - A. \quad (8)$$

Формула (8) дает понять, что вложения в персонал автоматически дешевеют из-за амортизации. Именно поэтому в момент совершения транзакции стоимость инвестиций становится ниже, а ее мгновенный возврат принесет убыток, эквивалентный величине A .

Таким образом, необходимые для аппроксимации функции находятся по точкам соответствующих графиков, которые строятся при разработке инвестиционной стратегии или сборе информации по ней и сводят все факторы неопределенности, случайности и риска к минимуму. В прочих случаях задача прогнозирования тенденции требует использования приближенных вычислений с заданной точностью.

По данным опроса HR-директоров [6], основными направлениями инвестиций в персонал являются внутреннее обучение, обучение сотрудников за пределами компании, внедрение методов Performance Management, технические средства контроля над сотрудниками и программы развития лидерства [7–10]. Процентное соотношение предпочтений респондентов между этими направлениями представлено на рисунке.

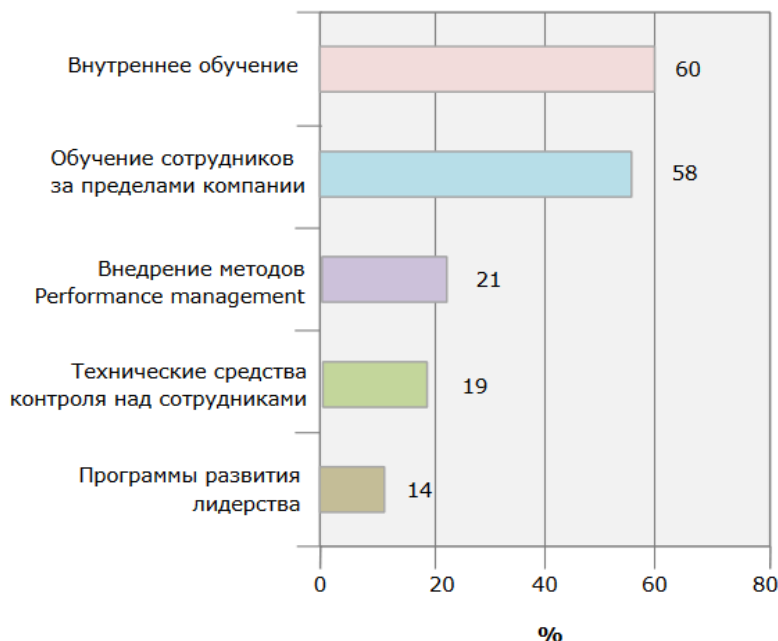


Рис. – Направления инвестиций в персонал компании
Fig. – Directions of investment in company personnel

Имея пять направлений инвестирования, можно представить их доходности r_i в следующем виде:

r_1 – внутреннее обучение;

r_2 – обучение сотрудников за пределами компании;

r_3 – внедрение методов Performance Management;

r_4 – технические средства контроля над сотрудниками;

r_5 – программы развития лидерства.

Чтобы рассчитать эти доходности, воспользуемся моделью арбитражного ценообразования (АРТ). Удобство и предпочтительность модели АРТ для составления инвестиционного портфеля в случае инвестиций в персонал объясняется следующими фактами [11; 12]:

- Арбитраж – это стратегия извлечения безрисковой прибыли;
- Доходность активов описывается n -факторной моделью;
- Применимость для множества финансовых активов и возможность полной диверсификации портфеля;
- Нет ограничений на краткосрочные инвестиции;
- Факторные беты портфеля являются средневзвешенными величинами бет индивидуальных составляющих портфеля;
- Количество факторов риска всегда на единицу меньше количества доходностей активов.

Поскольку в рассматриваемом случае имеется 5 активов с ненулевыми доходностями, то количество факторов риска в модели будет равняться 4. Поэтому была составлена четырехфакторная модель портфеля. Согласно теории арбитражного ценообразования, она описывается следующей системой линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} r_1 = \alpha_1 + \beta_{11}F_1 + \beta_{12}F_2 + \beta_{13}F_3 + \beta_{14}F_4 + \varepsilon_1 \\ r_2 = \alpha_2 + \beta_{21}F_1 + \beta_{22}F_2 + \beta_{23}F_3 + \beta_{24}F_4 + \varepsilon_2 \\ r_3 = \alpha_3 + \beta_{31}F_1 + \beta_{32}F_2 + \beta_{33}F_3 + \beta_{34}F_4 + \varepsilon_3 \\ r_4 = \alpha_4 + \beta_{41}F_1 + \beta_{42}F_2 + \beta_{43}F_3 + \beta_{44}F_4 + \varepsilon_4 \\ r_5 = \alpha_5 + \beta_{51}F_1 + \beta_{52}F_2 + \beta_{53}F_3 + \beta_{54}F_4 + \varepsilon_5 \end{cases}, \quad (9)$$

где r_i – доходность i -го актива;

$\alpha_i = E(r_{fi})$ – ожидаемая безрисковая доходность i -го актива;

r_{fi} – безрисковая доходность i -го актива (обычно не более 5 %);

$E(r_{fi})$ – математическое ожидание величины r_{fi} ;

$\beta_{ik} = \frac{\text{cov}(r_{fi}, F_k)}{\sigma^2(F_k)}$ – чувствительность доходности i -го актива к изменению доходности от k -го фактора риска (могут быть положительными и отрицательными);

F_k – k -й фактор риска i -го актива в процентах, величина которого определяется степенью склонности инвестора к риску, причем среднее значение факторов риска равно нулю, но каждый фактор риска в отдельности отличен от нуля;

$\text{cov}(r_{fi}, F_k)$ – ковариация доходности i -го актива с k -м фактором риска;

$\sigma^2(F_k)$ – дисперсия доходности k -го фактора риска;

ε_i – нерыночный риск i -го актива в процентах со средним значением, равным нулю.

Кроме того, модель АРТ позволяет определить веса активов в портфеле и рекомендации по дальнейшим действиям с ними: покупать или продавать. Для этого строится дублирующий портфель, который имеет такую же чувствительность ко всем факторам риска, как и исходный портфель. При этом для нахождения весов надо также составить и решить систему линейных неоднородных уравнений:

$$\begin{cases} \beta_{11}\omega_1 + \beta_{21}\omega_2 + \beta_{31}\omega_3 + \beta_{41}\omega_4 + \beta_{51}\omega_5 = B_1 \\ \beta_{12}\omega_1 + \beta_{22}\omega_2 + \beta_{32}\omega_3 + \beta_{42}\omega_4 + \beta_{52}\omega_5 = B_2 \\ \beta_{13}\omega_1 + \beta_{23}\omega_2 + \beta_{33}\omega_3 + \beta_{43}\omega_4 + \beta_{53}\omega_5 = B_3 \\ \beta_{14}\omega_1 + \beta_{24}\omega_2 + \beta_{34}\omega_3 + \beta_{44}\omega_4 + \beta_{54}\omega_5 = B_4 \\ \omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \omega_4 + \omega_5 = 1 \end{cases} \Rightarrow [\omega] = \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \\ \omega_4 \\ \omega_5 \end{bmatrix}, \quad (10)$$

где ω_i – вес i -го актива в портфеле, причем положительные значения означают прямые инвестиции, а отрицательные – заемные инвестиции;

B_k – чувствительность доходности k -го актива дублирующего портфеля ко всем факторам риска.

Решая систему (10), можно найти веса ω_i всех активов в портфеле.

Для оценки рентабельности инвестиций в персонал необходимо рассчитать величину ROI , характеризующую окупаемость инвестиций:

$$ROI = \frac{CF - P_0}{P_0} 100\%, \quad (11)$$

где P_0 – первоначальная стоимость активов из формулы (8);

$CF = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^5 CF_{it} = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^5 W_i (1 + r_i)^t$ – ожидаемый денежный поток;

$W_i = \omega_i \cdot V$ – текущий денежный поток от i -го актива;

V – стоимостная окупаемость вложений в j -го работника (например, для сотрудника отдела продаж это процент роста его продаж в денежном выражении);

ω_i – вес i -го актива в портфеле, который находится решением СЛНУ (10);

r_i – доходность i -го актива, которая находится из решения СЛАУ (9).

Итого: подсчет денежного потока сводится к определению доходностей активов и их весов в портфеле, то есть к ответам на вопросы:

- Сколько можно заработать?
- Сколько нужно вкладывать?

Чтобы высчитать ожидаемую доходность инвестиционного портфеля, система (9) была представлена в матричной форме:

$$[r] = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \end{bmatrix}, [\alpha] = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \end{bmatrix}, [\beta] = \begin{bmatrix} \beta_{11} & \beta_{12} & \beta_{13} & \beta_{14} \\ \beta_{21} & \beta_{22} & \beta_{23} & \beta_{24} \\ \beta_{31} & \beta_{32} & \beta_{33} & \beta_{34} \\ \beta_{41} & \beta_{42} & \beta_{43} & \beta_{44} \\ \beta_{51} & \beta_{52} & \beta_{53} & \beta_{54} \end{bmatrix}, [F] = \begin{bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \end{bmatrix}, [\varepsilon] = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \varepsilon_3 \\ \varepsilon_4 \\ \varepsilon_5 \end{bmatrix}.$$

Тогда система (9) примет вид

$$[r] = [\alpha] + [\beta][F] + [\varepsilon]. \quad (12)$$

Таким образом, ожидаемая доходность инвестиционного портфеля составит:

$$E(r) = E([r]) = [\omega]^T [r]. \quad (13)$$

Выводы

В данной статье была приведена математическая формулировка основных терминов инвестиций в персонал и их обоснование, выведен ряд значимых для инвестирования и бюджетирования зависимостей, была предложена четырехфакторная модель инвестиционного портфеля, приведена методика его расчета и оценка эффективности вложений с помощью известного коэффициента ROI .

Расчет ROI позволяет HR-менеджерам и топ-менеджерам следующее:

- Оценить финансовую эффективность вложений в развитие сотрудников;
- Получить понятный, надежный инструмент для контроля результативности мероприятий по развитию персонала;

– Сделать более измеримым «человеческий фактор» и его влияние на результат деятельности компании;

– Повысить прозрачность, а следовательно, и управляемость своей организацией.

Также важно помнить, что инвестиции в образование персонала компании – это инвестиции в создание ее нематериальных активов, которое повышает уровень конкурентоспособности организации.

Сегодня перед руководителями компаний стоит выбор: инвестировать в отдельных сотрудников или в создание систем обучения внутри компании. Оба эти варианта рассчитываются по модели арбитражного ценообразования *APT*, так как количество активов, выбранных по основным направлениям инвестиций, и количество активов, чья первоначальная стоимость определяется бюджетированием, совпадают и равны пяти.

Так, инвестиции в образование сотрудников считаются эффективными и целесообразными, если поток будущих доходов не меньше совокупных затрат на образование или норма доходности инвестиций в образование имеет значение не менее рыночной процентной ставки.

Библиографический список

1. Deloitte. Международное исследование тенденций в сфере управления персоналом / Отчет по подразделению Российской Федерации. ПК «Делойт и Туш Риджинал Консалтинг Сервисис Лимитед», май 2016. URL: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/human-capital/russian/2016-human-capital-trends-russia.pdf>.
2. Миронов А. Исследование по расчету средней стоимости замены сотрудников / Отчет по исследованиям. Холдинг АНКОР, октябрь 2010.
3. Ed O'Boyle. Treat Your People Like Assets, Not Expenses – Invest in Them / Workplace State. Gallup. June 6, 2019. URL: <https://www.gallup.com/workplace/258044/treat-people-assets-not-expenses-invest.aspx>.
4. Oswald Andrew J, Proto Eugenio, SgROI Daniel. Happiness and Productivity. *Journal of Labor Economics*, no. 33 (4), pp. 789–822. URL: <http://ftp.iza.org/dp4645.pdf>.
5. Управление персоналом: учебник для вузов / под ред. Т.Ю. Базарова, Б.Л. Еремина. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ЮНИТИ, 2005.
6. HR in Heavy Industry: an Uncertain Situation. Ward Howell International. April 20, 2015. URL: https://wardhowell.com/en/teinstitute/hr_v_promyshlennosti_situaciya_neopredelennosti.
7. Захарченко Л.А., Медведева Г.Б. Непрерывное образование: необходимость и возможность формирования компетенций современного специалиста // Вестник Брестского государственного технического университета. Экономика. 2018. 3 (111). С. 49–53. URL: <https://rep.bstu.by/bitstream/handle/data/217/49-53.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
8. Каминская А.В. Оценка эффективности системы корпоративного обучения в аптечной сети // Новая аптека. Эффективное управление. 2014. № 6. С. 44–48. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21579035>.
9. Михайлова А.В., Попова Л.Н. Пути управления системой подготовки и переподготовки кадров // Экономика и социум. 2012. № 3 (3). С. 240–251. URL: <https://readera.org/puti-upravlenija-sistemoj-podgotovki-i-perepodgotovki-kadrov-140104653>.
10. Савченко В.В. Виды инвестиций в человеческий капитал и их эффективность // Вопросы структуризации экономики. 2010. № 2. С. 414–419. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16526877>.
11. Муравьева К.Н. Инвестиции в человеческий капитал // Управленческое консультирование. 2013. № 1. С. 093–098. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19084700>.
12. Плющев А.С. Оценка инвестиций в профессиональную подготовку персонала структурного подразделения банка и расчет их эффективности // Вестник ОмГУ. Серия: Экономика. 2016. № 1. С. 146–156. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-investitsiy-v-professionalnuyu-podgotovku-personala-strukturnogo-podrazdeleniya-banka-i-raschet-ih-effektivnosti>.

References

1. Deloitte. International research of trends in the field of personnel management. Report on the division of the Russian Federation. Deloitte and Touche regional Consulting services limited, May 2016. Available at: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ru/Documents/human-capital/russian/2016-human-capital-trends-russia.pdf>. (In Russ.)
2. Mironov A. Research on calculating the average cost of replacing employees. Research Report. Anchor holding, October 2010. (In Russ.)
3. Ed O'Boyle. Treat Your People Like Assets, Not Expenses – Invest in Them. *Workplace. Gallup*. June 6, 2019. Available at: <https://www.gallup.com/workplace/258044/treat-people-assets-not-expenses-invest.aspx>.
4. Oswald Andrew J, Proto Eugenio, SgROI Daniel. Happiness and Productivity. *Journal of Labor Economics*, no. 33 (4), pp. 789–822. Available at: <http://ftp.iza.org/dp4645.pdf>.
5. Personnel management: textbook for universities. T.Yu. Bazarova, B.L. Eremina (Eds). 2nd edition, revised and enlarged. Moscow: YuNITI, 2005. (In Russ.)
6. HR in Heavy Industry: an Uncertain Situation. *Ward Howell International*. April 20, 2015. Available at: https://wardhowell.com/en/teinstitute/hr_v_promyshlennosti_situaciya_neopredelennosti. (In Russ.)
7. Zakharchenko L.A., Medvedeva G.B. Continuing education: necessity and possibility of formation of competences of the modern specialist. *Vestnik Brest State Technical University. Economy*, 2018, no. 3 (111), pp. 49–53. Available at: <https://rep.bstu.by/bitstream/handle/data/217/49-53.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (In Russ.)
8. Kaminskaya A.V. Evaluating the effectiveness of the corporate training system in the pharmacy chain. *New pharmacy. Effective management*, 2014, no. 6, pp. 44–48. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21579035>. (In Russ.)
9. Mikhailova A.V., Popova L.N. Ways to manage the system of training and retraining of personnel. *Ekonomika i sotsium*, 2012, no. 3 (3), pp. 240–251. Available at: <https://readera.org/puti-upravlenija-sistemoj-podgotovki-i-perepodgotovki-kadrov-140104653>. (In Russ.)
10. Savchenko V. V. Types of investments in human capital and their effectiveness. *Voprosy strukturizatsii ekonomiki*, 2010, no. 2, pp. 414–419. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16526877>. (In Russ.)
11. Muraviova K.N. Investments in human capital. *Administrative consulting*, 2013, no. 1, pp. 093–098. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19084700>. (In Russ.)
12. Plushchev A.S. Evaluation of investment in training of personnel in structural units of the bank and the calculation of its efficiency. *Herald of Omsk University. Series: Economics*, 2016, no. 1, pp. 146–156. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-investitsiy-v-professionalnuyu-podgotovku-personala-strukturnogo-podrazdeleniya-banka-i-raschet-ih-effektivnosti>. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-102–114

Дата: поступления статьи / Submitted: 14.03.2020

УДК 330.43

после рецензирования / Revised: 30.04.2020



Научная статья / Scientific article

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

Е.Н. Барышева

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: barisheva.en@ssau.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2455-1152>

И.С. Максимова

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: irina.maximova@yandex.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8531-2497>

Исследование показателей дорожно-транспортной сферы методами формирования интегрального фактора

Аннотация: Транспортная система России служит важнейшей составной частью производственной инфраструктуры, а ее развитие – одна из приоритетных задач государственной деятельности. В условиях комплексного развития регионов транспорт становится инструментом реализации экономических интересов субъектов. В настоящее время транспортная система Российской Федерации активно развивается. Во многом это определяет развитие экономических показателей, таких как импорт и экспорт, а также увеличение объемов реализации товаров собственного производства. В связи с этим важно и актуально рассмотреть текущее состояние транспортной системы и факторы ее развития. В статье исследуются формы зависимостей показателей дорожно-транспортной отрасли Приволжского федерального округа. В связи с ограниченным объемом выборки предлагается изучение данной сферы с помощью формирования интегрального показателя методами дискриминантного и канонического анализов. Использование канонических переменных в качестве интегральных показателей расширяет возможности применения канонической корреляции в других анализах, в том числе в эконометрическом моделировании. Интегральный фактор, рассчитанный алгоритмом дискриминантного анализа, способствует снижению размерности и позволяет в условиях малого объема выборки оценить степень тесноты и форму зависимости между интегральными переменными.

Ключевые слова: эконометрическое моделирование, канонический анализ, дискриминантный анализ, дискриминантные переменные, дорожно-транспортные показатели, интегральные показатели, латентные переменные, каноническая корреляция.

Цитирование. Барышева Е.Н., Максимова И.С. Исследование показателей дорожно-транспортной сферы методами формирования интегрального фактора // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 102–114. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-102-114>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

E.N. Barysheva

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: barisheva.en@ssau.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2455-1152>

I.S. Maksimova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: irina.maximova@yandex.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8531-2497>

Study of the road transport indicators by methods of forming an integral factor

Abstract: The transport system of Russia is an important component of the industrial infrastructure, and its development is one of the priorities of state activities. In the context of integrated regional development, transport is a tool for implementing the economic interests of subjects. Currently, the transport system of the Russian Federation is actively developing. This largely determines the development of economic indicators, such as imports and exports, as well as an increase in the volume of sales of goods of their own production. In this regard,

it is important and relevant to study the current state of the transport system and the factors of its development. The paper explores the forms of dependent indicators of the road transport industry of the Volga Federal District. Due to the limited sample size, it is proposed to study this area using the formation of integral indicators using discriminant and canonical analysis methods. The use of canonical variables as integral indicators expands the possibilities of applying canonical correlation in other analyses, including in econometric modeling. The integral factor calculated by the discriminant analysis algorithm reduces the dimension and allows us to estimate the degree of crowding and the form of dependence between the integral variables in conditions of a small sample size.

Key words: econometric modeling, canonical analysis, discriminant analysis, discriminant variables, road traffic indicators, integral indicators, latent variables, canonical correlation.

Citation. Barysheva E.N., Maximova I.S. Investigation of road transport indicators by methods of forming an integral factor. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 102–114. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-102-114>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© *Евгения Николаевна Барышева* – старший преподаватель кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Ирина Сергеевна Максимова* – магистр направления «Бизнес-информатика», Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Evgeniya N. Barysheva* – senior lecturer of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© *Irina S. Maximova* – Master of the direction of Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

В настоящее время возрастает роль транспортной сферы и ее особое значение в развитии всех сфер человека. Развитие транспорта в Российской Федерации всегда было и будет первостепеннейшей стратегической задачей. Транспорт, наряду с другими инфраструктурными отраслями, обеспечивает базовые условия жизнедеятельности общества, являясь важным инструментом достижения социальных, экономических, внешнеполитических целей. Транспортная система России является важнейшей составной частью производственной инфраструктуры, а ее развитие – одна из приоритетных задач государственной деятельности. В связи с этим в стране осуществляется программа «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года». Она была разработана с учетом факторов, определяющих характер и качество развития экономики. В тексте документа отмечается, что в России благодаря модернизации транспортной инфраструктуры, удовлетворившей спрос на грузовые и пассажирские перевозки, сформирована определенная база для дальнейшего развития. С 2016 года дорожно-транспортный сектор вносит положительный вклад в ВВП. По территории Приволжского федерального округа проходят железнодорожные линии, связывающие Центральный и Северо-Западный федеральные округа с Уральским, Сибирским, Дальневосточным федеральными округами, а также с Республикой Казахстан, это определяет перспективы развития транспортной сферы в регионе. Однако одной из главных проблем округа, препятствующих их реализации, является недостаточное для решения широкого спектра задач развитие транспортного логистического комплекса.

Вопросы, возникающие при изучении показателей транспортной сферы, многоплановы и широко масштабны. В научной литературе многопланово описываются модели развития дорожно-транспортной отрасли и их влияние на экономику. В частности, авторы работы [1] рассматривают отличительные черты транспортного сектора Приволжского федерального округа как одной из связующих отраслей между субъектами. Интересные выводы предложены автором работы [2]. Методами анализа, синтеза и сравнения на основе статистических данных за период с 2010 по 2016 год автором были выделены основные проблемы транспортной инфраструктуры. Главным образом они свя-

заны с износом основных фондов и уменьшением объемов инвестиций в транспорт, в качестве результирующих проблем были выделены ухудшение экологической ситуации и рост количества дорожно-транспортных происшествий. Среди классических методов автором работы [3] был выбран динамический анализ объемов перевозок железнодорожным транспортом как в целом по РФ, так и отдельно по регионам. На основе первичного анализа данных были определены основные тенденции развития данного сектора экономики, показавшие сокращение пассажироперевозок и рост грузоперевозок на всех уровнях. Кроме того, анализ выявил независимость сегмента пассажироперевозок от общего числа рыночных факторов, что указывает на монополизацию данного сегмента.

Таким образом, вопросы развития дорожно-транспортной сферы изучаются достаточно комплексно, однако проблема определения зависимости данного сектора от внешних экономических факторов, таких как торговля, а также от развития промышленности в научной литературе представлена недостаточно полно. В условиях комплексного развития регионов транспорт является инструментом реализации экономических интересов субъектов. Поэтому актуально исследовать текущее состояние транспортной системы и факторы ее развития.

Многомерные методы позволяют решать различные задачи [4–6]. В качестве метода проведения исследования в работе предлагается комбинирование методов дискриминантного и канонического анализов, а также выбор оптимальной формы зависимости показателей дорожно-транспортной сферы с помощью эконометрического моделирования. Корреляционно-регрессионный анализ, как известно, является одним из наиболее широко распространенных и гибких приемов обработки статистических данных [7–11].

В регрессионном анализе в качестве исходной в работе рассматривалась модель вида:

$$Y_t = c + b_1 x_i + U_i, \quad U_i \sim N(0, \sigma^2), \quad i = 1, 2 \dots n, \quad (1)$$

где U_i – случайное слагаемое или ошибка модели.

Для изучения зависимости одной переменной Y от нескольких объясняющих переменных X_1, X_2, \dots, X_n в работе строились модели множественной линейной регрессии. При t наблюдениях зависимых переменных и $x_{t1}, x_{t2}, \dots, x_{tp}$ – объясняющих переменных модель множественной линейной регрессии имеет вид

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 x_{t1} + \beta_2 x_{t2} + \dots + \beta_p x_{tp} + U_i. \quad (2)$$

Кроме того, для корректного отображения существующих процессов и явлений в исследовании также строились нелинейные регрессионные модели. При переходе от нелинейных форм связей к линейным используется простое преобразование модельных параметров или непосредственно изучаемых признаков. Мультипликативная (степенная) модель выглядит как:

$$Y_i = \beta_0 * x_{i1}^{\beta_1} * x_{i2}^{\beta_2} * U_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (3)$$

Мультипликативная модель (3) может быть приведена к линейной с помощью логарифмирования обеих частей уравнений. Тогда мультипликативная модель принимает вид:

$$\ln Y_i = \ln \beta_0 + \beta_1 \ln x_{i1} + \beta_2 \ln x_{i2} + \ln U_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (4)$$

В основе дискриминантного анализа лежит формирование такого показателя, который на основе исходных многомерных данных позволил бы классифицировать объекты исследования, оценить ранг между ними. Обучающие выборки для разделения объектов на два кластера в работе были сформированы методом k -средних. Полученные кластеры, имеющие разные величины средних значений, позволяют рассчитать интегральный показатель, общий вид которого представлен соотношением

$$u = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n, \quad i = 1, \dots, n, \quad (5)$$

Алгоритм дискриминантного анализа достаточно хорошо представлен в литературе [5]. Важной расчетной величиной является несмещенная оценка обобщенной матрицы ковариации, ее вид описы-

вается формулой $S = \frac{X_1^T X_1 + X_2^T X_2}{n_1 + n_2 - 2}$, где n_1 и n_2 – объемы выборок. Значение дискриминантной переменной представляется линейной комбинацией, в которой коэффициенты a_i рассчитываются с использованием соотношения $A = S^{-1}(X_{ср1} - X_{ср2})$, т. е. умножением обратной матрицы к обобщенной матрице ковариации на разность векторов средних значений по выборкам.

Таким образом, используя линейный дискриминантный анализ, можно профиль объекта, характеризующийся многомерным вектором, перевести в точечную оценку, которая имеет смысл интегрального фактора. Этот фактор обобщает в себе все выбранные для исследования показатели.

Аналогично интегральный показатель можно получить с помощью канонического анализа. Известно, что для одновременного анализа взаимосвязи нескольких результативных показателей и большого числа воздействующих факторов применяется метод канонической корреляции. Алгоритм метода канонических корреляций также предполагает замену исходных переменных их линейными комбинациями. При этом формируются две канонические переменные, а также проводится оценка коэффициента канонической корреляции между ними. Общий вид канонических переменных U и V представлен соотношениями:

$$U = a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_g x_g;$$

$$V = b_1 y_1 + b_2 y_2 + \dots + b_p y_p.$$

Использование канонических переменных в качестве интегральных показателей расширяет возможности применения канонической корреляции в других анализах, в том числе в эконометрическом моделировании.

Данные для исследования взяты из статистического ежегодника «Регионы России: основные социально-экономические показатели 2018». Для анализа были выбраны 8 показателей. Для проведения сравнительного анализа и подбора оптимальных моделей показатели были взяты по субъектам Приволжского и Центрального федеральных округов за 2017 год [12].

Таблица 1 – Показатели экономической и транспортной сфер по ПФО за 2017 год

Table 1 – Indicators of the economic and transport sectors in the Volga Federal District for 2017

| Субъекты ПФО | Y_1 | Y_2 | Y_3 | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 |
|-------------------------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Республика Башкортостан | 1415,8 | 254,6 | 1082923 | 28,5 | 43,1 | 103,8 | 31,5 | 2897 |
| Республика Марий Эл | 53,6 | 10,1 | 152086 | 1,2 | 6,7 | 97,8 | 31,7 | 578 |
| Республика Мордовия | 155 | 30,1 | 167180 | 3,1 | 20,7 | 10,3 | 27,5 | 5068 |
| Республика Татарстан | 1510,9 | 607,3 | 1596330 | 15,8 | 67,5 | 101,9 | 26 | 6206 |
| Удмуртская Республика | 130,4 | 453,1 | 321066 | 2,1 | 19,5 | 102,4 | 50,4 | 1885 |
| Чувашская Республика | 141,2 | 56,1 | 172565 | 0,7 | 8,2 | 100,1 | 32,9 | 960 |
| Пермский край | 697 | 161,6 | 933960 | 45,3 | 32,4 | 132 | 31,1 | 3064 |
| Кировская область | 179,7 | 19,9 | 199822 | 6,2 | 12,4 | 101,4 | 41 | 1509 |
| Нижегородская область | 1151,3 | 371,8 | 1237833 | 15,6 | 23,9 | 130,9 | 39 | 3193 |
| Оренбургская область | 1625,1 | 547,7 | 304238 | 37,3 | 14,6 | 100 | 39,8 | 2070 |
| Пензенская область | 117,2 | 46,3 | 195823 | 2,4 | 14,9 | 101,4 | 33,5 | 2535 |
| Самарская область | 2983,2 | 390,1 | 969528 | 20,9 | 42,2 | 104,6 | 36,1 | 3624 |
| Саратовская область | 575,4 | 103,8 | 352459 | 15 | 14,7 | 108,2 | 38,4 | 2592 |
| Ульяновская область | 144 | 80 | 256480 | 3,2 | 8,9 | 108 | 33,7 | 1147 |

В работе анализировались следующие показатели:

- торговля со странами СНГ (млн долларов);
- экспорт (Y_1);
- импорт (Y_2);

- обрабатывающее производство (объем отгруженных товаров в млн руб.) (Y_3);
- отправление грузов железнодорожным транспортом общего пользования, млн т (X_1);
- перевозки грузов автомобильным транспортом организаций всех видов деятельности, млн т (X_2);
- индексы тарифов на грузовые перевозки, % (X_3);
- инвестиции в основной капитал по виду деятельности – машины, оборудование, транспортные средства, % от общего объема инвестиций (X_4);
- грузооборот автомобильного транспорта, млн т/км (X_5).

Таким образом, анализируемые данные представляют собой многомерный массив размерностью 14x8. Первый этап изучения зависимости экономических показателей – экспорта и импорта – от перевозок грузов автомобильным и железнодорожным транспортом включал построение парных линейных моделей. Были построены четыре линейные модели по показателям Приволжского федерального округа, полученные формы зависимости со значениями коэффициента детерминации и уровнями значимости, а также доверительными интервалами для объясняющих переменных представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Парные модели зависимости показателей транспортной и экономической сфер в ПФО
Table 2 – Paired models of the dependence of indicators of transport and economic sectors in the Volga Federal District

| | | |
|---|---------------------------------|--|
| Зависимость импорта (Y_2 , млн долларов) от объемов отправленных грузов железнодорожным транспортом (X_1 , млн т) | | |
| Уравнение: $Y_2 = 6,5 * X_1 + 132,1$ | $R^2 = 0,19$ $\alpha = 0,1$ | $-1,75 < X_1 < 14,75$ $F_{набл} = 2,94$ |
| Зависимость импорта (Y_2 , млн долларов) от перевозок грузов автомобильным транспортом организаций всех видов деятельности (X_2 , млн т) | | |
| Уравнение: $Y_2 = 7,76 * X_2 + 40,9$ | $R^2 = 0,4$ $\alpha = 0,01$ | $1,8 < X_2 < 13,7$ $F_{набл} = 8,05$ |
| Зависимость экспорта (Y_1 , млн долларов) от объемов отправленных грузов железнодорожным транспортом (X_1 , млн т) | | |
| Уравнение: $Y_1 = 35,1 * X_1 + 282$ | $R^2 = 0,34$ $\alpha = 0,02$ | $4,68 < X_1 < 65,52$ $F_{набл} = 6,32$ |
| Зависимость экспорта (Y_1 , млн долларов) от перевозок грузов автомобильным транспортом организаций всех видов деятельности (X_2 , млн т) | | |
| Уравнение: $Y_1 = 33 * X_2 - 1,4$ | $R^2 = 0,43$ $\alpha = 0,01$ | $9,45 < X_2 < 56,6$ $F_{набл} = 9,31$ |

Из характеристик моделей, представленных в таблице 2, видно, что самую слабую линейную связь имеет показатель импорта с показателем перевоза груза железнодорожным транспортом. Также из значения уровня значимости данной модели можно сделать вывод, что модель не является статистически значимой. Остальные модели статистически значимы, однако из значений коэффициентов детерминации 0,4, 0,34, 0,43 можно сделать вывод, что они отражают слабую линейную связь выбранных показателей. При изучении транспортных показателей в работе построены графики зависимости показателя, описывающего импорт от железнодорожных и автомобильных грузоперевозок, а также показателя экспорта от железнодорожных и автомобильных грузоперевозок. Результаты построения с эмпирическими данными, уравнениями тренда и соответствующими коэффициентами аппроксимации представлены на рисунках 1–4.

