

Том 13 • № 6
2022
Vol. 13 • No. 6

ISSN 2218-5003 (Print)
ISSN 2686-7923 (Online)

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

УПРАВЛЕНЕЦ

Upravlenets / The Manager

Развитие рынков: управленческий аспект
Market Development: A Management Aspect

Управление бизнес-моделями и изменениями
Business Models and Change Management

Стратегический менеджмент
и корпоративное управление
Strategic Management and Corporate Governance

Управление человеческими ресурсами
HR Management

Маркетинговые стратегии и практики
Marketing Strategy and Practice



МЕНЕДЖМЕНТ • МАРКЕТИНГ
MANAGEMENT • MARKETING

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

Силин Яков Петрович, д-р экон. наук, профессор (Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург)

Заместитель главного редактора

Анимитца Евгений Георгиевич, д-р геогр. наук, профессор (Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург)

Члены редколлегии

Балацкий Евгений Всеволодович, д-р экон. наук, профессор (Финансовый университет при Правительстве РФ, г. Москва)

Лукьянов Сергей Александрович, д-р экон. наук, профессор (Государственный университет управления, г. Москва)

Одегов Юрий Геннадьевич, д-р экон. наук, профессор (Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва)

Ружанская Людмила Станиславовна, д-р экон. наук, профессор (Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург)

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

Члены международного совета

Алюхна Мария, PhD, доцент (Варшавская школа экономики, Польша)

Солесвик Марина, PhD, профессор (Бизнес-школа Университета Норд, Норвегия)

Тревизан Итало, PhD, профессор (Университет Тренто, Италия)

Файкс Вернер Г., Dr. Dr. h. c., профессор (Берлинский университет им. Штайнбайса, Германия)

EDITORIAL BOARD

Chief Editor

Yakov P. Silin, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia)

Deputy Chief Editor

Evgeny G. Animitsa, Dr. Sc. (Geography), Professor (Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia)

Editorial Team

Evgeny V. Balatsky, Dr. Sc. (Economics), Professor (Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia)

Sergey A. Lukyanov, Dr. Sc. (Economics), Professor (State University of Management, Moscow, Russia)

Yury G. Odegov, Dr. Sc. (Economics), Professor (Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia)

Lyudmila S. Ruzhanskaya, Dr. Sc. (Economics), Professor (Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia)

Andrey E. Shastitko, Dr. Sc. (Economics), Professor (Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia)

Members of the International Council

Maria Aluchna, PhD, Associate Professor (Warsaw School of Economics, Poland)

Marina Solesvik, PhD, Professor (Nord University Business School, Norway)

Italo Trevisan, PhD, Professor (University of Trento, Italy)

Werner G. Faix, Dr. Dr. h. c., Professor (Steinbeis University Berlin, Germany)

Учредитель: ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»

Журнал включен в индекс ESCI на платформе Web of Science

Включен в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук

Включен в Российский индекс научного цитирования (импакт-фактор журнала на дату подписания в печать 3,034)

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации

ПИ № ФС77-49744 от 15 мая 2012 г.

Подписной индекс: 37263

(«Объединенный каталог "Пресса России"» и «Пресса по подписке»)

Цена свободная

Управленец. 2022. Том 13. №6

Ответственный редактор *С.В. Орехова*

Редактор и корректор *О.А. Виноградова*

Информация на английском языке *Ю.С. Баусова*

Компьютерная верстка *Е.Б. Александрова*

Адрес редакции и издателя: 620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

Подписано в печать 30.12.2022

Дата выхода в свет 12.01.2023

Формат 60 × 84/8. Уч.-изд. л. 10,2. Усл. печ. л. 10,5. Печ. л. 11,3.

Тираж 50 экз. Заказ 635.

Отпечатано с готового оригинал-макета в подразделении оперативной полиграфии УрГЭУ

Адрес типографии: 620144, РФ, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

РАЗВИТИЕ РЫНКОВ: УПРАВЛЕНЧЕСКИЙ АСПЕКТ

Акбердина В.В., Шориков А.Ф.

**Иерархическая агент-ориентированная модель
управления промышленным комплексом**

2

MARKET DEVELOPMENT: A MANAGEMENT ASPECT

Akberdina V.V., Shorikov A.F.

**Managing industrial complexes:
A hierarchical agent-oriented model**

Meleshkina A.I., Filippova I.N., Shastitko A.E.
**Empirical geographic market definition for antitrust:
The case of the Russian cement market**

15

Meleshkina A.I., Filippova I.N., Shastitko A.E.
**Empirical geographic market definition for antitrust:
The case of the Russian cement market**

УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-МОДЕЛЯМИ И ИЗМЕНЕНИЯМИ

Орехова С.В., Бутаков И.А.

**Специфические инвестиции в ресурсы:
теоретические аксиомы vs кейс российского бизнеса**

30

BUSINESS MODELS AND CHANGE MANAGEMENT

Orehova S.V., Butakov I.A.

**Relation-specific investment:
Theoretical axioms vs Evidence from Russia**

**СТРАТЕГИЧЕСКИЙ МЕНЕДЖМЕНТ
И КОРПОРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ**

Белик И.С., Дуцинин А.С., Никулина Н.Л.

**Влияние ESG-факторов на финансовое состояние
и инвестиционную привлекательность
российских публичных компаний**

44

**STRATEGIC MANAGEMENT
AND CORPORATE GOVERNANCE**

Belik I.S., Dutsinin A.S., Nikulina N.L.

**Financial state and investment attractiveness
of Russian public companies:
The effect of ESG factors**

УПРАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

Федченко А.А., Филимонова И.В., Ярышина В.Н.

**Система оценки эффективности деятельности работников
с целью их вознаграждения в условиях неопределенности**

56

HR MANAGEMENT

Fedchenko A.A., Filimonova I.V., Yaryshina V.N.

**Remuneration management
under conditions of uncertainty**

МАРКЕТИНГОВЫЕ СТРАТЕГИИ И ПРАКТИКИ

Arik K., Gezer M., Tolun Tayali S.

**The study of indicators affecting customer churn
in MMORPG games with machine learning models**

70

MARKETING STRATEGY AND PRACTICE

Arik K., Gezer M., Tolun Tayali S.

**The study of indicators affecting customer churn
in MMORPG games with machine learning models**

DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-1

EDN: WNQLUI

JEL Classification: E23, L60, C63

Иерархическая агент-ориентированная модель управления промышленным комплексом

В.В. Акбердина¹, А.Ф. Шориков¹¹ Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, РФ

Аннотация. К наиболее системным проблемам управления промышленным комплексом относятся сложности определения его состава, согласования целей субъектов, осуществляющих управленческое воздействие, и формализации условий оптимальности этого воздействия. Статья посвящена изучению процессов прогнозирования состояния и оптимизации управления потенциалом промышленного комплекса на различных иерархических уровнях. Методология исследования опирается на сетевой подход к субъектно-объектной структуре промышленного комплекса, рассматриваемого как сложная динамическая система. Основным методом работы выступает агент-ориентированное моделирование, достоинства которого обозначены на основе сравнения с неоклассическими моделями равновесия. Предлагается использовать детерминированную экономико-математическую модель, в которой динамика основных факторов (фазовых векторов) описывается соответствующими векторными линейными дискретными рекуррентными уравнениями при наличии управляющих воздействий. Выделены три уровня принятия управленческих решений: 1) доминирующий (федеральный); 2) первый подчиненный (региональный); 3) второй подчиненный (уровень производственных предприятий), находящиеся в управлении агрегированного федерального агента, агрегированных региональных агентов и производственных агентов соответственно. Приведены формализация и общая схема решения задач прогнозирования состояния и оптимизации управления производственным потенциалом промышленности на основе разработанной трехуровневой иерархической дискретной управляемой динамической системы. Полученные результаты могут быть использованы при создании интеллектуальных компьютерных систем информационного обеспечения и поддержки принятия управленческих решений.

Ключевые слова: агент-ориентированная модель; управляемые динамические системы; модель управления; промышленный комплекс; развитие промышленности.

Финансирование: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-01868 «Разработка агент-ориентированной модели сетевого промышленного комплекса в условиях цифровой трансформации» (<https://rscf.ru/project/22-28-01868/>).

Информация о статье: поступила 10 августа 2022 г.; доработана 21 сентября 2022 г.; одобрена 30 сентября 2022 г.

Ссылка для цитирования: Акбердина В.В., Шориков А.Ф. (2022). Иерархическая агент-ориентированная модель управления промышленным комплексом // Управленец. Т. 13, № 6. С. 2–14. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-1. EDN: WNQLUI.

Managing industrial complexes: A hierarchical agent-oriented model

Viktoriya V. Akberdina¹, Andrey F. Shorikov¹¹ Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Abstract. Among the system problems in managing an industrial complex are the difficulties in determining its composition, coordinating the goals of management subjects, and formalizing the conditions for optimal management. The paper examines the processes of forecasting the state of an industrial complex and managing its potential most effectively at different hierarchical levels. The theoretical framework of the study is the network approach to the subject-object structure of the industrial complex viewed as a complex dynamic system. The method of agent-oriented modelling was used as having certain advantages in comparison with neoclassical equilibrium models. For the processes in question, we propose utilizing a deterministic economic-mathematical model, in which the dynamics of the main factors (phase vectors) is described by the relevant vector linear discrete recurrent equations in the presence of control actions. The developed management system has three levels of decision-making: (1) the dominating (federal) level controlled by an aggregated federal agent; (2) the first subordinate (regional) level controlled by aggregated regional agents; and (3) the second subordinate (enterprises) level controlled by production agents. The article presents a general scheme for solving the problems of forecasting the state of and optimizing the management of the production potential using the developed three-level hierarchical discrete controlled dynamic system. The results obtained can be used in the design of intelligent computer systems for information supply and managerial decision-making.

Keywords: agent-oriented model; controlled dynamic systems; management model; industrial complex; industrial development.

Funding: The paper was funded by the Russian Science Foundation, grant No. 22-28-01868 “Developing an agent-based model of a network industrial complex amid digital transformation” (<https://rscf.ru/project/22-28-01868/>).

Article info: received August 10, 2022; received in revised form September 21, 2022; accepted September 30, 2022

For citation: Akberdina V.V., Shorikov A.F. (2022). Managing industrial complexes: A hierarchical agent-oriented model. *Upravlenets/The Manager*, vol. 13, no. 6, pp. 2–14. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-1. EDN: WNQLUI.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленность представляет собой ключевую сферу материального производства, в рамках которой формируется значительная доля ВВП большинства стран мира. Как бы интенсивно ни развивались постиндустриальное общество и третичный сектор экономики, как бы ни сокращалась доля промышленности в структуре экономики, промышленный комплекс остается ядром, вокруг которого возникают и функционируют все иные виды экономической деятельности, укрепляются межотраслевые связи, создаются и модернизируются рабочие места. С точки зрения системного подхода промышленный комплекс любой страны, независимо от уровня экономического развития, эффективности и технологичности, представляет собой сложнейший объект управления. В настоящее время актуальность имеет не просто оценка разнородных взаимосвязей в промышленном комплексе, а формирование целостной парадигмы, которая включает в себя не только понимание системной сущности, но и моделирование объектно-субъектной структуры промышленного комплекса для эффективного управления.

Проблема управления промышленным комплексом представляется задачей столь же сложной и комплексной, как и сам объект управления. Выделим отдельные аспекты данной проблемы.

Во-первых, имеется сложность в понимании состава промышленного комплекса. Объектный состав промышленности представляет собой совокупность предприятий, обладающих производственными возможностями и выпускающих промышленную продукцию или оказывающих производственные услуги. Это определение промышленного комплекса является классическим [Czamanski, Czamanski, 1977; Czamanski, Ablas, 1979; Алампиев, 1980; Huallachain, 1984]. Вместе с тем промышленные предприятия имеют четкую территориальную привязку, что позволяет говорить о территориальных промышленных комплексах [Пробст, 1965; Бандман, Бандман, Есипова, 1990; Шевченко, 2005; Евдокимова, 2009; Морковкин, 2010; Идзиев, Арсланов, Арсланова, Рабаданова, 2014; Мазиллов, 2022]. Наивысшей территориальной структурой является территория государства, в пространственном разрезе которой региональные промышленные комплексы представляют собой самостоятельные объекты управления. В свою очередь, национальный промышленный комплекс в категориях национальных счетов становится самостоятельным объектом управ-

ления наряду с другими элементами национальной экономики [Пилипенко, Гринюк, 2013; Боев, 2019; Пастухов, 2020; Положенцева, Клевцова, 2021].

Во-вторых, существует сложность согласования целей субъектов управления промышленным комплексом. Так, на уровне промышленного предприятия субъектами управления выступают собственники его имущественного комплекса, целью которых в большинстве случаев является рост объемов деятельности и получение прибыли. Альтернативные цели, такие как импакт-инвестирование, социальная и экологическая ответственность, ставятся далеко не всеми предприятиями. Предприятия как объекты управления собственниками составляют отраслевой промышленный комплекс, а локализованные отраслевые комплексы формируют региональный промышленный комплекс, субъектом управления которым выступают уже региональные органы исполнительной власти. Их целевая функция связана с ростом эффективности материального производства, расположенного на территории региона, и обеспечением условий для повышения уровня и качества жизни населения за счет создания новых рабочих мест и увеличения заработной платы. При этом администрации регионов зачастую ориентированы исключительно на решение внутренних задач, воспринимая региональный промышленный комплекс как замкнутую систему и не принимая во внимание эффективность межрегиональной кооперации, межтерриториальной трудовой миграции и реализации инфраструктурных проектов. И только федеральные органы исполнительной власти рассматривают национальный промышленный комплекс в совокупности и решают задачи оптимального пространственного размещения. Но, в свою очередь, федеральные стратегические проекты на практике сталкиваются с ограничением – отсутствием или недостаточным объемом инвестиционных ресурсов у собственников промышленных предприятий, что делает невозможным достижение целей федерального уровня.

В-третьих, при построении модели управления таким сложным объектом, как промышленный комплекс, возникает вопрос об оптимальности. Модели отраслевого равновесия, опирающиеся на неоклассическую методологию, являются достаточно абстрактными. Несмотря на существенное развитие данной методологии в части смягчения модельных ограничений, полная информированность участников отраслевого рынка и их рациональные ожидания по-прежнему

делают указанные модели неподходящими для прикладного прогнозирования развития промышленных комплексов. Скорее, следует утверждать, что участники рынка ведут себя как ограниченно рациональные агенты с адаптивными ожиданиями, а их решения не являются оптимальными без учета состояния институциональной среды, формируемой региональными и федеральными органами исполнительной власти.

Таким образом, актуальность изучения вопросов управления промышленными комплексами не вызывает сомнения, однако мозаичность теоретической и концептуальной платформы приводит к некоторой размытости границ в данной области исследований [Орехова, Азаров, 2020]. Существующие определения промышленного комплекса и методологические подходы, используемые как в научных публикациях, так и в стратегических документах государственного планирования, являются противоречивыми и усложняют моделирование системы управления.

Мы ставим целью на основе агент-ориентированного подхода представить формализованное описание промышленного комплекса как управляемой динамической системы. Новизну нашего подхода определяет тот факт, что математическая формализация модели управления реализована на трех иерархических уровнях агентов с одновременной оптимизацией и описанием состояний параметров для трех типов объектов управления.

Эта публикация начинает серию статей об управлении промышленным комплексом. Следующие статьи будут посвящены калибровке модели с целью нахождения уникального набора ее параметров, которые обеспечивают хорошее описание поведения промышленного комплекса как системы, а также эмпирической верификации модели путем сопоставления ее имитационных предсказаний с фактическими измерениями, реализованными в системе.

В данной статье мы ставим перед собой следующие задачи, которые сформулированы на основе исследовательских вопросов:

1) действительно ли агент-ориентированный подход является наиболее релевантным для формализации модели управления полиструктурным промышленным комплексом? Мы докажем, что агентные модели имеют множество неоспоримых достоинств для достижения указанной цели по сравнению с другими моделями;

2) возможно ли формализовать динамическое мультиагентное взаимодействие для сложной трехуровневой системы, в которой агенты ориентируются на разные цели? Мы предложим детерминированную экономико-математическую модель, в которой динамика основных факторов (фазовых векторов), характеризующих состояние (потенциал) национального промышленного комплекса в целом, образующих его региональных промышленных комплексов

и отдельных производственных предприятий описывается соответствующими векторными линейными дискретными рекуррентными уравнениями при наличии управляющих воздействий (управлений);

3) как математически описать управленческие задачи по прогнозированию состояния и оптимизации потенциала промышленного комплекса на уровне совокупности предприятий, региона и национальной экономики? Мы сформулируем общую схему, состоящую из последовательного решения трех задач путем реализации только одношаговых операций, допускающих их алгоритмизацию.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАМКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Опираясь на изучение эволюции исследовательской программы, представленной в статье С.В. Ореховой и Д.А. Азарова [2020], в которой в качестве одного из подходов определена теория управления, включающая стейкхолдерскую и платформенную теории, сетевой подход и теорию экосистем, отметим, что задача математической формализации процесса управления промышленным комплексом может быть успешно решена в рамках сетевого подхода. Будем опираться на него в контексте нашего исследования, поскольку он является едва ли не ключевым при обосновании эффектов процесса структурной и пространственной трансформации промышленного комплекса. Сетевой подход, как правило, тесно связан с агент-ориентированным подходом. При этом его специфика заключается в том, что внимание уделяется не самим агентам сетей, а связям, которые между ними образуются. Структура и характер сетевых связей принимаются за ключевые свойства элементов, их образующих.

Первые исследования, описывающие сетевой подход в промышленности, принадлежат М. Грановеттеру, автору нескольких работ по сетевой организации рынка [Granovetter, 1973; Granovetter, 2019], а также целому ряду американских и европейских ученых [Walker, Kogut, Shan, 1997; Orsenigo et al., 1997]. Рост интереса к сетевым формам организации промышленности совпал с формированием концепции Индустрии 4.0 [Amir, Lazzati, 2011; Акбердина, Смирнова, 2017a; Chae, Olson, 2022]. Этот интерес был усилен массовым формированием цифровых платформ в промышленном комплексе [Gerrikagoitia et al., 2019; Hänninen, Paavola, 2020].

Одним из базовых определений промышленного комплекса в рамках сетевого подхода является определение сетевых сопряженных производств, под которыми понимается совокупность экономических секторов, объединенных последовательными технологическими и производственными связями, участвующих в формировании добавленной стоимости и включенных в сетевые отношения [Акбердина, Смирнова, 2017b]. В развитие данного определения дадим свою трактовку сетевого промышленного комплекса,

под которым будем понимать совокупность открытых производственно-сервисных экосистем, вертикально и горизонтально соединенных посредством промышленного интернета вещей в цифровые платформы, действующие на принципах самоорганизации и формирующие пространственно локализованные межотраслевые сети материальных и нематериальных объектов, управление которыми осуществляется государственными регуляторами.

Необходимо отметить, что при исследовании сетей, формирующихся в индустриальном сегменте, во главу угла ставится анализ экономической природы сетевых структур. Наиболее часто анализируются такие вопросы, как структурные свойства сети, влияние структуры сети на принятие экономических решений, роль экономических стимулов в формировании структуры сети. Первый из этих вопросов носит отчетливо эмпирический характер, здесь проявляется дескриптивный характер сети как методического инструмента. Получаемые в ходе соответствующих эмпирических исследований факты подлежат обобщению и, будучи проанализированы и систематизированы, ложатся в основу работ, отвечающих на второй и третий вопросы, благодаря чему выявляется взаимосвязь между сетевыми взаимодействиями и принятием решений экономическими агентами.

Для управленческого подхода к изучению сетей характерно внимание к стратегиям управления и выявлению источников конкурентных преимуществ, возникающих благодаря сочетанию деятельности входящих в сеть узлов. Управление процессами в сетях подразумевает разработку некоего механизма координации (управленческое воздействие), направленное на согласование стратегий и целей, а также на адаптацию, упорядочение и синхронизацию всех действий, выполняемых взаимозависимыми участниками сети. Сетевой промышленный комплекс, рассматриваемый как сложный объект мультисубъектного управления, обладает свойством воспроизводить себя как в рамках имеющейся качественной определенности, так и на уровне нового качества, переход к которому означает развитие системы управления [Орехова, Ярошевич, 2017; Боев, 2019; Пастухов, 2020].

АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ ПРОМЫШЛЕННЫМ КОМПЛЕКСОМ

Ответим на вопрос о том, почему именно агентные модели наиболее релевантны для моделирования системы управления промышленным комплексом.

Агент-ориентированные модели, или многоагентные системы, состоят из набора элементов (агентов), характеризующихся некоторыми атрибутами, которые взаимодействуют друг с другом посредством определения соответствующих правил в данной среде. Широкие возможности инструментария агент-ориентированных моделей с успехом используются для

воспроизведения социально-экономических систем, структура которых может быть спроектирована с помощью сетевого подхода [Billari et al., 2006]. Посредством моделей данного класса возможно моделировать институциональную среду с ее особенностями [Коровин, 2022], прогнозировать и исследовать будущие сценарии экономической системы [Марков, Маркова, Котелкин, 2017], экспериментировать с возможными альтернативными решениями [Коровин, 2020; Новикова, Цыплаков, 2020], устанавливать различные значения для переменных решения и анализировать последствия этих изменений [Макаров, Бахтизин, Сушко, 2017]. На агрегированном уровне использование агент-ориентированных моделей способно помочь в понимании касающихся всей системы общих свойств и закономерностей, которые не могут быть выведены или спрогнозированы путем наблюдения за каждым агентом из-за сложности взаимодействий между элементами системы [Barbati, Bruno, Genovese, 2012].

Любая задача оптимизации состоит в поиске наилучшего среди множества возможных решения в соответствии с заданным критерием. Алгоритмы оптимизации – это общие пошаговые процедуры для выполнения задач оптимизации. Другими словами, считается, что соответствующий алгоритм решает проблему, если он может быть применен к любому экземпляру этой проблемы для получения приемлемого решения. Как указывает Дж. Мадейски в своей хрестоматийной статье, посвященной агент-ориентированным моделям в интеллектуальном производстве, данные модели в целях оптимизации могут быть спроектированы в соответствии с «материальной», или «функциональной», схемой декомпозиции [Madejski, 2007].

В первом случае агенты представляют материальные объекты (например, производственные мощности, промышленную продукцию, промышленные предприятия как имущественный комплекс), вовлеченные в конкретную проблему, подлежащую решению. С другой стороны, в подходе функциональной декомпозиции взаимосвязь между агентами и физическими объектами может отсутствовать, и в этом случае агенты наделяются определенными функциями, такими как планирование, организация, контроль и т. д., на основе правил, предусматривающих воспроизведение оптимизирующего поведения. Указанные действия невозможно было бы реализовать, если бы моделирование сетевого промышленного комплекса осуществлялось через неоклассические модели равновесия. Кроме того, с точки зрения качества решения агент-ориентированные модели существенно выигрывают по сравнению с моделями равновесия, поскольку агенты (предприятия) являются пространственно распределенными, у них нет глобального представления о состоянии всей системы (национального промышленного комплекса), что приводит к поискам более устойчивых локальных

максимумов целевых функций [Windrum, Fagiolo, Moneta, 2007].

Рассматриваемые модели позволяют декомпозировать большую задачу на ряд более мелких задач, что определяет такое их свойство, как модульность. Этим же свойством обладает и сам объект управления – сетевой промышленный комплекс: в производстве, базирующемся на зрелых технологиях, использование модульных конструкций и модульного дизайна разнообразных платформ обеспечивает существенный выигрыш в гибкости и экономической эффективности [Княгинин, 2013; Рамзаев и др., 2017]. Соответственно, с точки зрения скорости вычислений агент-ориентированные модели имеют определенные преимущества благодаря возможности разделять задачи на подзадачи.

Таким образом, мы доказали преимущества агентных моделей для моделирования управления полиструктурным промышленным комплексом по сравнению с другими моделями.

ОПИСАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА КАК УПРАВЛЯЕМОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Будем рассматривать сетевой промышленный комплекс как совокупность активных объектов – агентов, обладающих уникальными правилами поведения и находящихся в постоянном взаимодействии в некоторой среде. На рисунке представлена авторская логическая схема агент-ориентированной модели управления промышленным комплексом.

Согласно классическому определению Вулдриджа – Дженнингса, агент – это некоторая вычислительная система, которая взаимодействует со средой и имеет следующие свойства: независимость, коммуникативность, реактивность (агенты реагируют на сигналы, поступающие из внешней среды) и проактивность (агенты отличаются целенаправленным поведением и проявляют инициативу для достижения своих целей) [Wooldridge, Jennings, 1995]. При этом сама модель помимо совокупности агентов (субъекты управления: федеральные органы исполнительной власти → региональные органы исполнительной власти → собственники промыш-

ленных предприятий) включает в себя и совокупность иерархически вложенных объектов управления (имущественные комплексы предприятий → региональные промышленные комплексы → национальный промышленный комплекс). Каждый агент может взаимодействовать с агентами той же или других категорий. Причем агенты могут как конкурировать, если у них противоречивые цели, так и кооперироваться при совпадении целевых векторов. Кроме того, рассматриваются адаптивные возможности каждой категории агентов, а именно степень реактивности и проактивности.

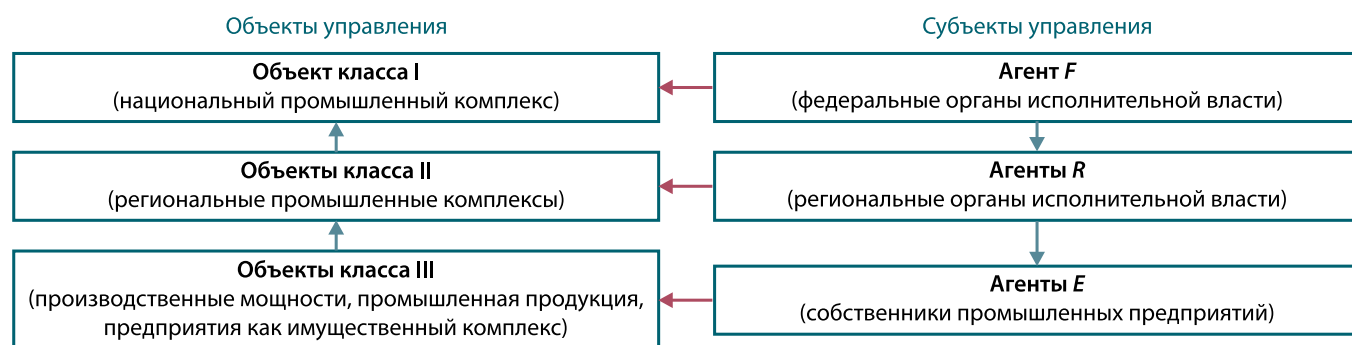
Архитектура создаваемой модели должна позволять проводить корректировки этой модели и осуществлять изменение набора агентов, их параметров, условий внешней среды; предоставлять агрегированные показатели по группе (целевому срезу) агентов, по системе в целом; визуализировать структуру взаимодействия агентов, их поведения, информационного обмена; проводить сбор и визуальное представление получаемых статистических данных, их автоматизированную обработку.

Представим описание модели управления промышленным комплексом как динамической системой. На заданном целочисленном промежутке времени $\overline{0, T} = \{0, 1, \dots, T\}$ ($T \in N$) рассматривается многошаговая динамическая система, которая состоит из $(n + m + 1)$ управляемых объектов ($n, m \in N$, где N – множество всех натуральных чисел).

Динамика объекта I (основного объекта системы – национального промышленного комплекса), управляемого федеральным агентом F – обобщенным субъектом управления, реализующим управленческие функции федеральных органов исполнительной власти, описывается векторным линейным дискретным рекуррентным уравнением вида

$$\begin{aligned} x(t+1) &= A(t)x(t) + B(t)u(t) + C(t)v(t) + D(t)w(t), \\ x(0) &= x_0. \end{aligned} \quad (1)$$

Динамика объекта II_i (i -го вспомогательного объекта системы – i -го региона), управляемого региональным агентом R_i ($i \in \overline{1, n}$) – обобщенным субъектом управления, реализующим управленческие функции



Логическая схема агент-ориентированной модели управления промышленным комплексом
Logic diagram of an agent-based model for managing an industrial complex

исполнительных органов власти i -го региона, подчиненным агента F , описывается следующим уравнением:

$$y^{(i)}(t+1) = A^{(i)}(t)y^{(i)}(t) + B^{(i)}(t)u(t) + C^{(i)}(t)v^{(i)}(t) + D^{(i)}(t)\bar{w}^{(i)}(t), \\ y^{(i)}(0) = y_0^{(i)}. \quad (2)$$

Динамика объекта III_{j_i} (j_i -го вспомогательного объекта системы – промышленного предприятия, расположенного на территории i -го региона), управляемого производственным агентом E_{j_i} (j_i -м хозяйствующим субъектом) – обобщенным субъектом управления, реализующим управленческие функции администрации j_i -го предприятия ($j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$), $i \in \overline{1, n}$; $\hat{m}_i = \hat{m}_{i-1} + m_i \in N$, $\hat{m}_0 = 1$; $\sum_{i=1}^n m_i = m \in N$), подчиненным агентам F и R_i ($i \in \overline{1, n}$), описывается следующим уравнением:

$$z^{(j_i)}(t+1) = \bar{A}^{(j_i)}(t)z^{(j_i)}(t) + \bar{B}^{(j_i)}(t)u(t) + \bar{C}^{(j_i)}(t)v^{(i)}(t) + \bar{D}^{(j_i)}(t)w^{(j_i)}(t), \\ z^{(j_i)}(0) = z_0^{(j_i)}. \quad (3)$$

Здесь $t \in \overline{0, T-1}$; $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_r(t))'$ – вектор фазовых переменных, или фазовый вектор объекта I , – набор основных параметров, описывающих потенциал национального промышленного комплекса страны в период времени t , $x(t) \in R^r$ (здесь и далее для $l \in N$, R^l – l -мерное евклидово пространство векторов-столбцов, даже если из экономики места они записаны в строку), реализации которого стеснены заданным геометрическим ограничением

$$x(t) \in X^*(t) \subset R^r, \quad (4)$$

где каждое множество $X^*(t) \neq \emptyset$ и есть выпуклый многогранник-компакт в пространстве R^r , задающий имеющиеся технико-экономические ограничения на параметры, определяющие потенциал национального промышленного комплекса, который может описываться, например, в виде

$$X^*(t) = \{x(t) : x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))' \in R^r, \\ \forall i \in \overline{1, n} : 0 \leq x_i(t) \leq x_i^*(t)\},$$

где $\forall i \in \overline{1, n} : x_i^*(t) \in R^1$, $x_i^*(t) \geq 0$.

Далее, $y^{(i)}(t) = (y_1^{(i)}(t), y_2^{(i)}(t), \dots, y_{s_i}^{(i)}(t))'$ – это вектор фазовых переменных, или фазовый вектор объекта II_i , – набор основных параметров, описывающих промышленный потенциал i -го региона ($i \in \overline{1, n}$) в период времени t , $y^{(i)}(t) \in R^1$, реализации которого стеснены заданным геометрическим ограничением

$$y^{(i)}(t) \in Y_i^*(t) \subset R^{s_i}, \quad (5)$$

где каждое множество $Y_i^*(t) \neq \emptyset$ и есть выпуклый многогранник-компакт в пространстве R^{s_i} , задающий имеющиеся технико-экономические ограничения на параметры, определяющие промышленный потенциал i -го региона, который может описываться, например, в следующем виде:

$$Y_i^*(t) = \{y^{(i)}(t) : y^{(i)}(t) = (y_1^{(i)}(t), y_2^{(i)}(t), \dots, y_{s_i}^{(i)}(t))' \in R^{s_i}, \\ \forall j \in \overline{1, s_i} : 0 \leq y_j^{(i)}(t) \leq y_j^{(i)*}(t)\},$$

где $\forall j \in \overline{1, s_i} : y_j^{(i)*}(t) \in R^1$, $y_j^{(i)*}(t) \geq 0$.

Далее, $z^{(j_i)}(t) = (z_1^{(j_i)}(t), z_2^{(j_i)}(t), \dots, z_{k_{j_i}}^{(j_i)}(t))'$ – вектор фазовых переменных, или фазовый вектор объекта III_{j_i} , – набор основных параметров, описывающих промышленный потенциал j_i -го предприятия ($j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$, $\hat{m}_i = \hat{m}_{i-1} + m_i$, $\hat{m}_0 = 1$; $m_i \in N$, m_i – число производственных предприятий в i -м регионе, $i \in \overline{1, n}$) в период времени t , $z^{(j_i)}(t) \in R^{k_{j_i}}$, реализации которого стеснены заданным геометрическим ограничением

$$z^{(j_i)}(t) \in Z_{j_i}^*(t) \in R^{k_{j_i}}, \quad (6)$$

где каждое множество $Z_{j_i}^*(t) \neq \emptyset$ и есть выпуклый многогранник-компакт в пространстве $R^{k_{j_i}}$, определяющий имеющиеся технико-экономические ограничения на параметры, отражающие промышленный потенциал j_i -го предприятия, который может описываться, например, в виде

$$Z_{j_i}^*(t) = \{z^{(j_i)}(t) : z^{(j_i)}(t) = (z_1^{(j_i)}(t), z_2^{(j_i)}(t), \dots, z_{k_{j_i}}^{(j_i)}(t))' \in R^{k_{j_i}}, \\ \forall l \in \overline{1, k_{j_i}} : 0 \leq z_l^{(j_i)}(t) \leq z_l^{(j_i)*}(t)\},$$

где $\forall l \in \overline{1, k_{j_i}} : z_l^{(j_i)*}(t) \in R^1$, $z_l^{(j_i)*}(t) \geq 0$.

Далее опишем векторы управляющих воздействий групп агентов.

Так, $u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_p(t))'$ – вектор управляющего воздействия (управления) федерального агента F в период времени t ($t \in \overline{0, T-1}$), $u(t) \in R^p$, удовлетворяющий заданному ограничению

$$u(t) \in U^*(t) \subset R^p,$$

$$U^*(t) = \{u(t) : u(t) \in \{u^{(1)}(t), u^{(2)}(t), \dots, u^{(N)}(t)\} \subset R^p\}, \quad (7)$$

где $U^*(t)$ для каждого периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ есть конечное множество векторов в пространстве R^p ($p \in N$), состоящее из N_t векторов ($N_t \in N$).

Далее, $v^{(i)}(t) = (v_1^{(i)}(t), v_2^{(i)}(t), \dots, v_{q_i}^{(i)}(t))' \in R^{q_i}$ – вектор управляющего воздействия (управления) регионального агента R_i ($i \in \overline{1, n}$) в период времени t ($t \in \overline{0, T-1}$), который зависит от допустимой реализации управления $u(t) \in U^*(t)$ агента F и должен удовлетворять следующему заданному ограничению:

$$v^{(i)}(t) \in V_i^*(t; u(t)) \subset R^{q_i},$$

$$V_i^*(t; u(t)) =$$

$$= \{v^{(i)}(t) : v^{(i)}(t) \in \{v^{(i,1)}(t), v^{(i,2)}(t), \dots, v^{(i, Q_t(i))}(t)\} \subset R^{q_i}\}, \quad (8)$$

где $V_i^*(t; u(t))$ для каждого периода времени $t \in \overline{0, T-1}$ и управления $u(t) \in U^*(t)$ агента F есть конечное множество векторов в пространстве R^{q_i} ($q_i \in N$), состоящее из $Q_t(i)$ векторов ($Q_t(i) \in N$); $v(t) = (v^{(1)}(t), v^{(2)}(t), \dots, v^{(n)}(t))'$ – вектор управления обобщенного подчиненного агента R , объединяющего всех подчиненных агентов R_i , $i \in \overline{1, n}$, $v(t) \in R^q$ ($q = \sum_{i=1}^n q_i \in N$).

Следующий вектор $w^{(j_i)}(t) = (w_1^{(j_i)}(t), w_2^{(j_i)}(t), \dots, w_{d_{j_i}}^{(j_i)}(t))' \in R^{d_{j_i}}$ – вектор управляющего воздействия (управления) подчиненного агента E_{j_i} ($j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$, $i \in \overline{1, n}$) в период времени t ($t \in \overline{0, T-1}$), $w^{(j_i)}(t) \in R^{d_{j_i}}$, который зависит от допустимых реализаций управлений $u(t) \in U^*(t)$ агента F и $v^{(i)}(t) \in V_i^*(t; u(t))$ агента R_i ($i \in \overline{1, n}$) и должен удовлетворять следующему заданному ограничению:

нивается также минимаксными показателями – чебышевским центром и величиной чебышевского радиуса прогнозного множества (области достижимости) для этого объекта на период времени T , а качество управления производственным потенциалом i -го региона оценивается значениями выпуклой целевой функции (функционалом) $\beta_{\tau, T}^{(i)}$ определенной на допустимых финальных фазовых векторах $y^{(i)}(T)$ объекта II_i . Каждое конкретное значение этого функционала оценивает рассогласование состояния производственного потенциала i -го региона в финальный период времени T от его заданного (желательного) значения. Тогда на промежутке времени τ, T целью агента R_i ($i \in \overline{1, n}$) в рассматриваемом процессе управления производственным потенциалом i -го региона является минимизация значения выбранного функционала $\beta_{\tau, T}^{(i)}$ путем выбора его допустимого программного управления $v_t^{(i)}(\cdot) = \{v_t^{(i)}(t)\}_{t \in \tau, T-1}$ ($\forall t \in \tau, T-1: v_t^{(i)}(t) \in V_i^*(t; u_t(t))$), в расчете на то, что агенты F и E_{j_i} , $j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$, также заинтересованы в этом, исходя из своих возможностей (ресурсов) и учета своих целей.

Предполагается, что все агенты R_i , $i \in \overline{1, n}$, или обобщенный агент R , совместно с объектами II_i , $i \in \overline{1, n}$, и III_{j_i} , $j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$, определяют второй подчиненный (региональный) уровень управления II , реализующий интересы в области региональной промышленной политики, подчиняясь интересам федеральных органов исполнительной власти и учитывая интересы предприятий, находящихся на территории региона.

Предполагается также, что каждому производственному агенту E_{j_i} , $j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$, $i \in \overline{1, n}$, в период времени τ ($\tau \in \overline{0, T}$) известен набор $\bar{g}^{(j_i)}(\tau) = \{\tau, z^{(j_i)}(\tau)\} \in \overline{0, T} \times R^{k_{j_i}}$ ($\bar{g}^{(j_i)}(0) = \{0, z^{(j_i)}(0)\} = \{0, z_0^{(j_i)}\} = \bar{g}_0^{(j_i)}$), который будем называть его τ -позицией.

В сфере интересов конкретного агента E_{j_i} ($j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$, $i \in \overline{1, n}$) находятся допустимые состояния объекта III_{j_i} . При этом для любого рассматриваемого промежутка времени $\tau, T \subseteq \overline{0, T}$ ($T \in N$, $\tau < T$) он сообщает агенту F и агенту R_i выбор своего допустимого программного управления $w_t^{(j_i)}(\cdot) = \{w_t^{(j_i)}(t)\}_{t \in \tau, T-1}$ ($\forall t \in \tau, T-1: w_t^{(j_i)}(t) \in W_{j_i}^*(t; u_t(t), v_t^{(i)}(t))$) на этом промежутке времени, которое они должны учитывать при формировании своих программных управлений, а агенту E_{j_i} сообщается выбор реализаций допустимых программных управлений $u_t(\cdot) = \{u_t(t)\}_{t \in \tau, T-1}$ ($\forall t \in \tau, T-1: u_t(t) \in U^*(t)$) и $v_t^{(i)}(\cdot) = \{v_t^{(i)}(t)\}_{t \in \tau, T-1}$ ($\forall t \in \tau, T-1: v_t^{(i)}(t) \in V_i^*(t; u_t(t))$) на этом промежутке времени агентами F и R_i соответственно.

С позиции конкретного производственного агента E_{j_i} ($j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$, $i \in \overline{1, n}$) результат реализации на промежутке времени τ, T рассматриваемого процесса прогнозирования финальных фазовых состояний $z^{(j_i)}(T)$ объекта III_{j_i} оценивается также минимаксными показателями – чебышевским центром и величиной чебышевского радиуса прогнозного множества (области достижимости) для этого объекта на период

времени T , а качество управления производственным потенциалом j_i -го предприятия оценивается значениями выпуклой целевой функции (функционалом) $\gamma_{\tau, T}^{(j_i)}$ определенной на допустимых финальных фазовых векторах $z^{(j_i)}(T)$ объекта III_{j_i} . Каждое конкретное значение этого функционала оценивает рассогласование состояния производственного потенциала j_i -го предприятия в финальный период времени T от его заданного (желательного) значения. Тогда на промежутке времени τ, T целью агента E_{j_i} ($j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$, $i \in \overline{1, n}$) в рассматриваемом процессе управления производственным потенциалом j_i -го предприятия является минимизация значения выбранного функционала $\gamma_{\tau, T}^{(j_i)}$ путем выбора его допустимого программного управления $w_t^{(j_i)}(\cdot) = \{w_t^{(j_i)}(t)\}_{t \in \tau, T-1}$ ($\forall t \in \tau, T-1: w_t^{(j_i)}(t) \in W_{j_i}^*(t; u_t(t), v_t^{(i)}(t))$), в расчете на то, что агенты F и R_i , $i \in \overline{1, n}$, также заинтересованы в этом, исходя из своих возможностей (ресурсов) и учета своих целей.

Предполагается, что все агенты E_{j_i} или обобщенный агент E , совместно с объектами III_{j_i} , $j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$, $i \in \overline{1, n}$, определяют третий подчиненный (производственный) уровень управления III , реализующий интересы в области политики предприятий, подчиняясь интересам федеральной администрации, то есть агенту F , и интересам администраций соответствующих регионов, то есть агентам R_i , на территориях которых они находятся.

Отметим, что введенное ограничение (8) устанавливает, что поведение каждого подчиненного агента R_i , $i \in \overline{1, n}$, или обобщенного агента R , при достижении поставленных перед ним целей явно зависит от поведения доминирующего агента F , а ограничение (9) устанавливает, что поведение каждого подчиненного агента E_{j_i} , $j_i \in \overline{\hat{m}_{i-1}, \hat{m}_i - 1}$, $i \in \overline{1, n}$, при достижении поставленных перед ним целей явно зависит от поведения доминирующих над ним агента F и соответствующего агента R_i .

Предполагается также, что в рассматриваемом процессе управления каждый из агентов при выборе своего допустимого программного управления на промежутке времени τ, T ($\tau < T$), способствует достижению другими агентами их целей без ущемления своих интересов. При этом каждому агенту известны соотношения (1) – (9), описывающие исследуемую динамическую систему.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Для решения рассматриваемой задачи предлагается общая схема, которая состоит из последовательного решения трех задач.