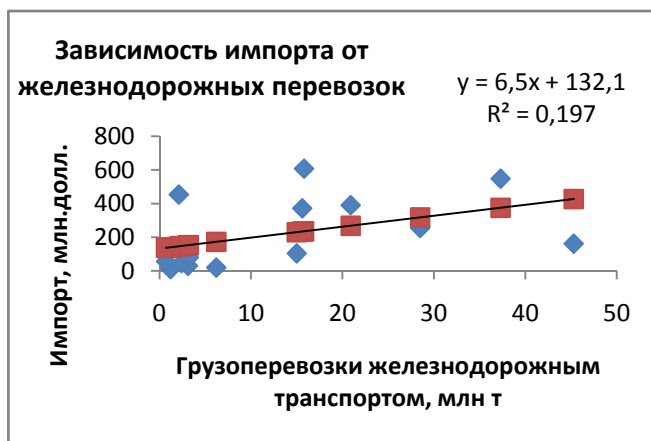


Рис. 1 – Зависимость импорта от железнодорожных перевозок
 Fig. 1 – Dependence of imports on rail transportation

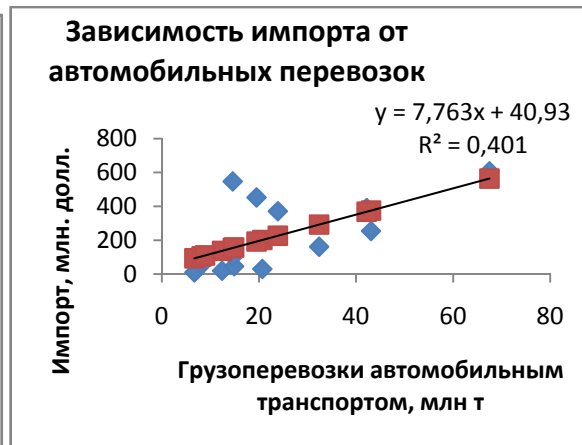


Рис. 2 – Зависимость импорта от автомобильных перевозок
 Fig. 2 – Import dependence on motor transportation

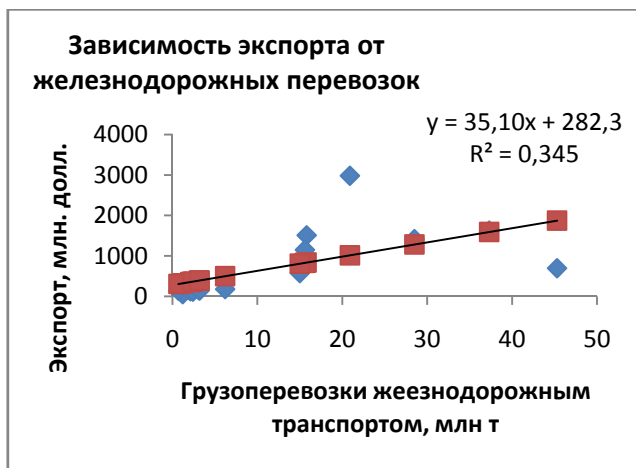


Рис. 3 – Зависимость экспорта от железнодорожных перевозок
 Fig. 3 – Dependence of exports on rail transportation

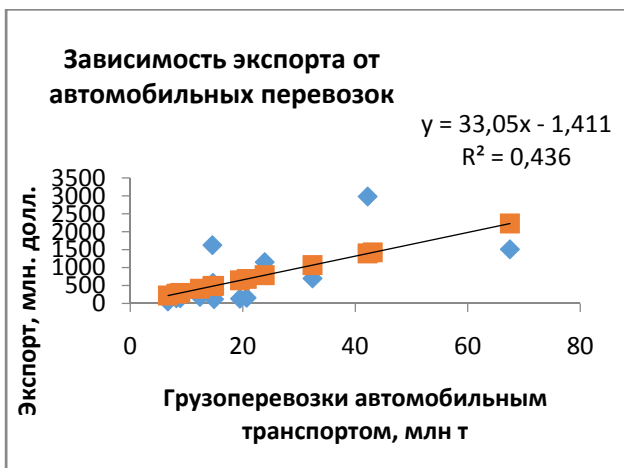


Рис. 4 – Зависимость экспорта от автомобильных перевозок
 Fig. 4 – Dependence of export on road transportation

Представленные на рисунках 1–4 корреляционные поля позволяют сделать вывод о слабой линейной зависимости между величинами экспорта и импорта от факторов грузоперевозок автомобильным и железнодорожным транспортом. Низкий коэффициент детерминации показывает, что необходимо в исследовании использовать другие факторы или менять спецификацию модели. Продолжение исследования в работе базируется на применении многомерных моделей, как линейных, так и нелинейных. Далее представлены четыре модели. В первой модели изучалась зависимость показателя «обрабатывающее производство» (Y_3 , объем отгруженных товаров в млн руб) от показателей экспорта (X_1 , млн долларов), импорта (X_2 , млн долларов), инвестиций в основной капитал по виду основных фондов – машины, оборудование, транспортные средства (X_3 , в долях). Множественная линейная модель регрессии представляется соотношением

$$Y_3 = 1227931,857 + 155,8X_1 + 1253,7 X_2 - 30188,7X_3.$$

Множественный коэффициент корреляции составил 0,798, коэффициент детерминации – 0,637. Уровень значимости модели – 0,014. Для данной модели регрессионная статистика представлена в таблице 3 детально.

Таблица 3 – Регрессионная статистика
Table 3 – Regression Statistics

| Показатели | Коэффициенты | Стандартная ошибка | t-статистика | P-значение |
|----------------|--------------|--------------------|--------------|------------|
| Y-пересечение | 1227931,857 | 564074,836 | 2,177 | 0,055 |
| X ₁ | 155,792 | 153,376 | 1,016 | 0,334 |
| X ₂ | 1253,702 | 641,612 | 1,954 | 0,079 |
| X ₃ | -30188,706 | 16032,131 | -1,883 | 0,089 |

При увеличении экспорта на 1 млн долларов показатель обрабатывающего производства вырастет на 155,8 млн руб., а при увеличении импорта на 1 млн долларов – на 1253,7 млн руб. Однако при росте инвестиций в основной капитал по виду основных фондов – машины, оборудование, транспортные средства – показатель обрабатывающего производства будет снижаться. Таким образом, уравнение множественной линейной зависимости статистически значимо, однако параметры модели имеют уровни значимости 0,055, 0,334, 0,079, 0,089 соответственно и показатель экспорта не оказывает статистически значимого влияния на объем отгруженных товаров.

Сводные параметры изучаемых моделей представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Многомерные модели зависимостей показателей транспортной и экономической сфер в ПФО
Table 4 – Multidimensional models of dependencies of indicators of transport and economic sectors in the Volga Federal District

| | | | |
|--|------------------------------------|---|---|
| Зависимость экспорта (Y ₁ , млн долларов) от объемов отправления грузов железнодорожным транспортом (X ₁ , млн т) и от перевозок грузов автомобильным транспортом организаций всех видов деятельности (X ₂ , млн т) | | | |
| Уравнение: Y ₁ = 22.163 * X ₁ + 25.03 * X ₂ - 124 | R ² = 0,54 α = 0,013 | 7,39 < X ₁ < 51,72 0,3 < X ₂ < 49,76 | Уровни значимости переменных: X ₁ - 0,127 X ₂ - 0,048 |
| Зависимость экспорта (Y ₁ , млн долларов) от объемов отправления грузов железнодорожным транспортом (X ₁ , млн т) и от перевозок грузов автомобильным транспортом организаций всех видов деятельности (X ₂ , млн т) | | | |
| Уравнение: Y ₁ = 20.87 * X ₁ ^{0.64} * X ₂ ^{0.57} | R ² = 0,83 α = 0,01 | 0,28 < X ₁ < 1 0,15 < X ₂ < 1,29 | Уровни значимости переменных: X ₁ - 0,016 X ₂ - 0,039 |
| Зависимость показателя – обрабатывающее производство (Y ₃ , объем отгруженных товаров в млн руб.) от показателей экспорта (Y ₁ , млн долларов), импорта (Y ₂ , млн долларов), инвестиций в основной капитал по виду основных фондов – машины, оборудование, транспортные средства (X ₃ , в долях). | | | |
| Уравнение: Y ₃ = 1227931,857 + 155,8X ₁ + 1253,7X ₂ - 30188,7X ₃ | R ² = 0,66 α = 0,01 | 185,9 < X ₁ < 497,53 -175,89 < X ₂ < 2683,3 -65910 < X ₃ < 15335 | Уровни значимости переменных: X ₁ - 0,334 X ₂ - 0,079 X ₃ - 0,089 |

Из характеристик моделей, представленных в таблице 4, можно сделать вывод, что все построенные модели являются статистически значимыми. В первой модели уровень значимости показателя перевозок грузов железнодорожным транспортом не оказывает значимого влияния на экспорт. Это означает, что линейная зависимость не подходит для описания зависимости данных показателей. В связи с этим далее в работе была построена нелинейная модель.

В полученной нелинейной модели коэффициент детерминации, равный 0,83, позволил характеризовать степень тесноты связи как высокую. Показатели перевозок грузов железнодорожным и автомобильным транспортом являются значимыми и оказывают статистически значимое влияние на показатель экспорта. В подобных мультипликативных моделях изменчивость зависимой переменной объясняет степень возведения объясняющей переменной. Так, для Самарской области прогнозное значение экспорта в 2017 году будет равняться 1232,66 млн долларов, а в 2016 году – 1107,9 млн долларов.

При исследовании строились и другие многомерные модели. Однако у значимых моделей обнаруживалось множество незначимых объясняющих переменных, а незначимым моделям соответствовали значимые переменные, описывающие их. В связи с этим можно сделать вывод, что ограниченный объем выборки не позволяет получить корректную форму зависимости на большом числе переменных. Это приводит к нарушению условий формирования моделей. Учитывая реальные особенности данных в исследовании, возникает необходимость увязать множество объясняющих или независимых переменных в интегральный фактор. Далее в работе для решения проблемы построения эконометрических моделей на малом объеме выборки предлагается введение интегральных показателей на дискриминантных и канонических переменных. Оба подхода базируются на построении матриц корреляции и ковариации.

Для проведения дискриминантного анализа сформирована таблица размерностью 14x6. Произведена структуризация данных. В качестве множества объясняющих переменных были выбраны следующие показатели по Приволжскому федеральному округу за 2017 год:

- Добыча полезных ископаемых (объем отгруженных товаров собственного производства), млн руб.;
- Обрабатывающие производства (объем отгруженных товаров собственного производства), млн руб.;
- Индексы тарифов на грузовые перевозки (декабрь к декабрю предыдущего года), %;
- Инвестиции в основной капитал по виду основных фондов – машины, оборудование, транспортные средства, % от общего объема инвестиций;
- Экспорт, млн долл.;
- Импорт, млн долл.

Рассчитанные значения вектора А представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Коэффициенты вектора А
Table 5 – Coefficients of vector A

| Переменные | Описание переменных | А |
|------------|--|----------|
| X_1 | Добыча полезных ископаемых (объем отгруженных товаров собственного производства), млн руб. | -0,00007 |
| X_2 | Обрабатывающие производства (объем отгруженных товаров собственного производства), млн руб. | 0,00004 |
| X_3 | Индексы тарифов на грузовые перевозки (%) | -0,09082 |
| X_4 | Инвестиции в основной капитал по виду основных фондов – машины, оборудование, транспортные средства, % от общего объема инвестиций | -0,20105 |
| X_5 | Экспорт, млн долл. | 0,01085 |
| X_6 | Импорт, млн долл. | 0,03068 |

Таким образом, уравнение расчета интегральной переменной принимает вид:

$$u = -0,00007X_1 + 0,00004X_2 - 0,09082X_3 - 0,2X_4 + 0,01X_5 + 0,03X_6.$$

Из полученного уравнения можно сделать вывод о вкладе каждой переменной в значение интегрального показателя. Самым высоким весовым коэффициентом обладает показатель импорта, самым низким – показатель инвестиций. Так, например, для Самарской области интегральный показатель принимает следующее значение:

$$u = -19,96 + 36,745 - 9,499 - 7,258 + 32,355 + 11,967 = 44,343.$$

Аналогично в работе рассчитывались значения интегрального показателя u для всех субъектов ПФО. Результаты расчетов представлены в сводной таблице интегральных показателей – таблице 6.

Таблица 6 – Сводная таблица значений интегральных показателей и рангов для субъектов ПФО

Table 6 – Summary table of values of integral indicators and ranks for the subjects of the Volga Federal District

| Субъекты ПФО | Значение интегрального показателя и ранг | | | | | |
|-------------------------|--|------|---------|------|--------|------|
| | u | ранг | U_1 | ранг | V_1 | ранг |
| Республика Башкортостан | 31,40 | 4 | 3554,33 | 4 | 285,72 | 2 |
| Республика Марий Эл | -8,65 | 14 | 39,49 | 14 | 41,19 | 14 |
| Республика Мордовия | 2,47 | 7 | 321,20 | 11 | 126,64 | 6 |
| Республика Татарстан | 41,10 | 3 | 5083,43 | 2 | 418,64 | 1 |
| Удмуртская Республика | -5,89 | 10 | 1797,67 | 7 | 118,48 | 8 |
| Чувашская Республика | -5,96 | 12 | 375,90 | 10 | 49,64 | 13 |
| Пермский край | 8,22 | 5 | 1837,13 | 6 | 238,66 | 4 |
| Кировская область | -7,40 | 13 | 286,87 | 13 | 80,20 | 11 |
| Нижегородская область | 50,99 | 1 | 3469,48 | 5 | 158,24 | 5 |
| Оренбургская область | 0,45 | 8 | 5032,05 | 3 | 124,43 | 7 |
| Пензенская область | -5,90 | 11 | 291,36 | 12 | 91,32 | 10 |
| Самарская область | 44,34 | 2 | 7033,11 | 1 | 272,75 | 3 |
| Саратовская область | 3,01 | 6 | 1364,53 | 8 | 102,73 | 9 |
| Ульяновская область | -3,36 | 9 | 468,86 | 9 | 56,32 | 12 |

Далее в работе изучалась зависимость грузоперевозок автомобильным и железнодорожным транспортом от объемов отгруженных товаров собственного производства, изменения цен на грузовые перевозки, инвестиций и торговли в 2017 году. На рис. 5 и 6 изображены корреляционные поля и графики зависимости степенных моделей с эмпирическими данными, уравнениями тренда и соответствующими коэффициентами аппроксимации.

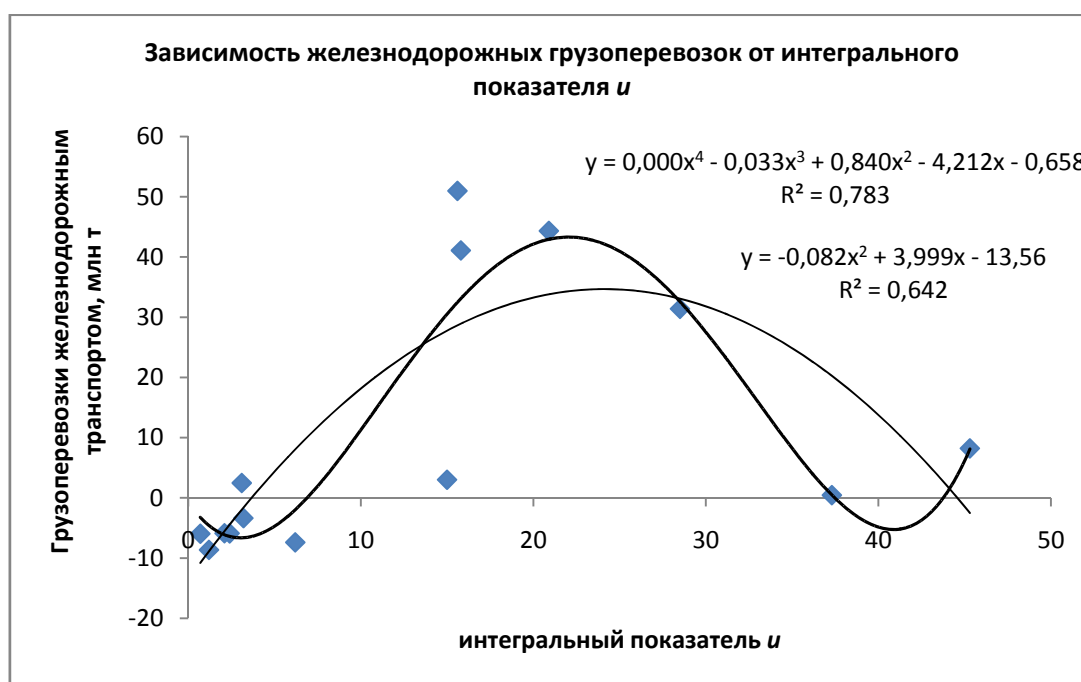


Рис. 5 – Зависимость железнодорожных перевозок от интегрального показателя
Fig. 5 – Dependence of rail transportation on an integrated indicator

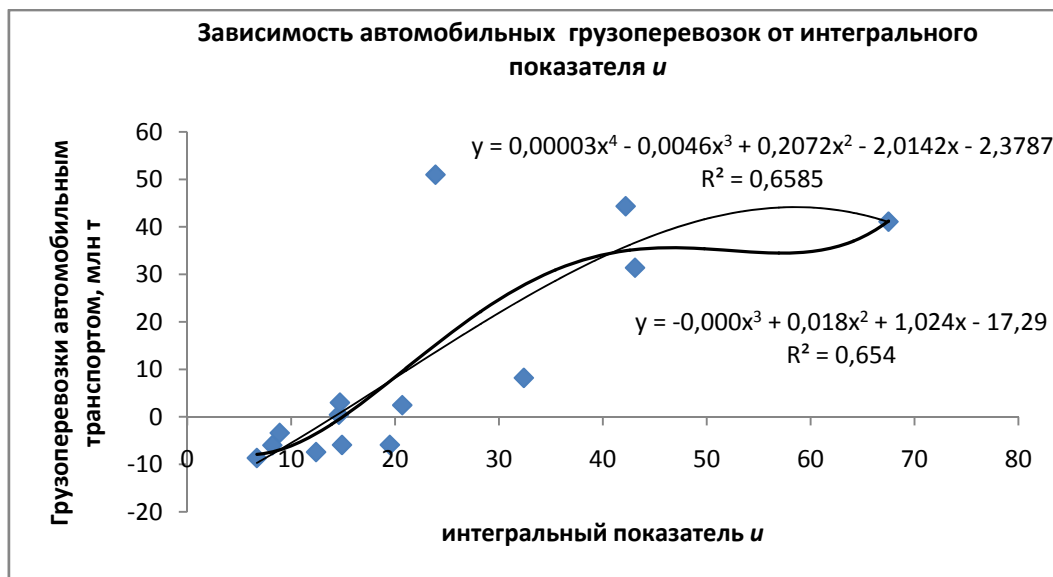


Рис. 6 – Зависимость автомобильных перевозок от интегрального показателя

Fig. 6 – Dependence of road transportation on the integral indicator

Как видно из рис. 5, 6, линейная связь между выбранными показателями отсутствует. В обоих случаях нелинейная форма зависимости показателей представлена полиномом четвертой степени, так как это позволяет отразить наиболее тесную связь показателей.

В работе изучалась связь между инвестициями в 2016 и 2017 годах от интегрального показателя *u*.

На рис. 7 и 8 изображены графики полученных моделей с эмпирическими данными, уравнениями тренда и соответствующими коэффициентами аппроксимации.

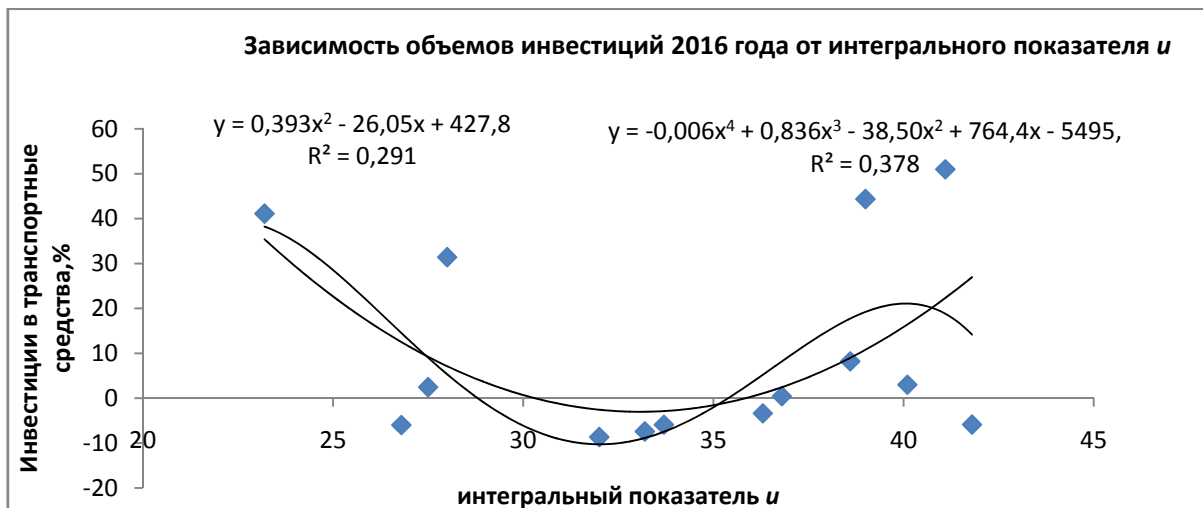


Рис. 7 – Зависимость объемов инвестиций 2016 года от интегрального показателя *u*

Fig. 7 – Dependence of investment volumes of 2016 on the integral indicator *u*

Как видно из рис. 7, 8, линейная связь между показателями отсутствует. Коэффициент детерминации нелинейных связей на обоих рисунках также свидетельствует о слабой зависимости показателей. Интегральный показатель не оказывает статистически значимого влияния на инвестиции 2016 и 2017 годов.

Таким образом, средствами дискриминантного анализа показатели были связаны в линейную комбинацию и с помощью коэффициентов вектора *A* оценен вклад показателей в интегральную переменную.

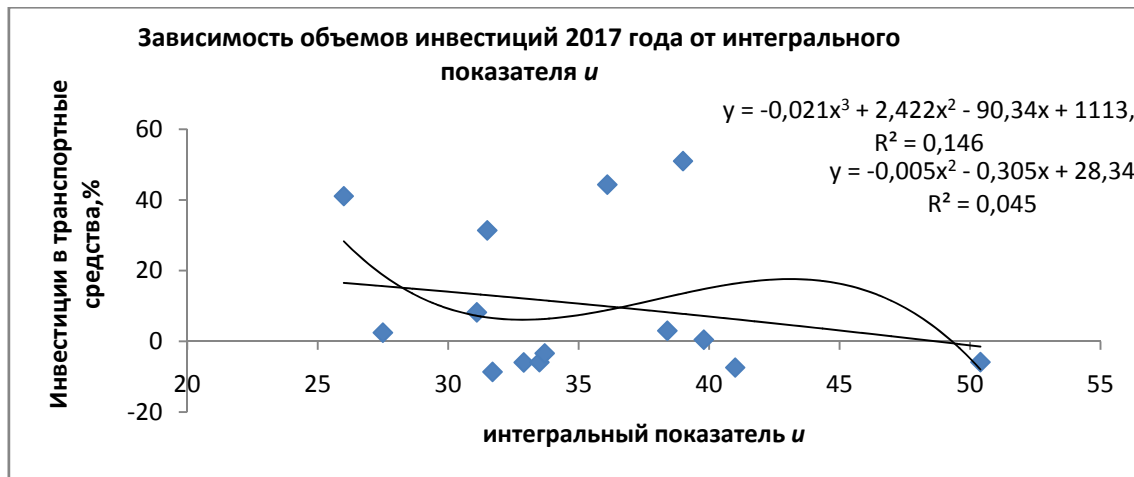


Рис. 8 – Зависимость объемов инвестиций 2017 года от интегрального показателя u
Fig. 8 – Dependence of investment volumes of 2017 on the integral indicator u

В качестве второго подхода для получения интегральной переменной использовалась методика канонической корреляции. Выявление влияния множества X на множество Y является задачей дальнейшего исследования. Множество X составляют финансовые показатели – инвестиции в основной капитал по виду основных фондов – машины, оборудование и транспортные средства, % (X_5), экспорт, млн долл. (X_6), импорт, млн долл. (X_7). Множество Y представлено показателями грузоперевозок железнодорожным транспортом, млн т (Y_1) и автомобильным транспортом, млн т (Y_2). Первым этапом была построена матрица корреляции выбранных показателей. Далее она была разбита на четыре блока, и вычислены их обратные матрицы. Была получена сводная матрица, для которой производился расчет собственных векторов и собственных значений. Собственные значения равны: $\lambda_1 = 0,95, \lambda_2 = 0,25$. Квадратные корни из собственных значений являются коэффициентами канонической корреляции. Таким образом, первая пара канонических переменных, соответствующая коэффициенту канонической корреляции $R_1 = 0,97$, имеет вид

$$U_1 = -3,17X_5 + 1,902X_6 + 3,77X_7;$$

$$V_1 = Y_1 + 5,968Y_2.$$

Второй коэффициент канонической корреляции равен $R_2 = 0,5$, и ему соответствует следующая пара канонических переменных:

$$U_2 = 1,59X_5 + 0,17X_6 - 1,82X_7;$$

$$V_2 = Y_1 - 1,763Y_2.$$

Коэффициенты канонической корреляции были проверены на значимость с помощью критерия Бартлетта. Для первой пары канонических переменных наблюдаемое значение статистики критерия $\chi^2_{\text{набл}}$ составило 32,83, для второй – 2,87, критические значения на уровне значимости 0,05 составили 12,59 и 5,99 соответственно. В результате по полученным значениям можно сделать вывод, что статистически значимой является только первая пара канонических переменных. На значение канонической переменной U_1 сильное влияние оказывают в равной степени изменения показателей инвестиций в основной капитал и импорт. Причем наблюдается снижение инвестиций в основной капитал с ростом показателя импорта. Однако такой показатель, как экспорт, обнаруживает положительное влияние примерно в 2 раза слабее, чем импорт. Следовательно, предположительно, необходимо балансированное изменение импорта в сторону снижения данного показателя в канонической переменной и изменение тенденции снижения инвестиций на таком же образом балансированный рост. Вторая каноническая переменная определяется снижающимся значением автомобильных грузоперевозок. Железнодорожные грузоперевозки в этой переменной дают положительно влияние, которое необходимо усиливать. Для статистически значимой пары канонических переменных были рассчитаны численные значения интегральных показателей. Результат представлен в таблице 6.

При многомерной характеристике субъектов ПФО задача ранжирования является крайне затруднительной. Введение интегрального показателя упрощает решение задачи ранжирования. Как видно из таблицы 8, 14 субъектов ПФО имеют совпадающие или близкие ранги по разным интегральным показателям. По данным значениям было построено поле канонической корреляции с теоретически-

ми значениями канонического интегрального показателя, уравнением тренда на канонических переменных и соответствующим коэффициентом аппроксимации, представленное на рис. 9.

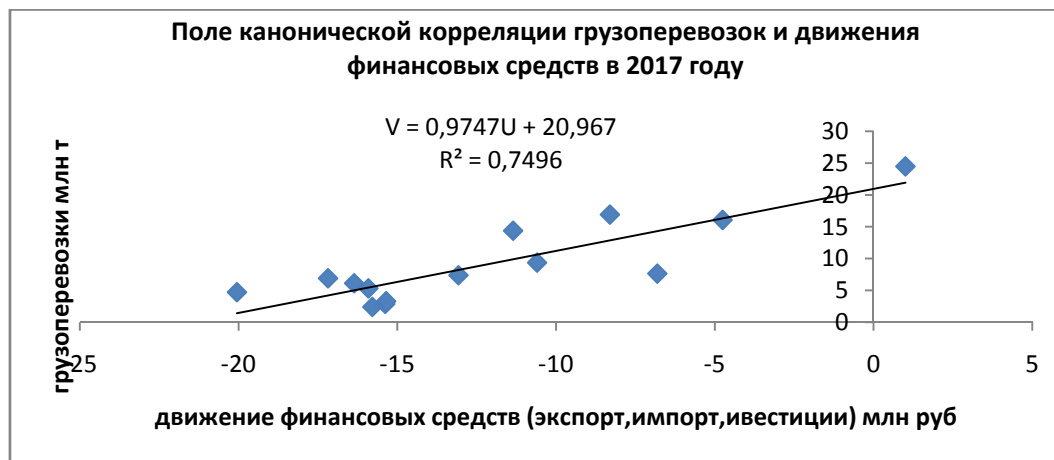


Рис. 9 – Поле канонической корреляции грузоперевозок и движения финансовых средств в 2017 году
Fig. 9 – Field of canonical correlation of freight transportation and cash flow in 2017

Коэффициент детерминации равен 0,74, что свидетельствует о тесной связи показателей. Суммарное изменение показателей экспорта, импорта и инвестиций примерно на 0,97 млн рублей приводит к линейному росту грузоперевозок в целом примерно на 20 млн рублей. Как видно, возможности применения интегральных показателей в эконометрическом моделировании на малых объемах выборок позволяют визуализировать многомерные данные и провести оценку параметров регрессии.

Заключение

В настоящее время транспортная система Российской Федерации активно развивается. Во многом это определяет развитие экономических показателей, таких как импорт и экспорт, а также увеличение объемов реализации товаров собственного производства. В связи с этим важно и актуально рассмотреть текущее состояние транспортной системы и факторы ее развития. В ходе изучения парных линейных моделей, построенных по данным Приволжского федерального округа, были выявлены слабые линейные связи. Наиболее тесная связь отображает нелинейную зависимость экспорта и от грузоперевозок автомобильным и железнодорожным транспортом. В связи с ограниченным объемом выборки предлагается изучение данной сферы с помощью формирования интегрального показателя методами дискриминантного и канонического анализов. Показатели перевозок грузов железнодорожным и автомобильным транспортом имеют нелинейную зависимость от показателей обрабатывающего производства, а также от финансовых показателей. Влияние на данные показатели инвестиций в 2017 и 2016 годах отсутствует. Средствами канонического анализа установлена тесная связь группы показателей грузоперевозок с финансовыми показателями.

Библиографический список

1. Гайсин И.Т., Гайсин Р.И., Власова Е.И. Особенности изучения географии транспортного комплекса Приволжского федерального округа в курсе экономической географии России // Современные наукоемкие технологии. 2016. С. 94–98. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26098134>.
2. Боброва В.В., Бережная Л.Ю. Исследование проблем развития транспортной инфраструктуры (на примере регионов Приволжского федерального округа) // Региональная экономика: теория и практика. 2018. Т. 16, № 12. С. 2292–2302. DOI: <http://doi.org/10.24891/re.16.12.2292>.
3. Тиндова М.Г. Динамический анализ российских перевозок железнодорожным транспортом // Экономические исследования и разработки. 2019. № 11. С. 64–68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41552390>.
4. Трусова А.Ю. Анализ показателей инновационного потенциала многомерными статистическими методами // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2018. Т. 9. № 4. С. 82–87. URL: <https://journals.ssau.ru/index.php/eco/article/view/6705>.

5. Светуных С.Г., Заграновская А.В., Светуных И.С. Комплексный анализ и моделирование неравномерности социально-экономического развития регионов России. Санкт-Петербург: Научная книга, 2012. 129 с.
6. Сошникова Л.А., Тамашевич В.Н. Многомерный статистический анализ в экономике: учебное пособие для вузов / под ред. проф. В.Н. Тамашевича. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. 201 с.
7. Соколов Г.А., Сагитов Р.В. Введение в регрессионный анализ и планирование регрессионных экспериментов в экономике: учебное пособие. Москва: Инфра-М, 2016. 352 с.
8. Эконометрическая оценка факторов, влияющих на размер финансового сектора экономики / О.В. Баженов [и др.] // Экономика и математические методы. 2017. № 53 (2). С. 40–49. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29323056>.
9. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ / пер. с англ. Ю.П. Адлера, В.Г. Горского. Москва: Финансы и статистика, 2016. 349 с.
10. Горидько Н.П., Нижегородцев Р.М. Точки роста региональной экономики и регрессионная оценка отраслевых инвестиционных мультипликаторов // Экономика региона. 2018. Т. 14. Вып. 1. С. 29–42. DOI: <http://doi.org/10.17059/2018-1-3>.
11. Айвазян С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: Юнити, 2014. 1024 с.
12. Федеральная служба государственной статистики. Российский статистический ежегодник. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog.

References

1. Gaysin I.T., Gaysin R.I., Vlasova E.I. Features of studying geography of the transport complex of the Volga Federal district in the course of the economic geography of Russia. *Modern high technologies*, 2016, pp. 94–98. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26098134>. (In Russ.)
2. Bobrova V.V., Berezhnaya L.Yu. Investigating the problems of transport infrastructure development: The Volga Federal District case. *Regional Economics: Theory and Practice*, 2018, vol. 16, no. 12, pp. 2292–2302. DOI: <http://doi.org/10.24891/re.16.12.2292>. (In Russ.)
3. Tindova M.G. Dynamic analysis of russian rail transport. *Economic Development Research Journal*, 2019, no. 11, pp. 64–68. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41552390>. (In Russ.)
4. Trusova A.Yu. Analysis of indicators of innovative potential by multimeasuring statistical methods. *Vestnik Samarskogo Universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2018, vol. 9, no. 4, pp. 82–87. URL: <https://journals.ssau.ru/index.php/eco/article/view/6705>. (In Russ.)
5. Svetunkov S.G., Zagranovskaya A.V., Svetunkov I.S. Complex analysis and modeling of uneven socio-economic development of Russian regions: scientific publication. Saint Petersburg: Nauchnaya kniga, 2012, 129 p. (In Russ.)
6. Soshnikova L.A., Tamashevich V.N. Multidimensional statistical analysis in economics: textbook for universities. V.N. Tamashevich (Ed.). Moscow: YuNITI-DANA, 1999, 201 p. (In Russ.)
7. Sokolov G.A., Sagitov R.V. Introduction to regression analysis and planning of regression experiments in economics: textbook. Moscow: Infra-M, 2016, 352 p. (In Russ.)
8. Bazhenov O.V. [et al.] Econometric estimation of factor's influence on the size of the financial sector. *Economics and Mathematical Methods*, 2017, no. 53 (2), pp. 40–49. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29323056>. (In Russ.)
9. Draper N. Applied regression analysis. Translation from English by Yu.P. Adler, V.G. Gorsky. Moscow: Finansy i statistika, 2016, 349 p. (In Russ.)
10. Goridko N.P., Nizhegorodtsev R.M. Points of growth of regional economy and regression assessment of industry investment multipliers. *Economy of Region*, 2018, vol. 14, issue 1, pp. 29–42. DOI: <http://doi.org/10.17059/2018-1-3>. (In Russ.)
11. Ayvazyan S.A. Applied statistics and fundamentals of econometrics. Moscow: Yuniti, 2014, 1024 p. (In Russ.)
12. Federal State Statistics Service. Russian Statistical Yearbook. Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-115-124

УДК 330.42



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 11.03.2020

после рецензирования / Revised: 13.04.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

Е.А. Ильина

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: elenaalex.ilyina@yandex.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2590-6138>

Л.А. Сараев

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: saraev_leo@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3625-5921>

Динамика формирования экономических показателей производственного предприятия в условиях цифровой трансформации

Аннотация: В публикуемой статье предложена математическая модель оценки выпуска продукции, издержек и прибыли производственного предприятия, находящегося в условиях цифровой трансформации. Рассмотрены особенности изменений экономических показателей предприятия, сопровождающие его развитие в условиях цифровых перемен. Произведена оценка влияния цифровых трансформаций на экономический потенциал предприятия. Установлены закономерности временных изменений для выпуска продукции, прибыли и издержек предприятия при внедрении цифровых технологий. Процесс цифровой трансформации предприятия описывается посредством специальной безразмерной функции цифровизации, изменяющейся на отрезке от нуля до единицы. С помощью этой функции удается органично совместить два главных компонента цифровой трансформации предприятия, которыми являются внутренняя цифровизация (digital inside) и внешняя цифровизация (digital outside). Первый компонент соответствует начальному этапу цифровой трансформации производственных, управленческих, административных процессов, а второй компонент – этапу развитой цифровой трансформации предприятия в плане взаимодействия с клиентами, партнерами, поставщиками, регуляторами. Численный анализ полученной экономико-математической модели показывает, что максимальное значение прибыли предприятия изменяется во времени и соответствует уровню цифровой трансформации рассматриваемого производственного предприятия.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровизация, цифровая трансформация, цифровые технологии, предприятие, ресурсы, факторы производства, производственная функция, прибыль, производственные издержки, инновации.