Задача 1. Управление на уровне объекта класса I (национальный промышленный комплекс). Для реализации своей τ -позиции в фиксированном промежутке

времени федеральному агенту F требуется выполнить следующие действия:

- найти множество σ -оптимальных программных управлений агентов F , R и E ;
- сформировать множество σ -оптимальных программных управлений (управляющих воздействий) агента F – совокупность механизмов федеральной промышленной политики;
- для фиксированного σ -оптимального программного управления агента F сформировать σ -оптимальное прогнозное множество состояний объекта I и вычислить его минимаксные оценки – сценарии реализации федеральной промышленной политики на уровне национального промышленного комплекса.

Задача 2. Управление на уровне объекта класса II (региональные промышленные комплексы). Для реализации своей t -позиции в фиксированном промежутке времени отдельно взятым региональным агентом R_i ($i \in \overline{1, n}$) для каждого σ -оптимального программного управления агента F агенту R_i требуется выполнить следующие действия:

- сформировать множество допустимых программных управлений агента R_i ;
- найти множество $\sigma^{(i)}$ -оптимальных программных управлений агентов R_i и \bar{E}_i , соответствующих программному управлению агента F – механизмы региональной промышленной политики, транслирующие механизмы федерального уровня;
- сформировать множество $\sigma^{(i)}$ -оптимальных программных управлений агента R_i ;
- для фиксированного $\sigma^{(i)}$ -оптимального программного управления агента R_i сформировать $\sigma^{(i)}$ -оптимальное прогнозное множество объекта II_i и вычислить его минимаксные оценки – сценарии реализации региональной промышленной политики на уровне регионального промышленного комплекса.

Задача 3. Управление на уровне объекта класса III (имущественные комплексы промышленных предприятий). Для реализации своей t -позиции в фиксированном промежутке времени отдельно взятым

агентом E_{ji} для каждого σ -оптимального программного управления агента F и соответствующего $\sigma^{(i)}$ -оптимального программного управления агента R_i , агенту E_{ji} требуется:

- сформировать множество допустимых программных управлений агента E_{ji} ;
- сформировать прогнозное множество объекта III_{ji} и вычислить его минимаксные оценки;
- найти множество σ_{ji} -оптимальных программных управлений агента E_{ji} – механизмы повышения эффективности управления имущественным комплексом предприятия;
- сформировать множество σ_{ji} -оптимальных программных управлений агента E_{ji} ;
- сформировать прогнозное множество объекта III_{ji} в финальный период времени T и множество σ_{ji} -оптимальных финальных фазовых состояний объекта III_{ji} – сценарии реализации комплекса оперативных мероприятий по повышению эффективности деятельности предприятия.

В таблице представлены качественные характеристики задач оптимизации согласно разработанной модели.

Отметим, что решения сформулированных многошаговых задач 1–3 прогнозирования состояния и оптимизации многоуровневого потенциала федерального промышленного комплекса находятся путем реализации только одношаговых операций, допускающих их алгоритмизацию, а именно путем реализации:

- конечного числа одношаговых алгебраических операций над векторами в конечномерных векторных пространствах;
- конечного числа одношаговых алгебраических операций для двойственного описания многогранников-компактов в конечномерных векторных пространствах (с помощью их крайних опорных вершин и соответствующих конечных совместных систем линейных алгебраических равенств и неравенств);
- конечной последовательности решений одношаговых задач дискретной оптимизации.

Качественные характеристики задач оптимизации агент-ориентированной модели управления промышленным комплексом
Qualitative characteristics of optimization problems for an agent-based model for industrial complex management

Характеристика	Описание	Качество модели
Размер	Количество переменных решения, параметров, ограничений	Относительно невысокая иерархическая сложность
Модульность	Возможность четкого определения подчиненных субъектов, вложенных объектов и подзадач	Поддержка модульной декомпозиции
Временной масштаб/изменяемость	Частота изменения характеристик объектов управления	Высокая реактивность и модифицируемость, короткое время отклика
Качество решения	Наличие оптимального или близкого к оптимальному решения	Способность находить оптимальные или близкие к оптимальным решения
Вычислительная сложность	Количество итераций, необходимых для решения задачи	Относительно невысокое количество итераций, короткое время вычисления при условии автоматизации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В исследовании доказано, что агент-ориентированный подход является наиболее релевантным для формализации модели управления полиструктурным промышленным комплексом.

Для рассматриваемых в данной статье задач прогнозирования состояния потенциала национального промышленного комплекса, входящих в него региональных промышленных комплексов и имущественных комплексов предприятий, а также оптимизации управления потенциалами данных объектов предложена математическая формализация в виде нахождения решений трех многошаговых задач.

Следует отметить, что важной особенностью предлагаемой формализованной трехуровневой иерархической системы прогнозирования состояния и оптимизации управления потенциалом промышленного комплекса является то, что она учитывает и позволяет

сочетать стратегические интересы как страны в целом, так и образующих ее регионов и производственных предприятий.

Архитектура агент-ориентированной модели позволит реализовать ее в среде AnyLogic и создать основу для дальнейшего развития инструментария моделирования процессов управления промышленным комплексом. Верификация данной модели даст возможность выявить не учтенные на данном этапе связи между агентами, уточнить их особенности, произвести их численную оценку. Полученные результаты могут быть использованы при компьютерном моделировании и создании многоуровневых систем управления сложными экономическими, социальными и другими динамическими процессами, функционирующими в условиях риска и информационной неопределенности. ■

Источники

- Акбердина В.В., Смирнова О.П. (2017a). Сетевые сопряженные производства: экономическая безопасность и отраслевые рынки // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. Т. 13, № 9 (354). С. 1656–1675. <https://doi.org/10.24891/ni.13.9.1656>.
- Акбердина В.В., Смирнова О.П. (2017b). Концепция сетевых сопряженных производств в контексте четвертой промышленной революции // Вестник Забайкальского государственного университета. № 7. С. 104–113.
- Алампиев П.М. (1980). Основные проблемы формирования промышленных комплексов. Москва: Мысль.
- Бандман М.К., Бандман О.Л., Есипова Т.Н. (1990). Территориально-производственные комплексы: прогнозирование процесса формирования с использованием сети Петри. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение.
- Боев А.Г. (2019). Методологический подход к разработке и реализации стратегии институциональных преобразований промышленного комплекса // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. № 4 (92). С. 69–81. <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2019-4/69-81>.
- Евдокимова Е.Н. (2009). Особенности регионального промышленного комплекса как объекта управления // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. № 4 (30). С. 75–79.
- Идзиев Г.И., Арсланов Ш.Д., Арсланова Х.Д., Рабаданова А.А. (2014). Системная модернизация регионального промышленного комплекса // Вопросы структуризации экономики. № 3. С. 71–76.
- Княгинин В.Н. (2013). Модульная революция: распространение модульного дизайна и эпоха модульных платформ. Санкт-Петербург: North-West.
- Коровин Г.Б. (2020). Архитектура агент-ориентированной модели цифровой трансформации промышленного комплекса региона // Journal of New Economy. Т. 21, № 3. С. 158–174. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-3-8>.
- Коровин Г.Б. (2022). Агент-ориентированная модель цифровизации промышленности региона // Вестник Забайкальского государственного университета. Т. 28, № 7. С. 104–114. <https://doi.org/10.21209/222792452022287104114>.
- Мазилев Е.А. (2022). Развитие промышленного комплекса в контексте модернизации экономики региона. Москва: Litres.
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Сушко Е.Д. (2017). Регулирование промышленных выбросов на основе агент-ориентированного подхода // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. № 6 (54). С. 42–58. <https://doi.org/10.15838/esc.2017.6.54.3>
- Марков Л.С., Маркова В.М., Котелкин Д.Д. (2013). Агент-ориентированный подход к моделированию отраслевой эволюции: угольная промышленность России // Регион: экономика и социология. № 4. С. 242–265.
- Морковкин Д.Е. (2010). Промышленный комплекс региона как объект управления // Микроэкономика. № 5. С. 97–101.
- Новикова Т.С., Цыплаков А.А. (2020). Социальная политика в многоотраслевой агент-ориентированной модели // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. Т. 13, № 3. С. 129–142. <https://doi.org/10.15838/esc.2020.3.69.9>.
- Орехова С.В., Азаров Д.А. (2020). Промышленный комплекс: эволюция исследовательской программы // Journal of New Economy. Т. 21, № 2. С. 5–23. DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-2-1
- Орехова С.В., Ярошевич Н.Ю. (2017). Институциональная организация отраслевых рынков: теория, методика и эмпирический анализ // Экономика. Информатика. № 16 (265). С. 60–74.

- Пастухов А.Л. (2020). Модернизация промышленных комплексов как основа устойчивого развития // *Экономическая наука сегодня*. № 11. С. 99–104.
- Пилипенко Е.В., Гринюк К.П. (2013). Промышленность и промышленный комплекс в экономической науке: проблемы теории // *Бизнес. Образование. Право*. № 3 (24). С. 126–130.
- Положенцева Ю.С., Клевцова М.Г. (2021). Трансформация развития промышленного комплекса в условиях цифровой экономики // *Вестник университета*. № 2. С. 71–79. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2021-2-71-79>.
- Пробст А.Е. (1965). Эффективность территориальной организации производства. Москва: Мысль.
- Рамзаев В.М., Хаймович И.Н., Чумак В.Г., Кукольников Е.А. (2017). Использование агент-ориентированного моделирования для анализа высокотехнологичных интегрированных структур промышленности региона // *Вестник Самарского муниципального института управления*. № 2. С. 98–105.
- Шевченко И.К. (2005). Межотраслевой комплекс как элемент пространственной организации экономики // *Известия Южного федерального университета. Технические науки*. № 6. С. 39–43.
- Шориков А.Ф. (2022). Прогнозирование и минимаксное оценивание состояний производственной системы при наличии рисков // *Прикладная информатика*. Т. 17, № 4. С. 97–112. <https://doi.org/10.37791/2687-0649-2022-17-4-97-112>.
- Шориков А.Ф., Буценко Е.В. (2021). Сетевое экономико-математическое моделирование оптимизации адаптивного управления процессами бизнес-планирования // *Экономика и математические методы*. Т. 57, № 3. С. 110–125. <https://doi.org/10.31857/S042473880016413-3>.
- Amir R., Lazzati N. (2011). Network effects, market structure and industry performance. *Journal of Economic Theory*, vol. 146, no. 6, pp. 2389–2419. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2011.10.006>
- Barbati M., Bruno G., Genovese A. (2012). Applications of agent-based models for optimization problems: A literature review. *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 5, pp. 6020–6028. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.12.015>
- Billari F.G., Fent T., Prskawetz A., Scheffran J. (2006). *Agent-based computational modelling: Applications in demography, social, economic and environmental sciences (contributions to economics)*. Heidelberg: Physica-Verlag. <https://doi.org/10.1007/3-7908-1721-X>
- Chae B., Olson D. (2022). Technologies and applications of Industry 4.0: Insights from network analytics. *International Journal of Production Research*, vol. 60, no. 12, pp. 3682–3704. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1931524>
- Czamanski D.Z., Czamanski S. (1977, December). Industrial complexes: their typology structure and relation to economic development. In: *Papers of the Regional Science Association*, vol. 38(1), pp. 93–111.
- Czamanski S., Ablas L.A.Q. (1979). Identification of industrial clusters and complexes: A comparison of methods and findings. *Urban Studies*, vol. 16, no. 1, pp. 61–80. <https://doi.org/10.1080/713702464>
- Gerrikagoitia J.K., Unamuno G., Urkia E., Serna A. (2019). Digital manufacturing platforms in the Industry 4.0 from private and public perspectives. *Applied Sciences*, vol. 9, no. 14, art. 2934. <https://doi.org/10.3390/app9142934>
- Granovetter M. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, vol. 78, no. 6, pp. 1360–1380.
- Granovetter M. (2019). The old and the new economic sociology: A history and an agenda. In: *Beyond the Marketplace* (pp. 89–112). Routledge.
- Hänninen M., Paavola L. (2020). Digital platforms and industry change. *Society as an Interaction Space*, vol. 22, no. 1, pp. 213–226. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0069-5_10
- Huallachain B.O. (1984). The identification of industrial complexes. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 74, no. 3, pp. 420–436.
- Madejski J. (2007). Survey of the agent-based approach to intelligent manufacturing. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 21, no. 1, pp. 67–70.
- Orsenigo L., Pammolli F., Riccaboni M., Bonaccorsi A., Turchetti G. (1997). The evolution of knowledge and the dynamics of an industry network. *Journal of Management & Governance*, vol. 1, no. 2, pp. 147–175.
- Walker G., Kogut B., ShanW. (1997). Social capital, structural holes and the formation of an industry network. *Organization Science*, vol. 8, no. 2, pp. 109–125.
- Windrum P., Fagiolo G., Moneta A. (2007). Empirical validation of agent-based models: Alternatives and prospects. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 10, no. 2, 8.
- Wooldridge M., Jennings N. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. *Knowledge Engineering Review*, vol. 10, no. 2, pp. 115–152.

References

- Akberdina V.V., Smirnova O.P. (2017a). Network-based complementary production operations: Economic security and sectoral markets. *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost / National Interests: Priorities and Security*, vol. 13, no. 9(354), pp. 1656–1675. <https://doi.org/10.24891/ni.13.9.1656>
- Akberdina V.V., Smirnova O.P. (2017b). The concept of networked conjugate production in the context of the Fourth Industrial Revolution. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta / Transbaikal State University Journal*, no. 7, pp. 104–113. DOI: 10.21209/222792452017237104113
- Alampiev P.M. (1980). *The main problems of the formation of industrial complexes*. Moscow: Mysl.
- Bandman M.K., Bandman O.L., Esipova T.N. (1990). *Territorial production complexes: Forecasting the formation process using the Petri net*. Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie.

- Boev A.G. (2019). Methodological approach to the development and implementation of the strategy for the industrial complex institutional transformation. *Izvestiya Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. Ekonomika i upravlenie / The Bulletin of the Far Eastern Federal University. Economics and Management*, no. 4(92), pp. 69–81. <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2019-4/69-81>
- Evdokimova E.N. (2009). Special features of the regional industrial complex as an object of management. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo radiotekhnicheskogo universiteta / Vestnik of Ryazan State Radio Engineering University*, no. 4(30), pp. 75–79.
- Ildziev G.I., Arslanov Sh.D., Arslanova Kh.D., Rabadanova A.A. (2014). System modernization of the regional industrial complex. *Voprosy strukturizatsii ekonomiki / Issues of Structuring the Economy*, no. 3, pp. 71–76.
- Knyagin V.N. (2013). *Modular revolution: The spread of modular design and the era of modular platforms*. Saint Petersburg: North-West.
- Korovin G.B. (2020). Architecture of the agent-based model for the region's industrial complex digital transformation. *Journal of New Economy*, vol. 21, no. 3, pp. 158–174. <https://doi.org/10.29141/2658-5081-2020-21-3-8>
- Korovin G.B. (2022). Agent-oriented model of the region's industry digitalization. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta / Transbaikalian State University Journal*, vol. 28, no. 7, pp. 104–114. <https://doi.org/10.21209/222792452022287104114>
- Mazilov E.A. (2022). *Development of the industrial complex in the context of the modernization of the regional economy*. Moscow: Litres.
- Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Sushko E.D. (2017). Regulation of industrial emissions based on the agent-based approach. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz / Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, no. 6(54), pp. 42–58. <https://doi.org/10.15838/esc.2017.6.54.3>
- Markov L.S., Markova V.M., Kotelkin D.D. (2013). Agent-based approach to modeling industry evolution: The Russian coal industry. *Region: ekonomika i sotsiologiya / Region: Economics and Sociology*, no. 4, pp. 242–265.
- Morkovkin D.E. (2010). The industrial complex of the region as an object of management. *Mikroekonomika / Microeconomics*, no. 5, pp. 97–101.
- Novikova T.S., Tsyplakov A.A. (2020). Social policy in a multi-regional agent-based model. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremeny: fakty, tendentsii, prognoz / Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, vol. 13, no. 3, pp. 129–142. <https://doi.org/10.15838/esc.2020.3.69.9>
- Orehkova S.V., Azarov D.A. (2020). Industrial complex: Evolution of a research programme. *Journal of New Economy*, vol. 21, no. 2, pp. 5–23. DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-2-1
- Orehkova S.V., Yaroshevich N.Yu. (2017). Institutional organization of industry markets: Theory, methodology and empirical analysis. *Ekonomika. Informatika / Economics. Information Technologies*, no. 16(265), pp. 60–74.
- Pastukhov A.L. (2020). The modernization of industrial complexes as basis for sustainable development. *Ekonomicheskaya nauka segodnya / Economics Today*, no. 11, pp. 99–104.
- Pilipenko E.V., Grinyuk K.P. (2013). Industry and the industrial complex in economic science: Theory problems. *Biznes. Obrazovanie. Pravo / Business. Education. Law*, no. 3(24), pp. 126–130.
- Polozhentseva Yu.S., Klevtsova M.G. (2021). Transformation of the development of the industrial complex in the digital economy. *Vestnik Universiteta*, no. 2, pp. 71–79. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2021-2-71-79>
- Probst A.E. (1965). *Efficiency of the territorial organization of production*. Moscow: Mysl.
- Ramzaev V.M., Khaymovich I.N., Chumak V.G., Kukol'nikova E.A. (2017). Agent-oriented modelling used for analysis of high-technology integrated structures in the production sector of the region. *Vestnik Samarskogo munitsipal'nogo instituta upravleniya / Bulletin of the Samara Municipal Institute of Management*, no. 2, pp. 98–105.
- Shevchenko I.K. (2005). Intersectoral complex as an element of the spatial organization of the economy. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki / Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, no. 6, pp. 39–43.
- Shorikov A.F. (2022). Prediction and minimax estimation of the production system in the presence of risks. *Prikladnaya informatika / Applied Informatics*, vol. 17, no. 4, pp. 97–112. <https://doi.org/10.37791/2687-0649-2022-17-4-97-112>
- Shorikov A.F., Butsenko E.V. (2021). Optimization of adaptive network economic and mathematical modeling of business planning process control. *Ekonomika i matematicheskie metody / Economics and Mathematical Methods*, vol. 57, no. 3, pp. 110–125. <https://doi.org/10.31857/S042473880016413-3>
- Amir R., Lazzati N. (2011). Network effects, market structure and industry performance. *Journal of Economic Theory*, vol. 146, no. 6, pp. 2389–2419. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2011.10.006>
- Barbati M., Bruno G., Genovese A. (2012). Applications of agent-based models for optimization problems: A literature review. *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 5, pp. 6020–6028. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.12.015>
- Billari F.G., Fent T., Prskawetz A., Scheffran J. (2006). *Agent-based computational modelling: Applications in demography, social, economic and environmental sciences (contributions to economics)*. Heidelberg: Physica-Verlag. <https://doi.org/10.1007/3-7908-1721-X>
- Chae B., Olson D. (2022). Technologies and applications of Industry 4.0: Insights from network analytics. *International Journal of Production Research*, vol. 60, no. 12, pp. 3682–3704. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1931524>
- Czamanski D.Z., Czamanski S. (1977, December). Industrial complexes: their typology structure and relation to economic development. In: *Papers of the Regional Science Association*, vol. 38(1), pp. 93–111.
- Czamanski S., Abblas L.A.Q. (1979). Identification of industrial clusters and complexes: A comparison of methods and findings. *Urban Studies*, vol. 16, no. 1, pp. 61–80. <https://doi.org/10.1080/713702464>

- Gerrikagoitia J.K., Unamuno G., Urkia E., Serna A. (2019). Digital manufacturing platforms in the Industry 4.0 from private and public perspectives. *Applied Sciences*, vol. 9, no. 14, art. 2934. <https://doi.org/10.3390/app9142934>
- Granovetter M. (1973). The strength of weak ties. *American Journal of Sociology*, vol. 78, no. 6, pp. 1360–1380.
- Granovetter M. (2019). The old and the new economic sociology: A history and an agenda. In: *Beyond the Marketplace* (pp. 89–112). Routledge.
- Hänninen M., Paavola L. (2020). Digital platforms and industry change. *Society as an Interaction Space*, vol. 22, no. 1, pp. 213–226. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0069-5_10
- Huallachain B.O. (1984). The identification of industrial complexes. *Annals of the Association of American Geographers*, vol. 74, no. 3, pp. 420–436.
- Madejski J. (2007). Survey of the agent-based approach to intelligent manufacturing. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 21, no. 1, pp. 67–70.
- Orsenigo L., Pammolli F., Riccaboni M., Bonaccorsi A., Turchetti G. (1997). The evolution of knowledge and the dynamics of an industry network. *Journal of Management & Governance*, vol. 1, no. 2, pp. 147–175.
- Walker G., Kogut B., ShanW. (1997). Social capital, structural holes and the formation of an industry network. *Organization Science*, vol. 8, no. 2, pp. 109–125.
- Windrum P., Fagiolo G., Moneta A. (2007). Empirical validation of agent-based models: Alternatives and prospects. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 10, no. 2, 8.
- Wooldridge M., Jennings N. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. *Knowledge Engineering Review*, vol. 10, no. 2, pp. 115–152.