Цитирование. Ильина Е.А., Сараев Л.А. Динамика формирования экономических показателей производственного предприятия в условиях цифровой трансформации // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 115–124. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-115-124>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Е.А. Ilyina

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: elenaalex.ilyina@yandex.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2590-6138>

L.A. Saraev

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: saraev_leo@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3625-5921>

Dynamics of formation of economic indicators of a production enterprise under digital transformation

Abstract: The published article proposes a mathematical model for assessing the output, costs and profits of a manufacturing enterprise in digital transformation. The features of changes in the economic indicators of an enterprise accompanying its development in the context of digital changes are considered. The impact of digital

transformations on the economic potential of the enterprise is evaluated. The patterns of temporary changes for the production, profit and costs of the enterprise with the introduction of digital technologies are established. The process of digital transformation of an enterprise is described by means of a special dimensionless digitalization function, which varies from zero to one. Using this function, it is possible to organically combine the two main components of the digital transformation of the enterprise, which are internal digitalization (digital inside) and external digitalization (digital outside). The first component corresponds to the initial stage of the digital transformation of production, management, administrative processes, and the second component corresponds to the stage of the developed digital transformation of the enterprise in terms of interaction with customers, partners, suppliers, regulators. A numerical analysis of the obtained economic and mathematical model shows that the maximum value of the enterprise's profit varies over time and corresponds to the level of digital transformation of the production enterprise in question.

Key words: digital economy, digitalization, digital transformation, digital technologies, enterprise, resources, factors of production, production function, profit, production costs, innovations.

Citation. Ilyina E.A., Saraev L.A. Dynamics of formation of economic indicators of a production enterprise under digital transformation. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 115–124. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-115-124>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Елена Алексеевна Ильина – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Леонид Александрович Сараев – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Elena A. Ilyina – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© Leonid A. Saraev – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, head of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Цифровая трансформация промышленного предприятия, связанная широким внедрением в производство принципиально новых информационных технологий (Big Data Analytics, Machine Learning, Artificial Intelligence, Robotics, Internet of Things, 3D Printing, Cloud Computing), существенно влияет на изменения его ключевых экономических показателей. Активное развитие цифровизации предприятий обусловлено неуклонным снижением стоимости подобных технологий, ростом вычислительных мощностей компьютерной техники и доступностью высокоскоростной передачи данных [1–5].

В организации цифровой трансформации промышленного предприятия можно выделить два основных аспекта. Первый аспект касается цифровой модернизации бизнес-модели предприятия. Здесь производство предприятия переоснащается под индивидуальные потребности потребителей, устанавливаются новые способы взаимодействия с клиентами, совершаются переходы к разработкам инновационных продуктов, снабжаемых цифровыми сервисами. Второй аспект относится к так называемой операционной цифровизации. Здесь в производство внедряются цифровые инструменты, повышающие эффективность работы предприятия в рамках сформированной его бизнес-модели. Такой инструментарий позволяет увеличивать выпуск готовой продукции, повышать ее качество, снижать производственные и транзакционные издержки, сокращать расходы на используемые в производстве материалы и амортизацию промышленного оборудования. В свою очередь управление физическими параметрами производственного процесса с помощью цифровых технологий может уменьшить различные виды издержек предприятия [6–12].

Общий объем выпуска продукции предприятием задается некоторой производственной функцией. Общий объем производственных затрат предприятия на производство задается с помощью функции

общих издержек. Соотношение этих объемов в каждый рассматриваемый момент времени дает возможность рассчитать максимальную прибыль предприятия и вычислить соответствующие ей объемы производственных факторов. Если на предприятии происходит переоснащение или модернизация производства на основе цифровой трансформации, то параметры производственной функции, функции общих издержек и прибыли будут изменяться во времени. В результате такой цифровизации вместо точечных значений максимальной прибыли и соответствующих ей объемов производственных факторов получается целый спектр таких значений, представляющий функции времени.

Ход исследования

Выпуск готовой продукции производственного предприятия обеспечивается определенными объемами основного капитала и производственными фондами, трудовыми ресурсами, производственными материалами, цифровыми технологиями и т. д.

Если все эти факторы производства условно объединить в один общий ресурс Q , то объем производимой предприятием продукции V можно описать однофакторной производственной функцией Кобба – Дугласа

$$V = P \cdot Q^a. \quad (1)$$

Здесь параметр производственной функции a представляет собой эластичность выпуска продукции ($0 \leq a \leq 1$), коэффициент P выражает выпуск продукции произведенной на единицу объем ресурса Q .

Объемы общих пропорциональных издержек задаются функцией

$$TC = A \cdot Q + TFC. \quad (2)$$

Здесь коэффициент пропорциональности A выражает объем издержек, истраченный на единицу объема ресурса Q , TFC – постоянные издержки.

Тогда выражение для прибыли предприятия $PR = TR - TC$ записывается в виде

$$PR = P \cdot Q^a - A \cdot Q - TFC. \quad (3)$$

На промышленных предприятиях внедряются инновации в производственный процесс.

Если производство рассматриваемого предприятия претерпевает цифровую трансформацию, то показатели производственной функции и функции общих издержек становятся переменными величинами и изменяются во времени t . Следует отметить, что изменения экономических показателей, соответствующих выпуску продукции, должны в общем случае нарастать, а изменения экономических показателей, соответствующих общим издержкам, должны неуклонно снижаться.

Цифровая трансформация предприятия в общем случае представляет собой процесс диффузии информационных инновационных технологий в его производство, который может быть описан безразмерным уравнением диффузии цифровизации.

Введем безразмерный показатель цифровой трансформации предприятия – функцию времени $U = U(t)$. Эта функция непрерывного аргумента t считается ограниченной ($0 \leq U(t) \leq 1$), непрерывной и непрерывно дифференцируемой на интервале ($0 \leq t < \infty$). Значение функции $U = 0$ означает отсутствие цифровой трансформации в производстве, значения функции $U \rightarrow 1$ означают практически полную цифровую трансформацию производства.

Приращение показателя цифровизации ΔU за некоторый малый промежуток времени Δt можно представить в виде двух слагаемых:

$$\Delta U = \Delta U^N + \Delta U^I. \quad (4)$$

Здесь ΔU^N – частичное приращение показателя цифровизации предприятия за промежуток времени Δt , соответствующее начальному новаторскому этапу цифровой трансформации, ΔU^I – частичное приращение показателя цифровизации предприятия за промежуток времени Δt , соответствующее развернутому этапу цифровой трансформации. Величины ΔU^N , ΔU^I можно представить в виде

$$\begin{aligned} \Delta U^N(t) &= \theta(t) \cdot p \cdot (1 - U(t)) \cdot \Delta t, \\ \Delta U^I(t) &= \theta(t) \cdot q \cdot U(t) \cdot (1 - U(t)) \cdot \Delta t. \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь p – коэффициент начальной цифровой трансформации; q – коэффициент развернутой цифровизации; $\theta(t)$ – функция, описывающая относительную скорость процесса цифровой трансформации; множитель $(1-U(t))$ описывает выход процесса цифровой трансформации на его завершающую стадию. Из формул (4) и (5) следует

$$\Delta U(t) = \theta(t) \cdot (p + q \cdot U(t)) \cdot (1 - U(t)) \cdot \Delta t. \quad (6)$$

Предельный переход при $\Delta t \rightarrow 0$ в соотношении (6) приводит к нелинейному дифференциальному уравнению

$$\frac{dU(t)}{dt} = \theta(t) \cdot (p + q \cdot U(t)) \cdot (1 - U(t)) \quad (7)$$

с нулевым начальным условием

$$U(0) = 0. \quad (8)$$

Решение задачи Коши (7), (8) можно записать в виде

$$U(t) = p \cdot \frac{\exp\left((p+q) \cdot \int_0^t \theta(\tau) \cdot d\tau\right) - 1}{p \cdot \exp\left((p+q) \cdot \int_0^t \theta(\tau) \cdot d\tau\right) + q}. \quad (9)$$

Поведение функции цифровизации (9) во многом определяется особенностями функции относительной скорости процесса цифровой трансформации $\theta(t)$.

Для значений функции $\theta(t) \approx 1$ функция $U(t)$ будет описывать стабильный поступательный процесс цифровой трансформации. Для значений функции $\theta(t) \approx 0$ функция $U(t)$ будет описывать процесс стагнации. Для значений функции $\theta(t) < 0$ функция $U(t)$ будет фиксировать процесс некоторого сворачивания процесса цифровой трансформации предприятия.

Процессы монотонной цифровой трансформации предприятия, стагнации и падения цифровизации в окрестности некоторого момента времени $t = t^*$ удобно описывать функцией вида [13]

$$\theta(t) = 1 - \omega \cdot \exp\left(-\frac{(t-t^*)^2}{2 \cdot \sigma^2}\right). \quad (10)$$

Здесь ω – максимальное отклонение функции $\theta(t)$ от единицы; σ – радиус временного интервала стагнации и некоторого сворачивания процесса цифровой трансформации предприятия.

Если параметр $\omega = 0$, то процесс цифровой трансформации будет проходить монотонно, если параметр $\omega = 1$, то в момент времени $t = t^*$ рост функции $U = U(t)$ прекращается, и на интервале времени $(t^* - \sigma, t^* + \sigma)$ процесс цифровой трансформации приостанавливается, если параметр $\omega > 1$, то на интервале времени $(t^* - \sigma, t^* + \sigma)$ имеет место некоторое сворачивание процесса цифровой трансформации предприятия.

Если эффекты стагнации и сворачивания процесса цифровой трансформации предприятия происходят неоднократно, то в качестве функции относительной удельной скорости цифровой трансформации целесообразно выбрать произведение функций вида (10)

$$\Theta = \prod_{s=1}^n \theta_s(t) = \prod_{s=1}^n \left(1 - \omega_s \cdot \exp\left(-\frac{(t-t_s^*)^2}{2 \cdot \sigma_s^2}\right)\right). \quad (11)$$

Очевидно, что если функция, описывающая относительную скорость процесса цифровизации $\theta(t)$, тождественно равна единице, то уравнение (7) совпадает с уравнением Ф. Басса [14].

В результате цифровой трансформации предприятия функция стоимости продукции, произведенной на единичный объем ресурса $P(t)$, функция эластичности выпуска $a(t)$ и коэффициент издержек $A(t)$ будут изменяться во времени в соответствии с формулами:

$$\begin{aligned} P(t) &= P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot U(t), \\ a(t) &= a_0 + (a_\infty - a_0) \cdot U(t), \\ A(t) &= A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot U(t). \end{aligned} \quad (12)$$

Здесь P_0, P_∞ – начальное и конечное значения величины $P(t)$, a_0, a_∞ – начальное и конечное значения величины $a(t)$, A_0, A_∞ – начальное и конечное значения величины $A(t)$. Поскольку с развитием цифровой трансформации предприятия выпуск продукции увеличивается, а издержки уменьшаются, то имеют место неравенства $P_0 \leq P_\infty$, $a_0 \leq a_\infty$ и $A_0 \geq A_\infty$.

На рисунке 1 представлены три варианта графика функции цифровизации $U(t)$, построенные по формулам (9), (10) для случаев стабильного, стагнационного и кризисного процессов цифровизации предприятия.

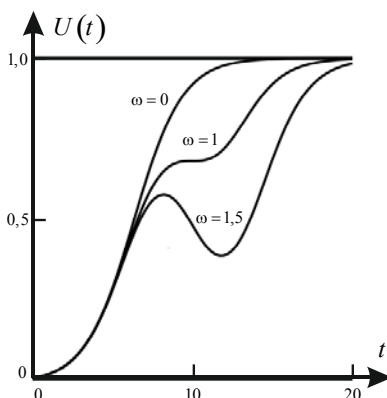


Рис. 1 – Графики функции цифровизации $U(t)$, построенные по формулам (9), (10) для случаев стабильного, стагнационного и кризисного процессов цифровой трансформации предприятия. Расчетные значения: $p = 0,01$; $q = 0,65$; $t^* = 10$; $\sigma = 2$. Значения параметра ω отмечены у каждой кривой

Fig. 1 – Graphs of the digitalization function $U(t)$, constructed according to formulas (9), (10) for cases of stable, stagnant and crisis processes of digital transformation of the enterprise. Estimated values: $p = 0,01$; $q = 0,65$; $t^* = 10$; $\sigma = 2$. The ω parameter values are marked on each curve

Подставляя выражения (12) в формулы (1)–(3), находим объем выпуска инновационной продукции:

$$V(t, Q) = (P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot U(t)) \cdot Q^{a_0 + (a_\infty - a_0) \cdot U(t)}, \quad (13)$$

объем общих издержек инновационного предприятия

$$TC(t, Q) = (A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot U(t)) \cdot Q + TFC, \quad (14)$$

и объем его прибыли

$$\begin{aligned} PR(t, Q) &= (P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot U(t)) \cdot Q^{a_0 + (a_\infty - a_0) \cdot U(t)} - \\ &- (A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot U(t)) \cdot Q - TFC. \end{aligned} \quad (15)$$

Формула (15) для прибыли предприятия показывает, что ее максимальное значение PR_{\max} и соответствующее ему значение производственного фактора Q_{\max} будут зависеть от времени t .

Эти временные функции находятся из условия

$$\begin{aligned} \frac{\partial PR}{\partial Q} &= (P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot U(t)) \cdot a \cdot Q^{a-1} - \\ &- A_0 - (A_\infty - A_0) \cdot U(t) = 0. \end{aligned} \quad (16)$$

Решая уравнение (16) относительно Q , находим функцию Q_{\max} :

$$Q_{\max}(t) = \left(a \cdot \frac{P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot U(t)}{A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot U(t)} \right)^{\frac{1}{1-a}}. \quad (17)$$

Подставляя выражение (17) в формулу для прибыли (15), получаем

$$PR_{\max}(t) = (P_0 + (P_\infty - P_0) \cdot U(t)) \cdot Q_{\max}^{a_0 + (a_\infty - a_0)U(t)} - (A_0 + (A_\infty - A_0) \cdot U(t)) \cdot Q_{\max} - TFC. \quad (18)$$

Величины (17) и (18) ограничены снизу и сверху своими предельными значениями

$$Q_{\max}^0 \leq Q_{\max}(t) < Q_{\max}^\infty, \quad (19)$$

$$PR_{\max}^0 \leq PR_{\max}(t) < PR_{\max}^\infty.$$

Здесь

$$Q_{\max}^0 = \left(\frac{a \cdot P_0}{A_0} \right)^{\frac{1}{1-a}}, \quad Q_{\max}^\infty = \left(\frac{a \cdot P_\infty}{A_\infty} \right)^{\frac{1}{1-a}}, \quad (20)$$

$$PR_{\max}^0 = \left(\frac{a \cdot P_0}{A_0} \right)^{\frac{1}{1-a}}, \quad PR_{\max}^\infty = \left(\frac{a \cdot P_\infty}{A_\infty} \right)^{\frac{1}{1-a}}.$$

На рисунке 2 представлены три варианта графика функции максимального объема используемых ресурсов Q_{\max} , построенные по формуле (17).

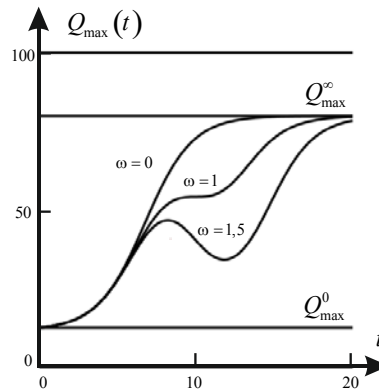


Рис. 2 – Графики функции максимального объема используемых ресурсов Q_{\max} , построенные по формуле (17) для случаев стабильного, стагнационного и кризисного процессов цифровой трансформации предприятия. Значения параметра ω отмечены у каждой кривой

Fig. 2 – Graphs of the function of the maximum amount of resources used Q_{\max} , constructed according to formula (17) for cases of stable, stagnant and crisis processes of digital transformation of the enterprise. The ω parameter values are marked on each curve

На рисунке 3 показаны три варианта графиков функции максимального объема используемых ресурсов PR_{\max} , построенные по формуле (18).

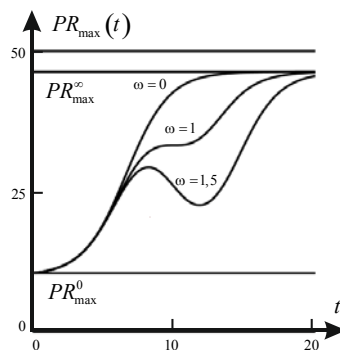


Рис. 3 – Графики функции максимального значения прибыли предприятия PR_{\max} , построенные по формуле (18) для случаев стабильного, стагнационного и кризисного процессов цифровой трансформации предприятия. Значения параметра ω отмечены у каждой кривой

Fig. 3 – Graphs of the function of the maximum value of the enterprise's profit PR_{\max} , constructed according to formula (18) for cases of stable, stagnant and crisis processes of the enterprise's digital transformation. The ω parameter values are marked on each curve

На рисунке 4 представлены график поверхности функции выпуска продукции (13), график поверхности функции издержек (14) и график поверхности функции прибыли (15).

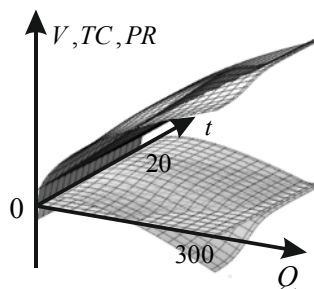


Рис. 4 – Графики поверхностей функции выпуска продукции (13), функции издержек (14) и функции прибыли (15) для случая стабильного процесса цифровой трансформации предприятия ($\omega=0$)

Fig. 4 – Surface graphs of the output function (13), cost function (14) and profit function (15) for the case of a stable process of digital transformation of the enterprise ($\omega=0$)

На рисунке 5 построены график поверхности функции прибыли (15) и пространственная кривая максимальной прибыли для случая стабильного процесса цифровой трансформации предприятия ($\omega=0$).

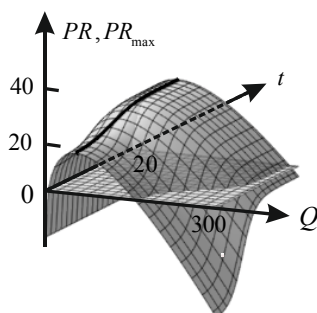


Рис. 5 – График поверхности функции прибыли (15) и пространственная кривая максимальной прибыли (сплошная линия) для случая стабильного процесса цифровой трансформации предприятия ($\omega=0$)

Fig. 5 – The surface graph of the profit function (15) and the spatial curve of the maximum profit (solid line) for the case of a stable process of digital transformation of the enterprise ($\omega=0$)

На рисунке 6 представлены график поверхности функции прибыли (15) и пространственная кривая максимальной прибыли для случая стагнационного процесса цифровой трансформации предприятия ($\omega=1$).

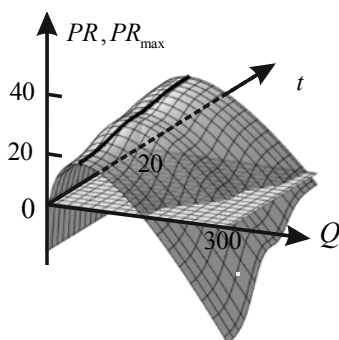


Рис. 6 – График поверхности функции прибыли (15) и пространственная кривая максимальной прибыли (сплошная линия) для случая стагнационного процесса цифровой трансформации предприятия ($\omega=1$)

Fig. 6 – The graph of the surface of the profit function (15) and the spatial curve of the maximum profit (solid line) for the case of a stagnant process of digital transformation of the enterprise ($\omega=1$)

На рисунке 7 показаны график поверхности функции прибыли (15) и пространственная кривая максимальной прибыли для случая кризисного процесса цифровой трансформации предприятия ($\omega=1,5$).

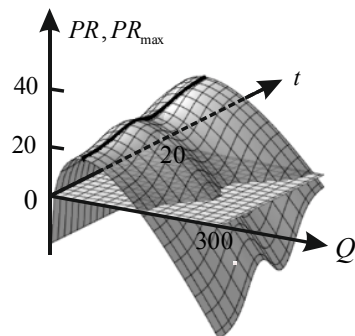


Рис. 7 – График поверхности функции прибыли (15) и пространственная кривая максимальной прибыли (сплошная линия) для случая кризисного процесса цифровой трансформации предприятия ($\omega=1,5$)
Fig. 7 – The graph of the surface of the profit function (15) and the spatial curve of the maximum profit (solid line) for the crisis process of digital transformation of the enterprise ($\omega=1,5$)

При построении рисунков 1–7 были использованы следующие расчетные значения: $P_0 = 15$; $P_\infty = 16$; $a_0 = 0,5$; $a_0 = 0,51$; $A_0 = 1$; $A_\infty = 0,9$; $p = 0,01$; $q = 0,65$; $t^* = 10$; $\sigma = 2$; $Q_{\max}^0 = 56,25$; $Q_{\max}^\infty = 89,93$; $PR_{\max}^0 = 26,25$; $PR_{\max}^\infty = 47,77$.

Заключение

Разработана новая модель оптимизации прибыли предприятия, модернизация производственных мощностей которого происходит за счет цифровой трансформации производства.

Рассмотрены три варианта цифровой трансформации предприятий. В первом случае внедрение цифровых технологий на предприятии происходит стабильно и поступательно. Во втором случае цифровизация на предприятии временно приостанавливается в связи с переоснащением производства и заменой технологического оборудования. В третьем случае из-за сложности процесса цифровой трансформации предприятие вынуждено временно частично сворачивать производство.

Показано, что максимальная прибыль предприятия и соответствующие объемы факторов производства непостоянны, а являются функциями времени.

Библиографический список

1. Кешелова А.В. Цифровая трансформация предприятия. URL: http://spkurdyumov.ru/digital_economy/cifrovaya-transformaciya-predpriyatiya.
2. Кешелова А.В., Буданов В.Г., Румянцев В.Ю. Введение в «Цифровую» экономику. Москва: ВНИИ Геосистем, 2017. 28 с. URL: <http://spkurdyumov.ru/uploads/2017/07/vvedenie-v-cifrovuyu-ekonomiku-na-poroge-cifrovogo-budushhego.pdf>.
3. Макаров И.Н., Широкова О.В., Арутюнян В.А., Путинцева Е.Э. Цифровая трансформация разномасштабных предприятий, вовлеченных в реальный сектор российской экономики // Экономические отношения. 2019. Т. 9. № 1. С. 313–326. DOI: <http://doi.org/10.18334/eo.9.1.39966>.
4. Аренков И.А., Смирнов С.А., Шарафутдинов Д.Р., Ябурова Д.В. Трансформация системы управления предприятием при переходе к цифровой экономике // Российское предпринимательство. 2018. № 5. С. 1711–1722. DOI: <http://doi.org/10.18334/rp.19.5.39115>.

5. Арутюнян В.А. Soft power: опыт Российской Федерации через призму международных отношений // Экономические отношения. 2018. № 3. С. 475–486. DOI: <http://doi.org/10.18334/eo.8.3.39396>.
6. Борщ Л.М., Герасимова С.В., Тюлин А.С. О вопросах трансформации экономики и модернизации технологических процессов в России // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 6. С. 717–732. DOI: <http://doi.org/10.18334/ce.12.6.39206>.
7. Дробышевская Л.Н., Попова Е.Д. Развитие экономики знаний России в эпоху цифровых трансформаций // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 4. С. 429–446. DOI: <http://doi.org/10.18334/ce.12.4.39019>.
8. Кауфман Н.Ю. Трансформация управления знаниями в условиях развития цифровой экономики // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 3. С. 261–270. DOI: <http://doi.org/10.18334/ce.12.3.38922>.
9. Скруг В.С. Трансформация промышленности в цифровой экономике: проблемы и перспективы // Креативная экономика. 2018. Т. 12. № 7. С. 943–952. DOI: <http://doi.org/10.18334/ce.12.7.39208>.
10. Смирнов Е.Н. Эволюция инновационного развития и предпосылки цифровизации и цифровых трансформаций мировой экономики // Вопросы инновационной экономики. 2018. Т. 8. № 4. С. 553–564. DOI: <http://doi.org/10.18334/vinec.8.4.39696>.
11. Савельева Е.А. Сущность и функции регламентации труда при переходе к цифровой экономике // Экономика труда. 2018. Т. 5. № 1. С. 1–12. DOI: <http://doi.org/10.18334/et.5.1.38886>.
12. Сычева О.С., Якушин В.В. Интернет вещей как движущая сила маркетинга // Торгово-экономический журнал. 2016. Т. 3. № 4. С. 341–348. DOI: <http://doi.org/10.18334/tezh.3.4.37161>.
13. Ильина Е.А., Парфенова А.Ю., Сараев Л.А. Влияние изменений общего объема рынка на кинетику процесса диффузии инноваций // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 12. С. 61–67. DOI: <http://doi.org/10.17513/vaael.848>.
14. Bass F.M. A new product growth model for consumer durables // Management Science. 1969. Vol. 15. P. 215–227. URL: https://math.la.asu.edu/~dieter/courses/APM_598/Bass_69.pdf.

References

1. Keshelava A.V. Digital transformation of the enterprise. Available at: http://spkurdyumov.ru/digital_economy/cifrovaya-transformaciya-predpriyatiya. (In Russ.)
2. Keshelava A.V., Budanov V.G., Rumyantsev V.Yu. et al. Introduction to the «Digital» economy. VNIIGeosistem, 2017, 28 p. Available at: <http://spkurdyumov.ru/uploads/2017/07/vvedenie-v-cifrovuyu-ekonomiku-na-poroge-cifrovogo-budushhego.pdf>. (In Russ.)
3. Makarov I.N., Shirokova O.V., Arutyunyan V.A., Putintseva E.E. Digital transformation of multi-scale enterprises involved in the real sector of the russian economy. *Ekonomicheskie otnosheniya = Journal of International Economic Affairs*, 2019, vol. 9, no. 1, pp. 313–326. DOI: <http://doi.org/10.18334/eo.9.1.39966>. (In Russ.)
4. Arenkov I.A., Smirnov S.A., Sharafutdinov D.R., Yaburova D.V. Transformation of the enterprise management system in the transition to the digital economy. *Russian Journal of Entrepreneurship*, 2018, no. 5, pp. 1711–1722. DOI: <http://doi.org/10.18334/rp.19.5.39115>. (In Russ.)
5. Arutyunyan V.A. Soft power: experience of the Russian Federation through the prism of international relations. *Ekonomicheskie otnosheniya = Journal of International Economic Affairs*, 2018, no. 3, pp. 475–486. DOI: <http://doi.org/10.18334/eo.8.3.39396>. (In Russ.)
6. Borsch L.M., Gerasimova S.V., Tyulin A.S. On the questions of transformation of economics and modernization of technological processes in Russia. *Kreativnaya ekonomika = Creative Economy*, 2018, vol. 12, no. 6, pp. 717–732. DOI: <http://doi.org/10.18334/ce.12.6.39206>. (In Russ.)

7. Drobyshevskaya L.N., Popova E.D. Development of Russian knowledge economy in the era of digital transformations. *Kreativnaya ekonomika = Creative Economy*, 2018, vol. 12, no. 4, pp. 429–446. DOI: <http://doi.org/10.18334/ce.12.4.39019>. (In Russ.)
8. Kaufman N.Yu. Transformation of knowledge management in the context of digital economy development. *Kreativnaya ekonomika = Creative Economy*, 2018, vol. 12, no. 3, pp. 261–270. DOI: <http://doi.org/10.18334/ce.12.3.38922>. (In Russ.)
9. Skrug V. S. Transformation of industry in the digital economy: problems and prospects. *Kreativnaya ekonomika = Creative Economy*, 2018, vol. 12, no. 7, pp. 943–952. DOI: <http://doi.org/10.18334/ce.12.7.39208>. (In Russ.)
10. Smirnov E.N. Evolution of innovative development and prerequisite of digitalization and digital transformations of the world economy. *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*, 2018, vol. 8, no. 4, pp. 553–564. DOI: <http://doi.org/10.18334/vinec.8.4.39696>. (In Russ.)
11. Saveleva E.A. Essence and functions of labor regulation in transition to the digital economy. *Ekonomika truda = Russian Journal of Labour Economics*, 2018, vol. 5, no. 1, pp. 1–12. DOI: <http://doi.org/10.18334/et.5.1.38886>. (In Russ.)
12. Sycheva O.S., Yakushin V.V. Internet of things as a driving force of marketing. *Torgovo-ekonomicheskii zhurnal = Russian Journal of Retail Management*, 2016, vol. 3, no. 4, pp. 341–348. DOI: <http://doi.org/10.18334/tezh.3.4.37161>. (In Russ.)
13. Ilyina E.A., Parphenova A.Yu., Saraev L.A. Influence of changes to the total volume of the market on the kinetics of the process of diffusion of innovations. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*, 2019, no. 12, pp. 61–67. DOI: <http://doi.org/10.17513/vaael.848>. (In Russ.)
14. Bass F.M. A new product growth model for consumer durables. *Management Science*, 1969, vol. 15, pp. 215–227. Available at: https://math.la.asu.edu/~dieter/courses/APM_598/Bass_69.pdf.

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-125-131

УДК 519.873



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 11.02.2020

после рецензирования / Revised: 24.03.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

В.М. Монтлевич

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: vlmont@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8799-8974>

А.Д. Попов

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: alexpopov1641@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0732-3473>

Математическая модель размещения виртуальных машин на физических серверах вычислительных сетей

Аннотация: Переход к цифровой экономике означает широкое внедрение ИТ-технологий и вычислительной техники во всех сферах экономической деятельности. Это связано с ростом затрат на создание внутрифирменных сетей. Но размер материальных издержек на внедрение масштабных ИТ-проектов не всегда соразмерен финансовым возможностям предприятия. Одним из путей решения проблемы в данной ситуации может служить внедрение в производственный процесс технологий виртуализации, а именно организации функционирования ИТ-системы предприятия на базе сети виртуальных машин. В статье рассмотрены основные понятия в сфере виртуализации, а также дана краткая характеристика проблемы оптимального размещения виртуальных машин. Раскрывается содержательная постановка задачи, на основе которой была разработана модель размещения виртуальных машин на физических серверах локальных сетей. Также авторами приведены различные алгоритмы решения поставленной задачи.

Ключевые слова: математическая модель, виртуальная машина, ИТ-инфраструктура, размещение, физический сервер, кластер серверов, локальная сеть, дискретная оптимизация.

Цитирование. Монтлевич В.М., Попов А.Д. Математическая модель размещения виртуальных машин на физических серверах вычислительных сетей // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 125–131. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-125-131>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

V.M. Montlevich

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: vlmont@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8799-8974>

A.D. Popov

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: alexpopov1641@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0732-3473>

Mathematical model of hosting of virtual machines on physical servers of computer networks

Abstract: Transition to a digital economics leads to global introduction of IT-technology and computer engineering in every sphere of economic activity. In turn, it is related to growth of the cost for creating local networks. Size of material costs for introducing high-scale IT-projects is not always comparable to company's financial potential. One of the methods to solve this problem is introduction of virtualization technologies into the manufacturing process, concretely speaking, organization of IT-system's functioning on virtual machines network. In this paper, basic terms in the field of virtualization are reviewed; also, a brief description of optimal virtual machines' hosting problem is given. Paper discloses informative formulation of the problem that serve as

the basis of the model of virtual machines hosting on computer networks' physical servers. In addition, group of authors give various algorithms of solving the problem.

Key words: mathematical model, virtual machine, IT infrastructure, allocation, physical server, server cluster, local network, discrete optimization.

Citation. Montlevich V.M., Popov A.D. Mathematical model of hosting of virtual machines on physical servers of computer networks. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 125–131. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-125-131>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Владимир Михайлович Монтлевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Александр Денисович Попов – студент магистратуры кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Vladimir M. Montlevich – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© Alexander D. Popov – Master's Degree Student of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Виртуальная машина (ВМ) – это изолированный экземпляр операционной системы, функционирующий в отдельной области оперативной памяти host-компьютера (хозяина) под управлением специализированного программного обеспечения (гипервизора), эмулирующего аппаратные средства физического компьютера. Для пользователя работа с виртуальной машиной не отличается от работы с обычным компьютером.

Технология виртуальных машин обеспечивает функционирование нескольких логических серверов, выполняющих в ИТ-системе предприятия различные задачи, на одном компьютере с уровнем изоляции, близким к уровню изоляции отдельных физических компьютеров. Имеющиеся на рынке решения для виртуализации обеспечивают совместную бесперебойную работу нескольких разделов на одном хосте и характеризуются высокой производительностью. В период постоянно растущих требований со стороны бизнеса виртуализация помогает уменьшить нагрузку на управление компьютерными ресурсами путем виртуализации рабочих станций пользователей и их консолидации на централизованных серверах.

Однако для рационального использования ресурсов и достижения максимальной производительности ИТ-системы необходимо оптимальным образом разместить планируемое множество виртуальных машин на имеющихся вычислительных мощностях предприятия. С самого начала информационная система, спроектированная на основе технологии виртуализации, строится с учетом запаса ресурсов. Так или иначе, в процессе функционирования неминуемы изменения не только их состояния, но и распределения. К этому приводит уменьшение или увеличение количества серверов, виртуальных машин, их требований к ресурсам и перемещениям между серверами. В данном случае решением проблемы служит перераспределение ресурсов [1–3].

Данная задача может решаться в двух ситуациях:

– ИТ-система предприятия формируется «с нуля», т. е. на стадии проектирования предполагается, что ИТ-системы нет, нет технических средств, физических серверов и т. д. В этом случае размещение ВМ является лишь одной из задач проектирования ИТ-системы, наряду с задачами определения состава и параметров технических средств, топологии локальной сети и множества других задач;

– На предприятии существует локальная сеть, множество серверов с известными параметрами. В этом случае размещение ВМ выделяется в самостоятельную задачу [4; 5].

Ход исследования

Первым этапом исследования является содержательная постановка задачи размещения виртуальных машин. Предположим, что имеется n физических серверов, разделенных на m кластеров ($m \leq n$). Кластер серверов – это группа физических серверов под управлением специализированного программного обеспечения для совместного выполнения определенных функций как целостная система, связывающаяся через сеть. Такое логическое объединение вычислительных мощностей компьютерных систем делается с целью обеспечения отказоустойчивости и/или равномерного распределения вычислительных нагрузок. При выходе из строя одного или нескольких серверов выполняемые ими задачи передаются другим серверам кластера, что обеспечивает бесперебойную работу системы [6].

Все серверы, входящие в один и тот же кластер, имеют общее файловое хранилище, емкость которого равна суммарному дисковому пространству отдельных серверов. Если в локальной сети серверы не объединяются в кластеры, то $m = n$. Каждый физический сервер имеет определенный объем оперативной памяти, каждый кластер – объем файлового хранилища.

Объединение физических серверов в кластеры может основываться на различных критериях: близость технических характеристик серверов (рекомендуется использовать набор совпадающих компьютеров, содержащих одинаковые или похожие компоненты); пространственная близость (снижается вероятность возникновения аварийных ситуаций на физических каналах и повышается надежность функционирования кластера); решение задач, предъявляющих специфические требования к ПО или техническим характеристикам оборудования и т. д.

Итак, требуется разместить k виртуальных машин (ВМ) на имеющихся n физических серверах, объединенных в кластеры [7]. При этом должны выполняться следующие условия.

1. Суммарный объем дискового пространства, необходимый для размещения и функционирования ВМ в некотором кластере, не должен превышать объема файлового хранилища кластера.

2. ВМ может быть размещена в кластере только в том случае, когда там имеется хотя бы один сервер, объем доступной оперативной памяти которого не меньше объема, необходимого для функционирования ВМ.

3. Некоторые ВМ должны иметь возможность перемещения (миграции) в случае отказа сервера, на котором они функционировали. В пределах кластера миграция осуществляется автоматически при условии, что выполняется условие 2 для оставшихся работоспособными серверов.

4. Вариант размещения должен удовлетворять условию оптимальности выбранного критерия.

Следующий этап – формулирование математической модели размещения ВМ на физических серверах локальных сетей. Решение рассматриваемой задачи требует формирования и сравнения большого количества вариантов и одновременного учета большого количества ресурсных и логических условий (ограничений), что невозможно без разработки и использования соответствующей математической модели.

Введем обозначения:

1) n – число серверов, на которых могут размещаться виртуальные машины; j – индекс сервера ($j = \overline{1, n}$);

2) m – число кластеров, на которые разбиты физические серверы, i – индекс кластера ($i = \overline{1, m}$);

3) n_i – число серверов в кластере i , $\sum_{i=1}^m n_i = n$;

4) k – число виртуальных машин, которые необходимо разместить на серверах, s – индекс ВМ ($s = \overline{1, k}$);

5) D_i – доступный объем памяти файлового хранилища в кластере i ;

6) d_s – объем памяти файлового хранилища, необходимый для размещения ВМ s ;

7) M_j – доступная память сервера j ;

8) V_s – память, необходимая для размещения виртуальной машины s ;

9) p_s – число серверов, на которых должны размещаться виртуальные машины s ; условие $p_s > 1$ резервирует ресурсы, необходимые для миграции i -й ВМ на нескольких серверах;

10) $A = (a_{ij})$ – матрица отношения принадлежности серверов (узлов) к кластерам:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если узел } j \text{ находится в кластере } i, \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases},$$

11) y_{is} и x_{sj} – целочисленные переменные

$$y_{is} = \begin{cases} 1, & \text{если VM } s \text{ размещается в кластере } i, \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases},$$

$$x_{sj} = \begin{cases} 1, & \text{если VM } s \text{ размещается на узле } j, \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases},$$

11) c_{is} – параметры целевой функции (критерия качества варианта размещения), отражающей полезность размещения виртуальной машины s в кластере i .

Используя вышеприведенные обозначения, сформулируем математическую модель задачи размещения виртуальных машин:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^k c_{is} y_{is} \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m y_{is} = 1, \quad s = \overline{1, k}; \quad (2)$$

$$\sum_{s=1}^k d_s y_{is} \leq D_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_{sj} = p_s y_{is}, \quad i = \overline{1, m}; \quad s = \overline{1, k}; \quad (4)$$

$$\sum_{s=1}^k V_s x_{sj} \leq M_j, \quad j = \overline{1, n}; \quad (5)$$

$$y_{is}, x_{sj} \in \{0, 1\}. \quad (6)$$

Здесь соотношение (1) – целевая функция, которая отражает качество варианта размещения в зависимости от выбранного критерия.

Ограничения (2) означают, что каждая виртуальная машина размещается только в одном кластере.

Ограничения (3) – файловое пространство, необходимое для размещения виртуальной машины в кластере, не превышает доступного объема памяти файлового хранилища.

Ограничения (4) – условия, означающие, что для размещения виртуальной машины s резервируется место на p узлах кластера для возможности миграции внутри кластера.

Ограничения (5) означают, что суммарная оперативная память, необходимая для работы всех виртуальных машин, размещенных на узле, не превосходит доступную оперативную память для этого узла.

Данная задача является задачей дискретной оптимизации. Ее можно охарактеризовать как двухуровневую дискретную распределительную задачу, относящуюся к классу сложности NP. В настоящее время известно большое число различных подходов, методов, алгоритмов решения задач дискретной оптимизации. Большинство из них можно отнести к одной из четырех групп:

- методы отсечений (отсекающих плоскостей);
- комбинаторные методы;
- динамическое программирование;
- приближенные и эвристические методы.

Методы трех первых групп ориентированы прежде всего на получение точных решений задачи, хотя некоторые из них позволяют находить приближенные решения с обоснованной оценкой погрешности.

Теоретические результаты оценки сложности алгоритмов дискретной оптимизации и практический опыт их использования дают следующие результаты [8; 9]. Во-первых, большинство задач дискретной оптимизации относится к классу сложности NP, что означает экспоненциальный рост времени решения в зависимости от размерности задачи.

Во-вторых, практика использования алгоритмов показывает «непредсказуемость» их поведения: изменение структуры задачи, ее размерности и даже просто числовых данных при неизменных размерности и структуре могут приводить к значительному увеличению времени решения.

Однако для эффективного практического применения предлагаемой модели (или ее аналогов) от алгоритма решения требуется возможность получения оптимального или приближенного варианта в минимально возможное время.

Опыт решения задач дискретной оптимизации убедительно свидетельствует, что наиболее эффективны алгоритмы, учитывающие специфику решаемых задач. Показательным примером является алгоритм ветвей и границ Дж. Литл, К. Мурти, Д. Суини, К. Кэрл для решения задачи коммивояжера, а также алгоритм Форда – Фалкерсона для задачи о максимальном потоке, алгоритмы Прима, Краскала для задачи построения минимального остовного дерева, алгоритм Дейкстры для задачи о кратчайшем пути в графе и ряд других [9; 10].

Одним из методов, хорошо зарекомендовавшим себя при решении ряда прикладных задач, в том числе задач размещения в различных постановках, является аппроксимационно-комбинаторный метод (АКМ), разработанный В.Р. Хачатуровым [11; 12]. Суть метода заключается в замене решения сложной задачи дискретной оптимизации большой размерности задачей формирования небольшого подмножества вариантов более простой аппроксимирующей задачи и последующего решения на этом подмножестве исходной задачи. Аппроксимирующая задача выбирается так, чтобы существовал эффективный алгоритм формирования указанного подмножества.

Опишем основные положения метода. Пусть на конечном множестве Ω задана функция $F(\omega)$, $\omega^* \in \Omega$ – решение задачи $F(\omega) \rightarrow \max$, $\omega \in \Omega$, $X \supseteq \Omega$ – конечное расширение множества Ω .

1. На множестве X определяется аппроксимирующая функция $P(\omega)$, такая, что $P(\omega^*) \geq F(\omega^*)$ и для $P(\omega)$ имеются эффективные методы определения не только решения ω_0 задачи $P(\omega) \rightarrow \max$, $\omega \in X$, но и всех элементов $\omega \in X$, для которых выполняется условие $P(\omega_0) \geq P(\omega) \geq P(\omega_0) - R$, где $R > 0$ – заданное число. Обозначим множество тех $\omega \in X$, для которых выполняется это условие, через $X_0(R)$ (множество R -близких вариантов) и положим $\bar{C} = P(\omega_0) - R$.

2. Определим множество $\Omega_0(R) = X_0(R) \cap \Omega$, и $\tilde{\omega}$ – решение задачи $F(\omega) \rightarrow \max$, $\omega \in \Omega_0(R)$.

Далее приведем критерий оптимальности:

- 1) Если $F(\tilde{\omega}) \geq \bar{C}$, то $\omega^* = \tilde{\omega}$;
- 2) Если же $F(\tilde{\omega}) < \bar{C}$, то $F(\tilde{\omega}) < F(\omega^*) < \bar{C}$.

Таким образом, в первом случае мы получаем точное решение исходной задачи, а во втором – приближенное с оценкой погрешности. Параметр R позволяет регулировать мощность множеств $X_0(R)$ и $\Omega_0(R)$ и, соответственно, время решения задачи (получения варианта $\tilde{\omega}$).

По сути, аппроксимационно-комбинаторный метод является схемой, в рамках которой могут строиться конкретные алгоритмы для решения различных классов задач. Рассмотрим применение этого метода к решению задачи (1)–(6) размещения виртуальных машин.

Пусть $K = \{1, 2, \dots, k\}$ – множество виртуальных машин. Каждый вариант размещения ВМ, в силу условий (2), порождает разбиение множества K на m попарно не пересекающихся подмножеств K_i , $i = \overline{1, m}$ виртуальных машин, размещенных в кластере i . И наоборот, каждому разбиению ω соответствует вектор Y_ω переменных $y_{is} \in \{0, 1\}$ задачи (1)–(6). Разбиение ω будем называть допустимым, если для вектора Y_ω существует такой вектор переменных X_ω , $x_{is} \in \{0, 1\}$, что пара (Y_ω, X_ω) удовлетворяет условиям (3)–(5). Обозначим через Ω_0 множество всех допустимых разбиений множества K .

Сформулируем задачу (1)–(6) как задачу на множестве Ω_0 . Координаты вектора Y_ω :

$$F(\omega) = \sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^k c_{is} y_{is}^\omega, \quad y_{is}^\omega.$$

Задача $F(\omega) \rightarrow \max$, $\omega \in \Omega_0$ эквивалентна задаче (1)–(6).

В качестве аппроксимирующей рассмотрим задачу $P(\omega) = F(\omega) \rightarrow \max$, $\omega \in \Omega \supset \Omega_0$, которая, очевидно, удовлетворяет условиям применимости аппроксимационно-комбинаторного метода. Для этой задачи в работе [13] формулируется критерий принадлежности вариантов $\omega \in \Omega$ к множеству R -близких вариантов и описывается эффективный алгоритм формирования этого множества.

Решение исходной задачи (1)–(6) сводится к формированию множества $\Omega(R)$ R -близких вариантов, проверке их допустимости и выбора максимального из них. Алгоритм успешно применялся для решения сходных по структуре задач размещения внутрицехового электрооборудования при проектировании цеховых электросетей.

Заключение

Современные тенденции развития экономики, связанные с широким внедрением информационных технологий во всех сферах экономической деятельности, предъявляют повышенные требования к техническому обеспечению предприятий средствами вычислительной техники. Это, в свою очередь, требует увеличения инвестиций в развитие ИТ-сферы, что не всегда соответствует финансовым возможностям предприятия. Эту проблему отчасти можно решить применением технологии виртуальных машин, которая позволяет на одном физическом компьютере разместить несколько виртуальных для решения различных задач и независимой работы различных пользователей.

Реализация технологии ВМ требует решения ряда задач технического и системного характера, одной из которых является задача рационального размещения ВМ и совместного использования ограниченных ресурсов физических компьютеров для обеспечения их надежной работы. При большом числе физических компьютеров и виртуальных машин она становится сложной комбинаторной задачей.

В статье задача рационального размещения ВМ на физических серверах рассматривается как задача дискретной оптимизации. Приводится содержательная постановка задачи, для которой формулируется математическая модель целочисленного программирования и описывается алгоритм ее решения.

Библиографический список

1. Королев О.Л., Гавриков И.В., Смирнов А.Д. Экономическая роль виртуализации в информационных системах // International scientific review. 2017. № 5. P. 36–39. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29227318>.
2. Соловьев В.П., Удовиченко А.О. Метод планирования размещения группы виртуальных машин с перераспределением ресурсов // Программные продукты и системы. 2012. № 1. С. 134–138. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-planirovaniya-razmescheniya-gruppy-virtualnyh-mashin-s-pereraspredeleniem-resursov>.
3. Рахман П.А. Концептуальный подход к повышению эффективности использования вычислительных ресурсов корпоративных сетей при применении технологии виртуальных машин // Объединенный научный журнал. 2005. № 2. С. 59–67. URL: <https://bugtraq.ru/library/internals/.keep/vminfra1.pdf>.
4. Ворожцов А.С., Тутова Н.В., Тутов А.В. Методика оптимального распределения виртуальных серверов в центрах обработки данных // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2015. Т. 9. № 7. С. 5–10. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24195883>.
5. Воробьев А.А., Данг С.Б. Формализация задач оптимизации размещения виртуальных машин и распределения сетевых ресурсов в облачной вычислительной системе // Системы управления и информационные технологии. 2016. № 3. С. 28–32. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26539045>.
6. Отказоустойчивая кластеризация в Windows Server. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows-server/failover-clustering/failover-clustering-overview>, режим доступа – свободный.
7. Пальчевский Е.В., Халиков А.Р. Равномерное распараллеливание сетевой нагрузки по физическим серверам кластера // Актуальные вопросы современных научных исследований: материалы Международной научно-практич. конф. Москва, 2017. № 1. С. 119–122. URL: http://science-peace.ru/files/AVSNI_2017.pdf.
8. Финкельштейн Ю.Ю. Приближенные методы и прикладные задачи дискретного программирования. Москва: Наука, 1976. 265 с.
9. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы: учеб. пособие. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 240 с.
10. Есиков Д.О. Оценка эффективности методов решения задач обеспечения устойчивости функционирования распределенных информационных систем // Программные продукты и системы. 2017. № 2. С. 241–256. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-metodov-resheniya-zadach-obespecheniya-ustoychivosti-funktsionirovaniya-raspredeleennyh-informatsionnyh>.

11. Хачатуров В.Р. Аппроксимационно-комбинаторный метод и некоторые его приложения // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1974. № 14. С. 1464–1487. URL: <http://mi.mathnet.ru/zvmmf6381>.
12. Хачатуров В.Р. Математические методы регионального программирования. Москва: Наука, 1989. 302 с.
13. Монтлевич В.М. Задача размещения предприятий с типовыми мощностями и неделимыми потребителями // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2000. Т. 40. № 10. С. 1491–1507.

References

1. Korolyov O.L., Gavrikov I.V., Smirnov A.D. The economic role of virtualization in information systems. *International scientific review*, 2017, no. 5, pp. 36–39. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29227318>. (In Russ.)
2. Solovyov V.P., Udovichenko A.O. Planning method of virtual machines' group hosting with redistribution of resources. *Programmnye produkty i sistemy = Software & systems*, 2012, no. 1, pp. 134–138. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-planirovaniya-razmescheniya-gruppy-virtualnyh-mashin-s-pereraspredeleniem-resursov>. (In Russ.)
3. Rakhman P.A. Conceptual approach for efficiency of using computing resources in corporate network with virtual machines' technology application. *Ob"edinennyi nauchnyy zhurnal*, 2005, no. 2, pp. 59–67. Available at: <https://bugtraq.ru/library/internals/.keep/vminfra1.pdf>. (In Russ.)
4. Vorozhtsov A.S., Tutova N.V., Tutov A.V. The technique of virtual server placement in data centers. *T-Comm*, 2015, vol. 9, no. 7, pp. 5–10. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24195883>. (In Russ.)
5. Vorobyev A.A., Dang S.B. Formalizing the optimization problem of virtual machines allocation network resources distribution in cloud computing systems. *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii*, 2016, no. 3 (65), pp. 28–32. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26539045>. (In Russ.)
6. Fault tolerant clustering in Windows Server. Available at: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows-server/failover-clustering/failover-clustering-overview>, free access mode. (In Russ.)
7. Palchevkiy Ye.V., Khalikov A.R. Uniform multisequencing of the network load on physical servers of the cluster. In: *Topical issues of modern scientific research: materials of the International research and practical conference*, 2017, no. 1, pp. 119–122. Available at: http://science-peace.ru/files/AVSNI_2017.pdf. (In Russ.)
8. Finkelshtein Yu.Yu. Approximate methods and applied tasks of discrete programming. Moscow: Nauka, 1976, 265 p. (In Russ.)
9. Sigal I.Kh., Ivanova A.P. Introduction to applied discrete programming: models and computational algorithms: textbook. Moscow: FIZMATLIT, 2003, 240 p. (In Russ.)
10. Esikov D.O. Evaluating the effectiveness of sustainability problem solving methods of distributed information system functioning. *Programmnye produkty i sistemy = Software & systems*, 2017, no. 2, pp. 241–256. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-metodov-resheniya-zadach-obespecheniya-ustoychivosti-funktsionirovaniya-raspredelennyh-informatsionnyh>. (In Russ.)
11. Khachaturov V.R. The combinatoric-approximation method and some of its applications. *USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 1974, vol. 14, issue 6, pp. 90–112. DOI: [https://doi.org/10.1016/0041-5553\(74\)90172-4](https://doi.org/10.1016/0041-5553(74)90172-4). (In Russ.)
12. Khachaturov V.R. Mathematical methods of regional programming. Moscow: Nauka, 1989, 302 p. (In Russ.)
13. Montlevich V.M. The plant location problem enterprises with discrete capacities and indivisible customers. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 2000, vol. 40, no. 10, pp. 1430–1446. Available at: <http://mi.mathnet.ru/eng/zvmmf1433>. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-132-142

УДК 330.47



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 17.02.2020

после рецензирования / Revised: 24.03.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

В.Н. Никишов

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: tsh-sea05@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3629-4015>.

В.О. Левченко

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: vadlev83@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8648-3300>

Актuarные методы анализа информационных рисков

Аннотация: В статье описываются актуарные методы анализа информационных рисков. Дается понятие информационного риска, и приводятся стратегии и методы управления рисками. Рассматриваются оценки фонда на покрытие убытков в модели индивидуального риска, в модели коллективного риска и в модели Шуэтта – Несбитта. Исследуются методы оценки необходимого размера фонда и страховой премии. Полученные оценки могут быть использованы как носителем риска для формирования фонда, необходимого для покрытия убытков (метод финансирования риска), так и страховыми организациями для расчета страховой премии.

Ключевые слова: информационные риски, управление риском, страхование, актуарные методы анализа рисков, модели индивидуального и коллективного риска, модель Шуэтта – Несбитта, аппроксимации.

Цитирование. Никишов В.Н., Левченко В.О. Актuarные методы анализа информационных рисков // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 132–142. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-132-142>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

V.N. Nikishov

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: tsh-sea05@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3629-4015>

V.O. Levchenko

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: vadlev83@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8648-3300>

Actuary methods for analysis of information risks

Abstract: The article discusses actuarial methods of information risk analysis. The concept of information risk is given, and strategies and methods of risk management are described. The fund estimates for losses in the individual risk model, in the collective risk model and in the Shuette – Nesbitt model are considered. Methods for assessing the required size of the fund and insurance premium are considered. The estimates obtained can be used both by the risk holder to form the fund necessary to cover losses (risk financing method), and by insurance organizations to calculate the insurance premium.

Key words: information risks, risk management, insurance, actuarial methods of risk analysis, individual and collective risk models, Shuette – Nesbitt model, approximations.

Citation. Nikishov V.N., Levchenko V.O. Actuary methods for analysis of information risks. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie* = *Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 132–142. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-132-142>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© *Виктор Николаевич Никишов* – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Вадим Олегович Левченко* – старший преподаватель кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Victor N. Nikishov* – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© *Vadim O. Levchenko* – senior lecturer of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

В современных условиях информационная безопасность часто становится предметом разбирательств в мировой политике – служит обоснованием протекционизма, является основой введения санкций и других экономических мер; рассматривается как угроза национальной безопасности и т. д.

В силу глобализации бизнеса, повсеместного распространения глобальных информационных сетей ни одно предприятие, ни один субъект бизнеса не может полностью избежать проблемы информационных рисков и гарантировать свою информационную безопасность.

В программе правительства «Цифровая экономика Российской Федерации» [1] предусматривается защита прав и законных интересов бизнеса в условиях цифровой экономики (пункт 5.10 «Дорожной карты» Программы), в частности за счет создания и развития специального сектора страхования информационных рисков (пункт 5.12 «Дорожной карты» Программы).

Информационные риски

Существует много подходов к определению информационных рисков. В данной статье под информационным риском будем понимать, во-первых, «чистый риск», имеющий три составляющие: 1) событие, обладающее признаками вероятности и случайности; 2) возможные убытки, допускающие оценку в денежном выражении в случае реализации события; 3) наличие имущественного интереса у носителя риска (субъекта бизнеса) в покрытии данных убытков. В этом случае первая составляющая информационного риска – событие (угроза информационной безопасности) – и является основой отнесения риска к категории информационных.

Во-вторых, к информационным рискам следует относить внешние риски, то есть риски, в основе которых лежит взаимодействие с внешними информационными сетями, например Интернетом и его службами, так как внутренние риски, обусловленные сбоем оборудования, ошибками и некомпетентностью персонала, несоответствующим программным обеспечением и т. п., являются рисками операционной деятельности, просто в современных условиях операционная деятельность любого субъекта бизнеса невозможна без применения компьютеров, информационных технологий, программного обеспечения и пр.

Перечень внешних событий или угроз информационной безопасности непрерывно расширяется – это вирусы, интернет-вымогательство, атака на сайт, интернет-мошенничество (введение в заблуждение с целью получения денег или конфиденциальной информации), кража персональных данных, несанкционированный доступ к информации, мошенничество в сфере платежных систем, электронных денег и т. д. и т. п.

Перечень возможных угроз информационной безопасности зависит от сферы деятельности и ее привлекательности для осуществления угроз. Перечень достаточно широк и хорошо известен, периодически рассматривается в литературе, в статьях, в обзорах информационно-аналитических агентств, в опросах руководителей бизнеса, приводится в целом ряде стандартов безопасности, изложен в методических документах ФСТЭК России и в данной работе не конкретизируется, так как эта тема отдельного рассмотрения.

Вторая составляющая информационного риска – это наличие убытков, допускающих оценку в денежном выражении. Согласно законодательству (ст. 15 ГК РФ), под убытками понимаются расходы, которые лицо, чье право нарушено, произвело или должно будет произвести для восстановления нарушенного права, утрата или повреждение имущества (реальный ущерб), а также неполученные доходы, которые это лицо получило бы при обычных условиях гражданского оборота, если бы его право не было нарушено (упущенная выгода). Для обоснования размера убытков должны быть представлены доказательства, например, в предпринимательской деятельности такими доказательствами будут являться акты о приемке поставленного товара (оказанных услугах), свидетельствующие о нарушении обязательств, акты экспертизы, калькуляции, документы о расходах и т. д. Убытки в форме упущенной выгоды (будущие убытки) также должны быть обоснованы, хотя это и более сложно: согласно пункту 4 статьи 393 ГК РФ при определении упущенной выгоды учитываются предпринятые кредитором меры для ее получения и сделанные с этой целью приготовления. На практике довольно часто размер упущенной выгоды устанавливается по решению суда.

Другой подход к определению размера убытков [2] основан на изменении стоимости активов в результате реализации риска. Под активами следует понимать технические, программные средства, информационные ресурсы и т. п., что еще более затруднительно для оценки убытков и хотя и может быть отнесено к реальному ущербу, но практическая оценка реального ущерба и в этом случае все равно потребует документально подтвержденных расходов.

Наличие имущественного интереса в покрытии убытков пострадавшей стороны обычно трудностей не вызывает и доказывается на основе права собственности, хозяйственного ведения, оперативного управления, договорных обязательств и т. п.

Управление информационными рисками

Управление чистыми рисками основано на трех стратегиях: отказ от риска, риск на себя и передача риска; содержит два основных метода управления рисками (табл. 1) [3; 4]. Методы трансформации риска – это меры, принимаемые до наступления риска (до событийные меры); методы финансирования риска – это меры, которые будут приняты в случае реализации риска (послесобытийные меры).

Таблица 1 – Стратегии и методы управления рисками
Table 1 – Strategies and methods of risk management

| Стратегия | Методы трансформации риска | Методы финансирования риска |
|----------------|---|--|
| Отказ от риска | Нет | Нет |
| Риск на себя | Деление информации; Копирование информации, приобретение технических и программных продуктов, повышающих информационную безопасность | Покрытие убытков из выручки, резервов, фондов, займов |
| Передача риска | Аутсорсинг риска – передача риска на ответственность специализированным организациям | Страхование, спонсорская помощь, договоры о материальной ответственности |

Основой принятия решений по управлению информационными рисками является оценка риска с точки зрения возможных убытков в случае реализации рисков, то есть принятие решений на основе метода финансирования риска. Размер фонда на покрытие убытков служит оценкой размера страховой премии для страховых организаций и основой выбора стратегии и метода управления для субъекта бизнеса, подверженного информационным рискам.

В настоящее время нет надежной статистической базы для оценки информационных рисков – в основном мы имеем дело с данными опросов ряда руководителей бизнеса, проводимых российскими и зарубежными информационно-аналитическими информационными агентствами.

Особенностью управления информационными рисками является практически всегда отсутствие виновной стороны и/или доказательств в отношении конкретного субъекта, нарушающего информационную безопасность, и, следовательно, практически всегда – невозможность покрытия убытков за счет виновной стороны.

Покрытие убытков производится потерпевшей стороной самостоятельно (из выручки, резервов, за счет специальных фондов, займов и т. д.) или за счет средств страховщика (сегодня этого в РФ пока нет). Страхование информационных рисков – только одна из стратегий и один из методов управления информационными рисками.

Оценки фонда на покрытие убытков в модели индивидуального риска

Страхование как метод финансирования риска направлено на компенсацию убытков страхователя в результате реализации информационных рисков и оставляет в стороне многое другое, например потерю деловой репутации, имиджа, антирекламу, судебные разбирательства с клиентами страхователя, усиление конкурентов и прочее.

При наступлении убытков довольно много времени и усилий требуют от страхователя доказательная база, оформление документов, возможные судебные разбирательства по поводу отнесения события в разряд страховых случаев и оценки размера убытков.

Кроме того, страховая премия, как хорошо известно, состоит из двух частей: первая часть направлена на покрытие убытков, вторая часть – на покрытие расходов страховой компании. По мнению страхователей, вторая часть слишком велика, что заставляет субъектов бизнеса пытаться обойтись без страхования за счет резервирования собственных средств – это дает возможность получения, например, процентного дохода от размещения зарезервированных средств и избежать трудностей общения со страховыми компаниями. Это мнение широко распространено среди страхователей, но на самом деле это не так.

Носитель риска формирует фонд на покрытие убытков, исходя из того, что риск был реализован (метод финансирования риска), и в этом случае размер фонда составит величину

$$\varphi = E(Y) + \beta \sqrt{D(Y)} = m + \beta \cdot \sigma = m(1 + \beta \cdot k), \quad (1)$$

где $k = \sigma / m$ – коэффициент вариации размера убытка, а коэффициент β выбирается с целью достаточности фонда для покрытия убытков с заданной вероятностью, например, при вероятности 95 % коэффициент β , согласно неравенству Бьенэме – Чебышева [5], будет равен $\beta = 10 / \sqrt{5} \approx 4.5$.

Страховая организация в модели индивидуального риска [6] для статистически однородной группы из n страхователей ориентируется на вероятности наступления риска q , средние значения убытка $E(Y) = m$ и дисперсии убытка $D(Y) = \sigma^2$.

Размер страховой премии на одного страхователя Φ / n с учетом нагрузки в размере f составит величину [6]:

$$\Phi / n = \frac{\Phi_0 / n}{(1 - f)} = \frac{qm}{(1 - f)} \left(1 + \frac{1.645}{\sqrt{nq}} \sqrt{1 - q + k^2} \right), \quad (2)$$

где $\alpha = \alpha(0.95) \cong 1.645$ – квантиль нормального распределения уровня 0.95 (табл. 2).

Таблица 2 – Оценки фонда φ и размера страховой премии Φ / n в модели индивидуального риска

Table 2 – Estimates of the fund φ and the size of the insurance premium Φ / n in the individual risk model

| | | | | | | | | |
|------------------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| n | 100 | 300 | 500 | 1000 | 100 | 300 | 500 | 1000 |
| q | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| m | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $k = \sigma / m$ | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| φ | 1.823 | 1.823 | 1.823 | 1.823 | 1.823 | 1.823 | 1.823 | 1.823 |
| Φ_0 / n | 0.156 | 0.132 | 0.125 | 0.118 | 0.332 | 0.297 | 0.287 | 0.276 |
| f | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % |
| Φ / n | 0.223 | 0.189 | 0.178 | 0.168 | 0.475 | 0.425 | 0.410 | 0.394 |
| $\Phi_0 / n / \varphi$ | 8.5 % | 7.3 % | 6.9 % | 6.5 % | 18.2 % | 16.3 % | 15.7 % | 15.1 % |
| $\Phi / n / \varphi$ | 12.2 % | 10.4 % | 9.8 % | 9.2 % | 26.0 % | 23.3 % | 22.5 % | 21.6 % |

Как можно видеть, размер фонда φ , формируемого носителем риска самостоятельно в рамках метода финансирования риска, намного больше размера страховой премии Φ/n даже при очень большой нагрузке: $\varphi > \Phi/n$ [7; 8].

Оценки фонда на покрытие убытков в модели коллективного риска

В модели коллективного риска [6–8] наступление убытков рассматривается как случайный процесс.

В этом случае совокупный убыток у носителя риска есть случайная величина s , даваемая выражением

$$s = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_\nu,$$

где ν – случайная величина, описывающая поступление убытков за рассматриваемый период, например, для процесса Пуассона:

$$P(\nu = k) = \pi_k = \frac{\lambda^k}{k!} \exp(-\lambda).$$

Для данного процесса $E(\nu) = D(\nu) = \lambda$.

Учитывая, что размер убытков Y также является случайной величиной, с помощью свойств условного математического ожидания и дисперсии [9–11] находим

$$E(s) = E(\nu)E(Y) = \lambda m \text{ и } D(s) = E(\nu)D(Y) + D(\nu)(E(Y))^2 = \lambda E(Y^2) = \lambda m^2(1 + k^2).$$

Считая выполненными условия центральной предельной теоремы, размер фонда, формируемого носителем риска для покрытия убытков с вероятностью 95 %, будет даваться величиной

$$\varphi = E(s) + 1.645\sqrt{D(s)} = \lambda m \left(1 + \frac{1.645}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{1 + k^2} \right). \quad (3)$$

Для страховой компании имеет место тот же самый процесс Пуассона поступления убытков с параметром $n\lambda$ и тем же самым распределением убытков: $E(Y) = m; D(Y) = \sigma^2$.

Соответственно, размер страховой премии на одного страхователя составит

$$\Phi/n = \frac{\Phi_0/n}{(1-f)} = \frac{\lambda m}{(1-f)} \left(1 + \frac{1.645}{\sqrt{\lambda n}} \sqrt{1 + k^2} \right) \quad (4)$$

и, как правило, меньше фонда φ , формируемого носителем риска.

Отметим, что при оценке размера фонда в модели коллективного риска учитывается как дисперсия размера убытков $D(Y)$, так и дисперсия возможного количества убытков $D(\nu)$ за рассматриваемый период, в то время как в модели индивидуального риска учитывается только дисперсия размера убытков (табл. 3).

Таблица 3 – Оценки фонда φ и размера страховой премии Φ/n в модели коллективного риска

Table 3 – Estimates of the fund φ and the size of the insurance premium Φ/n in the collective risk model

| | | | | | | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| n | 100 | 300 | 500 | 1000 | 100 | 300 | 500 | 1000 |
| λ | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| m | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $k = \sigma/m$ | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| φ | 0.682 | 0.682 | 0.682 | 0.682 | 5.408 | 5.408 | 5.408 | 5.408 |
| Φ_0/n | 0.158 | 0.134 | 0.126 | 0.118 | 2.791 | 2.668 | 2.630 | 2.592 |
| f | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % |
| Φ/n | 0.226 | 0.191 | 0.180 | 0.169 | 3.987 | 3.811 | 3.757 | 3.703 |
| $\Phi_0/n/\varphi$ | 23.2 % | 19.6 % | 18.5 % | 17.4 % | 51.6 % | 49.3 % | 48.6 % | 47.9 % |
| $\Phi/n/\varphi$ | 33.1 % | 28.0 % | 26.4 % | 24.8 % | 73.7 % | 70.5 % | 69.5 % | 68.5 % |

В случае применения модели коллективного риска для носителя риска оценки фонда, формируемого в рамках метода финансирования риска, более приемлемы, так как учитываются математические ожидания и дисперсии, как частоты угроз $E(v), D(v)$, так и их последствий $E(Y), D(Y)$.

Оценки фонда на покрытие убытков в модели Шуэтта – Несбитта

Угрозы нарушения информационной безопасности в течение рассматриваемого периода поступают, как правило, из разных источников и могут в хорошем приближении считаться независимыми. В этом случае модели индивидуального и коллективного риска дают независимые оценки фонда на покрытие угроз каждого вида.

Другой подход рассмотрения совместного воздействия рисков в целях оценки фондов на покрытие убытков основан на обобщении формулы полной вероятности.

В целях более наглядного изложения будем рассматривать 4 вида угроз, соответственно, 4 вида событий $A_i, i = \overline{1,4}$ с вероятностью наступления $q_i, i = \overline{1,4}$ за рассматриваемый период времени и соответствующими средними значениями убытков $m_i, i = \overline{1,4}$ в случае реализации.

Пусть $D_i, i = \overline{1,4}$ – вероятности того, что наступит i событий из рассматриваемых четырех безотносительно наступления других событий:

$$D_1 = \sum_{i=1}^4 P(A_i); D_2 = \sum_{i,j=1}^4 P(A_i A_j), i \neq j; D_3 = \sum_{i,j,k=1}^4 P(A_i A_j A_k), i \neq j \neq k; D_4 = P(A_1 A_2 A_3 A_4).$$

Для независимых событий $A_i, i = \overline{1,4}$:

$$D_1 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4; D_2 = q_1 q_2 + q_1 q_3 + q_1 q_4 + q_2 q_3 + q_2 q_4 + q_3 q_4;$$

$$D_3 = q_1 q_2 q_3 + q_1 q_2 q_4 + q_1 q_3 q_4 + q_2 q_3 q_4; D_4 = q_1 q_2 q_3 q_4.$$

Введем $P_{[i]}, i = \overline{1,4}$ – полные вероятности того, что из 4 событий наступит ровно i событий. В этих условиях формула Шуэтта – Несбитта [7; 8] дает связь между D_i и $P_{[i]}$ для любого набора коэффициентов $c_i, i = \overline{0,4}$, а именно:

$$c_0 P_{[0]} + c_1 P_{[1]} + c_2 P_{[2]} + c_3 P_{[3]} + c_4 P_{[4]} = c_0 + D_1 \Delta c_0 + D_2 \Delta^2 c_0 + D_3 \Delta^3 c_0 + D_4 \Delta^4 c_0. \quad (5)$$

Здесь Δ – оператор сдвига такой, что $\Delta c_k = c_{k+1} - c_k$.