Информация об авторах**Information about the authors****Акбердина Виктория Викторовна**

Доктор экономических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАН, заместитель директора по науке. **Институт экономики УрО РАН**, г. Екатеринбург, РФ. E-mail: akberdina.vv@uiec.ru

Шориков Андрей Федорович

Доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Центра структурной политики. **Институт экономики УрО РАН**, г. Екатеринбург, РФ. E-mail: shorikov.af@uiec.ru

Viktoriya V. Akberdina

Dr. Sc. (Econ.), Professor of the RAS, Corresponding Member of the RAS, Deputy Director for Science. **Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences**, Ekaterinburg, Russia. E-mail: akberdina.vv@uiec.ru

Andrey F. Shorikov

Dr. Sc. (Physics and Mathematics), Leading Research Fellow of the Center for Structural Policy. **Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences**, Ekaterinburg, Russia. E-mail: shorikov.af@uiec.ru

DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-2

EDN: IMYONM

JEL Classification: D4, L4

Empirical geographic market definition for antitrust: The case of the Russian cement market

Anna I. Meleshkina^{1,2}, Irina N. Filippova^{2,3}, Andrey E. Shastitko^{1,2}¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia² The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Moscow, Russia³ Gaidar Institute for Economic Policy, Moscow, Russia

Abstract. Geographic market definition is an important element of antitrust enforcement in the framework of countering monopolistic activities and M&A (mergers and acquisitions) control. Incorrectly defined geographic market can lead to false conclusions about the state of competition. The main way to identify the geographic market is the SSNIP test, which, however, is not always applicable. The study presents the analytical approach to defining a geographic market based on actual data. The methodological basis of the study is industrial organization theory applied to antitrust. The proposed approach makes it possible to obtain empirically based conclusions about geographic market using statistical tests, such as the Elzinga-Hogarty test together with price action analysis (price correlation and relative price stability). The approach is tested using the case study of the cement industry with Russian producers' participation in 2014–2020. Based on Rosstat data on monthly price dynamics and cement supplies between the federal districts, we prove that the cement market geographic boundaries were wider than one federal district for all the districts except the Far Eastern Federal District. The paper discusses the possibilities and limitations of the approach, such as the necessity comply with the requirements for the statistical properties of the studied time series, as well as full access to data. The study is vital for expanding the tools of relevant market definition applied in antitrust research.

Keywords: antitrust; geographic market definition; the Elzinga-Hogarty test; cement market; relevant market; price indicators.

Article info: received July 29, 2022; received in revised form September 19, 2022; accepted September 30, 2022

For citation: Meleshkina A.I., Filippova I.N., Shastitko A.E. (2022). Empirical geographic market definition for antitrust: The case of the Russian cement market. *Upravlenets/The Manager*, vol. 13, no. 6, pp. 15–29. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-2. EDN: IMYONM.

Эмпирические оценки географических границ рынка цемента в целях применения антимонопольного законодательства

А.И. Мелешкина^{1,2}, И.Н. Филиппова^{2,3}, А.Е. Шаститко^{1,2}¹ Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, РФ² Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, г. Москва, РФ³ Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара, г. Москва, РФ

Аннотация. Определение географических границ релевантного рынка – важный элемент антимонопольного правоприменения в рамках противодействия монополистической деятельности и контроля сделок экономической концентрации. Неточности в этой сфере могут привести к ошибочным выводам относительно состояния конкуренции на рынке. Основным способом определения указанных границ считается тест гипотетического монополиста, который, однако, далеко не всегда применим. Исследование направлено на разработку и апробацию методики определения географических границ рынка на основе фактических данных, которая позволяет получать эмпирически обоснованные выводы с применением статистических тестов. Методологической базой работы является теория отраслевых рынков применительно к антимонопольному регулированию. Метод исследования включает проведение теста Эльзинга – Хогарти совместно с анализом ценовых индикаторов: оценка корреляции цен и стабильности относительных цен. Данный инструмент апробирован на примере производства цемента с участием российских производителей. Информационной базой послужили сведения Росстата о ежемесячной динамике цен и поставках цемента между федеральными округами за период 2014–2020 гг. Результаты теста Эльзинга – Хогарти, тестов на корреляцию цен и на стабильность относительных цен свидетельствуют о том, что Дальневосточный федеральный округ является отдельным географическим рынком, тогда как другие регионы объединяются с соседними и имеют общие географические границы. Раскрыты возможности и ограничения применения предложенной методики, в частности необходимость соблюдения требований к статистическим свойствам исследуемых временных рядов, а также наличие доступа к данным. Результаты исследования расширяют инструментальный анализ релевантных рынков для целей антимонопольного регулирования.

Ключевые слова: антимонопольная политика; географические границы рынка; тест Эльзинга – Хогарти; рынок цемента; релевантный рынок; ценовые индикаторы.

Информация о статье: поступила 29 июля 2022 г.; доработана 19 сентября 2022 г.; одобрена 30 сентября 2022 г.

Ссылка для цитирования: Meleshkina A.I., Filippova I.N., Shastitko A.E. (2022). Empirical geographic market definition for antitrust: The case of the Russian cement market // *Управленец*. Т. 13, № 6. С. 15–29. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-2. EDN: IMYONM.

INTRODUCTION

Defining product and geographic market boundaries is inherent in the analysis of competition in product markets in order to apply antitrust laws (control of economic concentration, countering abuse of dominant position, anticompetitive agreements and concerted actions) [Fletcher, Lyons, 2016]. Product market definition is the basis for establishing its volume, participants and their market shares, the level of market concentration, as well as testing the hypothesis of a company's market dominance.

Accordingly, if these boundaries are defined incorrectly, this can result in the under- or overestimation of the seller's market share, erroneous conclusion about the presence/absence of dominance, inaccurate assessment of the state of competition in the relevant market [Shastitko, Meleshkina, Markova, 2021; Meleshkina, 2021], as well as incorrect identification of the company's behaviour on the market with the corresponding type I and type II errors in the decision and order of the antitrust authority.

Examining the methodology for product market definition is beyond the scope of the current study. This topic is widely debated in foreign [MacLeod, 1981; Walker, 1983; Fishwick, 1993; Morse, 2003] and Russian research studies [Shastitko, Meleshkina, Dozmarov, 2019; Pavlova, Shastitko, 2019; Shastitko, Meleshkina, Markova, 2022].

The issue of geographic market definition for antitrust is less developed. In our opinion, within this field there are unused opportunities for finding a compromise between the accuracy and economy of estimates, which are typical of the geographic market problem, and therefore have been undeservedly ignored (with a few exceptions, e.g. [Shastitko, 2019]) by researchers.

The purpose of the article is to develop and test a methodology for geographic market definition based on actual data for implementing antitrust laws.

The paper presents the results of defining the cement geographic market in Russia. The uniqueness of the work lies in not only testing the effectiveness of the unfairly forgotten Elzinga-Hogarty test on actual statistical data, but also in using a special computer software as a means to compensate for the test's weaknesses in the 'accuracy-economic' coordinate system. The study is a logical continuation of the publication by Shastitko [2019] and demonstrates the practical applicability of its theoretical conclusions using the case study of the cement market.

The novelty of the obtained results builds on the Elzinga-Hogarty test being operationalized using actual

data and programming tools (computer software). This highlights the relevance and legitimacy of using this technique in antitrust enforcement today. Additionally, the paper proves the falsity of the assumptions underlying the regulatory authority's decisions without due regard for the structure of product flows between federal districts.

Having analysed an array of relevant scientific works, we found that there was a lack of empirical studies conducted by Russian scientists based on up-to-date industry data that would characterize a product-specific geographic market using a set of tools to verify the outcomes obtained. At that, the given technique is universal and can be reproduced for other product markets.

Our approach meets the managerial goals and objectives both in state regulation and at the level of firm and allows:

- improving the validity/conclusiveness of decisions made in the field of antitrust enforcement without increasing their complexity;
- strengthening the methodological part of antitrust compliance programs developed by companies.

In the Russian law enforcement practice, the Elzinga-Hogarty test is not the major method for geographic market delineation. For this reason, the first section of the article discusses the problems of geographic market definition using the SSNIP¹ test. The next section reveals the results of geographic market definition using the Elzinga-Hogarty test with an emphasis on the cement industry's characteristics that are important for determining the relevant market. In the third section, we analyze price indicators that allow verifying the estimates obtained through the Elzinga-Hogarty test. In the final section, conclusions and recommendations for further research in the area under study are presented.

GEOGRAPHIC MARKET DEFINITION METHODS

The necessity to define the geographic product market is stipulated by the Order No. 220 of the Federal Antimonopoly Service (FAS) of Russia dated April 28, 2010 "On approval of the Procedure for conducting an analysis of the state of competition in the product market" (hereinafter referred to as the Order No. 220), which regulates the analysis procedure in accordance with the provisions of the Federal Law of July 26, 2006 No. 135-FZ "On protection of competition".

¹ Small but significant and non-transitory increase in price.

Geographic market definition aims to establish the territory, where its participants exert competitive pressure on each other. According to the Order No. 220, these boundaries correspond to the territory, where the buyer acquires or has the economic, technical or other opportunity to acquire goods which they are unable to acquire outside this territory.

In accordance with para 4.5 of the Order No. 220, the geographic product market can be defined through:

- 1) the SSNIP test (para 4.6 of the Order No. 220);
- 2) identification of (a) actual sales areas (buyer locations), and (b) economic entities (sellers) making sales in the given product market;
- 3) the combination of methods (1) and (2) or any other method that unambiguously localizes sales areas where sellers compete with each other in selling goods to predetermined buyers.

The SSNIP test. According to the Order No. 220, the SSNIP test is applied to clarify buyers' opinion on delineation of the geographic product market. To this end, buyers are asked a question "From what sellers (located outside the predetermined product market) and in what quantity do you prefer to purchase a product if there is a 5–10% long-time (for at least 12 months) increase in its price (within the predetermined product market) while the price outside this territory stays the same?".

Thus, to expand the geographic market beyond the predetermined boundaries, two conditions should be met. Firstly, a 5–10% increase in prices in the market should provoke consumers to purchase goods in other territories. Secondly, the consequent decline in sales should make this price increase unprofitable. The SSNIP test is based on the prerequisite that companies operate rationally (according to the principle of profit maximization). Hence, if the increase in price leads to a decrease in profits, it is unprofitable.

Assume that a market participant with market power has the production capacity to supply goods to territories pre-defined as different geographic markets (territories X and Y). The SSNIP test allows assessing whether it is possi-

ble for a manufacturer to raise the product price in territory X while keeping profits unchanged due to consumers switching to territory Y. If so, then territories X and Y form two different geographic markets. If not, these territories are identified as the same geographic market.

The test algorithm is graphically shown in Fig. 1. Starting with the smallest possible market, the market boundaries are gradually expanded with additional geographic regions until a hypothetical monopolist benefits from a small but significant and long-term price increase within the considered market boundaries (that is, by 5–10%).

Although the SSNIP is used to compensate for the complexity of economic-theoretical modelling, this test has a number of significant drawbacks. One of them is the difficulty in obtaining survey data. The survey itself can be costly. For instance, consumers are assumed to be aware of producers operating in neighbouring territories, which they are likely to switch to in the event of a price increase. However, in practice, they may not have such information or hide it for fear of sanctions imposed by the supplier. Moreover, there are no obvious reasons for participating in the survey and giving truthful answers. While the FAS is entitled to request the necessary information from market participants, including in the form of a survey as part of the SSNIP test, independent researchers may not be able to receive answers in a similar survey.

In addition, in terms of the test's operationalization, its disadvantages are:

- 1) inapplicability for those markets, where goods are sold through direct contracts that do not allow estimating the price level and the size of consumption on the basis of open market data;
- 2) labour intensity (resource and time) of using the survey method with a significant number of market participants.

The above limitations can justify the use of alternative methods for defining the relevant market. The Elzinga-Hogarty test can be used as a method to reliably delineate the geographic market based on open data from customs statistics.

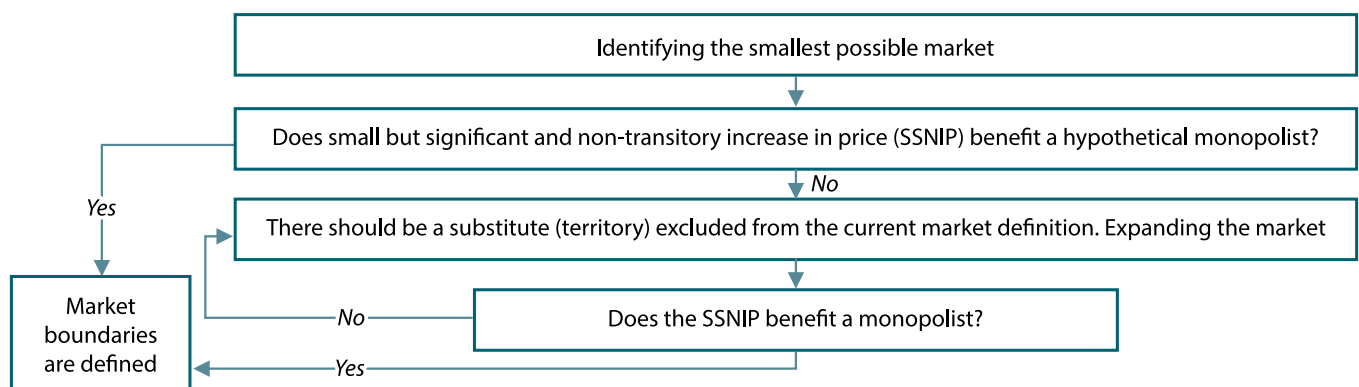


Fig. 1. The SSNIP test algorithm¹

Рис. 1. Алгоритм проведения теста гипотетического монополиста

¹ Compiled by the authors based on the provisions of the Order No. 220.

The Elzinga-Hogarty (E-H) test. The Order No. 220 regulates the possibility of using the method for establishing actual sales areas to define the geographic market, which, in conjunction with item 4.2c allows focusing on the structure of product flows, namely, delineating the territory, where product flows both into and out of the region should not exceed 10%.

Such stipulations of the Order No. 220 make it possible to apply the E-H test to define a geographic market using the data on product flows [Elzinga, Hogarty, 1973; Elzinga, Hogarty, 1978; Elzinga, 1981]. This test is based on the analysis of international/interregional supply volumes to test the hypothesis that several regions/countries belong to the same geographic market. In addition, it can be used to deal with more complex cases of defining geographic boundaries where we assume that they do not coincide with the fixed radius market definition [Bowblis, North, 2011].

The test includes two indicators, these are LIFO and LOFI. LIFO (Little In From Outside) reflects the ratio of local supply and demand for a product. It should be close to 1, since the amount of goods consumed from outside the expected geographic market should be minimal. LOFI (Little Out From Inside) shows the percentage of production not consumed locally, i.e., exported. It should be close to 1, since for correct geographic market definition the share of production not consumed locally should be minimal. This means that the relevant geographic market covers all territories that either export or import significant volumes of the product under study. LIFO and LOFI are calculated by formulas (1) and (2), respectively:

$$\text{LIFO} = 1 - (\text{import}/\text{consumption}); \quad (1)$$

$$\text{LOFI} = 1 - (\text{export}/\text{production}). \quad (2)$$

The general idea of this combined test lies in expanding the possible market boundaries until both indicators are close to 1, which characterizes the situation where imports and exports for the territory defined as the geographic market are close to zero. The threshold values for ceasing market expansion are 0.9, i.e., no more than 10% of products can be exported from or imported into the territory of the relevant market.

For applying the LOFI criterion, it is expedient to start with analysing product flows: to select a reference point (the region or the country of the manufacturer, which is a more common practice in antitrust analysis), then find the region with the maximum volume of deliveries (exports) and calculate the LOFI indicator. If it is greater than 0.9, then there is no need to expand the geographic market; if less than 0.9, the test is not passed and the region with the next largest exports should be added to the relevant market. A similar procedure is carried out for LIFO. The value of 0.9 corresponds to the Order No. 220 criterion of a 10% threshold for product flows between different geographic markets.

Despite being in demand in US antimonopoly practice [Scheffman, Spiller, 1987; Elizalde, 2012; Gaynor et al., 2013] and the EU [Elizalde, 2012; Pietrzak, Roman, Mucha, 2016], the test has a number of limitations [Massey, 2000; Elzinga, Swisher, 2011]:

- its results are contingent on the selected reference point, i.e., the E-H test-based geographic market definition varies according to the pre-defined relevant market;
- interpretation of imports and exports is not always applicable to service markets, which imposes restrictions on the use of the test in certain industries.

The advantage of the Elzinga-Hogarty test in defining geographic markets is that, to be calculated, the test uses data on product flows between the regions and the volumes of production and consumption within them. It is possible to solve the problem of the pre-defined reference point by testing all territories under study as the initial point. Such calculations can be too laborious to perform manually; however, this procedure can be performed using algorithms (in this case, in the Stata software).

Obviously, the Elzinga-Hogarty test has its limitations: only potential competition is assessed, that is, the possibility of increasing supplies between territories with rising prices. That is why, in order to clarify the results of the test, it should be supplemented with analysis of the actual price dynamics in the territories in question using price indicators.

Analysis of price indicators: criteria for price correlation and relative price stability. The idea behind correlation criterion is that if goods belong to the same market, i.e., they exert competitive pressure on each other, then the dynamics of their prices cannot differ significantly. Then, with change in the price of one good, the price of the other good shifts accordingly. To measure the extent to which these price changes are synchronized, correlation is used. It acts as an indicator of the systematic change in the value of one random variable with a shift in one or several variables, which describes a correlation between them.

The criterion of price correlation (goods in different territories) is a common approach to assessing competitive pressure when defining the geographic market [Stigler, Sherwin, 1985; Hatzitaskos, Card, Howell, 2012]. Correlation shows the relationship between variables. It considers whether the changes are unidirectional and addresses the stability of the ratio of deviations from the mean for each variable. That is, if the change in variables over time is not unidirectional or/and the ratio of deviations from the mean for each variable is unstable, then the correlation coefficient is low, while in the case of synchronous changes, the correlation is high. To confirm the hypothesis that the territories where the product was sold belonged to the same geographic market, the correlation of product prices in these territories should be high. Moreover, the synchronism of the change should not be due to the factors that similarly affect the price dynamics in the two territories (for example, changes in prices for common raw materials).

However, prices in different territories may be subject to different external shocks (for example, a natural disaster in one of the regions), or companies may respond to changes in market conditions in the same market with a time lag, while correlation analysis is aimed at checking whether price changes occur simultaneously. This can lower the correlation coefficient so that it does not reflect the actual relationship between prices. Thus, in addition to the price correlation method, other tests should be used to check the result, for example, a test for relative price stability.

According to the criterion of relative price stability, goods in the same market face similar supply and demand, and this interaction results in the market price. Then, the price ratio of such goods should be relatively stable in time. To measure the stability of relative prices, it is necessary to check the time series corresponding to the log of the price ratio to stationarity (a process that does not change its properties over time refers to a stationary process) [Forni, 2004]. To determine whether a time series is stationary, the Dickey-Fuller test is applied.

However, the stationarity of the time series corresponding to the price ratio can be caused by the fact that the time series of each price is stationary. This fact neither rejects the hypothesis that the goods belong to the same market, nor confirms it. This constitutes grounds for further testing of the market boundaries with other methods, but not for concluding that the market boundaries are exactly as where they are.

Testing prices for cointegration is an alternative statistical approach to determining relative price stability. Cointegrated time series are those categorized as non-stationary, while their linear combination is stationary, that is, the series are subject to mutual changes.

Among the advantages of price tests is the availability of data on price dynamics (usually such information is in the public domain, since collected by Rosstat¹). The insufficient length of the studied time series can be a potential problem as a large amount of statistical data is needed for the tests to work correctly. Another problem is presence of clear seasonal fluctuations or trends that distort the causality of the time series' mutual fluctuation. In some cases, such challenges make statistical tests impossible.

THE ELZINGA-HOGARTY TEST IN DEFINING THE CEMENT MARKET GEOGRAPHIC BOUNDARIES

The overview of the methods for defining the geographic market shows that it is possible to conduct research on the basis of actual statistical data in cases where undertaking a survey seems problematic. Using the Elzinga-Hogarty test along with price indicators analysis for defining the geographic market is also justified from the standpoint of antitrust laws.

The approach proposed in the given study is relevant to the requirements of the Order 220 as it includes:

1) analysing the volume of interregional supplies to test the hypothesis about several regions defined as the same geographic market;

2) pre-defining the geographic product market by choosing the reference point for the Elzinga-Hogarty test;

3) confirming the results of the tests/criteria through their consistency.

In addition, para 4.2 of the Order No. 220 stipulates the requirements for information underlying the geographic product market definition. The data set used in the study satisfies these requirements, in particular:

1) using the data about the region where the economic entity, being the object of antitrust control, operates;

2) considering the pricing in the cement market and the differences in price levels in the territory of the Russian Federation;

3) examining the structure of product flows (in the territory, where the extent of product flows both into and out of the region should not exceed 10%), which is directly implemented in the E-H test.

Transportation costs are beyond the scope of the present study, which, given the large territory of the country, needs to be justified. According to para 4.4 of the Order No. 220, "if, following the purchase of goods supplied from any territories (from sellers located in any territories), the buyer incurs significant costs typically exceeding 10% of the weighted average price of the goods available to the buyer(s) within the pre-defined geographical boundaries of the relevant market, then such territories (sellers) should belong to distinct product markets." However, according to Art. 4 of the Federal Law "On protection of competition", "a product market is the area of circulation of a product (including foreign-made one) that cannot be substituted for another product, or of interchangeable products, within which (including its geographical boundaries) *the buyer can purchase the product based on economic, technical or other possibility or expediency*, and there is no such possibility or expediency outside this area."