На основе (5), выбирая тот или иной набор коэффициентов c_i , можно вычислить выражения для $P_{[i]}, i = \overline{1,4}$. Например, для вычисления $P_{[3]}$ положим: $c_0 = c_1 = c_2 = c_4 = 0; c_3 = 1$. Вычисления $\Delta^k c_0$ приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Вычисление $\Delta^k c_0$ для $c_0 = c_1 = c_2 = c_4 = 0; c_3 = 1$

Table 4 – Calculation $\Delta^k c_0$ for $c_0 = c_1 = c_2 = c_4 = 0; c_3 = 1$

| i | c_i | Δc_0 | $\Delta^2 c_0$ | $\Delta^3 c_0$ | $\Delta^4 c_0$ |
|-----|-------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | -4 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | -3 | - |
| 2 | 0 | 1 | -2 | - | - |
| 3 | 1 | -1 | - | - | - |
| 4 | 0 | - | - | - | - |

Отметим, что при наборе коэффициентов $c_0 = 1; c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = 0$ формула Шуэтта – Несбитта дает отсутствие случаев реализации рисков: $P_{[0]} = 1 - D_1 + D_2 - D_3 + D_4$.

Для рассматриваемого случая 4 событий выражения для $P_{[i]}, i = \overline{1,4}$ будут иметь вид:

$$P_{[1]} = D_1 - 2D_{[2]} + 3D_{[3]} - 4D_{[4]}; P_{[2]} = D_2 - 2D_{[3]} + 6D_{[4]}; P_{[3]} = D_3 - 4D_{[4]}; P_{[4]} = D_{[4]}. \quad (6)$$

С каждой вероятностью $P_{[i]}$ свяжем соответствующие математические ожидания размера возможных убытков $Y_{[i]} = E(Y|v=i)$. В частности, для рассматриваемой группы из 4 независимых событий имеем следующие выражения:

$$\begin{aligned} Y_{[1]} &= (q_1 m_1 + q_2 m_2 + q_3 m_3 + q_4 m_4) / D_1; \\ Y_{[2]} &= (q_1 q_2 (m_1 + m_2) + q_1 q_3 (m_1 + m_3) + q_1 q_4 (m_1 + m_4) + \\ &+ q_2 q_3 (m_2 + m_3) + q_2 q_4 (m_2 + m_4) + q_3 q_4 (m_3 + m_4)) / D_2; \\ Y_{[3]} &= (q_1 q_2 q_3 (m_1 + m_2 + m_3) + q_1 q_2 q_4 (m_1 + m_2 + m_4) + \\ &+ q_1 q_3 q_4 (m_1 + m_3 + m_4) + q_2 q_3 q_4 (m_2 + m_3 + m_4)) / D_3; \\ Y_{[4]} &= q_1 q_2 q_3 q_4 (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) / D_4. \end{aligned} \quad (7)$$

Размер страховой премии на одного страхователя будет даваться суммой $\Phi/n = \sum_{i=1}^4 P_{[i]} Y_{[i]}$ безотносительно количества страхователей.

Носитель же рисков в рамках метода финансирования рисков должен формировать фонд, исходя из того, что риск был реализован, и, следовательно, для него необходимый размер фонда составит

$$\text{величину (табл. 5)} \quad \varphi = \frac{1}{(1 - P_{[0]})} \sum_{i=1}^4 P_{[i]} Y_{[i]}.$$

Таблица 5 – Оценки фонда φ и размера страховой премии Φ/n в модели Шуэтта – Несбитта

Table 5 – Estimates of the fund φ and the size of the insurance premium Φ/n in the Shuette – Nesbitt model

| $A(i)$ | A1 | A2 | A3 | A4 | | A1 | A2 | A3 | A4 | |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|
| q_i | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.25 | | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.25 | |
| m_i | 1 | 1 | 1 | 1 | | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| D_i | 0.600 | 0.123 | 0.010 | 0.000 | | 0.600 | 0.123 | 0.010 | 0.000 | |
| $P_{[i]}$ | 0.383 | 0.095 | 0.009 | 0.000 | | 0.383 | 0.095 | 0.009 | 0.000 | |
| $P_{[i]}$ | 1.000 | 2.000 | 3.000 | 4.000 | Итого | 1.917 | 4.143 | 6.821 | 10.000 | Итого |
| φ | 0.747 | 0.369 | 0.051 | 0.002 | 1.170 | 1.432 | 0.765 | 0.116 | 0.005 | 2.318 |
| Φ_0/n | 0.383 | 0.190 | 0.026 | 0.001 | 0.600 | 0.735 | 0.393 | 0.060 | 0.002 | 1.189 |
| f | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | Итого | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | Итого |
| Φ/n | 0.547 | 0.271 | 0.037 | 0.001 | 0.857 | 1.049 | 0.561 | 0.085 | 0.004 | 1.699 |
| $\Phi_0/n/\varphi$ | 51.3 % | 51.3 % | 51.3 % | 51.3 % | 51.30 % | 51.3 % | 51.3 % | 51.3 % | 51.3 % | 51.30 % |
| $\Phi/n/\varphi$ | 73.3 % | 73.3 % | 73.3 % | 73.3 % | 73.29 % | 73.3 % | 73.3 % | 73.3 % | 73.3 % | 73.29 % |

Размер страховой премии меньше размера фонда, формируемого носителем риска. Достоинство метода – в возможности получения оценок фонда и размера страховой премии с учетом совокупности рисков.

Аппроксимации совокупного убытка

Пусть $S = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_v$ – случайная величина совокупного убытка, где v – описывает количество возможных убытков, а Y_k – случайная величина возможного k -го убытка.

Для оценки совокупного размера фонда на покрытие убытков, помимо аппроксимаций, получаемых в рамках центральной предельной теоремы, существует и много других аппроксимаций [7–9] в том случае, если помимо дисперсии $D(S)$ возможно получение оценок других моментов S . Например, в случае, когда поступление убытков описывается процессом Пуассона:

$P(v = k) = \pi_k = \frac{\lambda^k}{k!} \exp(-\lambda)$, первые три момента S даются выражениями:

$$E(S) = \lambda E(Y) = \lambda \mu_1; D(S) = \lambda E(Y^2) = \lambda \mu_2 = \lambda(m^2 + \sigma^2); E(S - E(S))^3 = \lambda \mu_3, \quad (8)$$

где $\mu_k = E(Y^k)$ – центральные моменты возможного убытка.

Выражения для $E(S)$ и $D(S)$, с учетом прежних обозначений для $E(Y) = m; D(Y) = \sigma^2; k = \sigma/m$, могут быть записаны в виде

$$E(S) = \lambda m; D(S) = \lambda m^2(1 + k^2). \quad (9)$$

Третий центральный момент $E(Y^3) = \mu_3$ также можно выразить через величины m, σ, k в том случае, если известно распределение для размера убытков. На практике можно ограничиться гамма-распределением для случайной величины размера убытков Y с плотностью распределения вида

$$f(y) = \frac{b^a}{\Gamma(a)} y^{a-1} \exp(-by). \quad (10)$$

В этом случае имеем:

$$E(Y) = \frac{a}{b} = m, D(Y) = \frac{a}{b^2} = \sigma^2 = m^2(1 + k^2); E(Y^3) = \mu_3 = m^3(1 + k^2)(1 + 2k^3). \quad (11)$$

На практике наиболее часто применяются нормально-степенная аппроксимация и аппроксимация трехпараметрическим гамма-распределением [7; 8], использующая $E(S), D(S)$ и коэффициент асимметрии $\gamma = E(S - E(S))^3 / D(S)^{3/2}$.

С учетом (8) и (11) коэффициент асимметрии может быть записан в виде

$$\gamma = \frac{(1 + 2k^3)}{\sqrt{\lambda} \sqrt{1 + k^2}}. \quad (12)$$

Для страховой организации параметр $\lambda \rightarrow L = n\lambda$, где n – количество страхователей, и, соответственно, для нее коэффициент асимметрии будет даваться выражением

$$\hat{\gamma} = \frac{(1 + 2k^3)}{\sqrt{n\lambda} \sqrt{1 + k^2}}. \quad (13)$$

Нормально-степенная аппроксимация совокупного убытка

Размер фонда, достаточный для покрытия убытков с 95 %-ной вероятностью, в рамках нормально-степенной аппроксимации дается выражением

$$\varphi = E(S) + z\sqrt{D(S)} = \lambda m \left(1 + \frac{z}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{1 + k^2} \right). \quad (14)$$

Здесь $z = 1.645 + \frac{\gamma}{6}(1.645^2 - 1)$, γ – коэффициент асимметрии распределения S .

Для страховой организации с учетом замены параметра $\lambda \rightarrow L = n\lambda$ размер страховой премии на одного страхователя будет даваться выражением

$$\Phi/n = \frac{\lambda m}{1 - f} \left(1 + \frac{\hat{z}}{\sqrt{n\lambda}} \sqrt{1 + k^2} \right). \quad (15)$$

Здесь $\hat{z} = 1.645 + \frac{\hat{\gamma}}{6}(1.645^2 - 1)$; $\hat{\gamma} = \frac{(1 + 2k^3)}{\sqrt{n\lambda} \sqrt{1 + k^2}}$ (табл. 6).

Таблица 6 – Оценки фонда φ и размера страховой премии Φ/n при нормально-степенной аппроксимации совокупного убытка

Table 6 – Estimates of the fund φ and the size of the insurance premium Φ/n in the normal-power approximation of the total loss

| | | | | | | | | |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|
| n | 100 | 300 | 500 | 1000 | 100 | 300 | 500 | 1000 |
| λ | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| m | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $k = \sigma/m$ | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| γ | 3.354 | 3.354 | 3.354 | 3.354 | 0.335 | 0.335 | 0.335 | 0.335 |
| z | 2.599 | 2.599 | 2.599 | 2.599 | 1.740 | 1.740 | 1.740 | 1.740 |
| φ | 1.499 | 1.499 | 1.499 | 1.499 | 4.752 | 4.752 | 4.752 | 4.752 |
| $\hat{\gamma}$ | 0.3 | 0.173 | 0.134 | 0.095 | 0.094868 | 0.055 | 0.042 | 0.030 |
| \hat{z} | 1.730 | 1.694 | 1.683 | 1.672 | 1.672 | 1.661 | 1.657 | 1.654 |
| Φ_0/n | 0.287 | 0.249 | 0.238 | 0.226 | 2.264 | 2.152 | 2.117 | 2.083 |
| f | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % |
| Φ/n | 0.409 | 0.356 | 0.339 | 0.323 | 3.235 | 3.074 | 3.025 | 2.975 |
| $\Phi_0/n/\varphi$ | 19.1 % | 16.6 % | 15.8 % | 15.1 % | 47.7 % | 45.3 % | 44.6 % | 43.8 % |
| $\Phi/n/\varphi$ | 27.3 % | 23.7 % | 22.6 % | 21.6 % | 68.1 % | 64.7 % | 63.7 % | 62.6 % |

Можно отметить, что оценки, полученные на основе нормально-степенной аппроксимации, в целом выше оценок на основе нормальной аппроксимации,

Аппроксимация совокупного убытка трехпараметрическим гамма-распределением

Совокупный убыток $S = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n$ представим в виде $S = Z + x_0$, где случайная величина Z имеет гамма-распределение с параметрами α, β :

$$f(z) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} z^{\alpha-1} \exp(-\beta z).$$

Первые три момента величины Z равны:

$$E(Z) = \frac{\alpha}{\beta}; E(Z^2) = \frac{\alpha(\alpha+1)}{\beta^2}; E(Z^3) = \frac{\alpha(\alpha+1)(\alpha+2)}{\beta^3}.$$

Обеспечивая равенство первых трех моментов совокупного убытка S :

$$E(S) = E(Z) + x_0; D(S) = D(Z); E(S - E(S))^3 / D(S)^{3/2} = \gamma,$$

находим параметры α, β, x_0 :

$$\alpha = \frac{4}{\gamma^2}; \beta = \frac{2}{\gamma \sqrt{D(S)}} = \frac{2}{\gamma \sqrt{\lambda(1+k^2)}}; x_0 = E(S) - 2 \frac{\sqrt{D(S)}}{\gamma} = \lambda m \left(1 - \frac{2}{\gamma \sqrt{\lambda}} \sqrt{1+k^2} \right), \quad (16)$$

$$\gamma = \frac{(1+2k^2)}{\sqrt{\lambda} \sqrt{1+k^2}}.$$

Размер фонда, достаточный для покрытия убытков с 95 %-ной вероятностью, в рамках аппроксимации трехпараметрическим гамма-распределением находится из соотношения

$$P(S < \Phi) = P(Z < \Phi - x_0) = 0,95 = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{u(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} \exp(-\beta x) dx, \quad (17)$$

где $u(\alpha, \beta)$ – квантиль уровня 0,95 гамма-распределения с параметрами α, β (табл. 7).

Таблица 7 – Оценки фонда φ и размера страховой премии Φ/n в случае аппроксимации совокупного убытка трехпараметрическим гамма-распределением

Table 7 – Estimates of the fund φ and the size of the insurance premium Φ/n in the case of approximation of the total loss by a free parameter gamma distribution

| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| n | 100 | 300 | 500 | 1000 | 100 | 300 | 500 | 1000 |
| λ | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| m | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $k = \sigma/m$ | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| γ | 3.354 | 3.354 | 3.354 | 3.354 | 0.335 | 0.335 | 0.335 | 0.335 |
| x_0 | -0.098 | -0.098 | -0.098 | -0.098 | -7.428 | -7.428 | -7.428 | -7.428 |
| α | 0.356 | 0.356 | 0.356 | 0.356 | 35.556 | 35.556 | 35.556 | 35.556 |
| β | 1.193 | 1.193 | 1.193 | 1.193 | 3.771 | 3.771 | 3.771 | 3.771 |
| $u(\alpha, \beta)$ | 1.290 | 1.290 | 1.290 | 1.290 | 12.171 | 12.171 | 12.171 | 12.171 |
| φ | 1.191 | 1.191 | 1.191 | 1.191 | 4.743 | 4.743 | 4.743 | 4.743 |
| \hat{g} | 0.300 | 0.173 | 0.134 | 0.095 | 0.095 | 0.055 | 0.042 | 0.030 |
| \hat{x}_0 | -0.133 | -0.133 | -0.133 | -0.133 | -1.333 | -1.333 | -1.333 | -1.333 |
| $\hat{\alpha}$ | 44.44 | 133.33 | 222.22 | 444.44 | 444.44 | 1333.33 | 2222.22 | 4444.44 |
| $\hat{\beta}$ | 1.33 | 1.33 | 1.33 | 1.33 | 1.33 | 1.33 | 1.33 | 1.33 |
| $\hat{u}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$ | 0.420 | 0.382 | 0.371 | 0.360 | 3.598 | 3.485 | 3.450 | 3.416 |
| Φ_0/n | 0.286 | 0.249 | 0.238 | 0.226 | 2.264 | 2.152 | 2.117 | 2.083 |
| f | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % | 30 % |
| Φ/n | 0.409 | 0.356 | 0.339 | 0.323 | 3.235 | 3.074 | 3.025 | 2.975 |
| $\Phi_0/n/\varphi$ | 24.0 % | 20.9 % | 19.9 % | 19.0 % | 47.7 % | 45.4 % | 44.6 % | 43.9 % |
| $\Phi/n/\varphi$ | 34.3 % | 29.8 % | 28.5 % | 27.1 % | 68.2 % | 64.8 % | 63.8 % | 62.7 % |

В среде Excel вычисление квантиля $u(\alpha, \beta)$ осуществляется с помощью встроенной функции:

$$u(\alpha, \beta) = \text{ГАММА.ОБР}(0,95; \alpha; 1/\beta). \quad (18)$$

Соответственно, оценка размера фонда, формируемого носителем риска в рамках метода финансирования риска, будет даваться выражением

$$\varphi = x_0 + u(\alpha, \beta). \quad (19)$$

Аналогично размер страховой премии в случае передачи риска страховой организации на одного страхователя составит величину

$$\Phi/n = \hat{x}_0 + \hat{u}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})/n. \quad (20)$$

$$\text{Здесь } \hat{x}_0 = \lambda m \left(1 - \frac{2}{\hat{\gamma} \sqrt{n\lambda}} \sqrt{1+k^2} \right); \hat{\alpha} = \frac{4}{\hat{\gamma}^2}; \hat{\beta} = \frac{2}{\hat{\gamma} \sqrt{n\lambda(1+k^2)}}; \hat{\gamma} = \frac{(1+2k^2)}{\sqrt{n\lambda} \sqrt{1+k^2}};$$

$$\hat{u}(\hat{\alpha}, \hat{\beta}) = \text{ГАММА.ОБР}(0,95; \hat{\alpha}; 1/\hat{\beta}).$$

В целом нормально-степенная аппроксимация и аппроксимация трехпараметрическим гамма-распределением дают близкие результаты.

Заключение

В современных условиях носитель информационных рисков вынужден создавать фонды на покрытие возможных убытков, исходя из того, что риск был реализован, или заключать договор страхования. Предложенные методы оценки необходимого размера фонда и страховой премии позволяют субъекту бизнеса более обоснованно принимать решения по управлению рисками.

При проектировании технических и программных средств защиты информационной безопасности оценки фонда служат обоснованием расходов и оценкой эффективности (окупаемости) проекта.

Библиографический список

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-п. URL: <https://base.garant.ru/71734878>.
2. Киселева И.А., Исканджан С.О. Информационные риски: методы оценки и анализа // ИТпортал. 2017. № 2 (14). URL: <http://itportal.ru/science/economy/informatsionnye-riski-metody-otsenk>.
3. Чернова Г.В., Кудрявцев А.А. Управление рисками: учеб. пособие. Москва: ТК «Велби»; Проспект, 2007. 160 с.
4. Кудрявцев А.А. Интегрированный риск-менеджмент: учебник / СПбГУ. Москва: ЗАО «Изд-во “Экономика”», 2010. 655 с.
5. Крамер Гаральд. Математические методы статистики. Москва: Мир, 1975. 648 с.
6. Фалин Г.И. Математический анализ рисков в страховании. Москва: Российский юридический издательский дом, 1994. 130 с.
7. Бауэрс Н., Гербер Х., Джонс Д., Несбитт С., Хикман Дж. Актуарная математика / пер. с англ. под ред. В.К. Малиновского. Москва: Янус-К, 2001. 644 с.
8. Каас Р., Гувертс М., Дэнэ Ж., Денут М. Современная актуарная теория риска / пер. с англ. Москва: Янус-К, 2007. 376 с.
9. Мак Томас. Математика рискованного страхования / пер. с нем. Москва: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005.
10. Королев В.Ю., Бенинг В.Е., Шоргин С.Я. Математические основы теории риска. Москва: Физматлит, 2007. 544 с.
11. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения. Москва: Дело и Сервис, 1999. 111 с.

References

1. The program «Digital Economy of the Russian Federation». Approved by the order of the Government of the Russian Federation dated July 28, 2017 № 1632-p. Available at: <https://base.garant.ru/71734878/>. (In Russ.)
2. Kiseleva I.A., Iskandzhan S.O. Information risks: assessment and analysis methods. *ITportal*, 2017, no. 2 (14). Available at: <http://itportal.ru/science/economy/informatsionnye-riski-metody-otsenk>. (In Russ.)
3. Chernova G.V., Kudryavtsev A.A. Risk management: textbook. Moscow: TK «Velbi»; Prospekt, 2007, 160 p. (In Russ.)
4. Kudryavtsev A.A. Integrated risk management: textbook of St. Petersburg State University. Moscow: ZAO «Izd-vo “Ekonomika”», 2010, 655 p. (In Russ.)
5. Kramer Harald. Mathematical methods of statistics. Moscow: Mir, 1975, 648 p. (In Russ.)
6. Falin G.I. Mathematical risk analysis in insurance. Moscow: Rossiyskiy yuridicheskiy izdatel'skiy dom, 1994, 130 p. (In Russ.)
7. Newton L. Bowers, Jr., Hans U. Gerber, Donald A. Jones, Cecil J. Nesbitt, James C. Hickman. Actuarial Mathematics. Translation from English edited by Malinovsky V.K. Moscow: Yanus-K, 2001, 644 p. (In Russ.)
8. Kaas Rob, Goovaerts Marc, Dhaene Jan, Denuit Miche. Modern Actuarial Risk Theory. Translation from English. Moscow: Yanus-K, 2007, 376 p. (In Russ.)
9. Mack Thomas. Mathematics of risk insurance. Translation from German. Moscow: ZAO «Olimp-Biznes», 2005. (In Russ.)
10. Korolev V.Yu., Bening V.E., Shorgin S.Ya. Mathematical Foundations of Risk Theory. Moscow: Fizmatlit, 2007, 544 p. (In Russ.)
11. Granaturov V. M. Economic risk: Essence, Methods of Measuring, Ways of Reduction. Moscow: Delo i Servis, 1999, 111 p. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-143-150

УДК 338.



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 12.02.2020

после рецензирования / Revised: 24.03.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

Е.С. Подборнова

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: kate011087@rambler.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5135-7961>

Е.В. Степанов

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: evgeny_stepanov@outlook.com

Моделирование совокупного предложения с помощью производственной функции

Аннотация: Рассмотрены экономические и управленческие вопросы трансформации информационных систем экономики в цифровые экономические системы. Представлены отличия систем информатизации от систем цифровизации экономики. Проведен анализ нормативно-правовой базы цифровизации экономики. Раскрыты направления решения задач цифровизации экономики РФ. Наиболее существенным результатом работы является определение этапов трансформации информационных процессов в цифровые, раскрытие сути данных этапов и результатов их осуществления.

Ключевые слова: информатизация, трансформационные процессы, цифровая экономика, моделирование, цифровизация, инновационная деятельность, индустрия 4.0, эффективность, устойчивость, развитие.

Цитирование. Подборнова Е.С., Степанов Е.В. Моделирование совокупного предложения с помощью производственной функции // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 143–150. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-143-150>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

E.S. Podbornova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: kate011087@rambler.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5135-7961>

E.V. Stepanov

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: evgeny_stepanov@outlook.com

Modeling aggregate supply using the production function

Abstract: Economic and managerial issues of transformation of economic information systems into digital economic systems are considered. Differences in the systems of informatization of system of digitalization of the economy are presented. The analysis of legal framework for digitalization of the economy is carried out. The directions of solving the problems of digitalization of the Russian economy are revealed. The most significant result of the work is to determine the stages of transformation of information processes into digital ones, to reveal the essence of these stages and the results of their implementation.

Key words: informatization, transformation processes, digital economy, modeling, digitalization, innovation, industry 4.0, efficiency, sustainability, development.

Citation. Podbornova E.S., Stepanov E.V. Modeling aggregate supply using the production function. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 143–150. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-143-150>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Подборнова Екатерина Сергеевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики инноваций, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Степанов Евгений Владимирович – магистрант кафедры экономики инноваций, программа «Экономическая безопасность», Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Ekaterina S. Podbornova – Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Innovation Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443056 Samara, Russian Federation.

© Eugene V. Stepanov – Master's Degree Student of the Department of Innovation Economics, program «Economic Security», Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443056 Samara, Russian Federation.

Введение

В экономической теории совокупным предложением считается общее количество произведенных (оказанных) конечных товаров (услуг), которое субъекты хозяйствования страны могут и готовы в течение определенного временного периода предложить на рынок с учетом: имеющегося в стране уровня ценообразования; существующей технологии производства; наличия ресурсной базы [1; 7]. Данные условия определяют закономерности формирования совокупного предложения, и они в существенной мере отличаются от закономерностей формирования рыночного и индивидуального предложения.

Если отдельное предприятие (фирма) могут увеличивать свои масштабы использования ресурсов, достигая значительных их объемов, с учетом того что предельные издержки производства не превысят предельной выручки от затрат, то в масштабах национальной экономики ситуация будет складываться по-другому – при росте производства всех предприятий (фирм) в производственно-хозяйственную деятельность будет привлечена вся имеющаяся и доступная в этот момент времени ресурсная база страны. Поэтому на графике кривая совокупного предложения отлична от обычной кривой индивидуального или рыночного предложения [2–6; 8] (рис. 1)

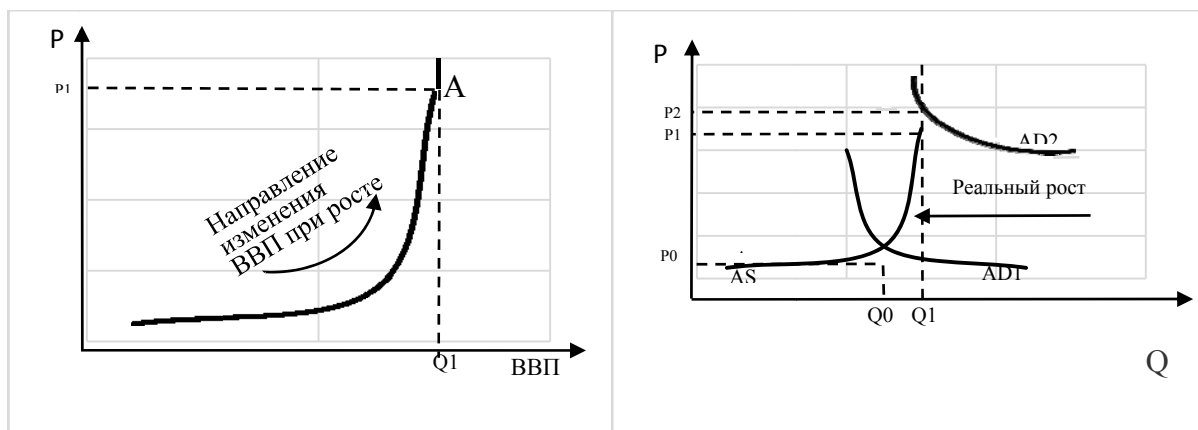


Рис. 1 – Кривая совокупного предложения [9]

Fig. 1 – Aggregate supply curve [9]

Рис. 2 – Экономические факторы возникновения инфляции [9]

Fig. 2 – Economic factors of inflation [9]

На рис. 1 совокупное предложение при повышении цен на участке 0–Q1 увеличивается, означая, что имеется возможность производственному сектору страны предложить и поставить на рынок определенный объем товаров (услуг). В дальнейшем при достижении объемов предложения точки A (Q1, P1) увеличения совокупного предложения не происходит, так как вся ресурсная база использована и взять новые ресурсы пока не представляется возможным.

В реальности «данный факт означает:

- безработица в государстве понизилась до своего естественного уровня, т. е. осталась только фрикционная безработица;
- имеющееся производственное оборудование промышленного сектора функционирует на полную мощность в три смены;
- осуществляется разработка доступных месторождений ресурсов и других полезных ископаемых и пр.» [7].

Отсюда следует, что при дальнейшем повышении цен увеличиваться будет только производство номинального валового продукта (совокупная рыночная стоимость произведенных за год в отдельной стране определенного объема конечных товаров и услуг), а реальный валовой продукт, отражающий физический объем произведенных в стране конечных товаров (услуг), больше увеличиваться не будет. Исходя из этого, на рис. 1, в точке А, кривая совокупного предложения изменяет свою направленность – начинает подниматься вертикально, следуя за ростом цен [8]. В связи с данным фактом порождается инфляция спроса.

Как представлено на рис. 2, пока совокупное предложение находилось в границах рынка страны со спросом, соответствующим AD1, обеспечение рыночного равновесия спроса предложению осуществлялось за счет рыночных механизмов и достигалось предоставлением товаров (услуг) при уровне цен P0.

Далее совокупный спрос повысился, и его кривая переместилась в положение AD2, на рынке появился дефицит товаров (услуг), и их реализация стала осуществляться по более высоким ценам (P2). При повышении цены фирмы начинают наращивать свое предложение. Когда предложение достигнет значения Q1, дальнейшее повышение предложения будет невозможно: все имеющиеся ресурсы страны задействованы. В данной ситуации предложения баланс рынка не сможет осуществиться – кривая спроса AD2 находится выше точки А (Q1, P1). В этом случае дефицит товаров (услуг) порождает повышение цен до значения P2, где рынок достигнет своего равновесия. Но, как это видно из рис. 2, увеличение цены с P1 до P2 не сопровождается увеличением реального объема валового внутреннего продукта (ВВП) страны, что и означает смену реального роста совокупного предложения на его инфляционное повышение. Графическая модель, отражающая структуру совокупного предложения, представлена на рис. 3.



Рис. 3 – Структура совокупного предложения
 Fig. 3 – Structure of the aggregate supply

Совокупное предложение характеризует совокупное производство товаров (услуг), которое все фирмы страны могут и желают произвести, предполагая дальнейшую реализацию произведенного [8]. Поэтому совокупное предложение зависит от решений, принимаемых фирмами по использованию всех имеющихся ресурсов для производства и реализации товаров (услуг) домохозяйствам, государству, другим фирмам, на экспорт. Кроме этого, в структуру совокупного предложения входит и импорт, так как он также реализуется на рынке страны и оказывает существенное влияние на ценообразование и конкурентоспособность фирм-производителей [7].

Основная часть

Совокупное предложение, а точнее, совокупный выпуск, по мнению авторов, можно описать производственной функцией, представляющей показатели объема продукции (услуг), которая может быть выпущена при наличии и доступности для производителей экономической ресурсной базы и существующих технологий:

$$TP = Af(L, K, T), \quad (1)$$

где TP – совокупный объем выпуска продукции (услуг);

L – показатель, отражающий использование трудовых ресурсов в производственном процессе;

K – объем физического капитала, используемого в производстве;

T – технологии, используемые в производстве;

A – коэффициент, учитывающий уровень развития технологической базы государства, технологические знания, технологический прогресс, являющийся базой для повышения производительности используемых ресурсов.

Таким образом, получили трехфакторную производственную функцию, показывающую зависимость совокупного выпуска (совокупного спроса) от основных факторов производства K , L и T :

$$Y = f(K, L, T). \quad (2)$$

На практике наиболее часто употребляется производственная функция Кобба – Дугласа, где объем выпускаемой предприятием продукции V представлен функцией

$$V = P \cdot Q^a, \quad (3)$$

где P – это стоимость произведенной продукции на единичный объем применяемых ресурсов;

Q – единичный объем произведенной продукции;

a – показатель степени функции a , ($0 \leq a \leq 1$), который представляет эластичность выпуска продукции.

Из данной функции можно определить и прибыль предприятий, то есть точку A на графиках 1 и 2, следующим образом: функция общих издержек имеет вид

$$TC = PQ + TFC, \quad (4)$$

где P – стоимость издержек на единичный объем продукции;

TFC – постоянные издержки.

Отсюда выражение для прибыли предприятий:

$$PR = TR - TC. \quad (5)$$

Производственная функция имеет следующие свойства:

– «совокупное предложение (выпуск продукции) равно нулю, в случае когда хотя бы один из производственных факторов не применяется:

$$Y = f(K, L, 0) = 0; Y = f(K, 0, T) = 0; Y = f(0, L, T) = 0,$$

следовательно, график производственной функции начинается в начале координат и имеет возрастающий характер» [2] (рис. 4).

На графике (рис. 4), кроме производственной функции и издержек, приведена еще и прибыль, показывающая реальный рост ВВП;

– «совокупное предложение (выпуск продукции) увеличивается в случае увеличения какого-либо фактора производства (его обоснованном использовании), отсюда производственная функция имеет положительный наклон:

$$FK'(K, L, T) = MPK > 0; FL'(K, L, T) = MPL > 0; FT'(K, L, T) = MPT > 0,$$

где $MP(K, L, T)$ – это предельный продукт (предельная производительность) капитала (marginal product of capital), который показывает прирост совокупного спроса (совокупного выпуска продукции) при увеличении запасов определенного единичного ресурса при неизменных запасах других используемых ресурсов» [3];

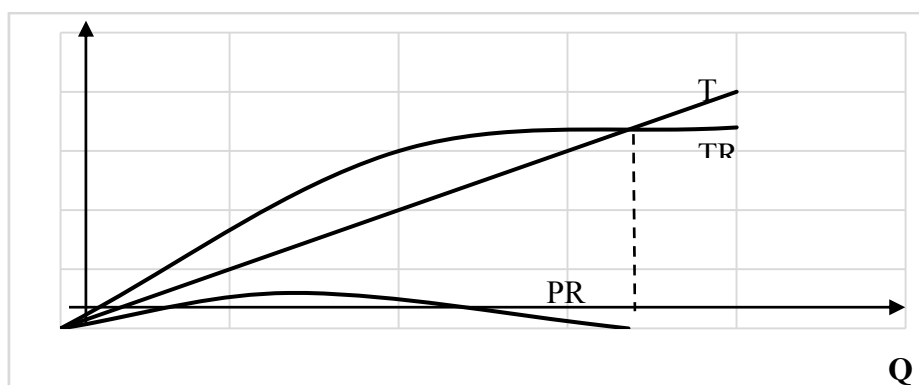


Рис. 4 – График производственной функции, прибыли и издержек

Fig. 4 – Graph of production function, profit and costs

– «увеличение объемов применения одного фактора производства при прежних объемах других факторов к снижению отдачи от него, снижению его предельной производительности:

$$F''_{KK}(K, L, T) = \Delta MPK < 0; F''_{LL}(K, L, T) = \Delta MPL < 0; F''_{TT}(K, L, T) = \Delta MPT < 0.$$

Здесь применяется закон убывающей предельной производительности производственных факторов, следовательно, кривая производственной функции принимает выпуклый вид» [4]. Например, при росте фактора капитала в условиях неизменяющегося использования факторов труда и уровня технологий предельный продукт на каждую дополнительно расходуемую единицу капитала снижается (от MPK_1 до MPK_2 , MPK_3 и так далее);

– «при повышении объемов применения одного из производственных факторов отдача от применения других факторов увеличивается – растет его предельная производительность:

$$F''_{KL}(L, K, T) > 0; F''_{LT}(L, K, T) > 0; F''_{TK}(L, K, T) > 0; F''_{LK}(L, K) > 0.$$

Эти выражения говорят о том, что предельные продукты $MP(K, L, T)$ увеличиваются с соответствующим ростом факторов труда L , капитала K и уровня технологий T . В случае если запас капитала в национальной экономике увеличивается от K_1 до K_2 , график производственной функции для труда и технологий сдвигается вверх, т. е. каждая единица затрат труда и использования становится более производительной, а совокупное предложение увеличивается от Y_1 до Y_2 » [5] (рис. 5).