Thus, in the context of consumers *actually switching* to goods sold in other regions, the 10% criterion in respect of price-related costs (including transportation) cannot be the basis for attributing individual sales areas to other product markets. The findings of our study are based on product flows analysis, i.e., data on actual consumption, which is sufficient to recognize their reliability without assessing the share of transport costs in the total price of a product.

Terms of product circulation in the relevant market definition. There is a large number of cement manufacturers in the Russian Federation scattered all over its territory (the specificities of cement production in Russia are discussed in [Kiselev, 2008; Parshina, 2013; Shutko, Merzlyakova, 2016; Makarov, Ponomarev, 2021]). However, there are several top producers in the Russian cement market. Table 1 presents statistics on relative economic output of all Russian cement companies, which shows that five

¹ The Federal State Statistics Service of the Russian Federation.

Table 1 – Shares of Russian cement producers in total supplies in the RF, 2014–2020, %
Таблица 1 – Доли российских производителей цемента в 2014–2020 гг. в общих отгрузках на территорию РФ, %

Producers	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 (November)
Eurocement Group	27.5	31.7	29.7	28.6	26.5	28.4	28.3
Gazmetallproekt	8.5	9.9	9.2	9	9.7	10.1	9.4
Lafarge & Holcim	8.8	7.7	7.7	8.4	9.7	9.1	8.9
HeidelbergCement	5.5	6.8	8.2	7.9	8.2	7.8	8.2
Sibcem	9.5	9.4	8.7	8.4	8.7	8.3	8.2
SLK Cement	3	4.2	4.7	4.7	4.9	5.2	6.6
Smikom	2.7	3.5	3.7	3.6	3.8	4.4	4.6
Sebryakovcement	4.3	4.7	5.1	5.3	5.2	4.5	4.6
Vostokcement	3	3.3	3.6	3.9	4.2	4.4	4.4
Others	20.4	14	15.9	16.4	16.4	15.2	13.9

Source: compiled based on data from the information-analytical portal Beton.ru. <https://beton.ru/>. (in Russ.)

main producers provided more than 60% of cement production in the Russian Federation during 2014–2020.

Among the top cement producers of the Russian Federation are:

1. Eurocement Group. According to the company's official website¹, the holding has 16 cement plants across Russia and aggregate-mining quarries. The Group's annual production capacity is 50 million tonnes of cement, which is comparable to concrete consumption in Russia in 2021 (60 million tonnes²).

2. Gazmetallproekt has two enterprises in Krasnodar krai (the Southern Federal District): OAO Novoroscement that owns three cement plants, and OAO Verhebakan-sky Cement Plant. The total annual production capacity amounts to 8.1 million tonnes of cement³, which is significantly lower than that of Eurocement Group.

3. Sibcem (Siberian Cement) holding has 14 enterprises, including a quarry, which means the company has its own supply of raw materials. Cement plants are located in the Siberian Federal District and the Far Eastern Federal District: Kemerovo oblast, the Republic of Buryatia, Krasnoyarsk krai, Novosibirsk and Irkutsk oblasts. The total production capacity is comparable to the capacity of Gazmetallproekt and amounts to 9 million tonnes of cement per year.

4. Lafarge & Holcim. In Russia, the company owns four factories in Moscow, Kaluga and Saratov oblasts (the Central Federal District⁴). One of the factories is mothballed. In addition, the company is a raw materials producer having three quarries (one is mothballed) in Karelia.

5. HeidelbergCement. The company has three cement plants in Leningrad oblast (the Northwestern Federal Dis-

trict), the Republic of Bashkortostan (the Volga Federal District), and Tula oblast (the Central Federal District)⁵.

The remaining production volumes are covered by a significant number of small cement producers.

There is an imbalance in cement supplies in favour of megalopolises, particularly Moscow and Saint Petersburg⁶. Regional consumers experience a shortage of cement and are forced to look for suppliers from other sales areas. Market imbalances are also due to buyers (manufacturers of precast concrete and ready-mixed concrete) reserving cement under extended contracts with cement plants.

According to para 4.1 of the Order No. 220, a product market may cover the territory of the Russian Federation or go beyond its boundaries (federal market), cover the territory of several constituent entities of the Russian Federation (interregional market), be within the boundaries of a constituent entity of the Russian Federation (regional market), be within the boundaries of a municipality (local market). The above specificities of the cement industry in Russia underlie the need to answer the following questions: are cement producers operating in the RF territory really participants of the same geographic market? are there any grounds for referring market participants to smaller markets, i.e., within the RF constituent entities or the RF federal districts?

Why do these questions matter in the light of antitrust enforcement? If the cement geographic market coincides with the borders of the Russian Federation, then, strictly speaking, the activities of cement companies would not come to the attention of the FAS of Russia, since the structure of the market would not meet the quantitative crite-

¹ Eurocement Group official website. <https://www.eurocement.ru/cntnt/rus/company.html>. (in Russ.)

² Overview of the cement industry of the Eurasian Economic Union. April 2022. Eurocement. <https://www.eurocement.ru/engine/documents/document17814.pdf>. (in Russ.)

³ Gazmetallproekt. <https://www.gmpro.ru/o-kompanii>. (in Russ.)

⁴ Holcim. <https://holcimrus.ru/about/>. (in Russ.)

⁵ HeidelbergCement. <https://www.heidelbergcement.ru/ru>. (in Russ.)

⁶ Gorodnova A., Katargyn D. (2021). "Cement is leaving for Moscow": Tatarstan is running out of "bread for construction". <https://www.business-gazeta.ru/article/527681>. (in Russ.)

ria for collective dominance ($CR_3 < 50\%$ and $CR_5 < 70\%$ ¹) (see Table 1).

Allowing for the location of producers and consumers, as well as cement storing/transporting conditions, we can assume that the geographic boundaries of the cement market may coincide with the boundaries of the federal districts. In the next part of the study, we test this hypothesis using the E-H test and price indicators.

Product flow analysis. The Elzinga-Hogarty test. To conduct the E-H test for the cement market in order to define its geographical boundaries, we used annual data for 2014–2020 on the volumes of production and consumption in eight federal districts (the Central Federal District (CFD), the Northwestern Federal District (NFD), the Volga Federal District (VFD), the Southern Federal District (SFD), the Ural Federal District (UFD), the Siberian Federal District (SibFD), the North Caucasian Federal District (NCFD), and the Far Eastern Federal District (FEFD)), as well as on imports/exports of cement between the federal districts. The data for the test were retrieved from monthly reports of CM PRO Analytics “Pro market. Analysis of the cement market in Russia” (hereinafter referred to as CM PRO) aggregated to annual data.

We apply this test to assess the chain accession of territories [Shastitko, 2019]. To resolve the problem of choosing the reference point, we have automated those calculations where each of the federal districts is taken as the reference point. To that end, the code we developed in the Stata software was used.

The general idea of the algorithm is as follows.

For each region, it is necessary to:

- 1) define the region having the largest total imports with the territory in question;
- 2) calculate the share of imports in product flows between the territories for consumption (LIFO) and the share of exports for production (LOFI);
- 3) if both shares are less than 10%, the region under review cannot be combined with any of the others to

¹ According to Part 3 Art. 5 of the Federal Law of July 26, 2006 No. 135-FZ «On protection of competition».

have common boundaries; if both shares are more than 10%, the reference territory and the one in question are combined;

4) identify the territory with the next largest trade flows with the reference region;

5) after that, the following are calculated: the share of imports between the federal district considered for accession and the united federal districts for consumption (LIFO); the share of exports between the federal district considered for accession and the united federal districts for production (LOFI);

6) if both shares are less than 10%, the region under review is not included in the common borders that are defined within the two territories united in the first step. If both shares are more than 10%, then the district's territories are combined and the geographical borders cover three territories;

7) the procedure is carried out to add subsequent territories.

This cycle is repeated for each territory designated the reference point.

The test is performed for each year individually, which helps trace the dynamics of interregional product flows. The test results in the form of LOFI and LIFO are given in Table 2.

According to the results obtained, the LOFI and LIFO measures (or at least one of them) are significantly less than 1 (cells filled with colour) for all the federal districts, excluding the Far Eastern Federal District. LOFI and LIFO for this district are close to 1, which allows delineating this territory as a distinct geographic market. Thus, the E-H test indicates that the geographic market is wider than the boundaries of each federal district, except for the FEFD.

To determine the relevant market, it is necessary to expand its geographic boundaries by combining the federal districts so that the LOFI and LIFO measures near 1. At that, it is possible to start with any of the seven federal districts. Based on the reference point, there are several combinations for consolidating the geographic boundaries. The first one to join is the district having the largest amount

Table 2 – LOFI and LIFO test results for product flows between the federal districts, 2014–2020

Таблица 2 – Результаты оценок показателей LOFI и LIFO по товаропотокам между федеральными округами, 2014–2020

FDs	2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020*	
	LOFI	LIFO	LOFI	LIFO	LOFI	LIFO	LOFI	LIFO	LOFI	LIFO	LOFI	LIFO	LOFI	LIFO
CFD	0.925	0.792	0.900	0.821	0.894	0.806	0.894	0.784	0.896	0.804	0.889	0.793	0.897	0.823
VFD	0.793	0.911	0.807	0.892	0.771	0.881	0.720	0.900	0.744	0.905	0.711	0.902	0.719	0.895
SFD	0.594	0.831	0.614	0.800	0.639	0.801	0.639	0.802	0.623	0.822	0.650	0.808	0.720	0.865
UFD	0.822	0.772	0.786	0.742	0.775	0.785	0.780	0.766	0.779	0.738	0.745	0.736	0.732	0.792
SibFD	0.855	0.930	0.861	0.924	0.878	0.951	0.870	0.939	0.866	0.934	0.837	0.918	0.890	0.943
NFD	0.969	0.896	0.994	0.886	0.993	0.824	0.995	0.741	0.985	0.746	0.986	0.694	0.992	0.674
NCFD	0.760	0.487	0.832	0.524	0.832	0.509	0.846	0.503	0.878	0.482	0.877	0.549	0.929	0.550
FEFD	0.940	0.997	0.953	0.997	0.960	0.996	0.956	0.992	0.986	0.985	0.988	0.962	0.998	0.977

Note. (*) As of November, 2020.

Source: compiled using data from CM PRO (<https://cmpro.ru/rus/catalog/analitika/cement/>).

of imports with the reference region. Then, the regions with maximum product flows with one of the districts within the market boundaries are added in sequence. The district is added to the reference point if import/export flows between the federal districts account for more than 10% of consumption/production in the districts, respectively. Thus, the greater the volume of consumption and production in the federal district, the smaller the proportion of product flows and the less reason to expand the geographic boundaries. This can be interpreted in a way that prices in this district are less affected by prices in the other federal districts, but it can still exert significant pressure on the other FDs if included in the geographic boundaries with a different reference point. The results of the federal districts' consolidation are shown in Table 3.

The calculation results are stable in time, with the exception of 2020, which is due to the shocks caused by the economic turmoil and markets' adaptation to the COVID-19 pandemic. Definition of the Far Eastern Federal District as a distinct market is stable in time, as is the unification of the CFD and the UFD into the single geographic market, which was expanded with the VFD in 2015 and the NFD (through the SibFD), the VFD (through the NFD), and the CFD (through the VFD) in 2017. Except for 2020,

the NCFD is stably defined within the same geographical boundaries with the SFD and the CFD. At the same time, the SFD is also stably combined with the CFD, which leads to the stable results extending to the NCFD and the VFD.

Thus, the cement geographic market is defined as follows:

- in 2014 – the SFD, the NCFD, the CFD, the VFD, the UFD, and the SibFD;
- in 2015 – the SFD, the NCFD, and the CFD, at that the VFD and the UFD form a distinct geographic market;
- in 2016 – the SFD, the NCFD, and the CFD, at that the SibFD and the UFD form a distinct geographic market;
- in 2017 – the SFD, the NCFD, the CFD, the VFD, the NFD, the SibFD, and the UFD;
- in 2018 – the SFD, the NCFD, the CFD, and the VFD, at that the SibFD and the UFD form a distinct geographic market;
- in 2019 – the SFD, the NCFD, the CFD, the VFD, and the NFD, at that the SibFD and the UFD form a distinct geographic market;
- in 2020 – the SFD and the NCFD, at that the CFD, the VFD, the UFD, the NFD form a distinct geographic market.

The results obtained are summarized in Fig. 2, where each colour corresponds to a geographic market.

Table 3 – Consolidation of the federal districts with the expansion of the cement market geographic boundaries, 2014–2020
Таблица 3 – Объединение федеральных округов при расширении географических границ рынка цемента, 2014–2020

Reference point	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CFD	VFD	SFD	–	VFD	VFD	VFD	VFD
VFD	UFD	–	–	–	–	–	CFD, UFD
SFD	CFD	CFD	CFD	CFD	CFD	CFD	–
UFD	SibFD	VFD	SibFD	SibFD	SibFD	SibFD	VFD
SibFD	UFD	–	UFD	UFD	UFD	UFD	–
NFD	–	–	–	SibFD, VFD	–	VFD, CFD	CFD, VFD
NCFD	CFD, SFD	CFD, SFD	CFD, SFD	CFD, SFD	CFD, SFD	CFD, SFD	SFD
FEFD	–	–	–	–	–	–	–



Fig. 2. Results of cement geographic market definition, 2014–2020

Рис. 2. Обобщение результатов оценки географических границ рынка цемента, 2014–2020

The presence of overflows indicates that competitive pressure is possible, but not guaranteed. That is why, in order to confirm the obtained results, relative prices need to be analysed.

Price indicators. Competition and the possibility of switching between suppliers ensure that there is no room for arbitrage: it is impossible to make a cheaper purchase in one territory and sell it at a higher price in another one if both territories belong to the same geographic market. In addition, due to competitive pressure of producers and the spillover of demand within geographic boundaries, prices are expected to equalize over time. We should also observe the same adaptation of prices to demand shocks, if any.

To assess the similarity of price dynamics, we use the following tests:

- price correlation criterion;
- relative price stability criterion.

Since each of the methods applied has its advantages and disadvantages, we use all methods available. Similar results allow one to make more confident conclusions about the actual market definition compared to the results of a separate test (*ceteris paribus*).

To evaluate the price dynamics, monthly purchase price data in the public domain (91 observations) for the period from January 2014 to July 2021¹ were used. Analy-

¹ Official website of the Federal State Statistics Service. Indicator "Average purchase prices of basic construction materials, parts and structures by contractors, cement".

sis of the price dynamics (Fig. 3) shows that the purchase (buyer) price of cement in the Far Eastern Federal District noticeably exceeds the price level in the other seven federal districts (more than twice in some time periods). On average, the price of cement in the FEFD is 88% higher. This confirms the conclusion obtained at the previous stage of research that the FEFD is defined as a separate geographic market. To claim the same about the other regions, further tests are needed.

To assess competitive pressure when delineating the geographic market, it is typical to use the criterion of correlation between product prices in different territories [Hatzitaskos, Card, Howell, 2012]. To confirm the hypothesis that the territories where the product is sold are defined as the same geographic market, the correlation of product prices in these territories should be high. But since price analysis implies time series analysis, we should account for the specificities of this type of data.

High correlation in time series can be due to not only the joint price changes, but also to a third factor, e.g., a temporary upward trend in prices, which is associated with overall inflation in the economy rather than mutual price pressure between the federal districts. Therefore, in order to assess the correlation coefficient correctly, it is necessary to ensure the stationarity of the time series under study. To examine stationarity, the Dickey-Fuller test was carried out. The null hypothesis is that the series is not stationary. Table 4 presents *p*-values for testing the null hypothesis.

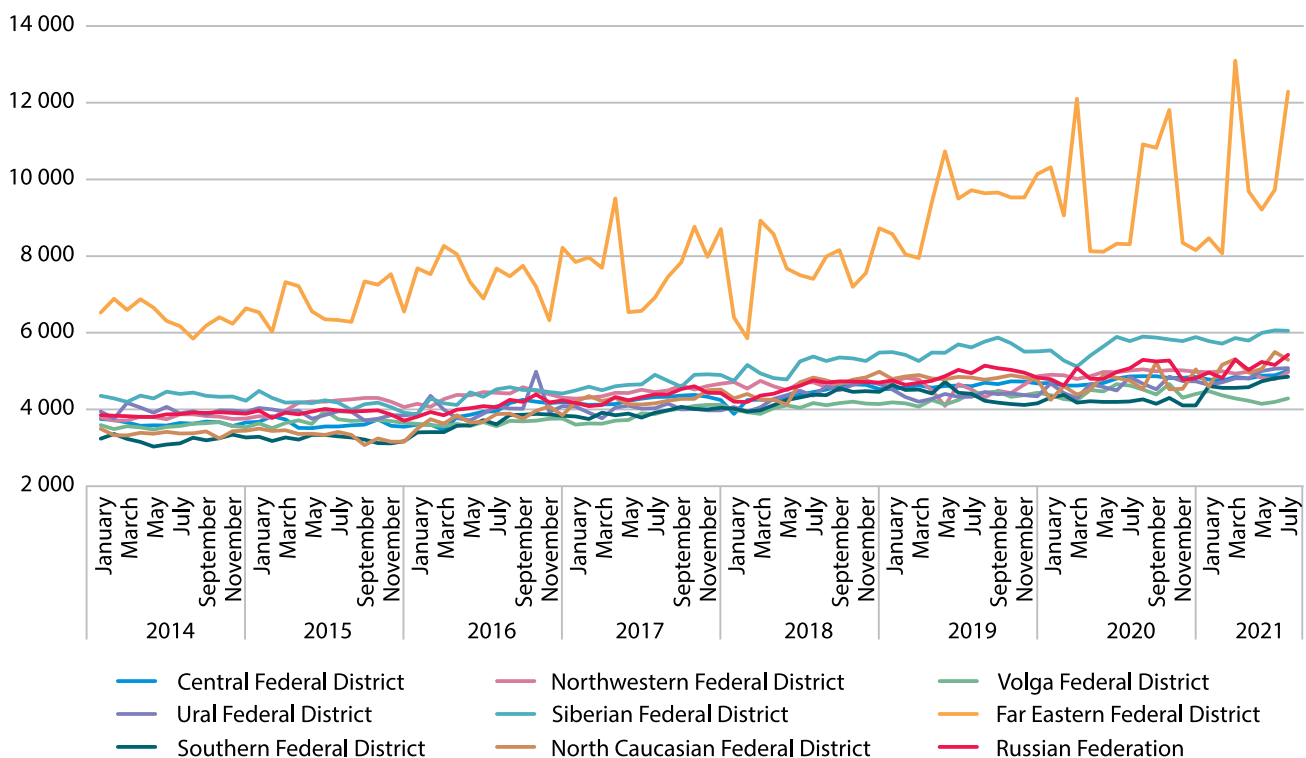


Fig. 3. Average purchase price of cement, 2014–2021, rubles per tonne¹

Рис. 3. Средняя цена приобретения цемента, 2014–2021 гг., руб./т

¹ Showcase of statistical data. Indicator "Average purchase prices of basic construction materials, parts and structures by contractors, cement". <https://showdata.gks.ru/>.

Table 4 – Testing cement purchase prices for stationarity

Таблица 4 – Результаты тестирования цен приобретения цемента на стационарность

FD	CFD	NFD	VFD	SFD	UFD	SibFD	NCFD	FEFD
<i>p</i> -value	0.8960	0.4014	0.5076	0.8517	0.0954	0.8618	0.5967	0.0022

The test result show that only prices in the FEFD and the UFD are stationary; for the other federal districts, the null hypothesis is not rejected. To proceed to stationary series, we switched to constant prices taking into account the general increase in the price. To assess the overall inflationary pressure, the consumer price index (CPI) was chosen rather than the producer price index, since at the level of the federal district the increase in cement prices reflected in the producer price index may be associated with a low level of competition in the district. Thus, the uniqueness of competition in the federal district is already covered in the producer price index, and the index-based adjustment would exclude the investigated cause of price variation. Hence, it is necessary to look at the growth of the general price level, which is not associated with competition in the territory. To that end, the CPI in the federal district was used. Table 5 presents *p*-values for the Dickey-Fuller test for stationarity of the times series adjusted for the general increase in the price level.

According to the results, the time series are stationary at the significance levels of 5 % or 10 % in all the federal districts, which allows more correct estimation of the correlation coefficient.

An estimate of the pairwise correlation coefficients of constant CPI-adjusted prices is given in Table 6.

The results of the correlation analysis confirmed the hypothesis that the Far Eastern Federal District forms a separate geographic market. In addition, based on a sig-

nificant correlation level above 0.5, the following districts can be combined in pairs to delineate a single geographic market: the Northwestern Federal District with the Volga, Ural and Siberian Federal Districts, and the Southern Federal District with the North Caucasus, Central and Siberian Federal Districts. The prices in the Central Federal District correlate with the prices in all the federal districts.

To make reasonable conclusions based on the correlation coefficients, the synchronism of change should not be due to factors having a similar effect on the price dynamics in two territories (for example, changes in prices for common raw materials), which is ignored within the framework of the presented approach. This is why it is important to use other tests to check the result, such as the relative price stability test.

To measure the stability of relative prices, the logarithm of the ratio of prices of one territory to another is checked for stationarity using the Dickey-Fuller test [Forni, 2004]. The stationarity of such a series can be interpreted in such a way that, on average, the price ratio does not change, and fluctuations in the values of the price ratio around the average do not increase or decrease over time. Testing the logarithm of the price ratio correlates with the test for cointegration, so we run both for better clarification.

However, the stationarity of the time series corresponding to the price ratio can be caused by the fact that the time series of each price is stationary. In other words,

Table 5 – Testing the CPI-adjusted cement purchase price for stationarity

Таблица 5 – Тестирование цен приобретения цемента, скорректированных на ИПЦ, на стационарность

FDs	CFD	NFD	VFD	SFD	UFD	SibFD	NCFD	FEFD
<i>p</i> -value	0.0118	0.0134	0.0556	0.0818	0.0053	0.0847	0.0135	0.0

Table 6 – Correlation coefficient for the CPI-adjusted purchase price, January 2014 – July 2021

Таблица 6 – Коэффициент корреляции цен приобретения цемента, скорректированных на ИПЦ, январь 2014 г. – июль 2021 г.

FDs	CFD	NFD	VFD	UFD	SibFD	FEFD	SFD	NCFD
CFD	1.0000	–	–	–	–	–	–	–
NFD	0.4115*	1.0000	–	–	–	–	–	–
VFD	0.6698*	0.6963*	1.0000	–	–	–	–	–
UFD	0.6409*	0.6123*	0.7571*	1.0000	–	–	–	–
SibFD	0.8391*	0.2767*	0.6662*	0.6069*	1.0000	–	–	–
FEFD	0.2089*	–0.1701	0.0692	0.0509	0.2757*	1.0000	–	–
SFD	0.6664*	0.0987	0.2677*	0.3389*	0.6011*	0.1427	1.0000	–
NCFD	0.6032*	–0.1105	0.1337	0.1604	0.6796*	0.2177*	0.7463*	1

(*) The significance level of correlation is 5%.

the fact that the time series of each price is stationary and the ratio of the corresponding prices is stationary neither rejects the hypothesis that the goods belong to the same market nor confirms it, since, in this case, the price ratio can only be a consequence of the stationarity of the price series in each territory. Therefore, for this test, as well as for testing cointegration, non-stationary time series at current prices for the period from January 2014 to July 2021 are used. The Far Eastern Federal District was excluded from the test, since the series of nominal current prices in it is stationary.

The results of testing the logarithm of the pairwise price ratio for stationarity are given in Table 7, which presents p -values to test the null hypothesis that the logarithm of the price ratio is a non-stationary series.

The test results demonstrate that at the significance level of 5% we can talk about the stability of relative prices between the federal districts.

According to the data obtained, the ratio between cement prices is stable at the significance level of 1% in the following regions:

- 1) CFD and NFD, SFD, UFD, SibFD, NCFD;
- 2) NFD and VFD, UFD;
- 3) VFD and NFD, UFD;
- 4) UFD and CFD, NFD, VFD, SFD, SibFD;

5) SibFD and CFD, SFD, UFD, NCFD;

6) NCFD and CFD, SFD, SibFD.

The price ratio in the federal districts is stable due to the fact that the goods circulating there belong to the same market and exert competitive pressure on each other, but not the fact that the very prices in each of the federal districts are stable. This gives grounds to assert that the FDs belong to the same geographic market.

Refine the obtained results by testing time series for cointegration. To do this, it is necessary to carry out the standard Engle-Granger procedure [Engle, Granger, 2015], which consists in analysing the correspondence of the series to the following criterion: the series are not stationary, but their first differences are stationary. Next, using the least squares method, a linear combination of two prices is determined, and the retained regression residuals are tested for stationarity. If they are stationary, then there is a linear combination of two variables that is stationary, i.e., the variables are cointegrated. It is noteworthy that, in order to test the residuals for stationarity, it is reasonable to use the corrected statistics of critical values [MacKinnon, 2010], which is equal to -3.405 for the significance level of 5%. The results of the test for cointegration (z -statistics of the test for stationarity of residuals) are shown in Table 8.

Table 7 – Results of the Dickey-Fuller test for stationarity of the logarithm of the consumption price ratio (p -value)

Таблица 7 – Результаты теста Дики – Фуллера на стационарность логарифма отношения цен потребления (p -value)

FDs	CFD	NFD	VFD	SFD	UFD	SibFD	NCFD	FEFD
CFD	–	–	–	–	–	–	–	–
NFD	0.0251	–	–	–	–	–	–	–
VFD	0.0553	0.0062	–	–	–	–	–	–
SFD	0.0026	0.1004	0.3264	–	–	–	–	–
UFD	0.0003	0.0001	0.0001	0.0106	–	–	–	–
SibFD	0.0013	0.1201	0.0887	0.0056	0.0034	–	–	–
NCFD	0.0006	0.0772	0.0557	0.0000	0.0127	0.0004	–	–
FEFD	–	–	–	–	–	–	–	–

Note. The cells with p -value below 0.05 are highlighted.

Table 8 – The results of the Engle-Granger cointegration test for consumption price (z -statistics), January 2014 – July 2021

Таблица 8 – Результаты теста Энгла – Гренжера на коинтеграцию для цены потребления (z -статистика), январь 2014 г. – июль 2021 г.

FDs	CFD	NFD	VFD	SFD	UFD	SibFD	NCFD	FEFD
CFD	–	–	–	–	–	–	–	–
NFD	–3.944	–	–	–	–	–	–	–
VFD	–3.847	–3.459	–	–	–	–	–	–
SFD	–3.871	–3.66	–2.734	–	–	–	–	–
UFD	–6.085	–4.283	–4.055	–5.354	–	–	–	–
SibFD	–4.211	–3.36	–4.35	–3.447	–5.471	–	–	–
NCFD	–6.024	–3.95	–4.218	–8.225	–5.133	–5.023	–	–
FEFD	–	–	–	–	–	–	–	–

Note. In the cells highlighted, the calculated statistics exceed the critical ones, i.e., the null hypothesis about non-stationarity is rejected.

Testing the series for cointegration showed that all series are pairwise cointegrated, except for prices in the Siberian Federal District and the Northwestern Federal District, as well as the Volga Federal District and the Southern Federal District.

Analysis of price criteria supported the results of the Elzinga-Hogarty test showing that the geographic boundaries of the Russian cement market are wider than one federal district, for all the districts except the FEFD. When performing pairwise estimates of joint price changes, there were both more stable and less stable pairs of the federal districts. Having combined these findings and the results of the E-H test, we can define the Far Eastern Federal District as a separate market, and unify the North Caucasus, Southern and Central Federal Districts. Through the CFD, the Northwestern, Volga, Ural, and Siberian Federal Districts can also be defined as a single geographic market (Fig. 4).

The advantage of the proposed method for defining a geographic market is that the assessment is based on actual data, and accurate quantitative methods are used that have a criterion for accepting or rejecting the formulated hypotheses. However, the approach has its drawbacks as well. Firstly, for some of the time series used, the indicators of stationarity and non-stationarity were correct at different levels of significance, including the level of 10%, which indicates the variable accuracy of the results obtained for various federal districts. Secondly, when defining territories as a single geographic market, we are guided by the premise of a chain reaction between prices in different regions. Price indicators show that the mutual influence of prices is present only between paired regions.

Thus, the proposed methods allow determining whether the geographic market is wider than one federal district. However, to clarify these boundaries, additional factors may be required to confirm the premise of the chain reaction between prices.

CONCLUSION

The article developed a methodology for empirical analysis of the geographic market using the case study of the Russian cement market in 2014–2020, which implied performing the Elzinga-Hogarty test combined with the analysis of price indicators. The test, which considers the effect of the reference point and, therefore, carried out for each federal district, showed that the Russian neighbouring regions are defined as the geographic market, with the exception of the Far Eastern Federal District. The results of such delineation depend on the chain interpretation of the test results. The tests for price correlation and relative price stability also proved that the FEFD is a distinct geographic market, while the other neighbouring districts are combined into the single geographic market. The results of the analysis of price indicators do not contradict the Elzinga-Hogarty test. The practical implementation of the proposed methodology demonstrated that the cement market geographic boundaries were wider than one federal district for all the districts, excluding the Far Eastern Federal District

The advantage of the proposed methodology lies in using actual statistical data, obtaining research results based on statistical tests, as well as enshrining the tests in the logic of the Order No. 220, which provides formal grounds to apply it when defining a geographic market. At the same time, this approach also has a number of limitations: it is necessary to comply with the requirements for the statistical properties of the time series under study and have access to data. If monthly price statistics are in the public domain, then information on product flows is less available. Data on the cement market are collected by industry-specific analytical agencies at the federal level, which is due to the spread of manufacturers across federal districts rather than regions. But for other markets with a large number of producers, analysis of regional data, possibly restricted, might be required. Therefore, if



Fig. 4. Cement geographic market based on the Elzinga-Hogarty test and price indicators

Рис. 4. Географические границы рынка цемента на основе теста Эльзинга – Хогарти и ценовых индикаторов

we talk about the widespread use of the Elzinga-Hogarty test, it is important to expand the availability of data not only on production and consumption in a region (access to such information is provided by Rosstat), but also on flows between territories.

If the issue of data access is resolved, then the proposed approach may become one of the standard prac-

tices for analysing the geographic market. Its obvious advantage is arriving at an independent conclusion regarding the need to combine a particular area with neighbouring ones into the single geographic market. The use of statistical data and statistical tests will increase the independence and validity of conclusions about the relevant market and produce more correct results. ■

References

- Kiselev M. (2008). New factories: Competition for the sake of competition? *Stroitelstvo / Construction*, no. 10, pp. 111–114. (in Russ.)
- Makarov A.V., Ponomarev Yu.Yu. (2021). The choice of antimonopoly policy measures for highly concentrated markets (on the example of cement markets). *Vestnik Moskovskogo Universiteta / Moscow University Economics Bulletin*, no. 3, pp. 60–81. <https://doi.org/10.38050/01300105202134>. (in Russ.)
- Meleshkina A.I. (2021). Foreign competition as a factor defining geographic boundaries of market. *Nauchnye issledovaniya Ekonomicheskogo fakulteta. Elektronnyj zhurnal / Scientific Research of Faculty of Economics. Electronic Journal*, no. 4, pp. 21–33. <https://doi.org/10.38050/2078-3809-2021-13-4-21-33>. (in Russ.)
- Pavlova N.S., Shastitko A.E. (2019). Empirical analysis of market boundaries in telecommunications. *Voprosy Ekonomiki*, no. 9, pp. 90–111. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2019-9-90-111>. (in Russ.)
- Parshina E.N. (2013). Effects of the merger control on the cement market. *Nauchnye issledovaniya Ekonomicheskogo fakulteta. Elektronnyj zhurnal / Scientific Research of Faculty of Economics. Electronic Journal*, no. 1, pp. 139–158. (in Russ.)
- Shastitko A.A. (2019). The problem of the geographic market delineation: The revival of the Elzinga-Hogarty test. *Sovremennaya konkurenciya / Journal of Modern Competition*, no. 4, pp. 5–16. (in Russ.)
- Shastitko A.E., Meleshkina A.I., Dozmarov K.V. (2019). Error risks under antitrust law enforcement: Effects of demand and supply shocks. *Upravlenets / The Manager*, no. 3, pp. 2–13. DOI: 10.29141/2218-5003-2019-10-3-1. (in Russ.)
- Shastitko A.E., Meleshkina A.I., Markova O.A. (2022). Contractual relations on rubber markets: Lessons for business and economic policy. *Vestnik Moskovskogo Universiteta / Moscow University Economics Bulletin*, no. 1, pp. 3–26. (in Russ.)
- Shastitko A.E., Meleshkina A.I., Markova O.A. (2021). The market regulation triad: Antitrust, industrial policy and protectionism in the optical fiber market. *Upravlenets / The Manager*, vol. 12, no. 1, pp. 47–61. DOI: 10.29141/2218-5003-2021-12-1-4. (in Russ.)
- Shutko L.G., Merzlyakova S.B. (2016). Assessment of potential competitiveness of Russian cement producers in the world market in terms of the model «Competitive rhombus of M. Porter». *Vestnik Zabajkalskogo gosudarstvennogo universiteta / Transbaikalian State University Journal*, no. 4, pp. 129–139. (in Russ.)
- Engle R., Granger C. (2015). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Prikladnaya ekonometrika / Applied Econometrics*, no. 3, pp. 106–135. (in Russ.)
- Bowblis J.R., North P. (2011). Geographic market definition: The case of Medicare-reimbursed skilled nursing facility care. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, vol. 48, no. 2, pp. 138–154. https://doi.org/10.5034/inquiryjrnl_48.02.03
- Elizalde J. (2012). A theoretical approach to market definition analysis. *European Journal of Law and Economics*, vol. 34, no. 3, pp. 449–475. DOI: 10.1007/s10657-011-9231-1
- Elzinga K.G. (1981). Defining geographic market boundaries. *The Antitrust Bulletin*, vol. 26, no. 4, pp. 739–752.
- Elzinga K.G., Hogarty T.F. (1973). The problem of geographic market delineation in antimerger suits. *The Antitrust Bulletin*, vol. 18, no. 1, pp. 45–81. <https://doi.org/10.1177/0003603X7301800>
- Elzinga K.G., Hogarty T.F. (1978). The problem of geographic market delineation revisited: The case of coal. *The Antitrust Bulletin*, vol. 23, no. 1, pp. 1–18. <https://doi.org/10.1177/0003603X78023001>
- Elzinga K.G., Swisher A.W. (2011). Limits of the Elzinga-Hogarty test in hospital mergers: The Evanston case. *International Journal of the Economics of Business*, no. 1, pp. 133–146. DOI: 10.1080/13571516.2011.542963
- Fishwick F. (1993). The definition of the relevant market in the competition policy of the European Economic Community. *Revue d'économie industrielle*, vol. 63, no. 1, pp. 174–192.
- Fletcher A., Lyons B. (2016). Geographic market definition in European Commission merger control. *Centre for Competition Policy*. University of East Anglia. Norwich.
- Forni M. (2004). Using stationarity tests in antitrust market definition. *American Law and Economics Review*, vol. 6, no. 2, pp. 441–464.
- Gaynor M.S., Kleiner S.A., Vogt W.B. (2013). A structural approach to market definition with an application to the hospital industry. *The Journal of Industrial Economics*, vol. 61, no. 2, pp. 243–289. <https://doi.org/10.1111/joie.12015>
- Hatzitaskos K., Card D., Howell V. (2012). *Guidelines on quantitative techniques for competition analysis*. The Regional Competition Center for Latin America under the World Bank–Netherlands Partnership Program “Strengthening competition policy in Latin American Countries.”

- MacKinnon J.G. (2010). Critical values for cointegration tests. *Queen's Economics Department Working Paper*, no. 1227.
- MacLeod W. (1981). The relevant product market after brown shoe: A framework of analysis for Clayton and Sherman act cases. *Loyola University Chicago Law Journal*, no. 12, pp. 321–359.
- Massey P. (2000). Market definition and market power in competition analysis: Some practical issues. *The Economic and Social Review*, no. 4, pp. 309–328.
- Morse H. (2003). Product market definition in the pharmaceutical industry. *Antitrust Law Journal*, no. 71, pp. 633–676.
- Pietrzak M., Roman M., Mucha M. (2016). Geographical delineation of sugar market basing on Elzinga-Hogarty method. *Problems of Agricultural Economics*, vol. 1, no. 346, pp. 22–40.
- Scheffman D.T., Spiller P.T. (1987). Geographic market definition under the U.S. Department of Justice merger guidelines. *The Journal of Law & Economics*, vol. 30, no. 1, pp. 123–147.
- Stigler G.J., Sherwin R.A. (1985). The extent of the market. *The Journal of Law and Economics*, vol. 28, no. 3, pp. 555–585.
- Walker G. de Q. (1983). Product market definition in competition law. *Federal Law Review*, no. 13, pp. 299–322.

Источники

- Киселев М. (2008). Новые заводы: конкуренция ради конкуренции? // *Строительство*. № 10. С. 111–114.
- Макаров А.В., Пономарев Ю.Ю. (2021). Выбор мер антимонопольной политики для высококонцентрированных рынков (на примере рынков цемента) // *Вестник Московского университета. Серия 6, Экономика*. № 3. С. 60–81. <https://doi.org/10.38050/01300105202134>.
- Мелешкина А.И. (2021). Фактор иностранной конкуренции в определении географических границ товарного рынка // *Научные исследования экономического факультета: электронный журнал*. Т. 13, вып. 4. С. 21–33. DOI: 10.38050/2078-3809-2021-13-4-21-33.
- Павлова Н.С., Шаститко А.Е. (2019). Эмпирические оценки границ товарного рынка в сфере телекоммуникаций // *Вопросы экономики*. № 9. С. 90–111. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2019-9-90-111>.
- Паршина Е.Н. (2013). Эффекты антимонопольного контроля сделок экономической концентрации на рынке цемента // *Научные исследования экономического факультета: электронный журнал*. № 1. С. 139–158.
- Шаститко А.А. (2019). Проблема определения географического рынка: возрождение теста Эльзинги – Хогарти // *Современная конкуренция*. № 4. С. 5–16. DOI: 10.24411/1993-7598-2019-10401.
- Шаститко А.Е., Мелешкина А.И., Дозмаров К.В. (2019). Риски ошибок в применении антимонопольного законодательства: эффекты шоков спроса и предложения // *Управленец*. № 3. С. 2–13. DOI: 10.29141/2218-5003-2019-10-3-1.
- Шаститко А.Е., Мелешкина А.И., Маркова О.А. (2022). Контрактные отношения на рынках каучука: уроки для бизнеса и экономической политики // *Вестник Московского университета. Серия 6, Экономика*. № 1. С. 3–26.
- Шаститко А.Е., Мелешкина А.И., Маркова О.А. (2021). Триада регулирования рынков: антитраст, промышленная политика и протекционизм на рынке оптического волокна // *Управленец*. № 1. С. 47–61. DOI: 10.29141/2218-5003-2021-12-1-4.
- Шутько Л.Г., Мерзлякова С.Б. (2016). Оценка потенциала конкурентоспособности российских производителей цемента на мировом рынке с точки зрения модели «Конкурентного ромба М. Портера» // *Вестник Забайкальского государственного университета*. № 4. С. 129–139.
- Энгл Р., Грэнджер К. (2015). Коинтеграция и коррекция ошибок: представление, оценивание и тестирование // *Прикладная эконометрика*. № 3. С. 106–135.
- Bowblis J.R., North P. (2011). Geographic market definition: The case of Medicare-reimbursed skilled nursing facility care. *INQUIRY: The Journal of Health Care Organization, Provision, and Financing*, vol. 48, no. 2, pp. 138–154. https://doi.org/10.5034/inquiryjrn1_48.02.03
- Elizalde J. (2012). A theoretical approach to market definition analysis. *European Journal of Law and Economics*, vol. 34, no. 3, pp. 449–475. DOI: 10.1007/s10657-011-9231-1
- Elzinga K.G. (1981). Defining geographic market boundaries. *The Antitrust Bulletin*, vol. 26, no. 4, pp. 739–752.
- Elzinga K.G., Hogarty T.F. (1973). The problem of geographic market delineation in antimerger suits. *The Antitrust Bulletin*, vol. 18, no. 1, pp. 45–81. <https://doi.org/10.1177/0003603X7301800>
- Elzinga K.G., Hogarty T.F. (1978). The problem of geographic market delineation revisited: The case of coal. *The Antitrust Bulletin*, vol. 23, no. 1, pp. 1–18. <https://doi.org/10.1177/0003603X78023001>
- Elzinga K.G., Swisher A.W. (2011). Limits of the Elzinga-Hogarty test in hospital mergers: The Evanston case. *International Journal of the Economics of Business*, no. 1, pp. 133–146. DOI: 10.1080/13571516.2011.542963
- Fishwick F. (1993). The definition of the relevant market in the competition policy of the European Economic Community. *Revue d'économie industrielle*, vol. 63, no. 1, pp. 174–192.
- Fletcher A., Lyons B. (2016). Geographic market definition in European Commission merger control. *Centre for Competition Policy*. University of East Anglia. Norwich.
- Forni M. (2004). Using stationarity tests in antitrust market definition. *American Law and Economics Review*, vol. 6, no. 2, pp. 441–464.
- Gaynor M.S., Kleiner S.A., Vogt W.B. (2013). A structural approach to market definition with an application to the hospital industry. *The Journal of Industrial Economics*, vol. 61, no. 2, pp. 243–289. <https://doi.org/10.1111/joie.12015>
- Hatzitaskos K., Card D., Howell V. (2012). *Guidelines on quantitative techniques for competition analysis*. The Regional Competition Center for Latin America under the World Bank–Netherlands Partnership Program “Strengthening competition policy in Latin American Countries.”

- MacKinnon J.G. (2010). Critical values for cointegration tests. *Queen's Economics Department Working Paper*, no. 1227.
- MacLeod W. (1981). The relevant product market after brown shoe: A framework of analysis for Clayton and Sherman act cases. *Loyola University Chicago Law Journal*, no. 12, pp. 321–359.
- Massey P. (2000). Market definition and market power in competition analysis: Some practical issues. *The Economic and Social Review*, no. 4, pp. 309–328.
- Morse H. (2003). Product market definition in the pharmaceutical industry. *Antitrust Law Journal*, no. 71, pp. 633–676.
- Pietrzak M., Roman M., Mucha M. (2016). Geographical delineation of sugar market basing on Elzinga-Hogarty method. *Problems of Agricultural Economics*, vol. 1, no. 346, pp. 22–40.
- Scheffman D.T., Spiller P.T. (1987). Geographic market definition under the U.S. Department of Justice merger guidelines. *The Journal of Law & Economics*, vol. 30, no. 1, pp. 123–147.
- Stigler G.J., Sherwin R.A. (1985). The extent of the market. *The Journal of Law and Economics*, vol. 28, no. 3, pp. 555–585.
- Walker G. de Q. (1983). Product market definition in competition law. *Federal Law Review*, no. 13, pp. 299–322.