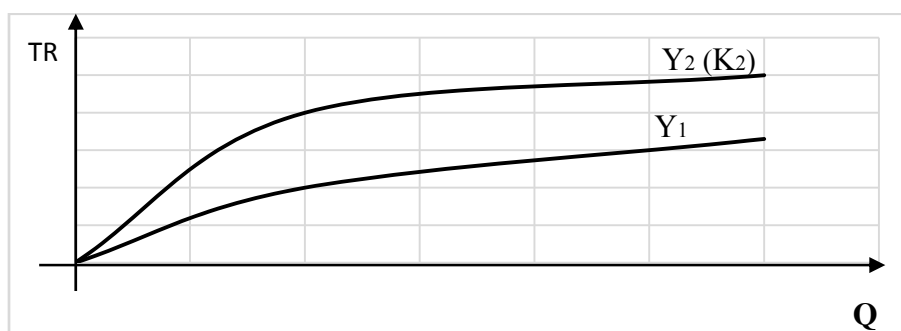


Рис. 5 – Кривые производственных функций при разных значениях капитала K

Fig. 5 – Curves of production functions for different values of capital K

Далее следует отметить, что основным фактором на современном этапе развития экономики являются инновационные технологии, в существенной мере влияющие на производство, на совокупный выпуск и, следовательно, на совокупное предложение. Применение инновационных технологий делает более результативными два других производственных фактора – труд и капитал, увеличивая как предельный фактор труда MPL , так и предельный фактор капитала MPK [6].

Графическое изображение уравнения совокупной производственной функции с более совершенными технологиями отображается ее сдвигом вверх, так же как и в случае с увеличением капитала.

Всеми перечисленными выше свойствами обладает производственная функция Кобба – Дугласа, которая наиболее часто используется в макроэкономической теории для определения величины совокупного выпуска и которая имеет вид [7]:

$$Y = AK\alpha L\beta T\mu, \quad (6)$$

где α – параметр ($\alpha > 0$), представляющий долю дохода капитала в ВВП;

β – параметр ($\beta > 0$), показывающий долю дохода труда в ВВП;

μ – параметр ($\mu > 0$), показывающий долю дохода технологий в ВВП.

A – технологии производства в данной стране.

Особенностью производственной функции совокупного спроса являются стабильные доли доходов производственных факторов производства в ВВП независимо от объемов факторов труда, капитала и технологий в экономике государства.

Производственная функция совокупного спроса Кобба – Дугласа обладает «свойствами:

- имеет возрастающий эффект отдачи от масштаба, когда $(\alpha + \beta + \mu) > 0$. Этот факт говорит о том, что при повышении объемов производственных факторов в одинаковое число раз объем совокупного предложения повышается в большее число раз;

- имеет убывающий эффект отдачи от масштаба, когда $(\alpha + \beta + \mu) < 0$, означающий, что при повышении объемов факторов производства в одинаковое число раз объем совокупного предложения повышается в меньшее число раз;

- имеет постоянный эффект отдачи от масштаба, когда $(\alpha + \beta + \mu) = 0$, означающий, что при повышении объемов факторов производства в одинаковое число раз (например, в n раз) объем совокупно повышается в это же количество раз» [8]:

$$Af(zK, zL, zT,) = zAf(K, L, T) = zY. \quad (7)$$

В макроэкономике применяется производственная функция совокупного спроса, которая имеет постоянный эффект отдачи от масштаба. При этом функция Кобба – Дугласа записывается в виде

$$Y = AK\alpha(L1-\beta)(T1-\mu), \quad (8)$$

где α – параметр, который показывает долю дохода от капитала в ВВП;

$(1 - \beta)$ – параметр, показывающий долю дохода труда в ВВП;

$(1 - \mu)$ – параметр, показывающий долю дохода от технологий в ВВП.

Свойство постоянной отдачи от масштаба подтверждается, например, статистическими данными по США, где доля дохода капитала (α) приблизительно равна 0,3, а доля дохода труда $(1 - \alpha)$ равна 0,7 независимо от количества используемых в экономике капитала и труда [9].

Для апробации использования в моделировании совокупного спроса с помощью производственной функции рассмотрим пример: пусть совокупный спрос представляет двухфакторная функция $Y = A(\sqrt{K}\sqrt{L})$. Пусть $A = 8$ ед., $K = 25$ ед. и $L = 16$ ед.

Тогда совокупный выпуск продукции (совокупное предложение) в этой экономике страны равно 160 единиц:

а) предположим, уровни капитала и технологий неизменны, а объемы труда повышаются с 16 до 25 единиц. Совокупное предложение повышается со 160 до 200 единиц;

б) предположим, что труд и технологии неизменны, а объем капитала повышается с 25 до 36 единиц. Совокупное предложение повышается со 160 до примерно 192 единиц.

в) предположим, что объем капитала и труда не изменяется, а повышается общий уровень технологий в данной стране (A) с 8 до 10 ед., что вызывает рост производительности труда. Поэтому совокупное предложение повышается до 200 единиц.

Отсюда следует, что при росте труда, капитала или уровня технологий растет совокупный выпуск продукции и, следовательно, совокупный спрос.

Выводы

Моделирование совокупного предложения отдельной страны на определенную перспективу может осуществляться на базе применения инструментария производственных функций. В этом случае применение производственных функций основывается на предположении о том, что совокупное производство представлено в виде процесса переработки совокупной ресурсной базы. Производственные функции совокупного предложения используются как специальный инструмент для осуществления ретроспективного анализа и оценки факторов роста экономики как структурного элемента целеопределения в эконометрических моделях. В целом использование производственных функций при моделировании совокупного предложения можно использовать в качестве анализа факторов роста или прогнозирования объемов производимой продукции.

Библиографический список

1. Афанасьев А.А., Пономарева О.С. Производственные функции народного хозяйства России в 1990–2012 гг. // Экономика и математические методы. 2014. Т. 50, № 4. С. 21–33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22812925>.
2. Гафарова Е.А. Моделирование регионального развития на основе производственных функций // Науковедение. 2014. № 3. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20194668>.
3. Гребнев М.И. Построение производственных функций регионов России // ВУЗ. XXI век. 2015. № 2. С. 50–56. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24101053>.
4. Клейнер Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение: моногр. Москва: Финансы и статистика, 1986. 239 с.
5. Петров А.И. Производственная функция экономики региона // Экономический анализ: теория и практика. 2011. Т. 19, № 226. С. 53–60. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvennaya-funktsiya-ekonomiki-regiona>.
6. Уильямсон О.И. Экономические институты капитализма. Фирмы, рынки, отношенческая контрактация. Санкт-Петербург: Лениздат, SEV Press, 1996. 702 с.
7. Фуруботн Э.Г., Рихтер Р. Институты и экономическая теория. Достижения новой институциональной экономической теории. Санкт-Петербург: Изд. дом С.-Пб. гос. ун-та, 2005. 702 с.
8. Экономико-математическое моделирование: учеб. для студентов вузов / под общ. ред. И.Н. Дрогобыцкого. Москва: Изд-во «Экзамен», 2004. 800 с.
9. Arrow K.J., Chenery H.B., Minhas B.S., Solow R.M. Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency // The Review of Economics and Statistics. 1961. Vol. 43, no. 3. P. 225–250. DOI: <https://doi.org/10.2307/1927286>.

References

1. Afanasyev A.A., Ponomareva O.S. The aggregate production function of the Russian economy in 1990–2012. *Economics and Mathematical Methods*, 2014, vol. 50, no. 4, pp. 21–33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22812925>. (In Russ.)

2. Gafarova E.A. Modeling of regional development based on production functions. *Naukovedenie*, 2014, no. 3. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20194668>. (In Russ.)
3. Grebnev M.I. Construction production functions of Russian regions. *VUZ. XXI vek*, 2015, no. 2, pp. 50–56. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24101053>. (In Russ.)
4. Kleiner G.B. Production functions: theory, methods, application: monograph. Moscow: Finansy i statistika, 1986, 239 p. (In Russ.)
5. Petrov A.I. Production function of the economy of the region. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2011, vol. 19, no. 226, pp. 53–60. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvennaya-funktsiya-ekonomiki-regiona>. (In Russ.)
6. Williamson O.E. The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting. Saint Petersburg: Lenizdat, SEV Press, 1996, 702 p. (In Russ.)
7. Furubotn E.G., Richter R. Institutes and economic theory. Achievements of the new institutional economic theory. Saint Petersburg: Izd. dom S.-Pb. gos. un-ta, 2005, 702 p. (In Russ.)
8. Economic and mathematical modeling: textbook for university students. I.N. Drogobyt'sky (ed.). Moscow: Izd-vo «Ekzamen», 2004, 800 p. (In Russ.)
9. Arrow K.J., Chenery H.B., Minhas B.S., Solow R.M. Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency. *The Review of Economics and Statistics*, 1961, vol. 43, no. 3, pp. 225–250. DOI: <https://doi.org/10.2307/1927286>.

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-151-156
УДК 330



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 12.01.2020
после рецензирования / Revised: 03.03.2020
принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

Е.П. Ростова

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: el_rostova@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

Е.С. Черепанова

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Российская Федерация
E-mail: cherepanova_es@rambler.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8822-9680>

Анализ взаимосвязи ВРП и вредных выбросов в регионах ПФО

Аннотация: В статье исследуется вопрос наличия взаимосвязи между объемом валового регионального продукта и вредными выбросами от стационарных источников. Исследования проведены на основе статистических данных регионов ПФО за 2004–2017 гг., представленных в официальной статистике Росстата. Определены регионы, являющиеся лидерами по показателям валового регионального продукта и объему вредных выбросов. Рассчитан коэффициент корреляции между исследованными показателями за анализируемый период. Выявлено неравномерное распределение валового регионального продукта и объемов вредных выбросов от стационарных источников: присутствуют регионы с высоким валовым региональным продуктом и низким объемом выбросов, а также регионы с обратной ситуацией. Для регионов ПФО, имеющих взаимосвязь между валовым региональным продуктом и объемом вредных выбросов, построена функциональная зависимость в виде степенной функции. В число таких регионов вошли Республика Татарстан, Пермский край, Оренбургская, Самарская и Саратовская области. Следует отметить, что только Республика Татарстан из них имеет положительный коэффициент корреляции больше 0,7. Характеристики точности полученных функциональных зависимостей говорят о возможности их применения для прогнозирования и использования в дальнейших исследованиях.

Ключевые слова: экологический ущерб, вредные выбросы, корреляционный анализ, ВРП, математическое моделирование, ПФО, региональная экономика, геоинформатика.

Цитирование. Ростова Е.П., Черепанова Е.С. Анализ взаимосвязи ВРП и вредных выбросов в регионах ПФО // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 151–156. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-151-156>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

E.P. Rostova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: el_rostova@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6432-6590>

E.S. Cherepanova

Perm State University, Perm, Russian Federation
E-mail: cherepanova_es@rambler.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8822-9680>

Analysis of the relationship between GRP and harmful emissions in the Volga Region Federal District

Abstract: The article examines the relationship between the volume of gross regional product and harmful emissions from stationary sources. The research was conducted on the basis of statistical data of the regions of the Volga Region Federal District for 2004–2017, presented in the official statistics of Rosstat. The regions that are leaders in terms of gross regional product and harmful emissions are identified. The correlation coefficient between the studied indicators for the analyzed period is calculated. An uneven distribution of the gross regional product and the volume of harmful emissions from stationary sources was revealed: there are regions with high gross regional product and low emissions, as well as regions with the opposite situation. For the regions of the Volga Region Federal District that have a relationship between the gross regional product and the volume of

harmful emissions, a functional dependence is constructed in the form of a power function. These regions include the Republic of Tatarstan, Perm Krai, Orenburg Region, Samara Region, and Saratov Region. It should be noted that only the Republic of Tatarstan has a positive correlation coefficient greater than 0.7. The accuracy characteristics of the obtained functional dependencies indicate that they can be used for forecasting and further research.

Key words: environmental damage, harmful emissions, correlation analysis, GRP, mathematical modeling, Volga Region Federal District, regional economy, geoinformatics.

Citation. Rostova E.P., Cherepanova E.S. Analysis of the relationship between GRP and harmful emissions in the Volga Region Federal District. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 151–156. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-151-156>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Елена Павловна Ростова – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры математических методов в экономике, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Екатерина Сергеевна Черепанова – кандидат географических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

© Elena P. Rostova – Candidate of Economic Sciences, associate professor, associate professor of the Department of Mathematical Methods in Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© Ekaterina S. Cherepanova – Candidate of Sc. Geography, associate professor, Department of Cartography and Geoinformatics, Perm State University, 15, Bukireva Street, Perm, 614990, Russian Federation.

Введение

В настоящее время человечество все больше зависит от промышленных объектов, заводов, фабрик, энергетических установок, обрабатывающих и добывающих агрегатов и т. п.: за период 2014–2018 гг. доля промышленного производства в объеме ВВП РФ составляет более 48 % [1]. Возрастающие объемы выработки промышленных предприятий оказывают негативное влияние на окружающую среду: объем выброшенных в атмосферу парниковых газов с 2005 по 2018 г. только по сектору промышленных процессов, по данным Росстата, увеличился более чем на 12 %. При этом объем затрат на охрану окружающей среды в РФ по отношению к ВВП составляет около 1 % и постоянно сокращается: с 1,3 % от ВВП в 2003 году до 0,7 % от ВВП в 2018 году [1].

Вопросы влияния промышленности на окружающую среду исследованы такими авторами, как О.В. Бразговка [2; 3], Е.Н. Бельская [3–5], И.В. Косякова [6; 7], Б.Н. Порфирьев [8; 9], М.М. Редина [10], Е.В. Сугак [2–5], А.П. Хаустов [10], J. Samadi [11], M. Youssef [12], R. Kaplan [13]. В работах данных авторов исследуется вред, нанесенный экологии промышленностью, рассмотрены различные секторы экономики в странах мира и выявлены негативные факторы влияния промышленности на окружающую среду.

Формулировка проблемы

Территория Приволжского федерального округа – 1 036 975 кв. км и включает 14 субъектов РФ. ПФО занимает 2-е место по ВРП (после ЦФО), доля промышленного производства ПФО в экономике России составляет 23,9 % (наивысший показатель, на втором месте стоит ЦФО), доля региона в общем объеме производства продукции сельского хозяйства всех сельхозпроизводителей России составила 24,7 %, объем инвестиций округа – 15,3 % всех инвестиций РФ. Наиболее крупные города, имеющие более 1 млн жителей: Нижний Новгород, Казань, Самара, Уфа, Пермь, – являются центрами промышленного производства различных отраслей. На рис. 1 представлена динамика ВРП регионов ПФО за 2015–2017 гг.

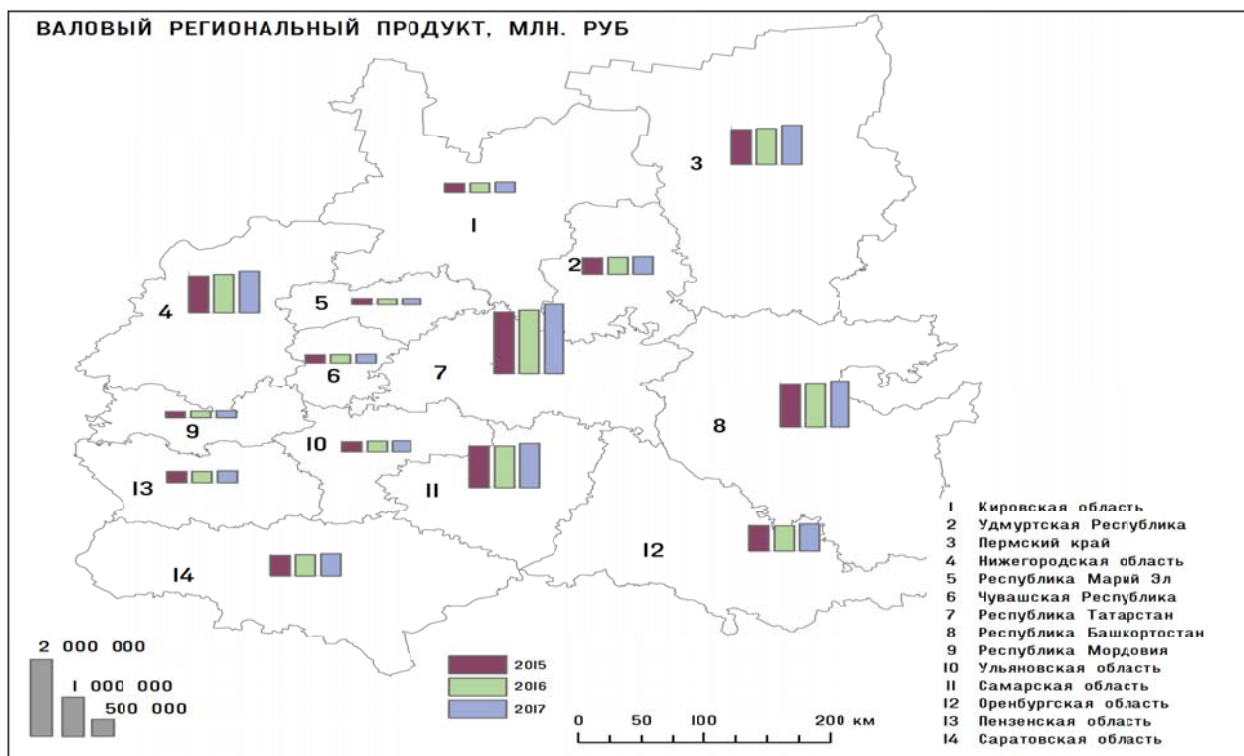


Рис. 1 – ВРП регионов ПФО за 2015–2017 гг. [1]

Fig. 1 – GRP of the regions of the Volga Federal District for 2015–2017 [1]

Структура ВРП округа стабильна: лидерами являются республики Татарстан и Башкортостан, Самарская и Нижегородская области, а также Пермский край. В данных регионах доминирует промышленное производство, представленное в основном машиностроением, химической промышленностью и добывающими предприятиями. Структура ВРП позволяет предположить наличие негативного влияния на окружающую среду со стороны крупных предприятий промышленности. Рассмотрим объемы вредных выбросов в регионах ПФО (рис. 2).

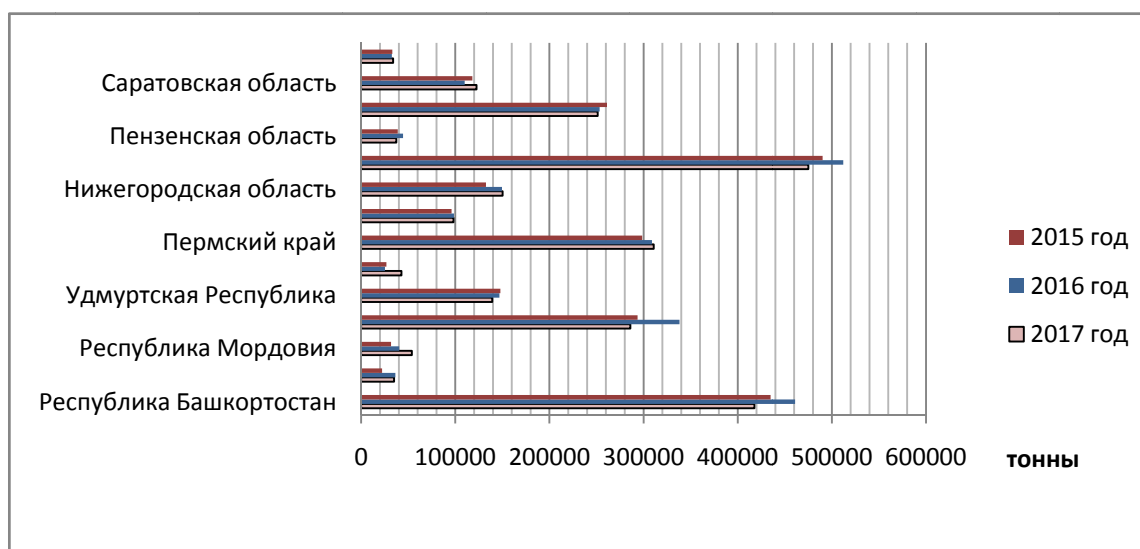


Рис. 2 – Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников (с учетом индивидуальных предпринимателей) в регионах ПФО за 2015–2017 гг. [1]

Fig. 2 – Emissions of air polluting substances from stationary sources (including individual entrepreneurs) in the regions of the Volga Federal District for 2015–2017 [1]

Наибольший объем вредных выбросов наблюдается в Республике Башкортостан и Оренбургской области, а также в Республике Татарстан, Пермском крае и Самарской области. Динамика объемов вредных выбросов различна – в некоторых регионах заметна убывающая тенденция (Удмуртская Республика, Самарская область), в некоторых – обратная ситуация (Ульяновская, Нижегородская, Кировская области, Пермский край, Республика Мордовия). Лидирующие позиции по объему вредных выбросов у регионов с наибольшим ВРП объясняются значительным объемом производства, однако Оренбургская область отличается значительным объемом выбросов (19 % по регионам ПФО) при ВРП, составляющем 7 % от ВРП всех регионов ПФО. Исследуем далее характер закономерности между ВРП и объемами вредных выбросов в регионах ПФО.

Результаты

Рассчитаем коэффициенты корреляции для регионов ПФО на основе данных за исследуемый период и определим наличие взаимосвязи между ВРП и объемом вредных выбросов от стационарных источников (табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициент корреляции между ВРП и объемами выбросов загрязняющих атмосферу веществ в регионах ПФО за 2004–2017 гг.

Table 1 – Correlation coefficient between GRP and emissions of air polluting substances in the regions of the Volga Federal District for 2004–2017

| Регион ПФО | Коэффициент корреляции |
|-------------------------|------------------------|
| Республика Башкортостан | 0,65 |
| Республика Марий Эл | –0,11 |
| Республика Мордовия | 0,22 |
| Республика Татарстан | 0,79 |
| Удмуртская Республика | 0,47 |
| Чувашская Республика | –0,23 |
| Пермский край | –0,79 |
| Кировская область | 0,32 |
| Нижегородская область | –0,65 |
| Оренбургская область | –0,92 |
| Пензенская область | 0,64 |
| Самарская область | –0,94 |
| Саратовская область | –0,71 |
| Ульяновская область | –0,53 |

Результаты расчетов выявили значительные различия в коэффициенте корреляции исследуемых регионов. Положительный коэффициент, значение которого превышает 0,7, присутствует только у Республики Татарстан, что свидетельствует о наличии прямо пропорциональной зависимости между ВРП и объемом вредных выбросов в данном регионе: увеличение ВРП влечет возрастающие вредные выбросы в атмосферу. Отрицательные коэффициенты меньше –0,7 в Пермском крае, Оренбургской, Самарской и Саратовской областях говорят об обратной зависимости между ВРП и объемами вредных выбросов: в данных регионах с 2004 года наблюдается стабильный рост ВРП и спад объемов вредных выбросов в атмосферу. Рассмотрим более подробно регионы с выявленной взаимосвязью между ВРП и объемами вредных выбросов и составим модели, описывающие данные закономерности.

На основе статистических данных за период 2004–2017 гг. для Республики Татарстан, Пермского края, Оренбургской, Самарской и Саратовской областей были разработаны следующие функциональные зависимости (табл. 2).

Таблица 2 – Функции зависимости объемов вредных выбросов от ВРП
Table 2 – Functions of the dependence of harmful emissions from GRP

| Регион | Модель | Характеристики точности модели |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Республика Татарстан | $y = 45317x^{0,129}$ | $R^2 = 0,89, F = 98,26$ |
| Пермский край | $y = 15420000x^{-0,28}$ | $R^2 = 0,71, F = 27,39$ |
| Оренбургская область | $y = 205 \cdot 10^6 x^{-0,44}$ | $R^2 = 0,78, F = 43,16$ |
| Самарская область | $y = 67 \cdot 10^5 x^{-0,23}$ | $R^2 = 0,86, F = 78,71$ |
| Саратовская область | $y = 68 \cdot 10^6 x^{-0,48}$ | $R^2 = 0,71, F = 27,15$ |

Примечание. Здесь y – объем выбросов загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников (с учетом индивидуальных предпринимателей) (тонны), x – ВРП (млн руб.).

Разработанные модели имеют высокий коэффициент детерминации ($> 0,7$), что свидетельствует о высокой точности данных функциональных зависимостей. Коэффициент Фишера, превышающий табличное значение для каждой из них при доверительной вероятности 0,05, также подтверждает качество полученных моделей.

Заключение

Исследованные статистические данные регионов ПФО за 2004–2017 гг. выявили различные степени зависимости ВРП и вредных выбросов в атмосферу. Для регионов, имеющих высокий коэффициент корреляции по абсолютной величине между исследуемыми показателями, были разработаны модели, описывающие выявленную зависимость. Полученные функции имеют высокую степень точности и могут быть использованы для определения объемов вредных выбросов в зависимости от значения ВРП.

Библиографический список

1. Федеральная служба государственной статистики. URL: www.gks.ru.
2. Бразговка О.В., Сугак Е.В. Инвестиционная привлекательность и социально-экологические риски промышленных регионов Сибири // Решетневские чтения. 2018. Т. 2. С. 66–68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36741614>.
3. Бразговка О.В., Сугак Е.В., Бельская Е.Н. Экологические риски населения промышленного региона // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 10–2. С. 225–227.
4. Бельская Е.Н., Сугак Е.В. Расчет индивидуальных рисков населения промышленного региона // Решетневские чтения. 2016. Т. 2. С. 288–289. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28880260>.
5. Бельская Е.Н., Сугак Е.В. Оценка экологических рисков // Решетневские чтения. 2014. Т. 2. С. 345–346.
6. Косякова И.В., Свириденко Д.А. Основные проблемы внедрения системы экологического менеджмента на российских предприятиях // Актуальные проблемы и тенденции современной экономики: материалы междунар. научно-практич. конф. 2017. С. 621–624.
7. Косякова И.В., Асташев Ю.В., Жилунов Н.Ю. Особенности экоуправления на промышленных предприятиях // Инновации в науке: пути развития: материалы междунар. научно-практич. конф. 2019. С. 43–48. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36985011>.
8. Порфирьев Б.Н., Терентьев Н.Е. Развитие «зеленой» экономики как фактор социально и экологически ориентированной трансформации мегаполисов // Научные труды: Институт народно-хозяйственного прогнозирования РАН. 2018. Т. 16. С. 7–31. DOI: https://doi.org/10.29003/m251.sp_ief_ras2018/7-31.
9. Porfiriyev B.N., Tulupov A.S. Environmental HAZARD assessment and forecast of economic damage from industrial accidents // Studies on Russian Economic Development. 2017. Vol. 28. № 6. P. 600–607. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1075700717060107>.

10. Хаустов А.П., Редина М.М., Недоступ П., Силаев А. Проблемы оценок и управления экологическими рисками на предприятиях ТЭК // Энергобезопасность и энергосбережение. 2005. № 6. С. 25–30. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12196231>.
- Samadi J., Garbolino E. A new dynamic risk analysis framework for CO2 Capture, Transport and Storage chain // 11. Chemical Engineering Transactions, AIDIC. 2012. Vol. 26. P. 147–152. URL: https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00660586/file/Samadi_Garbolino2011.pdf.
12. Youssef M., Soliman F. The role of critical information in enterprise knowledge management // Industrial Management & Data Systems. № 103 (7). P. 484–490. DOI: <https://doi.org/10.1108/02635570310489188>.
- Kaplan R., Mikes A. Managing risks: a new framework // Harvard business rev. Boston, 2012. Vol. 90. № 6. P. 48–60.

References

1. Federal State Statistics Service. Available at: www.gks.ru. (In Russ.)
2. Sugak E.V., Brazgovka O.V. Investment attractiveness and socio-environmental risks of industrial regions of Siberia. *Reshetnev readings*, 2018, vol. 2, pp. 66–68. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36741614>. (In Russ.)
3. Sugak E.V., Brazgovka O.V., Belskaya E.N. Environmental risks of the population of the industrial region. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, 2016, no. 10-2, pp. 225–227. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26740204>. (In Russ.)
4. Belskaya E.N., Sugak E.V. Calculating individual risks population of the industrial region. *Reshetnev readings*, 2016, vol. 2, pp. 288–289. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28880260>. (In Russ.)
5. Belskaya E.N., Sugak E.V. Assessment of environmental risks. *Reshetnev readings*, 2014, vol. 2, pp. 345–346. (In Russ.)
6. Kosyakova I.V., Sviridenko D.A. Main problems of implementation of the environmental management system at Russian enterprises. In: *Current problems and trends of modern economy: materials of the international research and practical conference*, 2017, pp. 621–624. (In Russ.)
7. Kosyakova I.V., Astashev Yu.V., Zhilyunov N.Yu. Features of eco-management at industrial enterprises. In: *Innovations in science: ways of development: materials of the X All-Russian research and practical conference*, 2019, pp. 43–48. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36985011>. (In Russ.)
8. Porfiriev B.N., Terentiev N.E. Green Economy Development As Factor of Social and Environmental Transformation of Megacities. *Scientific Articles – Institute of Economic Forecasting Russian Academy of Sciences*, 2018, vol. 16, pp. 7–31. DOI: https://doi.org/10.29003/m251.sp_ief_ras2018/7-31. (In Russ.)
9. Porfiriev B.N., Tulupov A.S. Environmental hazard assessment and forecast of economic damage from industrial accidents. *Studies on Russian Economic Development*, 2017, vol. 28, no. 6, pp. 600–607. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1075700717060107>.
10. Haustov A.P., Redina M.M., Nedostup P., Silaev A. Problems of estimations and management of environmental risks at the thermal power station enterprises. *Energy Safety and Energy Security*, 2005, no. 6, pp. 25–30. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12196231>. (In Russ.)
11. Samadi J., Garbolino E. A new dynamic risk analysis framework for CO2 Capture, Transport and Storage chain. *Chemical Engineering Transactions, AIDIC*, 2012, vol. 26, pp. 147–152. Available at: https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-00660586/file/Samadi_Garbolino2011.pdf.
12. Youssef M.A., Soliman F. The role of critical information in enterprise knowledge management. *Industrial management and information systems*, no. 103 (7), pp. 484–490. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/02635570310489188>.
13. Kaplan R., Mikes A. Managing risks: a new framework. *Harvard Business rev. Boston*, 2012, vol. 90, no. 6, pp. 48–60.

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-157-165

УДК 330.42



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 15.01.2020
после рецензирования / Revised: 09.02.2020
принятия статьи / Accepted: 25.05.2020**А.Л. Сараев**Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: alex.saraev@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9223-6330>**Л.А. Сараев**Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: saraev_leo@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3625-5921>

Многофакторная математическая модель развития производственного предприятия за счет внутренних и внешних инвестиций

Аннотация: В публикуемой статье предложены новые модели динамического развития предприятий, которые восстанавливают свои производства за счет внутренних и внешних инвестиций. Установлены уравнения баланса для таких предприятий, описывающие изменения выпуска продукции и факторов производства. Разработанные экономико-математические модели представлены в виде систем дифференциальных уравнений относительно произвольного числа производственных факторов. В этих моделях рассмотрены пропорциональные, прогрессивные и дигрессивные амортизационные отчисления. Исследовано их взаимодействие с внутренними и внешними инвестициями. Получены уравнения, описывающие равновесные состояния работы предприятий, и вычислены соответствующие предельные значения факторов производства. Построенные в виде систем дифференциальных уравнений экономико-математические модели позволяют описывать различные режимы работы предприятий. К таким режимам относится стабильный выпуск продукции предприятиями, временная приостановка работы предприятия на время его технического переоснащения и временное частичное сворачивание производства. В качестве примера подробно рассмотрена двухфакторная модель предприятия. Установлены закономерности влияния объемов амортизационных отчислений, внутренних и внешних инвестиций на динамику развития предприятия. Получены уравнения равновесного состояния и вычислены предельные объемы производственных факторов предприятия – основного капитала и трудовых ресурсов.

Ключевые слова: предприятие, производство, ресурсы, производственные факторы, инвестиции, амортизация, производственная функция, трудовые ресурсы.

Цитирование. Сараев А.Л., Сараев Л.А. Многофакторная математическая модель развития производственного предприятия за счет внутренних и внешних инвестиций // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 157–165. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-157-165>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

A.L. SaraevSamara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: alex.saraev@gmail.com. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9223-6330>**L.A. Saraev**Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: saraev_leo@mail.ru. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3625-5921>

Multi-factor mathematical model of development of a production enterprise accounted by internal and external investments

Abstract: The published article proposes new models of the dynamic development of enterprises that restore their production through internal and external investments. Equations of balance are established for such enterprises, which describe changes in output and factors of production. The developed economic and mathematical models

are presented in the form of systems of differential equations for an arbitrary number of production factors. In these models, proportional, progressive and digressive depreciation charges are considered. Their interaction with internal and external investments is investigated. Equations are obtained that describe the equilibrium state of enterprises and the corresponding limit values of production factors are calculated. Constructed in the form of systems of differential equations, economic and mathematical models allow you to describe the various modes of operation of enterprises. Such regimes include stable production output by enterprises, temporary suspension of enterprises for the period of its technical re-equipment, and temporary partial winding up of production. As an example, a two-factor enterprise model is considered in detail. The regularities of the influence of depreciation, internal and external investments on the dynamics of the enterprise are established. Equilibrium equations are obtained and the marginal volumes of production factors of the enterprise – fixed capital and labor – are calculated.

Key words: enterprise, production, resources, production factors, investments, depreciation, production function, labor.

Citation. Saraev A.L., Saraev L.A. Multi-factor mathematical model of development of a production enterprise accounted by internal and external investments. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 157–165. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-157-165>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© Александр Леонидович Сараев – кандидат экономических наук, доцент кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Леонид Александрович Сараев – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Alexander L. Saraev – Candidate of Economical Sciences, associate professor of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© Leonid A. Saraev – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, head of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Разработка экономико-математических моделей динамического развития производственных предприятий является весьма актуальной проблемой современной экономической теории. Применение таких моделей на практике позволяет эффективно и адекватно проводить анализ деятельности предприятий, вычислять предельные значения показателей для производственных факторов, прогнозировать динамику выпуска продукции, прибыли и затрат и т. д. [1–10].

Целью публикуемой работы является создание новой многофакторной математической модели предприятия, на котором происходит техническое переоснащение производства. Модель представлена в виде системы связанных нелинейных дифференциальных уравнений.

Ее научная новизна состоит в том, что она описывает нелинейный характер амортизации производственных факторов и дает возможность исследовать различные варианты переоснащения собственных производств.

Рассмотрены случаи стабильной динамики выпуска продукции предприятием, временной приостановки его работы на время его технического переоснащения и временного частичного сворачивания производства.

Ход исследования

Объемы производственных ресурсов любого предприятия образуют n -мерный вектор пространства R^n [11]:

$$\mathbf{Q} = (Q_1, Q_2, \dots, Q_n).$$

В качестве компонентов вектора \mathbf{Q} , как правило, используются основной, оборотный, финансовый капиталы, трудовые ресурсы, материалы, технологии, инновации и т. д.

Производственные факторы $Q_s = Q_s(t)$ являются функциями времени. Они предполагаются непрерывными и непрерывно дифференцируемыми на временном интервале $(0 \leq t < \infty)$.

Начальное значение фактора производства $Q_s^0 = Q_s(0)$ считается известным, его предельное значение $Q_s^\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} Q_s(t)$ подлежит вычислению. Все компоненты Q_s вектора \mathbf{Q} удовлетворяют неравенствам

$$Q_s^0 \leq Q_s \leq Q_s^\infty.$$

В качестве производственной функции предприятия, обеспечивающей выпуск продукции, выберем мультипликативную функцию Кобба – Дугласа

$$V = P \cdot \prod_{k=1}^n Q_k^{a_k}. \quad (1)$$

Здесь a_k – эластичность выпуска по соответствующему ресурсу Q_k ; P – выпуск продукции, приходящийся на единичные объемы производственных факторов.

Для составления уравнений баланса динамики развития рассматриваемого предприятия представим приращения объемов ресурсов на некотором малом промежутке времени Δt

$$\Delta Q_s = Q_s(t + \Delta t) - Q_s(t)$$

в виде суммы трех компонентов

$$\Delta Q_s(t) = \Delta Q_s^A(t) + \Delta Q_s^I(t) + \Delta Q_s^G(t). \quad (2)$$

Здесь $\Delta Q_s^A(t)$ – частичная амортизационная утрата ресурса Q_s , $\Delta Q_s^I(t)$ – частичное восполнение ресурса Q_s за счет внутренних инвестиций, $\Delta Q_s^G(t)$ – частичное восполнение ресурса Q_s за счет внешних инвестиций.

Частичную утрату $\Delta Q_s^A(t)$ за время Δt можно представить в виде

$$\Delta Q_s^A(t) = -A_s \cdot \theta(t) \cdot Q_s^{u_s}(t) \cdot \Delta t. \quad (3)$$

Здесь A_s – коэффициенты амортизации, которые выражают доли утраченных объемов ресурсов Q_s в единицу времени; u_s – показатели интенсивности процесса амортизации.

Если $u_s = 1$, то имеет место пропорциональная амортизация, если $u_s > 1$ – прогрессивная амортизация, если же $u_s < 1$ – регрессивная амортизация.

Частичное восстановление ресурсов за счет внутренних инвестиций $\Delta Q_s^I(t)$ за время Δt записывается в виде

$$\Delta Q_s^I(t) = \theta(t) \cdot I_s(t) \cdot \Delta t = \theta(t) \cdot B_s \cdot V(t) \cdot \Delta t. \quad (4)$$

Здесь $I_s(t) = B_s \cdot V(t)$ – инвестиции, соответствующие фактору производства Q_s в момент времени t ; B_s – нормы накопления внутренних инвестиций.

Частичное восстановление ресурсов за счет внешних инвестиций $\Delta Q_s^G(t)$ за время Δt выражается формулой

$$\Delta Q_s^G = \theta(t) \cdot G(t) \cdot \Delta t. \quad (5)$$

Здесь $G(t)$ – объем внешних инвестиций, приходящихся на все объемы ресурсов Q_s ; η_s – коэффициенты распределения объема $G(t)$ между объемами ресурсов, которые удовлетворяют очевидному соотношению

$$\sum_{k=1}^n \eta_k = 1.$$

Подстановка формул (3)–(5) в уравнения баланса (2) дает

$$\Delta Q_s = \theta \cdot (-A_s \cdot Q_s^{u_s} + B_s \cdot V + \eta_s \cdot G) \cdot \Delta t,$$

а предельный переход при $\Delta t \rightarrow 0$ приводит к системе нелинейных дифференциальных уравнений

$$\frac{dQ_s}{dt} = \theta \cdot (-A_s \cdot Q_s^{u_s} + B_s \cdot V + \eta_s \cdot G), (s = 1, 2, \dots, n). \quad (6)$$

Исключая из соотношений (1) и (6) величину V , находим

$$\frac{dQ_s}{dt} = \theta \cdot \left(-A_s \cdot Q_s^{u_s} + B_s \cdot P \cdot \prod_{k=1}^n Q_k^{a_k} + \eta_s \cdot G \right). \quad (7)$$

Начальными условиями для системы уравнений (7) являются соотношения

$$Q_s \Big|_{t=0} = Q_s(0) = Q_s^0. \quad (8)$$

Применим построенную модель (7), (8) для описания поведения предприятия, которое развивается только за счет собственных внутренних инвестиций, а выпуск его готовой продукции обеспечивается только двумя производственными факторами – основным капиталом K и трудовыми ресурсами L . Тогда размерность системы становится $n = 2$, индекс S принимает только два значения $s = (1, 2)$, а функция внешних инвестиций тождественно равна нулю $G(t) \equiv 0$.

Для производственных факторов и остальных параметров удобно ввести следующие обозначения:

$$Q_1(t) = K(t), Q_2(t) = L(t), Q_1^0 = K_0, Q_2^0 = L_0, Q_1^\infty = K_\infty, Q_2^\infty = L_\infty,$$

$$a_1 = a, a_2 = b, u_1 = u, u_2 = v, A_1 = A_K, A_2 = A_L, B_1 = B_K, B_2 = B_L.$$

Производственная функция Кобба – Дугласа (1) принимает вид

$$V = P \cdot K^a \cdot L^b, \quad (9)$$

а задача Коши (7), (8) сводится к системе двух уравнений:

$$\frac{dK}{dt} = \theta \cdot (-A_K \cdot K^u + B_K \cdot P \cdot K^a \cdot L^b), \quad (10)$$

$$\frac{dL}{dt} = \theta \cdot (-A_L \cdot L^v + B_L \cdot P \cdot K^a \cdot L^b),$$

с начальными условиями

$$\begin{aligned} K \Big|_{t=0} &= K(0) = K_0, \\ L \Big|_{t=0} &= L(0) = L_0. \end{aligned} \quad (11)$$

Из уравнений (10) следует, что развитие предприятия выйдет на предельный уровень при условии

$$\frac{dK}{dt} = 0, \frac{dL}{dt} = 0.$$

В этом случае предельные значения K_∞ и L_∞ объемов ресурсов $K = K(t)$ и $L = L(t)$ находятся из системы уравнений [12]

$$\begin{aligned} -A_K \cdot K^u + B_K \cdot P \cdot K^a \cdot L^b &= 0, \\ -A_L \cdot L^v + B_L \cdot P \cdot K^a \cdot L^b &= 0, \end{aligned} \tag{12}$$

и равны

$$\begin{aligned} K_\infty &= \left(P \cdot \left(\frac{B_L}{A_L} \right)^b \cdot \left(\frac{B_K}{A_K} \right)^{v-b} \right)^{\frac{1}{u \cdot v - a \cdot v - b \cdot u}}, \\ L_\infty &= \left(P \cdot \left(\frac{B_L}{A_L} \right)^{u-a} \cdot \left(\frac{B_K}{A_K} \right)^a \right)^{\frac{1}{u \cdot v - a \cdot v - b \cdot u}}. \end{aligned} \tag{13}$$

Если амортизация является пропорциональной $u = 1$, $v = 1$, то формулы (13) принимают вид

$$\begin{aligned} K_\infty &= \left(P \cdot \left(\frac{B_L}{A_L} \right)^b \cdot \left(\frac{B_K}{A_K} \right)^{1-b} \right)^{\frac{1}{1-a-b}}, \\ L_\infty &= \left(P \cdot \left(\frac{B_L}{A_L} \right)^{1-a} \cdot \left(\frac{B_K}{A_K} \right)^a \right)^{\frac{1}{1-a-b}}. \end{aligned} \tag{14}$$

На рис. 1 показаны графики поверхностей функций:

$$\begin{aligned} Z_K &= I_K - AM_K = -A_K \cdot K^u + B_K \cdot P \cdot K^a \cdot L^b, \\ Z_L &= I_L - AM_L = -A_L \cdot L^v + B_L \cdot P \cdot K^a \cdot L^b. \end{aligned} \tag{15}$$

Пространственная линия пересечения этих поверхностей представляет собой траекторию, вдоль которой осуществляется развитие факторов производства от начала координат до их предельных значений K_∞ и L_∞ .

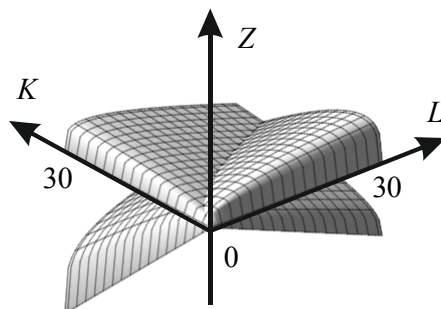


Рис. 1 – Графики поверхностей функций (15)

Fig. 1 – Graphs of functions surfaces (15)

Предельное значение объема выпуска продукции V_∞ находится по формуле (9)

$$V_\infty = P \cdot K_\infty^a \cdot L_\infty^b. \tag{16}$$

На рис. 2 представлены графики функции выпуска продукции $V(t) = P \cdot K^a(t) \cdot L^b(t)$, полученные в результате численного решения задачи Коши (10), (11) для случаев стабильной работы предприятия, временной приостановки работы предприятия и частичного сворачивания работы предприятия.

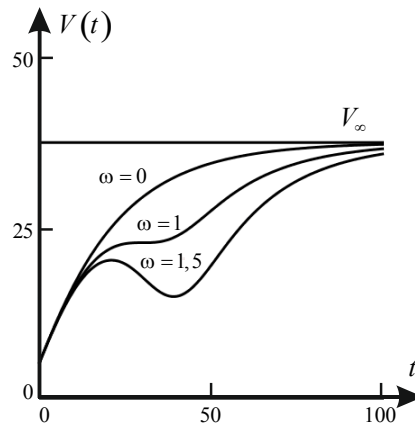


Рис. 2 – Графики функции выпуска продукции рассматриваемым предприятием, для случаев стабильной работы, временной приостановки работы и частичного сворачивания работы.

Соответствующие значения параметра ω отмечены у каждой кривой

Fig. 2 – Graphs of the output function of the enterprise under consideration, for cases of stable operation, temporary suspension of work and partial curtailment of work. Corresponding parameter ω values are marked for each curve

При построении графиков функций на рис. 1 и рис. 2 были использованы следующие расчетные значения: $P=5$; $a=0,35$; $b=0,25$; $u=1$; $v=1$; $A_K=0,2$; $B_K=0,15$; $A_L=0,09$; $B_L=0,07$; $\sigma=10$; $t^*=30$; $K_\infty=27,8579$; $L_\infty=28,8897$; $V_\infty=37,1439$.

Если деятельность рассматриваемого производственного предприятия сопровождается помимо внутренних инвестиций внешними инвестициями, то в этом случае система нелинейных дифференциальных уравнений (6) сводится к системе двух уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dK}{dt} &= \theta \cdot (-A_K \cdot K^u + B_K \cdot P \cdot K^a \cdot L^b + \eta_K \cdot G), \\ \frac{dL}{dt} &= \theta \cdot (-A_L \cdot L^v + B_L \cdot P \cdot K^a \cdot L^b + \eta_L \cdot G), \end{aligned} \tag{17}$$

с начальными условиями (11).

Выбор вида функции объема внешних инвестиций $G(t)$ объясняется условиями инвестирования. Если уровень объема внешних инвестиций определяется уровнями объемов производственных факторов, то функция $G(t)$ и функции факторов производства $K(t), L(t)$ будут связаны между собой. Ограничимся здесь степенной зависимостью

$$G(t) = \Omega \cdot K^\alpha(t) \cdot L^\beta(t). \tag{18}$$

Здесь Ω – объем привлеченных внешних инвестиций на единичные объемы ресурсов $K(t), L(t)$, показатели степени α, β описывают интенсивности внедрения внешних инвестиций в предприятие ($0 < \alpha < 1, 0 < \beta < 1$). Таким образом, система уравнений (17) записывается в виде

$$\begin{aligned} \frac{dK}{dt} &= \theta \cdot (-A_K \cdot K^u + B_K \cdot P \cdot K^a \cdot L^b + \eta_K \cdot \Omega \cdot K^\alpha(t) \cdot L^\beta(t)), \\ \frac{dL}{dt} &= \theta \cdot (-A_L \cdot L^v + B_L \cdot P \cdot K^a \cdot L^b + \eta_L \cdot \Omega \cdot K^\alpha(t) \cdot L^\beta(t)). \end{aligned} \tag{19}$$

Из уравнений (19) следует, что развитие предприятия выйдет на предельный уровень при условии

$$\frac{dK}{dt} = 0, \frac{dL}{dt} = 0.$$

В этом случае предельные значения K_∞ и L_∞ объемов ресурсов $K = K(t)$ и $L = L(t)$ находятся из системы уравнений [12]

$$\begin{aligned} -A_K \cdot K^u + B_K \cdot P \cdot K^a \cdot L^b + \eta_K \cdot \Omega \cdot K^\alpha \cdot L^\beta &= 0, \\ -A_L \cdot L^v + B_L \cdot P \cdot K^a \cdot L^b + \eta_L \cdot \Omega \cdot K^\alpha \cdot L^\beta &= 0, \end{aligned} \quad (20)$$

которая в отличие от системы уравнений (10) имеет только численное решение.

На рис. 3 представлены графики функции выпуска продукции $V(t) = P \cdot K^a(t) \cdot L^b(t)$, полученные в результате численного решения задачи Коши (19), (11) для случаев стабильной работы предприятия, временной приостановки работы предприятия и частичного сворачивания работы предприятия.

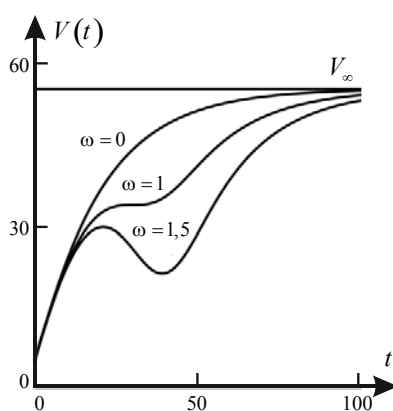


Рис. 3 – Графики функции выпуска продукции рассматриваемым предприятием для случаев стабильной работы, временной приостановки работы и частичного сворачивания работы.

Соответствующие значения параметра ω отмечены у каждой кривой

Fig. 3 – Graphs of the output function of the enterprise under consideration for cases of stable operation, temporary suspension of work and partial curtailment of work.

Corresponding parameter ω values are marked for each curve

При построении графиков функций на рис. 3 были использованы следующие расчетные значения: $P=5$; $a=0,35$; $b=0,25$; $\Omega=0,50$; $\alpha=0,30$; $\beta=0,20$; $\eta_K=0,75$; $\eta_L=0,25$; $u=1$; $v=1$; $A_K=0,2$; $B_K=0,15$; $A_L=0,09$; $B_L=0,07$; $\sigma=10$; $t^*=30$; $K_\infty=54,8234$; $L_\infty=52,7717$; $V_\infty=54,7278$.

Заключение

Разработаны новые модели динамического развития производственных предприятий, восполнение производственных мощностей которых происходит посредством внутреннего и внешнего инвестирования.

Полученные математические модели, представляющие собой нормальные системы дифференциальных уравнений относительно произвольного числа производственных факторов, позволяют описывать различные варианты динамики роста выпуска продукции предприятиями.

Рассмотрены случаи стабильного выпуска продукции предприятием, временной приостановки работы предприятия на время его технического переоснащения и временного частичного сворачивания производства.

Для двухфакторной модели предприятия получены условия его предельного состояния, вычислены соответствующие ему предельные объемы ресурсов.

Библиографический список

1. Нижегородцев Р.М. Модели логистической динамики как инструмент экономического анализа и прогнозирования // Моделирование экономической динамики: риск, оптимизация, прогнозирование. Москва, 1997. С. 34–51.
2. Бадаш Х.З. Экономико-математическая модель экономического роста предприятия // Вестник Удмуртского университета. Серия Экономика и право. 2009. № 1. С. 5–9. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11700881>.
3. Королев А.В., Матвеев В.Д. О структуре равновесных нестационарных траекторий в модели эндогенного роста Лукаса // Автоматика и телемеханика. 2006. № 4. С. 106–114. URL: <http://mi.mathnet.ru/at1170>.
4. Кузнецов Ю.А., Мичасова О.В. Сравнительный анализ применения пакетов имитационного моделирования и систем компьютерной математики для анализа моделей теории экономического роста // Экономический анализ: теория и практика. 2007. № 5 (86). С. 23–30. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-primeneniya-paketov-imitatsionnogo-modelirovaniya-i-sistem-kompyuternoy-matematikidly-aanaliza-modeley>.
5. Кузнецов Ю.А. Обобщенная модель экономического роста с учетом накопления человеческого капитала // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2012. № 4. С. 46–57. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18079557>.
6. Прасолов А.В. Математические методы экономической динамики. Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2015. 352 с.
7. Uzawa H. Optimal technical change in an aggregate model of economic growth // International Economic Review. 1965. Vol. 6, № 1. P. 18–31. URL: <http://kisi.deu.edu.tr/yesim.kustepeli/uzawa1965.pdf>.
8. Lucas R.E., Jr. On the Mechanics of Economic Development // Journal of Monetary Economics. 1988. Vol. 22, № 1. P. 3–42. URL: <https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/darcillon-thibault/lucasmechanicseconomicgrowth.pdf>.
9. Barro R., Sala-i-Martin X. Economic Growth. 2nd Edition. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2004. 142 p. URL: <http://piketty.pse.ens.fr/files/BarroSalaIMartin2004Chap1-2.pdf>.
10. Gong G., Greiner A., Semmler W. The Uzawa – Lucas model without scale effects: theory and empirical evidence // Structural change and economic dynamics. 2004. Vol. 15, № 4. P. 401–420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2003.10.002>.
11. Сараев А.Л. Уравнения нелинейной динамики кризисных явлений для многофакторных экономических систем // Вестник Самарского государственного университета. 2015. № 2 (124). С. 262–272. URL: <https://journals.ssau.ru/index.php/eco/article/view/5635>.
12. Сараев А.Л. Показатели нелинейной динамики и предельное состояние производственного предприятия // Экономика и предпринимательство. 2018. № 11. С. 1237–1241. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36512728>.

References

1. Nizhegorodtsev R.M. Models of logistics dynamics as a tool for economic analysis and forecasting. In: Modeling of economic dynamics: risk, optimization, forecasting. Moscow, 1997, pp. 34–51. (In Russ.)
2. Badash Kh.Z. The economic-mathematical model of the economic growth of enterprises. Bulletin of Udmurt University. Series Economics and Law, 2009, no. 1, pp. 5–9. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11700881>. (In Russ.)
3. Korolev A.V., Matveenko V.D. Structure of equilibrium time-varying trajectories in the Lucas endogenous growth model. Automation and Remote Control, 2006, vol. 67, pp. 624–633. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0005117906040102>. (In Russ.)
4. Kuznetsov Yu.A., Michasova O.V. Comparative analysis of the application of simulation packages and computer mathematics systems for the analysis of models of the theory of economic growth. Economic Analysis: Theory and Practice, 2007, no. 5 (86), pp. 23–30. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy->

analiz-primeneniya-paketov-imitatsionnogo-modelirovaniya-i-sistem-kompyuternoy-matematiki-dlya-analiza-modeley. (In Russ.)

5. Kuznetsov Yu.A., Michasova O.V. The generalized model of economic growth with human capital accumulation. Vestnik of Saint Petersburg University. Applied Mathematics. Computer Science. Control processes, 2012, no. 4, pp. 46–57. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18079557>. (In Russ.)
6. Pradolov A.V. Mathematical methods of economic dynamics. Saint Petersburg: Izdatel'stvo «Lan'», 2015, 352 p. (In Russ.)
7. Uzawa H. Optimal technical change in an aggregate model of economic growth. International Economic Review, 1965, vol. 6, no. 1, pp. 18–31. Available at: <http://kisi.deu.edu.tr/yesim.kustepeli/uzawa1965.pdf>.
8. Lucas R.E., Jr. On the Mechanics of Economic Development. Journal of Monetary Economics, 1988, vol. 22, no. 1, pp. 3–42. Available at: <https://www.parisschoolofeconomics.eu/docs/darcillon-thibault/lucasmechanicseconomicgrowth.pdf>.
9. Barro R., Sala i Martin X. Economic Growth. 2nd edition. Cambridge, Massachusetts: MIT Press, 2004, 142 p. Available at: <http://piketty.pse.ens.fr/files/BarroSalaIMartin2004Chap1-2.pdf>.
10. Gong G., Greiner A., Semmler W. The Uzawa-Lucas model without scale effects: theory and empirical evidence. Structural Change and Economic Dynamics, 2004, vol. 15, no. 4, pp. 401–420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2003.10.002>.
11. Saraev A.L. Equations of nonlinear dynamics of crisis phenomena for multifactor economic systems. Vestnik of Samara State University, 2015, no. 2 (124), pp. 262–272. Available at: <https://journals.ssau.ru/index.php/eco/article/view/5635>. (In Russ.)
12. Saraev A.L., Saraev L.A. Indicators of nonlinear dynamics and the limiting condition of a manufacturing enterprise. Journal of Economy and entrepreneurship, 2018, no. 11, pp. 1237–1241. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36512728>. (In Russ.)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-166-178

УДК 519.24



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 12.02.2020

после рецензирования / Revised: 02.04.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

А.Ю. Трусова

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: a_yu_ssu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7679-9902>

Методология многомерной весовой кластеризации

Аннотация: Комбинированный подход при анализе социально-экономической сферы базируется на применении информационно-математических методов. Это позволяет расширить возможности монотетического подхода, например при структурировании объектов исследования или показателей, описывающих изучаемые объекты. В настоящее время такой подход является частью бизнес-аналитики. В статье применен многомерный подход при классификации многомерных данных. Классические методы классификации дополнены введением латентных факторов. Описана процедура классификации на латентных факторах без учета весовых коэффициентов. В дополнение к экспертным методам предложена методика оценки весовых коэффициентов при многомерной кластеризации. С учетом структуры латентных интегральных показателей рассматривается методология формирования весовых коэффициентов. Предлагается структуризация с применением методики неметрического многомерного шкалирования, в том числе с учетом весовых коэффициентов. Учитывая ранговые позиции объектов кластеризации, автор проводит группировку в теоретическом пространстве стимулов. Долевое соотношение показателей как в латентных факторах, так и в теоретическом шкальном пространстве позволяет исключить применение экспертных оценок и их субъективность. В статье также отмечается возможность совмещения и динамического анализа при исследовании многомерных массивов данных. В качестве объекта изучения рассматриваются показатели непродовольственной сферы Приволжского федерального округа.

Ключевые слова: классификации многомерных данных, латентные факторы, формирование весовых коэффициентов, неметрическое многомерное шкалирование, монотетический подход при кластеризации, политетический подход при кластеризации, динамический анализ, показатели социально-экономической сферы.

Цитирование. Трусова А.Ю. Методология многомерной весовой кластеризации // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 166–178. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-166-178>.

Информация о конфликте интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

A.Yu. Trusova

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: a_yu_ssu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7679-9902>

Multi-dimensional weight clustering methodology

Abstract: The combined approach to the analysis of the socio-economic sphere is based on the use of information-mathematical methods. This allows you to expand the possibilities of a monothetic approach, for example, when structuring objects of research or indicators describing the studied objects. This approach is currently part of business intelligence. A multidimensional approach is applied in the classification of multidimensional data. Classical classification methods are complemented by the introduction of latent factors. The classification procedure based on latent factors without weight factors is described. In addition to expert methods, a methodology for estimating weight coefficients in multidimensional clustering is proposed. Given the structure of latent integrated indicators, the methodology of formation of weighting factors is considered. The paper proposes structuring using non-metric multidimensional scaling techniques, including taking into account weighting factors. Given the ranking positions of clustering objects, a grouping is carried out in the theoretical space of stimuli. The share ratio of indicators both in latent factors and in the theoretical scale space allows us to exclude the use of expert estimates and their subjectivity. The paper also notes the possibility of combining and dynamic analysis in the analysis of multidimensional data arrays. As an object of study, indicators of the non-production sphere of the Volga Federal District are considered.

Key words: classification of multidimensional data, latent factors, formation of weighting coefficients, non-metric multidimensional scaling, monothetic approach to clustering, polythetic approach to clustering, dynamic analysis, indicators of the socio-economic sphere.

Citation. Trusova A. Yu. Multi-dimensional weight clustering methodology. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 166–178. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-166-178>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: author declares no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

© Алла Юрьевна Трусова – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© Alla Yu. Trusova – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor, associate professor of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

Современная научная мысль в экономической сфере постоянно требует мониторинга и анализа текущего состояния и развития показателей различных направлений, выявления их особенностей и тенденций [1–3]. Сложность анализа экономических показателей очевидна, так как экономическая сфера связана достаточно тесно с социальной сферой, они не могут быть стационарными априори. В научной литературе анализируются в большинстве случаев отдельные показатели, представляются их точечные и интервальные оценки для объектов различного уровня [4; 5]. Комбинированный подход при анализе социально-экономической сферы базируется на применении информационно-математических методов. Это позволяет расширить возможности монотетического подхода, например, при структурировании объектов исследования или показателей, описывающих изучаемые объекты [6; 7]. Сегодня такой подход является частью бизнес-аналитики. Настоящее исследование представляет собой изучение показателей непродовольственной сферы на примере субъектов Приволжского федерального округа [8; 9]. Основным инструментом анализа является многомерный подход. Методы многомерной статистики позволяют решать многопланово задачи анализа больших объемов данных [10; 11]. Одной из важнейших задач анализа развития субъектов является их структуризация на однородные кластеры. Методы кластерного анализа обширны и хорошо запрограммированы. В работе обращается внимание на возможность сочетания методов кластерного анализа с методами факторного анализа, что может быть выражено в совершенствовании экспертных оценок при расчете весовых коэффициентов.

Основная часть

Актуальность проведенного анализа производства и реализации непродовольственных товаров Приволжского федерального округа состоит в том, что стабильное развитие комплекса производства хозяйственных товаров способствует обеспечению потребностей населения в качественных и недорогих материалах и развитию бизнеса, повышению уровня импортозамещения в стране, что способствует росту национальной экономики России. Из этого следует, что данная тема требует большого внимания, ее актуально всесторонне изучать и исследовать.

Практическая значимость состоит в том, что результаты анализа показателей непродовольственной сферы с применением комбинированного подхода способствуют формированию рекомендательных решений по развитию показателей импортозамещения в Приволжском федеральном округе, а также разработке стратегий развития отдельных субъектов в условиях углубленного бизнес-аналитического подхода, усовершенствованию маркетинговой политики компаний на рынке непродовольственных товаров.

Товары непродовольственного рынка занимают одно из важнейших мест в экономике любой страны, потому что это – все те товары, которые используются каждым человеком в повседневной жизни помимо пищи. Таким образом, изучение показателей непродовольственного рынка Приволжского

федерального округа является важным, так как обрабатывающая промышленность и рынок региона оказывают сильное влияние на показатели Российской Федерации в целом. Изучение данных показателей и их взаимное влияние друг на друга возможны с использованием статистического инструментария.

В статье сфера товаров непродовольственного рынка изучается с использованием статистических показателей данной отрасли в Приволжском федеральном округе и Российской Федерации за 2016, 2017 и 2018 годы [12]. В качестве информационного инструментария используются различные программные среды, одной из таких программ является программа SPSS Statistics (Statistical Package for the Social Sciences). Источником статистических показателей служат официальные издания Федеральной службы государственной статистики (сокращенно – Росстат).

В работе исходные экономические показатели взяты из разделов «Строительство» и «Предприятия и организации», а также из разделов «Инвестиции», «Население», «Доходы и расходы населения» и «Торговля и услуги населению». Необходимые для проведения кластерного и факторного анализа показатели имеют следующие обозначения и единицы измерения: X_1 – Численность населения (тыс. чел.); X_2 – Реальные доходы населения (% к пред. году.); X_3 – Потребительские расходы населения в среднем на душу населения (руб. в мес.); X_4 – Индексы потребительских цен на непродовольственные товары (% к пред. году); X_5 – Индексы цен производителей на строительную продукцию (% к пред. году); X_6 – Число действующих строительных организаций; X_7 – Оборачиваемость розничной торговли по торговым сетям, (%); X_8 – Оборачиваемость оптовой торговли (млн руб.); X_9 – Инвестиции в производство товаров непродовольственного назначения (млн руб.).

Классификация без обучения исходных показателей Приволжского федерального округа методом k -средних проводилась за указанные выше периоды. В качестве базового количества кластеров рассматривались разбиения на два, три и четыре кластера. В таблице 1 представлены субъекты ПФО и их принадлежность к кластерам при кластеризации на два кластера и при кластеризации на три кластера за изучаемый временной период.

Таблица 1 – Результаты кластеризации субъектов ПФО методом k -средних

Table 1 – Results of clustering of constituent entities of the Volga Federal District using the k -means method

| № | Название субъекта ПФО | 2016 | 2017 | 2018 | 2016 | 2017 | 2018 |
|----|-------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Республика Башкортостан | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | Республика Марий Эл | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 3 | Республика Мордовия | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 4 | Республика Татарстан | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 5 | Удмуртская Республика | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 6 | Чувашская Республика | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 7 | Пермский край | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | Кировская область | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 9 | Нижегородская область | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 10 | Оренбургская область | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 11 | Пензенская область | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 12 | Самарская область | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| 13 | Саратовская область | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 14 | Ульяновская область | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 |

Как видно из таблицы 1, при кластеризации на два кластера сохраняется структура кластеров, т. е. субъекты ПФО практически не меняют свои показатели. При кластеризации на три кластера не наблюдается такой устойчивой тенденции сохранения однородной структуры. В работе проведена проверка многомерных гипотез о равенстве векторов средних значений с использованием математиче-

ского инструмента проверки многомерных статистических гипотез. Для каждого временного периода рассчитывались средние значения по выбранным в исследовании показателям. Нулевая гипотеза, выдвинутая в исследовании, утверждает об отсутствии статистически значимых различий многомерных векторов средних значений. Наблюдаемые и критические значения статистики критерия рассчитывались с помощью соотношений:

$$T_{набл}^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^T \hat{S}^{-1} (\bar{X}_1 - \bar{X}_2),$$
$$T_{кр}^2(\alpha; k_1; k_2) = \frac{(n_1 + n_2 - 2)m}{(n_1 + n_2 - m - 1)} F(\alpha; k_1; k_2).$$

При классификации на два кластера было установлено отсутствие статистически значимых различий между средними показателями по каждому кластеру за 2016 и 2017 годы. На уровне значимости 0,11 установлено статистически значимое различие между средними показателями за 2016 и 2018 годы. Проверка частных критериев свидетельствует о статистически значимом различии между показателями «Потребительские расходы населения в среднем на душу населения» и «Оборот оптовой торговли» за 2016 и 2018 годы на уровне 0,07. Кластеризация на три кластера способствует более углубленной детализации при выявлении однородных субъектов в структуре ПФО. Кластер 1, включающий субъекты, имеющие высокие показатели, практически сохраняет свою структуру и при кластеризации на три группы. Кластер 2 и кластер 3 образуют самостоятельные региональные однородные структуры. Для них обнаруживается статистически значимое различие в средних показателях за 2016 и 2017, 2016 и 2018 годы. Проверка частных критериев показывает, что наблюдается статистически значимое различие только для показателей «Потребительские расходы населения в среднем на душу населения», «Оборот оптовой торговли», «Оборот розничной торговли по торговым сетям» и «Инвестиции в производство товаров непродовольственного назначения». Но для всех кластеров характерно отсутствие статистически значимых различий средних по кластеру показателей за 2017 и 2018 годы. Уровень значимости составляет 0,05.

В качестве особенности для субъектов первого кластера можно отметить высокий уровень развития компаний и предприятий оптовой и розничной торговли направления строительных товаров из группы непродовольственных товаров. Кластеризация на три кластера позволила уточнить уровень развития показателей непродовольственной сферы для отдельных групп регионов, имеющих свои показатели ниже, чем средние значения по ПФО в целом. Для этих регионов важным является развитие большинства изучаемых показателей. Таким образом, классификация методом k -средних позволила структурировать субъекты ПФО на однородные группы в условиях минимизации различий значений показателей внутри кластера, т. е. при минимизации внутриклассовой дисперсии. Далее предлагается методика кластеризации с переходом в пространство латентных факторов, а также кластеризация с учетом весовых коэффициентов, определяемых из интегрального показателя, исчисленного методом главных компонент и методом главных факторов.

Методом главных компонент выделены два главных фактора, и методом главных факторов алгоритмом Хоттелинга были выделены три главных фактора. Варимаксное вращение использовалось в методе главных компонент. В таблице 2 представлена матрица факторного отображения метода главных компонент после варимаксного вращения для изучаемого временного периода. Как видно, максимальная доля вариации приходится на первый латентный фактор. Коэффициенты корреляции между изучаемыми показателями и латентными факторами очень высокие, т. е. выделенные латентные факторы могут быть использованы в дальнейшем исследовании в качестве интегрального показателя, включающего в себя группу изучаемых признаков. Кроме того, из таблицы 2 видно, что для разных моментов времени наблюдается сохранение степени тесноты показателей с каждым латентным фактором, что позволяет также использовать латентные факторы интегрально, например для визуализации многомерных данных, а также для применения их при кластеризации на интегральных показателях без весовых коэффициентов.