Information about the authors

Информация об авторах

Anna I. Meleshkina

Junior Lecturer of Competition and Industrial Policy Dept. **Lomonosov Moscow State University**, Moscow, Russia; Research Fellow of the Center for Studies of Competition and Economic Regulation. **The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA)**, Moscow, Russia. E-mail: ann.meleshkina@mail.ru

Irina N. Filippova

Cand. Sc. (Econ.), Research Fellow of Competition and Industrial Policy Dept. **Lomonosov Moscow State University**, Moscow, Russia; Research Fellow, **Gaidar Institute for Economic Policy**, Moscow, Russia. E-mail: filippova@365.iep.ru

Andrey E. Shastitko

Dr. Sc. (Econ.), Head of Competition and Industrial Policy Dept. **Lomonosov Moscow State University**, Moscow, Russia; Director of the Center for Studies of Competition and Economic Regulation. **The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA)**, Moscow, Russia. E-mail: aes99@yandex.ru

Мелешкина Анна Игоревна

Ассистент кафедры конкурентной и промышленной политики экономического факультета. **Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова**, г. Москва, РФ; научный сотрудник Центра исследований конкуренции и экономического регулирования. **Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ**, г. Москва, РФ. E-mail: ann.meleshkina@mail.ru

Филиппова Ирина Николаевна

Кандидат экономических наук, научный сотрудник кафедры конкурентной и промышленной политики экономического факультета. **Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова**; научный сотрудник. **Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара**, г. Москва. E-mail: filippova@365.iep.ru

Шаститко Андрей Евгеньевич

Доктор экономических наук, заведующий кафедрой конкурентной и промышленной политики экономического факультета. **Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова**, г. Москва, РФ; директор Центра исследований конкуренции и экономического регулирования. **Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ**, г. Москва, РФ. E-mail: aes99@yandex.ru

DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-3

EDN: FCHMOI

JEL Classification: D24, D25

Специфические инвестиции в ресурсы: теоретические аксиомы vs кейс российского бизнеса

С.В. Орехова¹, И.А. Бутаков^{1,2}¹ Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, РФ² ООО «УМК-Сталь», г. Верхняя Пышма, Свердловская область, РФ

Аннотация. Тип управления ресурсами определяют, согласно О. Уильямсону, параметры транзакции – ее частота и уровень специфичности инвестиций. Теоретически основная причина создания и устойчивого функционирования сложных иерархических структур связана с зависимостью успешности бизнеса от специфических и идиосинкратических ресурсов, а также с минимизацией транзакционных затрат, возникающих в результате ресурсного обмена. Предположительно верно и обратное утверждение: группа предприятий будет осуществлять специфические инвестиции в ресурсы самостоятельно, а неспецифические приобретать на рынке. Статья посвящена проверке этого тезиса на полигоне российского промышленного холдинга ООО «УМК-Сталь». Методологической основой исследования являются положения теорий прав собственности и неполных контрактов. Эмпирическая часть статьи основана на использовании экономико-статистических методов и методики составления межотраслевого баланса. Информационной базой послужили данные об экономической деятельности ООО «УМК-Сталь». Исследование аллокации производственных ресурсов по уровню специфичности состояло из двух этапов. На первом этапе оценивался выбор холдинга между специфическими и неспецифическими инвестициями в 2014–2021 гг. На втором этапе осуществлялся мониторинг ресурсных потоков внутри промышленной группы. Выявлено, что ООО «УМК-Сталь» имеет существенную неоднородность специфических инвестиций. Внутренние ресурсные потоки можно охарактеризовать как условно специфические, направленные в большей степени на получение координационных эффектов. Предложенное методическое обеспечение делает возможной дальнейшую разработку ресурсной стратегии, учитывающей проблему аллокативной ресурсной эффективности.

Ключевые слова: ресурсы предприятия; специфичность инвестиций; make-or-buy decision; аллокация ресурсов; холдинг; ресурсная стратегия; промышленная группа.

Информация о статье: поступила 8 июня 2022 г.; доработана 12 июля 2022 г.; одобрена 22 июля 2022 г.

Ссылка для цитирования: Орехова С.В., Бутаков И.А. (2022). Специфические инвестиции в ресурсы: теоретические аксиомы vs кейс российского бизнеса // *Управленец*. Т. 13, № 6. С. 30–43. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-3. EDN: FCHMOI.

Relation-specific investment: Theoretical axioms vs Evidence from Russia

Svetlana V. Orekhova¹, Ivan A. Butakov^{1,2}¹ Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia² OOO MMC-Steel, Verkhnyaya Pyshma, Sverdlovsk oblast, Russia

Abstract. According to Oliver Williamson, parameters of transaction – its frequency and relation-specific investment – determine the type of resource management. Theoretically, the main reason for the creation and sustainable functioning of complex hierarchical structures is related to business success being dependent on relation-specific and idiosyncratic resources, as well as to the minimization of transaction costs caused by resource exchange. Presumably, the converse is also true: a group of enterprises will make relation-specific investments independently and acquire non-specific resources in the market. The paper tests this thesis using the case study of the Russian industrial holding OOO MMC-Steel. Property rights theory and incomplete contracts theory make up the theoretical framework of the study. We apply economic and statistical methods, as well as the methodology of input-output balance. Empirical evidence consists of data on economic performance of OOO MMC-Steel. Production resources allocation by the level of specificity was studied in two stages. First, we assessed the holding's choice between specific and non-specific investments in 2014–2021. Second, we monitored resource flows within the industrial group. The findings show that OOO MMC-Steel's specific investments are rather heterogeneous. Internal resource flows can be described as conditionally specific and aimed to a greater extent at obtaining coordination effects. The proposed methodology makes it possible to further develop the resource strategy considering the issue of resource allocation efficiency.

Keywords: enterprise assets; relation-specific investment; make-or-buy decision; resource allocation; holding; resources strategy; industrial group.

Article info: received June 8, 2022; received in revised form July 12, 2022; accepted July 22, 2022

For citation: Orekhova S.V., Butakov I.A. (2022). Relation-specific investment: Theoretical axioms vs Evidence from Russia. *Upravlenets/The Manager*, vol. 13, no. 6, pp. 30–43. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-3. EDN: FCHMOI.

ВВЕДЕНИЕ

Причины создания и устойчивости функционирования групп промышленных предприятий подробно проанализированы еще в работах экономистов XX в. [Greenhut, Ohta, 1979; Joscow, 1985]. Аргументация исследователей строилась на использовании широкого пула экономических и управленческих теорий (подробнее об этом см.: [Орехова, Заруцкая, 2019; Бутаков, 2021]). Однако наилучшие обоснования указанных причин предъявили неинституциональные экономические теории, в частности теории прав собственности и неполных контрактов.

Согласно теории прав собственности, на решения по поводу приобретения ресурсов воздействуют две группы факторов. Первые факторы обусловлены содержанием прав собственности, вторые – конкуренцией за ресурсы [Фуруботн, Рихтер, 2005, с. 93]. Ресурсный портфель индустриальных бизнес-моделей имеет особые характеристики: их конкурентоспособность определяется доступом к минерально-сырьевым ресурсам, а также размером и качеством производственных активов.

В теории неполных контрактов стимулы к кооперации зависят от специфичности активов (далее называемой также специфичностью инвестиций в ресурсы). Согласно основоположнику данной теории О. Уильямсону, «объединенная собственность является предопределенным решением при ... специфичности активов» [Уильямсон, 1996, с. 167]. Следует предположить, что верно и обратное утверждение: экономическим объединениям при выборе приоритетов ресурсной стратегии имеет смысл инвестировать в специфические активы, а неспецифические приобретать на рынке. Речь идет о так называемом *make-or-buy decision*, экономические предпосылки которого подробно описали Л. Поппо и Т. Зенгер [Porro, Zenger, 1995].

Специфические инвестиции – это вложения в активы, которые не могут быть использованы альтернативным образом без существенной потери в их потенциале [Кузьминов, Бендукидзе, Юдкевич, 2006, с. 197], то есть они имеют ценность только в контексте определенных взаимоотношений с партнерами. Как правило, эти партнеры взаимодействуют «по вертикали» – заключают договор купли-продажи некоторого промежуточного продукта [Дзагурова, Агамирова, 2014, с. 66].

В соответствии с указанным определением активы бывают неспецифические, специфические и идиосинкратические (или интерспецифические, то есть крайней степени специфичности).

В случае объединения промышленных предприятий (особенно если речь идет о сырьевом секторе экономики) можно говорить о принципиальном значении специфических инвестиций для успешности всей бизнес-модели. Технологические процессы и необходимость масштабных и долгосрочных капи-

тальных вложений в оборудование и сопутствующую инфраструктуру, а также комплементарность этих ресурсов обеспечивают идиосинкратический характер инвестиций. Исследователи, разделяющие это мнение, отмечают, что к такому типу относится половина производственных инвестиций [Кузьминов, Бендукидзе, Юдкевич, 2006, с. 196]. С другой стороны, установлено, что даже в случае идиосинкратической зависимости от ресурсов (так называемой фундаментальной трансформации) при ухудшении финансового состояния группы происходит сокращение финансирования (или вывод активов) наименее производительных и наиболее подверженных риску бизнес-единиц [Ersahina, Irani, Lec, 2021]. В целом доказано, что производство, требующее интерспецифических инвестиций в активы, вероятнее всего приведет к вертикальной интеграции [Joscow, 1985]. Наличие прав собственности на специфический актив способствует инвестициям в него, а отсутствие подобных прав им препятствует.

Напротив, приобретение ресурсов на рынке целесообразно в случаях, когда объемы потребления этих ресурсов недостаточно велики, чтобы достигнуть максимально эффективного масштаба производства; есть возможность выбора поставщика, готового удовлетворить потребности бизнеса по минимальной цене; существуют риски снижения потребности в данных ресурсах; ресурс стандартизирован и на рынке имеется большое количество товаров-заменителей и др. [Милгром, Робертс, 1999, с. 317–321].

Целью исследования является проверка тезиса о том, что в группах промышленных предприятий ресурсные стратегии направлены на осуществление инвестиций в специфические ресурсы, которые требуют единой собственности и усиленного контроля.

Для реализации цели требуется решить ряд задач. В частности, необходимо установить основные критерии специфичности инвестиций, разработать методический инструментарий измерения уровня специфичности инвестиций и осуществить структурную оценку ресурсного портфеля группы промышленных предприятий на примере ООО «УМК-Сталь».

АЛЛОКАЦИЯ УРОВНЯ СПЕЦИФИЧНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В РЕСУРСЫ: ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Под ресурсами группы предприятий понимаются все активы, имеющиеся в распоряжении ее бизнес-единиц и определяющие консолидированный результат ее экономической деятельности. Часть ресурсного портфеля может управляться централизованно, а часть – принадлежать бизнес-единицам, использоваться и управляться ими.

Первичной задачей управления ресурсным портфелем группы предприятий является его эффективная аллокация и решение трех ключевых вопросов:

1. Какие ресурсы следует приобретать на рынке, а какие необходимо производить внутри групповой иерархии?

2. Каким образом распределить ресурсы среди предприятий группы, чтобы эффект был максимальным?

3. Каковы тактические (управление амортизацией, капитальным ремонтом, бюджетирование) и стратегические (управление развитием ресурсов, включая порядок и объем инвестиций и согласованность бюджетов) шаги по управлению ресурсами?

Все эти вопросы затрагивают институциональный аспект аллокации ресурсов, связанный с правами собственности. Важно установить, какова структура инвестиций в ресурсы и их специфичность (нацеленность на конкретного партнера) внутри и вне группы предприятий. То есть требуется определить, каков выбор между специфическими и неспецифическими инвестициями и как группа предприятий принимает make-or-buy decision.

Выигрыш от специфических инвестиций зависит от переговорной власти сторон. Именно фактор переговорной власти может служить причиной конкретных аллокационных эффектов и возникновения проблемы резервной (альтернативной) полезности, под которой понимается возможность инвестора использовать инвестиции в альтернативных сделках. Изучение этой проблемы позволило разделить специфические активы на эгоистические и кооперативные.

Эгоистические специфические инвестиции (selfish specific investments) оказывают положительное воздействие на резервную полезность самой инвестирующей стороны, позволяя ей снизить уровень издержек, связанных с производством единицы продукции [Hart, 1995]. Полная специфичность данных инвестиций предполагает, что снижение издержек происходит

лишь при взаимодействии с основным покупателем, ради которого эти инвестиции и осуществляются [Агамирова, Дзагурова, 2014, с. 84]. В случае кооперативных специфических активов (cross investments [Macleod, Malcomson, 1993], cooperative specific investments [Che, Hausch, 1999]) инвестиции оказывают положительное воздействие на уровень резервной полезности не самого инвестора, а его партнеров. При полной специфичности кооперативных инвестиций положительный эффект получает только основной покупатель, а при их частичной специфичности в выигрыше могут оказаться и покупатели альтернативные [Агамирова, Дзагурова, 2014, с. 84].

Н. Дзагурова и М. Агамирова дополнили эту классификацию гибридными инвестициями, которые оказывают положительное воздействие на уровни резервной полезности как инвестора, так и его контрагента [Дзагурова, Агамирова, 2014, с. 73]. Неоднородность специфических ресурсов требует разработки отдельного направления ресурсной стратегии и уточнения подробно описанных в работе [Агамирова, Дзагурова, 2016] моментов: какова степень специфичности инвестиций каждой из сторон? существуют ли возможности перераспределения специфических инвестиций между сторонами с целью снижения их рискованности? могут ли специфические инвестиции быть защищены условиями контракта, являются ли они верифицируемыми? какова степень симметричности специфических инвестиций сторон, участвующих в сделке?

Методическое обеспечение оценки уровня специфичности ресурсов группы промышленных предприятий направлено на верификацию двух гипотез. В результате алгоритм оценивания состоит из двух частей, каждая из которых требует использования отдельного инструментария (табл. 1).

Таблица 1 – Алгоритм оценки уровня специфичности ресурсов группы промышленных предприятий ООО «УМК-Сталь»
Table 1 – Algorithm for assessing resources specificity of the industrial enterprises group ООО MMC-Steel

Этап	Содержание первой части	Содержание второй части
1. Выдвижение гипотез исследования	H1. Группа промышленных предприятий инвестирует в специфические и идиосинкратические ресурсы больше, чем в неспецифические	H2. Специфические и идиосинкратические ресурсы генерируются внутри группы промышленных предприятий; неспецифические ресурсы приобретаются на рынке
2. Выбор инструмента для анализа	Отбор экономико-статистических показателей, иллюстрирующих аллокацию инвестиций в ресурсы	Отбор показателей для составления внутригруппового баланса потока ресурсов
3. Сбор данных	Сбор данных на основании внутренней отчетности предприятия о капитальных вложениях группы промышленных предприятий	Сбор данных о «внутренних» взаимодействиях «поставщик – покупатель» по показателям «себестоимость» и «выручка»
4. Обработка данных	1. Группировка капитальных вложений по видам: специфические, неспецифические, идиосинкратические 2. Расчет показателей центра распределения 3. Расчет показателей разброса данных 4. Расчет показателей структурных сдвигов	1. Составление внутригруппового баланса потоков ресурсов в стоимостном выражении и по видам ресурсов: специфические, неспецифические, идиосинкратические 2. Определение доли внутренних потоков ресурсов в общей себестоимости каждого подразделения
5. Интерпретация результатов	Идентификация причин подтверждения (опровержения) гипотезы исследования	

Для комплексного анализа аллокации ресурсов по уровню специфичности инвестиций группы промышленных предприятий (первая часть) представляется необходимым использовать статистические инструменты анализа. Показатели, с помощью которых считается распределение, делятся на три группы. Некоторые из них дублируют друг друга, поэтому были отобраны показатели важные, но не повторяющиеся (табл. 2).

Вторая часть методики оценки уровня специфичности ресурсов предполагает оценку того, насколько сама группа обеспечивает себя ресурсами и какова специфичность этих ресурсов. Инструментом для такой оценки может служить общеизвестный макроэкономический подход составления межотраслевого баланса М.Р. Эйдельмана, получивший развитие в трудах нобелевского лауреата В.В. Леонтьева [Леонтьев, 1925] (другое название – модель «затраты – выпуск»). Такой баланс

представляет собой единую таблицу, где совмещаются структура затрат на производство каждого продукта и структура его распределения. На микроуровне указанный подход тоже может быть полезен. Так, в одной из работ оценка соотношения внутренних и внешних потоков компании используется как мера ее вертикальной интеграции [Черкасова, Мочалов, Черкасова, 2014].

ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ СПЕЦИФИЧНОСТИ РЕСУРСОВ: ПРИМЕР ПРОМЫШЛЕННОЙ ГРУППЫ ООО «УМК-СТАЛЬ»

Апробация предлагаемой методики проводилась на основе данных ООО «УМК-Сталь» – локальной группы промышленных предприятий в составе холдинга ОАО «Уральская горно-металлургическая компания» (табл. 3), который является одним из крупнейших производителей черных и цветных металлов в Российской Федерации.

Таблица 2 – Группы статистических показателей распределения данных
Table 2 – Groups of data distribution statistic indicators

Группа показателей	Показатели
1. Показатели центра распределения (для оценки характеристик «центра» и «границ» данных)	Среднее арифметическое – сумма всех значений множества, деленная на их количество. Медиана – значение признака, находящееся в середине ранжированной совокупности. Максимум – наибольшее значение выборки. Минимум – наименьшее значение выборки. Стандартное отклонение показывает, насколько далеко от среднего арифметического находятся другие значения данных
2. Показатели разброса данных (оценка уровня неоднородности выборки)	Стандартное отклонение – мера величины вариации или дисперсии набора значений. Дисперсия – математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее популяционного или выборочного среднего. Вариация – отношение стандартного отклонения к среднему арифметическому. Размах – разность между наибольшим и наименьшим значениями результатов наблюдений. Асимметрия характеризует симметрию распределения данных около своего центра
3. Показатели структурных сдвигов (оценка качественного изменения взаимосвязей между данными)	Масса структурного сдвига – разница доли структурного показателя в текущий и базовый периоды, показывает скорость изменения удельного веса показателя за длительный период. Индекс структурного сдвига – отношение массы структурного сдвига к базовому значению показателя

Таблица 3 – Характеристика предприятий ООО «УМК-Сталь»
Table 3 – Description of ООО MMC-Steel enterprises

Наименование предприятия	Роль предприятия в группе	Основные виды продукции	Пояснения
УК ООО «УМК-Сталь» (далее – УК)	Управляющая компания	–	Управление и сбыт продукции группы
Тюменский металлургический завод «Электросталь Тюмени» (далее – ЭСТ)	Основные производственные предприятия	Лом черных металлов, заготовка литая, проволока и катанка, прокат черных металлов, чугун передельный, электросталь в слитках	Входит в юридическое лицо УК ООО «УМК-Сталь»
ПАО «Надеждинский металлургический завод» (далее – НМЗ)	Основные производственные предприятия	Аргон жидкий, заготовка осевая, кислород жидкий технический, купорос железный, трубная заготовка, чугун передельный, шлак доменный гранулированный	Является конечным производителем группы
ООО «СТРОМОС-С»	Вспомогательные производственные предприятия	Скrap, доменный присад, лом, сварочный шлак, шлакометаллическая смесь, шлаковый щебень	Несущественные объемы производства
ООО «Метресурс-С»	Сырьевые предприятия	Лом черных металлов	Является поставщиком для НМЗ и ЭСТ

Наименование предприятия	Роль предприятия в группе	Основные виды продукции	Пояснения
ООО «Метресурс-П»	Сырьевые предприятия	Лом черных металлов	Является поставщиком для НМЗ. Несущественные объемы производства
АО «Богословское рудоуправление» (далее – БРУ)	Сырьевые предприятия	Концентрат железорудный, концентрат железный, катоды медные, щебень, производство драгоценных металлов (золото, серебро), руда железная медисто-магнетитовая	Является ключевым поставщиком для ПАО «НМЗ»
АО «Метмаш»	Другие предприятия	Сдача активов в аренду	Не включен в производственные бизнес-процессы группы

Составлено по данным внутренней отчетности ООО «УМК-Сталь».

Исследование проводилось посредством анализа производственных активов, поскольку они, как было отмечено ранее, могут характеризоваться высоким уровнем специфичности и являться причиной объединения предприятий.

Для проверки первой гипотезы проведен расчет аллокации по уровню специфичности инвестиций с учетом данных об объемах капиталовложений всех бизнес-единиц ООО «УМК-Сталь» за период 2014–2021 гг. На основе широко распространенной классификации

ресурсов по уровню специфичности О. Уильямсона [Уильямсон, 1996, с. 167–169] экспертным путем все виды рассматриваемых ресурсов были распределены на неспецифические, специфические и идиосинкратические (приложение 1).

Расчеты показателей центра распределения и разброса данных представлены в табл. 4.