Таблица 2 – Матрица факторного отображения метода главных компонент после варимаксного вращения для 2016, 2017 и 2018 годов

Table 2 – Matrix of factor mapping of the principal component method after varimax rotation for 2016, 2017 and 2018 years

| Показатели | 2016 год | | 2017 год | | 2018 год | |
|----------------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| X ₁ | 0,978 | 0,033 | 0,978 | 0,166 | 0,974 | 0,008 |
| X ₂ | -0,383 | -0,565 | -0,211 | 0,552 | -0,016 | -0,599 |
| X ₃ | 0,946 | 0,156 | 0,962 | -0,061 | 0,961 | 0,109 |
| X ₄ | 0,962 | -0,032 | 0,961 | 0,241 | 0,961 | -0,048 |
| X ₅ | -0,0474 | 0,488 | 0,088 | 0,231 | -0,117 | 0,465 |
| X ₆ | 0,093 | 0,607 | 0,094 | -0,335 | -0,009 | 0,654 |
| X ₇ | 0,921 | -0,112 | 0,987 | -0,116 | 0,897 | 0,033 |
| X ₈ | -0,00033 | -0,694 | -0,429 | 0,281 | -0,265 | -0,035 |
| X ₉ | 0,947 | -0,027 | 0,948 | 0,0452 | 0,928 | -0,157 |

Коэффициент информативности в исследовании составил 0,79–0,84. Проверка гипотезы о достаточности выделенных латентных факторов проводилась расчетом критерия Бартлетта. На уровне значимости 0,05 установлено, что количество выделенных латентных факторов достаточно. Весовые коэффициенты матрицы факторного отображения являются коэффициентами корреляции с соответствующими им изучаемыми показателями. Следовательно, первый латентный фактор включает в себя такие показатели, как X₁, X₃, X₄, X₇ и X₉. ЛАТФ₁ = {Численность населения, Потребительские расходы населения в среднем на душу населения, Индексы потребительских цен на непродовольственные товары, Оборот розничной торговли по торговым сетям, Инвестиции в производство товаров непродовольственного назначения}. Этот фактор интерпретируется как показатель развития потребительских отношений непродовольственной сферы. Второй латентный фактор включает в себя такие показатели, как X₂, X₅, X₆, X₈. ЛАТФ₂ = {Реальные доходы населения, Индексы цен производителей на строительную продукцию, Число действующих строительных организаций; Оборот оптовой торговли}. Этот фактор интерпретируется как показатель развития производственных отношений непродовольственной сферы. Используя формулы перехода из одного пространства размерности 14x9 в пространство размерности 14x2, были рассчитаны координаты субъектов ПФО в пространстве выделенных латентных факторов. На рис. 1 представлены изучаемые субъекты ПФО в теоретическом пространстве латентных факторов с учетом варимаксного вращения.

Как видно из рис. 1, Республика Татарстан и Республика Башкортостан имеют положительные значения выделенных латентных факторов, что интегрально может свидетельствовать о тенденции роста как потребительских отношений, так и производственных отношений непродовольственной сферы. Также положительная тенденция роста уровня развития потребительских отношений непродовольственной сферы наблюдается у таких субъектов ПФО, как Пермский край, Самарская область, Саратовская область и Нижегородская область. Однако по фактору развития производственных отношений непродовольственной сферы наблюдается отрицательная тенденция, т. е. снижение уровня развития производственных отношений непродовольственной сферы. Оно достаточно сильно в Саратовской области и Нижегородской области, средняя степень снижения присуща Пермскому краю, и незначительная тенденция – в Самарской области. Чувашская Республика, Пензенская и Оренбургская области сохраняют положительную тенденцию развития производственных отношений непродовольственной сферы, но имеют устойчивую тенденцию к снижению по первому латентному фактору.

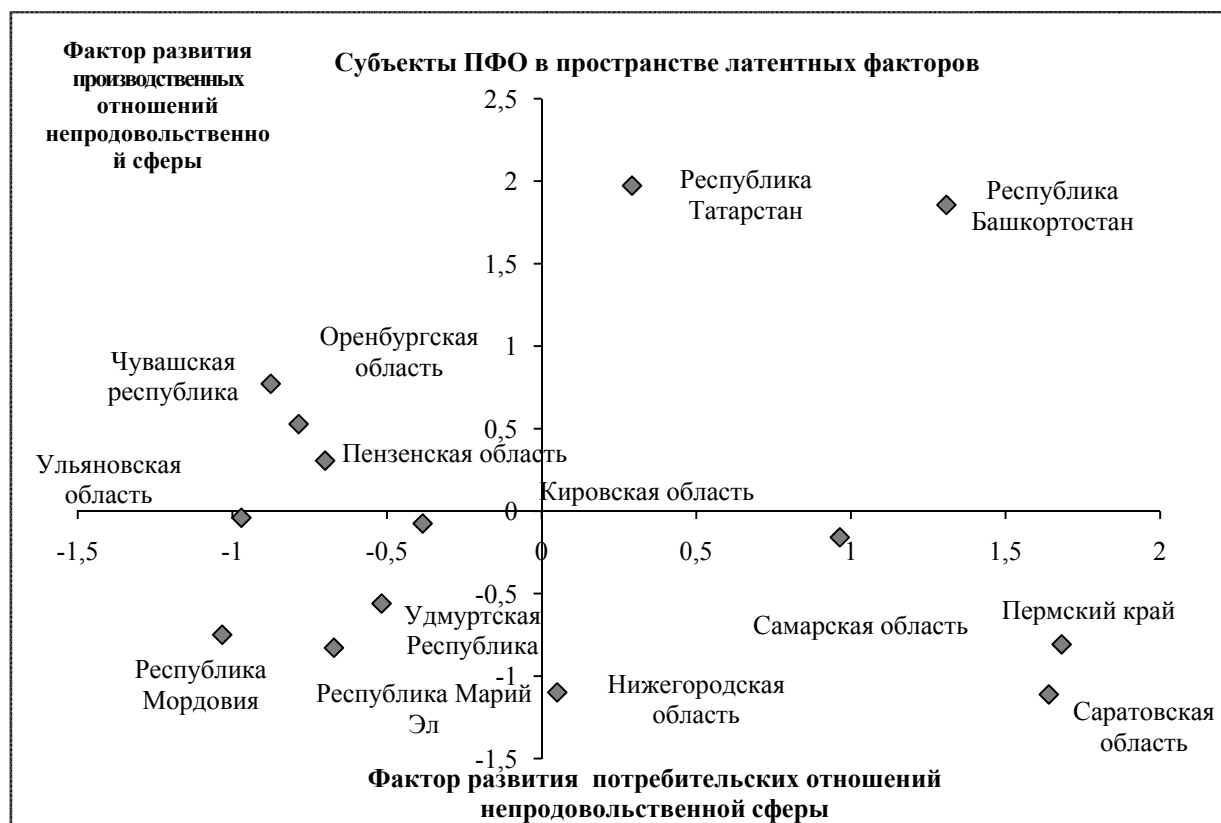


Рис. 1 – Субъекты ПФО в пространстве латентных факторов (2018 год)

Fig. 1 – Constituent entities of the Volga Federal District in the space of latent factors (2018)

Следующая группа субъектов ПФО имеет отрицательные тенденции, т. е. снижение уровня развития как потребительских отношений, так и производственных по показателям непродовольственной сферы. К ним относятся Удмуртская Республика, Республика Марий Эл и Республика Мордовия. Ульяновская и Кировская области показывают отсутствие как положительной, так и отрицательной тенденции по развитию второго латентного фактора, однако по показателям развития потребительских отношений тенденция к снижению наблюдается сильная в Ульяновской области. Таким образом, все субъекты Приволжского федерального округа могут быть классифицированы на четыре кластера. Кроме того, из рис. 1 ясно, что если в основе кластеризации используется первый латентный фактор, характеризующий уровень развития потребительских отношений, то выделяются два кластера. Аналогично, если в основе кластеризации используется второй латентный фактор, характеризующий развитие производственных отношений непродовольственной сферы, то также выделяются два или три кластера. В таблице 3 представлены сводные результаты кластеризации субъектов ПФО по показателям 2018 года на латентных факторах, выделенных методом главных компонент с использованием варимаксного вращения. В таблице 3 цифрами 1, 2 или 3 обозначается номер кластера. Таким образом, используя интегральный показатель, можно осуществить монотетический подход классификации без обучения. Причем для характеристики кластеров может использоваться конкретный интегральный показатель, его численное значение, а также и исходные показатели, выбранные в исследовании. Так, при кластеризации на два кластера субъекты первого кластера имеют отчетливую положительную тенденцию роста фактора развития потребительских отношений непродовольственной сферы, а субъекты второго класса описываются тенденцией снижения данного фактора. Причем такие показатели, как «Потребительские расходы населения в среднем на душу населения», «Индекс потребительских цен на непродовольственные товары», «Оборот розничной торговли по торговым сетям» и «Инвестиции в производство товаров непродовольственного назначения», дают существенный вклад в имеющуюся тенденцию. Отмечается также важность поддержки демографической политики в данных субъектах на высоком уровне. При кластеризации по второму латентному фактору, а именно – фактору развития производственных отношений непродовольственной сферы, тен-

денцию снижения определяют реальные доходы населения. При кластеризации на три кластера по второму латентному фактору такие показатели, как «Индексы цен производителей на строительную продукцию» и «Число действующих строительных организаций», позволяют удерживать регионы второго кластера на позиции, которая может быть охарактеризована как не имеющая определенной тенденции.

Таблица 3 – Результаты кластеризации субъектов ПФО по показателям 2018 года на латентных факторах, выделенных методом главных компонент с использованием варимаксного вращения

Table 3 – Clusterization results of constituent entities of the Volga Federal District according to the indicators of 2018 on latent factors identified by the principal component method using varimax rotation

| № | Субъект ПФО (2018 год) | ЛФ ₁ | ЛФ ₂ | ЛФ ₂ |
|----|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | Республика Башкортостан | 1 | 1 | 1 |
| 2 | Республика Марий Эл | 2 | 2 | 3 |
| 3 | Республика Мордовия | 2 | 2 | 3 |
| 4 | Республика Татарстан | 1 | 1 | 1 |
| 5 | Удмуртская Республика | 2 | 2 | 3 |
| 6 | Чувашская Республика | 2 | 1 | 1 |
| 7 | Пермский край | 1 | 1 | 3 |
| 8 | Кировская область | 2 | 2 | 2 |
| 9 | Нижегородская область | 1 | 1 | 3 |
| 10 | Оренбургская область | 2 | 2 | 2 |
| 11 | Пензенская область | 2 | 2 | 2 |
| 12 | Самарская область | 1 | 1 | 2 |
| 13 | Саратовская область | 1 | 2 | 3 |
| 14 | Ульяновская область | 2 | 1 | 2 |

Изучая аналогичные показатели за 2016 и 2017 годы, можно утверждать, что большинство субъектов ПФО сохраняют свою позицию в кластерах, но есть субъекты, которые ухудшают или улучшают свои показатели с течением времени. Таким образом, проведенная кластеризация позволяет провести комбинированный и динамический анализ показателей, характеризующих кластеры, а также проанализировать их средние значения, медианные значения, квартильные и децильные значения в динамике. Кроме того, сравнение средних значений показателей отдельных субъектов ПФО со средними значениями показателей по Приволжскому федеральному округу в целом и по РФ позволяет проводить динамический анализ, т. е. динамически отслеживать уровень развития показателей непродовольственной сферы. Это способствует своевременному регулированию уровней развития показателей в их текущей тенденции.

Как известно, при кластеризации важным является выделение групп показателей, играющих первостепенную роль в развитии изучаемых объектов. Четкой методики расчета весовых коэффициентов в научной литературе нет в настоящее время. Приводятся методики экспертного оценивания, методики вероятностного подхода, учитывающие опыт прошлых периодов. Следует отметить, что серьезная трудность оценки весовых коэффициентов определяется субъективностью экспертов. Человеческий фактор, как правило, сильно влияет на конечные результаты. И кроме того, многообразие экспертных методов также не упрощает процедуру окончательного формирования весовых коэффициентов. Математический аппарат факторного анализа позволяет максимально исключить субъективное влияние человеческого фактора. В основе формирования компонент матрицы факторного отображения заложена мера вариации показателя. Учитывая свойства компонент матрицы факторного отображения,

можно провести оценку весовых коэффициентов по расчету доли показателей, максимально коррелирующих с выбранным латентным фактором. Так, в статье соответствующие весовые коэффициенты могут быть оценены как 0,56 и 0,44 для первого и второго латентных факторов для изучаемых моментов времени 2016, 2017 и 2018 годы. Кластеризация на латентных факторах с весовыми коэффициентами позволяет, кроме того, усилить влияние групп показателей, участвующих в кластеризации, и ослабить влияние другой группы показателей. Несложными математическими расчетами можно каждый весовой коэффициент перевести в весовые коэффициенты исходных показателей. Вес также определяется коэффициентом корреляции показателя по матрице факторного отображения. Таким образом, легко исключается субъективность человеческого фактора, и, кроме того, весовая кластеризация на компонентах матрицы факторного отображения дает возможность исследователю явно увидеть влияние каждого показателя в факторе.

Далее в работе рассматривается классификация без обучения показателей рынка непродовольственных товаров с весовыми коэффициентами на латентных факторах, выделенных алгоритмом Хотеллинга. Эта процедура имеет такое достоинство, как простота в использовании информационного обеспечения, и может широко применяться, так как MSExcel в настоящее время имеет широкое распространение. Исследователь также сам задает, какое количество латентных факторов важно использовать в исследовании, с помощью коэффициента информативности. Выбор способа формирования редуцированной матрицы корреляции также остается за исследователем. В настоящей статье используется метод максимальной корреляции при формировании редуцированной матрицы. В таблице 4 представлены компоненты выделенных главных факторов для показателей 2016 и 2018 годов. Автором были выполнены 3 итерационные процедуры по выделению каждого фактора отдельно. Согласно алгоритму Хотеллинга, редуцированная матрица корреляций возводится в степень достаточное число раз. Коэффициент информативности оставленных в исследовании латентных факторов составил 0,91 и 0,97 в 2016 и 2018 годах соответственно. В таблице 4 представлены компоненты матрицы факторного отображения, рассчитанные алгоритмом Хотеллинга.

Таблица 4 – Матрица факторного отображения метода главных факторов алгоритм Хотеллинга (2016 и 2018 годы)

Table 4 – Matrix of factorial mapping of the method of principal factors Hotelling algorithm (2016 and 2018 years)

| Показатели | 2016 год | | | 2018 год | | |
|----------------|----------------|--------|--------|----------|--------|--------|
| | X ₁ | 0,945 | 0,026 | 0,006 | 0,978 | 0,033 |
| X ₂ | -0,384 | -0,542 | 0,043 | -0,383 | -0,564 | 0,122 |
| X ₃ | 0,924 | 0,139 | -0,006 | 0,946 | 0,156 | 0,125 |
| X ₄ | 0,927 | -0,030 | -0,065 | 0,962 | -0,032 | -0,053 |
| X ₅ | -0,476 | 0,484 | -0,143 | -0,473 | 0,488 | 0,296 |
| X ₆ | 0,091 | 0,340 | 0,509 | 0,093 | 0,207 | -0,632 |
| X ₇ | 0,237 | 0,618 | 0,320 | 0,237 | 0,635 | 0,361 |
| X ₈ | 0,051 | -0,242 | -0,445 | 0,175 | -0,275 | 0,428 |
| X ₉ | 0,897 | -0,102 | 0,214 | 0,921 | -0,111 | -0,088 |

Как видно из таблицы 4, количество максимально коррелирующих с первым латентным фактором показателей равно четырем, второй латентный фактор имеет два три показателя, а третий фактор, соответственно, два показателя. По таблице 4 были получены значения весовых коэффициентов, которые составили 0,44, 0,33 и 0,23 соответственно как в 2016, так и в 2018 году. Матрица расстояний рассчитывалась в работе взвешенной Евклидовой метрикой. Алгоритм кластеризации базируется на методе «Средней связи». В результате применения весовой кластеризации с весовыми коэффициентами из матрицы факторного отображения субъекты ПФО были разбиты на кластеры. В основе кластеризации использовалась матрица расстояний. На каждом шаге по минимальному расстоянию между объектами кластеризации формировались центры кластеров, а присоединение объектов проводилось методом «Средней связи». Процедура агломеративной кластеризации визуализирована дендрограммой. В качестве примера на рис. 2 представлена дендрограмма по показателям 2018 года.

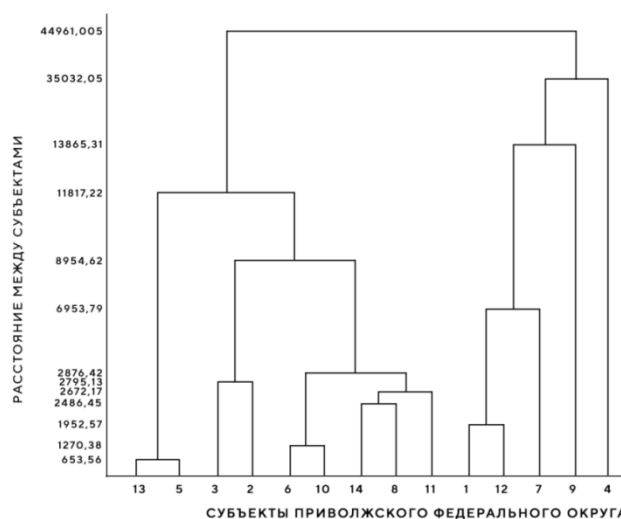


Рис. 2 – Дендрограмма субъектов ПФО (2018 год)
 Fig. 2 – Dendrogram of the constituent entities of the Volga Federal District (2018 year)

Как видно из дендрограммы, оптимальное число кластеров может быть два или три. Критерии качества кластеризации показывают, что оптимальное число кластеров равно трем. В качестве критериев качества кластеризации использовались два: базирующиеся на сумме квадратов отклонений от центра кластера, а также на суммарной внутриклассовой вариации.

Также изучался дивизимный подход при кластеризации. Классификация проводилась с учетом весовых коэффициентов и без учета весовых коэффициентов.

Данные результаты сравнивались также со структуризацией по методике неметрического многомерного шкалирования. Как известно, неметрическое многомерное шкалирование базируется на ранговых данных. Субъекты ПФО были ранжированы по убыванию. В качестве определяющего критерия, обеспечивающего адекватность аналитических выводов, берется сохранение монотонных связей эмпирических и теоретических данных. Вид линейной монотонности используется в исследовании. В качестве меры расстояния также использовалась евклидова метрика, в том числе и взвешенная. Пошаговый поиск двумерного шкального пространства базировался на соотношениях:

$$\delta_{ij} = f(d_{ij}) = f\left(\sum_k Wk(x_{ik} - x_{jk})^2\right)^{1/2}$$

$$\delta_{ij} = f(d_{ij}) = f\left(\sum_k (x_{ik} - x_{jk})^2\right)^{1/2}$$

где f – линейная функция.

В таблице 5 представлены собственные значения выделенных компонент без учета веса показателя для значений 2018 года.

Таблица 5 – Собственные значения компонент теоретического пространства по показателям 2018 года

Table 5 – Eigenvalues of the components of the theoretical space by indicators of 2018 year

| Компонента | Собственные значения | | |
|------------|----------------------|-------------|----------------|
| | Итого | % дисперсии | Кумулятивный % |
| 1 | 5,321 | 59,1 | 59,1 |
| 2 | 1,764 | 19,6 | 78,7 |

Как видно из таблицы 5, коэффициент информативности по первому фактору составил 0,591, по второму фактору – 0,196. Суммарное значение по двум выделенным факторам составляет 0,787. В таблице 6 представлена матрица компонент факторов в теоретическом пространстве, сформированном по мере различия между изучаемыми субъектами Приволжского федерального округа.

Таблица 6 – Матрица компонент факторов субъектов ПФО в теоретическом пространстве в метрике различия (2018 год)

Table 6 – Matrix of the components of the factors of the constituent entities of the Volga Federal District in the theoretical space in the difference metric (2018 year)

| Изучаемые признаки | Теоретическая компонента | |
|--|--------------------------|----------------|
| | F ₁ | F ₂ |
| Численность населения (тыс. чел.) | -0,956 | -0,037 |
| Реальные доходы населения (% к пред. году.) | -0,439 | 0,874 |
| Потребительские расходы населения в среднем на душу населения (руб. в мес.) | 0,867 | 0,493 |
| Индексы потребительских цен на непродовольственные товары (% к пред. году) | -0,657 | 0,406 |
| Индексы цен производителей на строительную продукцию (% к пред. году) | 0,911 | 0,132 |
| Число действующих строительных организаций (шт.) | 0,976 | 0,174 |
| Оборот розничной торговли по торговым сетям (%) | 0,651 | 0,756 |
| Оборот оптовой торговли (млн руб.) | 0,985 | -0,036 |
| Инвестиции в производство товаров непродовольственного назначения (млн руб.) | 0,982 | -0,048 |

Таблица 6 позволяет оценить долю показателей, имеющих максимальное по абсолютной величине значение в каждом факторе. Первый фактор имеет 0,78, второй фактор – 0,22. На рис. 3 субъекты ПФО представлены в теоретическом двумерном шкальном пространстве с учетом веса показателей, формирующих теоретические шкалы.

Полученные координаты субъектов в теоретическом пространстве по методике многомерного шкалирования с учетом веса позволяют также графически изобразить субъекты Приволжского федерального округа. Это способствует углубленному анализу, в том числе и при формировании групп однородных показателей. В основе кластеризации используются фактор торгового оборота товаров непродовольственной сферы и фактор уровня доходов населения. При этом учитывается максимальная степень различия между изучаемыми объектами по метрике Евклида с учетом веса. В результате в статье представляется следующая кластеризация:

- первый кластер формируют такие субъекты, как Республика Татарстан, Республика Мордовия, Нижегородская область и Самарская область;
- второй кластер образуют Республика Марий Эл, Удмуртская Республика, Чувашская Республика, Пермский край, Кировская область и Саратовская область;
- третий кластер формируют Республика Башкортостан, Оренбургская область, Пензенская область и Ульяновская область.



Рис. 3 – Субъекты ПФО в теоретическом двумерном шкальном пространстве

Fig. 3 – Constituent entities of the Volga Federal District in the theoretical two-dimensional scale space

Если в основу кластеризации поставить один фактор, например торговый оборот товаров непродовольственной сферы, то легко видна структура на два кластера. В частности, субъекты, геометрически расположенные в первом и четвертом квадрантах, образуют первый кластер, остальные – второй кластер. Аналогично на два кластера можно разделить субъекты ПФО по фактору уровня доходов населения. Следовательно, используя инструмент неметрического многомерного шкалирования, несложно структурировать субъекты исследования с целью визуализации и кластеризации.

Заключение

Таким образом, в работе применен многомерный подход при классификации многомерных данных. Кроме известных методов кластеризации предложена классификация на латентных факторах без учета весовых коэффициентов, а также рассматривается методология исключения субъективного фактора при формировании весовых коэффициентов. Также предлагается структуризация с применением методики неметрического многомерного шкалирования, в том числе с учетом весовых коэффициентов. Долевое соотношение показателей как в латентных факторах, так и в теоретическом шкальном пространстве позволяет исключить применение экспертных оценок и их субъективность. В статье также отмечается возможность совмещения и динамического анализа при исследовании многомерных массивов данных.

Библиографический список

1. Одинцова, Е.С. Динамика развития регионов РФ: оценка тенденций конвергенции // Российское предпринимательство. 2008. Т. 9. № 5. С. 10–15. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-razvitiya-regionov-rf-otsenka-tendentsiy-konvergentсии>.
2. Татаркин А.И. Региональная направленность экономической политики Российской Федерации как института пространственного обустройства территорий // Экономика региона. 2016. Т. 12. Вып. 1. С. 9–27. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnaya-napravlennost-ekonomicheskoy-politiki-rossiyskoy-federatsii-kak-instituta-prostranstvennogo-obustroystva-territoriy>.

3. Растворцева С.Н. Основные направления влияния внешнеэкономических факторов на развитие регионов // Российское предпринимательство. 2015. Т. 16. № 23. С. 4193–4198. DOI: <https://doi.org/10.18334/rp.16.23.2170>.
4. Макарова Е.С. Классификация показателей инновационного потенциала региона // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2014. № 2. С. 25–29.
5. Марковская Е.А. Эффективное управление экономикой – необходимое условие успешного социально-экономического развития региона // Российское предпринимательство. 2008. Т. 9. № 10. С. 63–68. URL: <https://creativeconomy.ru/lib/2828>.
6. Назаренко В.С. Анализ тенденций комплексного социально-экономического развития городов Липецкой области // Экономика, предпринимательство и право. 2018. Т. 8. № 1. С. 51–63. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.8.1.38729>.
7. Kireyeva A.A., Mussabalina D.S., Tolysbaev B.S. Assessment and Identification of the Possibility for Creating IT Clusters in Kazakhstan Regions // *Ekonomika regiona [Economy of Region]*. 2018. no. 14 (2). P. 463–473. DOI: <https://doi.org/10.17059/2018-2-10>.
8. Петина П.В. Оценка эффективности реализации стратегии социально-экономического развития Самарской области // *Промышленная политика: глобализация, инновации, устойчивость: сб. материалов Всерос. научно-практич. конф. / под общ. ред. Н.М. Тюкавкина. Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2018. С. 300–303. URL: <http://repo.ssau.ru/bitstream/PROMYShLENNAYa-POLITIKA-GLOBALIZACIYa-INNOVACII-USTOICHIVOST/OCENKA-EFFEKTIVNOSTI-REALIZACII-STRATEGII-SOCIALNOEKONOMICHESKOGO-RAZVITIYa-SAMARSKOI-OBLASTI-72143/1>.*
9. Ильина А.И., Трусова А.Ю., Люкшин Д.Е. Приволжский федеральный округ и его социально-экономические показатели в фокусе многомерного шкалирования // *Промышленная политика: глобализация, инновации, устойчивость: сб. материалов Всерос. научно-практич. конф. / под общ. ред. Н.М. Тюкавкина. Самара: АНО «Издательство СНЦ», 2018. С. 68–73.*
10. Дубров А.М., Мхитарян В.С., Трошин Л.И. Многомерные статистические методы. Москва: Финансы и статистика, 2003. 122 с.
11. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных: справочное издание. Москва: Финансы и статистика, 2013. 472 с.
12. Федеральная служба государственной. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 20.01.2020).

References

1. Odintsova E.S. Growth dynamics of the Russian Federation territories: assessment of convergence trends. *Rossiyskoe predprinimatelstvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, 2008, vol. 9, no. 5, pp. 10–15. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-razvitiya-regionov-rf-otsenka-tendentsiy-konvergensii>. (In Russ.)
2. Tatarkin A.I. Regional targeting of the economic policy of the Russian Federation as an institution of regional spatial development. *Economy of the region*, 2016, vol. 12, issue 1, pp. 9–27. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnaya-napravlenost-ekonomicheskoy-politiki-rossiyskoy-federatsii-kak-instituta-prostranstvennogo-obustroystva-territoriy>. (In Russ.)
3. Rastvortseva S.N. The main directions of the influence of external economic factors on the regions' development. *Rossiyskoe predprinimatelstvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, 2015, vol. 16, no. 23, pp. 4193–4198. DOI: <https://doi.org/10.18334/rp.16.23.2170>. (In Russ.)
4. Makarova E.S. Classification of indicators of innovative potential of the region. *Economics and innovations management*, 2014, no. 2, pp. 25–29. (In Russ.)
5. Markovskaya E.A. Effective economic management – a necessary condition for successful socio-economic development of the region. *Rossiyskoe predprinimatelstvo = Russian Journal of Entrepreneurship*, 2008, vol. 9, no. 10, pp. 63–68. Available at: <https://creativeconomy.ru/lib/2828>. (In Russ.)
6. Nazarenko V.S. Analysis of trends in complex social and economical development of the cities of Lipetsk region. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 2018, vol. 8, no. 1, pp. 51–63. DOI: <https://doi.org/10.18334/epp.8.1.38729>. (In Russ.)

7. Kireyeva A.A., Mussabalina D.S., Tolysbaev B.S. Assessment and Identification of the Possibility for Creating IT Clusters in Kazakhstan Regions. *Ekonomika regiona = Economy of Region*, 2018, no. 14 (2), pp. 463–473. DOI: <https://doi.org/10.17059/2018-2-10>.
8. Petina P.V. Evaluation of effectiveness of the implementation of the strategy of socio-economic development of the Samara Region. In: *Industrial policy: globalization, innovation, sustainability: collection of materials of the all-Russian research and practical conference: N.M. Tyukavkin (Ed.)*. Samara: ANO «Izdatel'stvo SNTs», 2018, pp. 300–303. Available at: <http://repo.ssau.ru/bitstream/PROMYShLENNAYa-POLITIKA-GLOBALIZACIYa-INNOVACII-USTOICHIVOST/OCENKA-EFFEKTIVNOSTI-REALIZACII-STRATEGII-SOCIALNOEKONOMICHESKOGO-RAZVITIYa-SAMARSKOI-OBLASTI-72143/1>. (In Russ.)
9. Ilyina A. I., Trusova A.Yu., Lyukshin D.E. Privolzhsky Federal District and its socio-economic indicators in the focus of multidimensional scaling. In: *Industrial policy: globalization, innovations, sustainability: proceedings of the all-Russian research and practical conference. N.M. Tyukavkin (Ed.)*. Samara: ANO «Izdatel'stvo SNTs», 2018, pp. 68–73. Available at: <http://repo.ssau.ru/bitstream/PROMYShLENNAYa-POLITIKA-GLOBALIZACIYa-INNOVACII-USTOICHIVOST/PRIVOLZhSKII-FEDERALNYI-OKRUG-I-EGO-SOCIALNO-EKONOMICHESKIE-POKAZATELI-V-FOKUSE-MNOGOMERNOGO-ShKALIROVA NIYa-72065/1>. (In Russ.)
10. Dubrov A.M., Mkhitaryan V.S., Troshin L.I. Multivariate statistical methods. Moscow: Finansy i statistika, 2003, 122 p. (In Russ.)
11. Aivazyan S.A., Yenukov I.S., Meshalkin L.D. Applied statistics. Bases of modeling and initial data processing. Reference edition. Moscow: Finance and statistics, 2013, 472 p. Available at: <http://bookre.org/reader?file=448628&pg=1>. (In Russ.)
12. Federal State Statistics Service. Available at: <http://www.gks.ru> (accessed 20.01.2020) (In Russ.)

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Для публикации научных работ в выпусках журнала «Вестник Самарского университета. Экономика и управление» принимаются статьи, соответствующие научным требованиям, общему направлению журнала и способные заинтересовать достаточно широкий круг российской и зарубежной научной общественности.

Предлагаемый в статье материал должен быть *оригинальным*, не опубликованным ранее в других печатных изданиях, написанным в контексте современной научной литературы, а также содержать очевидный *элемент создания нового знания*.

Все представленные статьи проходят проверку в *программе «Антиплагиат»* <http://www.etxt.ru/antiplagiat> и направляются на независимое (внутреннее) рецензирование. Срок рецензирования – 1–2 месяца. Решение об опубликовании принимается редколлегией на основании рецензии.

Периодичность журнала – **4 выпуска в год**.

Тематика: «Экономика», «Менеджмент», «Государственное и муниципальное управление», «Управление персоналом», «Математические и инструментальные методы экономики».

Правила оформления

Текст статьи

- Статья предоставляется на русском или английском языке в электронном виде (e-mail: tnm@mail.ru, <https://journals.ssau.ru/eco>).

- Перед заглавием статьи проставляется шифр УДК teacode.com/online/udc.

- Название работы, список авторов в алфавитном порядке (ФИО полностью, научная степень, звание, должность, место работы, индекс и адрес места работы, электронная почта, ORCID (orcid.org), сотовый телефон), аннотация (не менее 150-200 слов), ключевые слова (не менее 8), библиографический список (не менее 15 пунктов) должны быть представлены на русском и английском языках.

- Текст статьи должен быть набран в текстовом редакторе Word для Windows с расширением doc или rtf гарнитурой Times New Roman 11 кеглем через 1,5 интервала.

- Объем основного текста должен быть в пределах 8–25 страниц, обязательна структура (Введение – Основная часть (Ход исследования) – Заключение).

- Рисунки и таблицы предполагают наличие названия на русском и английском языках, 10–11 кегль и сквозную нумерацию.

- Библиографический список на русском языке оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008 по порядку цитирования после основного текста. Допускается не более 40 источников.

- Ссылки на упомянутую литературу в тексте обязательны и даются в квадратных скобках, например [14, с. 28]. Ссылки на иностранные источники приводятся на языке оригинала.

- References оформляется в соответствии со стилем *American Psychological Association (APA) Style*, но без квадратных скобок и транслитерации. Если у журнала или материалов конференции нет названия на английском языке, то тогда дается транслитерированное название курсивом, если у журнала параллельные названия транслитерацией и на английском языке, то приводятся оба через знак равно (=).

Графика

- Растровые форматы: рисунки и фотографии, сканируемые или подготовленные в Photoshop, Paintbrush, Corel Photopaint, должны иметь разрешение не менее 300 dpi, формат TIF, JPEG.

- Векторные форматы: рисунки, выполненные в программе Corel Draw 5.0-11.0, должны иметь толщину линий не менее 0,2 мм, текст в них может быть набран гарнитурой Times New Roman или Arial. Не рекомендуется конвертировать графику из Corel Draw в растровые форматы. Рисунки должны быть четкими и легко читаемыми.

Формулы

- В статье приводятся лишь самые главные, итоговые формулы. Набор формул производится в редакторе формул Microsoft Equation, MathType с параметрами: обычный шрифт – 10–11, крупный индекс – 8, мелкий индекс – 6, крупный символ – 14, мелкий символ – 11.

- Вставка в текст статьи формул в виде графических объектов недопустима.

- Все использованные в формуле символы следует расшифровывать в экспликации.

Статьи, оформленные не по правилам, редколлегией рассматриваться не будут.

Образец оформления (стилевой файл – на сайте журнала)

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-7-14

УДК 65.011.8



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 12.02.2020

после рецензирования / Revised: 19.03.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

И.В. Иванов

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

E-mail: XXX@yandex.ru. ORCID: <http://orcid.org/XXX>

Название

Аннотация: Рассмотрены авторские подходы ... (не менее 200 и не более 300 слов, структура IMRAD).

Ключевые слова: социально-демографическое развитие... (не менее 8 слов).

Цитирование. Иванов И.В. Название // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 7–14. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-X-X>.

Информация о конфликте интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

I.V. Ivanov

Samara National Research University,
Samara, Russian Federation

E-mail: XXX@yandex.ru. ORCID: <http://orcid.org/XXX>

Name

Abstract: The author's approaches ...

Key words: sociodemographic ...

Citation. Ivanov I.V. On the issue of importance of social and demografic development of the region. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie = Vestnik of Samara University. Economics and Management*, vol. 11, no. 2, pp. X–X. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-X-X>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: author declares no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

© *ФИО (прямой порядок, Иван Иванович Иванов)* – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики инноваций, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *ФИО (Ivan I. Ivanov на английском языке)* – Candidate of Economic Sciences, associate professor of the Department of Innovation Economics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

В соответствии с общенаучным подходом...

Основная часть (Ход исследования). Может быть несколько подзаголовков

Термин «социально-демографическое развитие», очевидно, складывается из двух сфер регионального развития, а именно – социального развития и демографического развития [1, с. 154].

Определение термина «социальное развитие» в научной литературе достаточно разнообразно. Так, в Философском энциклопедическом словаре термин «социальное развитие» зафиксирован в узком и широком смыслах. В широком смысле под социальным развитием понимают развитие всего общества в целом (общественное развитие), а в узком смысле – развитие лишь социальной из множества (политической, экономической, культурной и т.д.) сфер общественной жизни, в которой осуществляется сохранение и воспроизводство человеческой жизни [2, с. 12–17].

Заключение

Библиографический список (по порядку цитирования)

References