В течение всего исследуемого периода наблюдается значительная аллокация инвестиций в ресурсы. В начале периода среднее арифметическое значение

Таблица 4 – Показатели центра распределения и разброса данных аллокации ресурсов группы промышленных предприятий ООО «УМК-Сталь» по уровню специфичности, 2014–2021
Table 4 – Indicators of the distribution centre and scatter of resource allocation data by the level of specificity of the group of industrial enterprises ООО MMC-Steel, 2014–2021

Показатели	2014	2015	2016	2017
Показатели центра распределения				
Среднее арифметическое, тыс. руб.	2 992 290	1 022 475	394 417	548 607
Медиана, тыс. руб.	1 440 707	431 306	330 932	749 339
Стандартная ошибка	2 308 366	804 271	218 506	277 573
Минимум, тыс. руб.	2 434	22 513	51 710	0
Максимум, тыс. руб.	7 533 728	2 613 607	800 609	896 481
Показатели разброса данных				
Стандартное отклонение	3 998 206	1 393 037	378 464	480 770
Дисперсия	15 985 653 907 234	1 940 552 914 714	143 235 186 969	231 139 648 074
Асимметрия	1,49	1,57	0,73	-1,55
Размах	7 531 294	2 591 094	748 899	896 481
Вариация	1,34	1,36	0,96	0,88
Показатели	2018	2019	2020	2021
Показатели центра распределения				
Среднее арифметическое, тыс. руб.	628 450	611 932	416 939	848 018
Медиана, тыс. руб.	714 028	499 005	551 816	874 973
Стандартная ошибка	340 828	387 406	212 728	480 716
Минимум, тыс. руб.	0	4 553	50	2 243
Максимум, тыс. руб.	1 171 322	1 332 238	698 952	1 666 839
Показатели разброса данных				
Стандартное отклонение	590 332	671 008	368 456	832 625
Дисперсия	348 491 502 484	450 251 245 303	135 759 787 809	693 264 876 345
Асимметрия	-0,64	0,74	-1,43	-0,15
Размах	1 171 322	1 327 685	698 902	1 664 596
Вариация	0,94	1,10	0,88	0,98

превышало медиану в 2 раза, что свидетельствует о большом смещении данных. В последние годы эти показатели практически равны, что позволяет идентифицировать сокращение разрыва между инвестициями в ресурсы разного уровня специфичности. Показатели разброса данных также иллюстрируют незначительное сокращение аллокации инвестиций в ресурсы. Таким образом, теоретический тезис о необходимости осуществлять капитальные вложения только в специфические активы не подтверждается.

В табл. 5 представлены результаты расчета структурных изменений аллокации инвестиций в ресурсы по уровню специфичности.

Расчет структурных сдвигов ООО «УМК-Сталь» показывает, что инвестиции в специфические ресурсы за весь исследуемый период значительно меньше, чем в другие виды ресурсов. Капиталовложения в идиосинкратические ресурсы ежегодно сокращаются относительно других групп инвестиций. Наоборот, доля ин-

вестиций в неспецифические ресурсы с каждым годом имеет все более весомую величину.

Полученные эмпирические результаты опровергают гипотезу H1 о том, что в сложных иерархических структурах целесообразно инвестировать в специфические и идиосинкратические ресурсы.

Вторая часть методики направлена на проверку гипотезы о том, что основная причина создания и устойчивого функционирования промышленной группы – наличие у ее предприятий специфического ресурсного портфеля. Это означает, что предприятия группы должны осуществлять интенсивный обмен специфическими и идиосинкратическими ресурсами, а неспецифические ресурсы приобретать на рынке.

Для составления внутригруппового баланса потока ресурсов по каждому предприятию ООО «УМК-Сталь» были собраны данные о взаимодействиях «поставщик – покупатель» по показателям «себестоимость» и «выручка» за 2021 г. (табл. 6).

Таблица 5 – Показатели структурных изменений аллокации инвестиций в ресурсы группы промышленных предприятий ООО «УМК-Сталь» по уровню специфичности, 2015–2021
Table 5 – Indicators of structural change in investment allocation by the resources specificity level of the industrial enterprises group MMC-Steel, 2015–2021

Группа ресурсов	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Масса структурных сдвигов							
Специфические	0,007	0,043	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001
Неспецифические	0,692	0,119	0,295	0,461	0,565	0,281	0,495
Идиосинкратические	-0,699	-0,163	-0,295	-0,461	-0,567	-0,280	-0,495
Индекс структурных сдвигов							
Специфические	26,068	160,177	-1,000	-1,000	8,147	-0,853	2,252
Неспецифические	4,309	0,743	1,837	2,871	3,522	1,749	3,082
Идиосинкратические	-0,832	-0,194	-0,351	-0,549	-0,676	-0,334	-0,590

Таблица 6 – Баланс потоков ресурсов (учтенный по себестоимости и выручке) между предприятиями ООО «УМК-Сталь», 2021
Table 6 – Balance of resource flows (by cost price and revenue) between MMC-Steel enterprises, 2021

Показатели по предприятиям		Поставщик							
		УК	ЭСТ	НМЗ	Стромос-С	Метресурс-С	Метресурс-П	БРУ	Метмаш
УК	себестоимость	–	18,0	25 303 520,1	0	75 233,3	0	1 985,7	0
	выручка	–	18,0	32 883 214,2	0	76 127	0	4 297,1	0
ЭСТ	себестоимость	278,6	–	36 226,1	0	0	0	0	0
	выручка	279,0	–	43 095,8	0	0	0	0	0
НМЗ	себестоимость	4 843,2	98 951,0	–	87 869,8	3 250 867,0	993 237,0	878 426,9	1 356,0
	выручка	10 806,8	142 610,5	–	77 935,8	3 292 160,0	1 015 732,7	1 249 962,0	2 583,0
Стромос-С	себестоимость	4 008,2	0	4 534,0	–	0	0	0	0
	выручка	2 643,3	0	6 648,9	–	0	0	0	0
Метресурс-С	себестоимость	3 871,4	0	6 615,7	0	–	0	0	0
	выручка	5 358,1	0	7 198,9	0	–	0	0	0
Метресурс-П	себестоимость	856,6	0	7 261,6	0	0	–	0	0
	выручка	970,2	0	8 253,9	0	72,0	–	0	0
БРУ	себестоимость	11 981,0	1 868,8	783,2	0	0	0	–	0
	выручка	13 722,0	2 842,6	643,2	0	0	0	–	0
Метмаш	себестоимость	0	0	0	0	0	0	0	–
	выручка	0	0	0	0	0	0	0	–

Составлено на основе внутренней отчетности предприятий ООО «УМК-Сталь».

Составление баланса ресурсных потоков позволяет увидеть уровень концентрации трансакций между предприятиями ООО «УМК-Сталь». Так, основное производственное предприятие – ПАО «Надеждинский металлургический завод» – имеет связи со всеми подразделениями группы. Управляющая компания, которая занимается менеджментом группы и реализацией ее продукции, также отличается высокой интенсивностью ресурсных потоков. Вспомогательные предприятия не только демонстрируют низкие объемы трансакций в стоимостном выражении, но и взаимодействуют лишь с узким кругом других внутренних контрагентов.

Нетривиальные выводы можно сделать, анализируя соотношение затрат предприятия – поставщика ресурса и его выручки (которая одновременно является себестоимостью ресурса для предприятия-покупателя). В ряде случаев наблюдается убыточность трансакций. Этот факт доказывает *важность не распределительных, а координационных аллокационных эффектов¹ в промышленной группе ООО «УМК-Сталь» (что в целом и объясняет устойчивость объединения), и, в частности, может быть связан с политикой ценообразования и налогообложения. С другой стороны, это свидетельствует о наличии эгоистичных инвестиций*, когда один партнер сделки заведомо несет убытки в ходе трансакции.

Поскольку верификация такого рода гипотез предполагает значительную детализацию данных, а агрегированные показатели неинформативны, исследований, в которых изучалось бы распределение ресурсов между подразделениями одной бизнес-модели, практически нет.

Однако сделанные нами выводы частично согласуются с выводами авторов, которые рассматривали проблему внутриорганизационных ресурсных потоков. Так, разработанная Д.С. Шарфштейном и Дж. К. Штейном агентская модель иллюстрирует, что

¹ Координационные эффекты отражают, в какой мере вся группа является эффективной с точки зрения размещения ресурсов, а распределительные иллюстрируют, какие выигрыши и/или издержки имеют отдельные участники группы в результате наделения их ресурсами [Орехова, Бутаков, 2022].

поведение менеджеров направлено на повышение уровня своей переговорной силы и получение компенсаций для своего подразделения или, наоборот, «социализм» при распределении капитала, когда более слабые подразделения субсидируются более сильными [Scharfstein, Stein, 2000]. Х. Жиру и Х.М. Мюллер показали, что для обеспечения обрабатывающего предприятия промышленной группы ресурсами штаб-квартира забирает капитал и рабочую силу с других заводов, особенно менее производительных, не включенных в основные направления деятельности группы и расположенных далеко от штаб-квартиры. В результате перераспределения ресурсов увеличивается совокупная производительность в масштабах всей группы [Giroud, Mueller, 2015]. Аналогичные результаты получены и в других работах [Matvos, Seru, 2011; Midrigan, Xu, 2014].

Определение доли внутренних потоков ресурсов в общей себестоимости каждого предприятия ООО «УМК-Сталь» (табл. 7) иллюстрирует, что в целом ресурсная зависимость друг от друга у них отсутствует (за исключением УК, которая и создана для того, чтобы консолидированно осуществлять реализацию продукции группы).

Далее был составлен внутригрупповой баланс потоков ресурсов по видам ресурсов: специфические, неспецифические, идиосинкратические (приложение 2).

На практике классифицировать ресурсы по уровню специфичности довольно затруднительно, это зависит от конкретного кейса. В ряде случаев важны не столько количество ресурсов и их ценность, сколько уровень асимметрии их распределения на рынке. Согласно Д. Миллеру, при неравномерном рыночном доступе даже к стандартным ресурсам у предприятия могут возникнуть конкурентные преимущества из-за существенных затрат при копировании их конкурентами [Miller, 2003].

Необходимо отметить, что особенности рынка черной металлургии приводят к тому, что стандартизированные ресурсы приобретают специфические черты: успешность бизнеса определяется доступ-

Таблица 7 – Доли внутренних потоков ресурсов в общей себестоимости предприятий ООО «УМК-Сталь», 2021
Table 7 – Shares of internal resource flows in the total cost of MMC-Steel enterprises, 2021

Подразделение	Внутренние потоки, тыс. руб.	Себестоимость общая, тыс. руб.	Доля в себестоимости
УК	33 139 728,1	56 839 217,0	0,581
ЭСТ	53 948,4	24 516 627,0	0,002
НМЗ	1 500 350,9	25 417 478,0	0,002
Стромос-С	9 302,1	118 910,0	0,059
Метресурс-С	12 556,9	3 576 910,0	0,078
Метресурс-П	9 266,1	1 017 870,0	0,009
БРУ	17 207,7	3 193 776,0	0,005
Метмаш	0	1 356,0	0,00

ностью природно-сырьевой базы; важна территориально-производственная концентрация ресурсов, поскольку этот факт серьезно влияет на цену готовой продукции; ввиду значительной монополизации рынка крупные компании могут влиять на доступ ресурсов (как в натуральном, так и в стоимостном выражении). Таким образом, формально неспецифические ресурсы (например, лом черных металлов, железорудный концентрат и т. п.) в российской действительности приобретают особую ценность. Аренда основных средств (оборудования и производственных площадок) также связана с необходимостью локализовать ресурсы в одном месте. Все сказанное приводит к тому, что при оценке ресурсных потоков на примере конкретного кейса необходимо выделять группы ресурсов, названных нами «условно специфические».

Группировка ресурсных потоков по уровню специфичности представлена в табл. 8.

Таким образом, полученные результаты исследования опровергают гипотезу H2 о том, что внутригрупповые потоки ресурсов будут иметь специфический или идиосинкратический характер. Движения специфических ресурсов внутри группы практически не осуществляется. В целом структура ресурсов в разрезе предприятий ООО «УМК-Сталь» крайне неоднородна.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ: ПОЧЕМУ В РОССИИ ИНВЕСТИРУЮТ НЕ ТОЛЬКО В СПЕЦИФИЧЕСКИЕ АКТИВЫ?

Одна из главных задач ресурсной стратегии бизнеса – расставить приоритеты в отношении инвестиций, на которые важно иметь остаточные права контроля. Эти права оказывают влияние на стимулы экономических агентов осуществлять специфические инвестиции и, следовательно, на выбор формы взаимодействия с поставщиками ресурсов – совместная собственность в рамках одной бизнес-модели (иерархия) или раздельная собственность множества бизнесов [Melkonyan, 2013].

Однако прикладная часть нашего исследования иллюстрирует, что в действительности российские про-

мышленные группы не следуют теоретическим «советам» и не инвестируют исключительно в специфические активы. В чем же причина этого феномена?

Слабая мотивация к вложениям высокого уровня специфичности определяется, по нашему мнению, двумя группами факторов.

Факторы первой группы связаны с проблемами, возникающими при управлении специфическими активами. Среди этих проблем следует выделить, во-первых, оппортунизм стейкхолдеров и его прямое следствие – проблему вымогательства (hold-up problem), когда при осуществлении транзакции в специфические инвестиции уровень переговорной силы агента снижается. Во-вторых, следует понимать, что специфические активы часто низколиквидны, в результате чего могут возникнуть издержки переключения на альтернативные варианты транзакций. В условиях быстрых изменений внешней среды низкая ликвидность актива становится одним из серьезных недостатков. В-третьих, значительное число специфических активов в ресурсном портфеле приводит к дополнительным издержкам контроля. Наконец, в-четвертых, обозначенная ранее дилемма резервной полезности обуславливает, в свою очередь, проблемы недоинвестирования (underinvestment) или запаздывания инвестиций (time delay) в специфические активы.

Факторы второй группы обусловлены особенностями институциональной и рыночной среды. Мотивация к кооперации может возникнуть из-за высокой степени неопределенности рыночной ситуации [Davis, Eisenhardt, Bingham, 2009] и асинхронности институциональных изменений. Таким образом обеспечивается быстрое маневрирование ресурсами при форс-мажорных обстоятельствах, тогда как при децентрализованной координации действий поиски согласованных решений могут затормозить их перераспределение [Дементьев, 2019, с. 374]. Однако эти ресурсы должны быть ликвидные, низкоспецифичные, с быстрой отдачей. Также важен краткосрочный характер инвестиций (разовые транзакции) и возможность оптимизации налогооблагаемой базы за счет вложений [Орехова, 2016, с. 112].

Таблица 8 – Структура ресурсов, приобретенных внутри группы промышленных предприятий ООО «УМК-Сталь» в 2021 г., %
Table 8 – Structure of resources purchased within the group of industrial enterprises ООО MMC-Steel in 2021, %

Подразделение	Неспецифические ресурсы	Специфические ресурсы		Идиосинкратические
		условно специфические	специфические	
УК	1,0	99,0	0,0	0,0
ЭСТ	80,4	19,6	0,0	0,0
НМЗ	9,4	84,6	5,0	1,0
Стромос-С	23,5	4,9	0,0	27,5
Метресурс-С	3,1	59,2	0,0	37,7
Метресурс-П	0,0	52,3	0,0	47,7
БРУ	58,0	0,0	8,4	33,6

Примечание. Метмаш не приобретает ресурсы внутри группы.

Существует целый спектр направленных на эффективное управление специфическими активами решений, к которым относятся:

1) вертикальная интеграция [Klein, Crawford, Alchian, 1978; Уильямсон, 1996], введение иерархии власти [Aghion, Tirole, 1997];

2) распределение прав собственности [Grossman, Hart, 1986; Hart, Moore, 1990; Hart, 1995; Rajan, Zingales, 1998; De Meza, Selvaggi, 2007], включая финансовое [Aghion, Bolton, 1992; Dewatripont, Tirole, 1994; Dewatripont, Legros, Matthews, 2002];

3) контрактное право, в том числе возможность двустороннего пересмотра контракта [Chung, 1991; Aghion, Dewatripont, Rey, 1994], заключения опционного соглашения [Nöldeke, Schmidt, 1995], договора на серийное производство [Edlin, Reichelstein, 1996], отношенческих контрактов [Baker, Gibbons, Murphy, 2002];

4) поэтапное инвестирование [Neher, 1999; Smirnov, Wait, 2004; Zhang, Zhang, 2011], в том числе предполагающее дисконтирование вложений [Еремеева, 2012].

Однако следует констатировать, что влияние рыночных и институциональных факторов в течение всей новейшей экономической истории России определяет использование промежуточной модели – сетевой (гибридной) формы организации бизнеса с жесткими границами и преимущественно институциональными механизмами координации. Такая смешанная, но устойчивая ресурсная стратегия приводит к совокупному росту трансформационных и транзакционных издержек и не позволяет реализовать все преимущества «чистых» бизнес-моделей. Кроме того, сетевая модель в целом обуславливает низкую мотивацию к инвестированию в ресурсы [Орехова, 2016, с. 117].

В завершение отметим, что проведенное исследование может получить развитие в части оценки уровня специфичности других групп активов, в том числе не перемещаемых между предприятиями промышленной группы. В частности, несомненный научный интерес представляет структурный анализ характеристик человеческого капитала, требующий отдельного методического обеспечения. ■

Приложение 1 – Объем капитальных вложений ООО «УМК-Сталь» в 2014–2021 гг., тыс. руб.
Appendix 1 – Capital investments of ООО MMC-Steel in 2014–2021, thousand rubles

Ресурс	Вид ресурса	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Приобретение земельных участков	Специфический	0	22 513	0	0	0	0	50	0
Строительство объектов основных средств	Идиосинкратический	7 532 838	430 374	800 609	874 481	712 528	497 305	698 952	873 053
Монтаж оборудования	Неспецифический	61 290	25 940	31 765	128 158	401 394	255 965	109 020	314 644
Приобретение объектов основных средств (оборудование)	Неспецифический	502 989	2 394 398	135 540	368 029	419 310	554 810	318 462	602 239
Приобретение нематериальных активов (лицензии ПО)	Неспецифический	0	0	800	607	24 939	24 666	8 927	9 761
Расходы на НИОКР	Идиосинкратический	890	932	0	22 000	1 500	1 700	0	1 920
Приобретение объектов недвижимости	Специфический	2 434	0	51 710	0	0	4 553	0	2 243
Расчеты с поставщиками и подрядчиками	Неспецифический	876 428	193 269	162 827	230 438	307 903	487 808	114 478	732 716
Строительные материалы	Неспецифический	0	0	0	22 107	17 776	8 989	929	7 479
Всего		8 976 869	3 067 426	1 183 251	1 645 820	1 885 350	1 835 796	1 250 818	2 544 055

Составлено на основе документов «Расшифровка к строкам 1152 и 1153 бухгалтерского баланса по состоянию на конец года» по каждому предприятию ООО «УМК-Сталь».

Приложение 2 – Структура ресурсов предприятий ООО «УМК-Сталь» по уровню специфичности, 2021
Appendix 2 – Resources structure by the level of specificity of ООО MMC-Steel enterprises, 2021

Подразделения – поставщики ресурса	Виды поставок	Вид ресурса	Стоимость поставок, тыс. руб.	Структура поставок
УК				
ЭСТ	Спецодежда	Неспецифический	18,0	0,00
НМЗ	Полуфабрикаты (заготовки)	Условно специфический	6 782 449,6	0,21
	Прокат	Условно специфический	24 704 650,9	0,74
	Чугун передельный	Условно специфический	1 324 390,2	0,04
	Электросталь	Условно специфический	10 268,2	0,00
	Аренда активов	Условно специфический	226 069,9	0,01
	Услуги транспорта	Неспецифический	8 542,3	0,00
	Инженерно-техническое проектирование	Неспецифический	2 885,1	0,00
	Прочее	Неспецифический	29,8	0,00
Метресурс-С	Лом стальной	Условно специфический	76 127,0	0,00
БРУ	Концентрат железорудный	Условно специфический	4 263,6	0,00
	Аренда недвижимости	Условно специфический	33,5	0,00
<i>Итого</i>			<i>33 139 728,1</i>	<i>1,00</i>
ЭСТ				
УК	Канцтовары	Неспецифический	89,4	0,00
	Сувенирная продукция	Неспецифический	162,2	0,00
	Расходные материалы для транспорта	Неспецифический	4,7	0,00
	Лом	Условно специфический	12,3	0,00
НМЗ	Услуги по сопровождению ИС	Условно специфический	10 584,0	0,20
	Вспомогательные материалы	Неспецифический	43 095,8	0,80
<i>Итого</i>			<i>53 948,4</i>	<i>1,00</i>
НМЗ				
УК	Канцтовары	Неспецифический	130,2	0,00
	Сувенирная продукция	Неспецифический	716,6	0,00
	Услуги по управлению	Идиосинкратический	9 960,0	0,00
ЭСТ	Прокат	Условно специфический	2 657,1	0,00
	Полуфабрикаты (заготовки)	Неспецифический	99 717,7	0,07
	Консультационные услуги	Идиосинкратический	206,4	0,00
	Вспомогательные материалы	Неспецифический	40 029,3	0,03
Стромос-С	Щебень	Неспецифический	154,2	0,00
	Лом	Условно специфический	84,7	0,00
	Услуги по переработке сырья	Специфический	77 649,7	0,06
	Аренда основных средств	Условно специфический	47,2	0,00
Метресурс-С	Лом	Условно специфический	7 198,9	0,00
Метресурс-П	Лом	Условно специфический	8 232,0	0,00
	Прочие услуги	Неспецифический	21,9	0,00
БРУ	Концентрат	Условно специфический	1 235 251,7	0,82
	Щебень	Неспецифический	39,7	0,00
	Замеры остатков	Неспецифический	522,3	0,00
	Торговля	Условно специфический	650,1	0,00
	Лом	Условно специфический	14 498,2	0,01
Метмаш	Аренда основных средств	Специфический	2 583,0	0,00
<i>Итого</i>			<i>1 500 350,9</i>	<i>1,00</i>

Подразделения – поставщики ресурса	Виды поставок	Вид ресурса	Стоимость поставок, тыс. руб.	Структура поставок
Стромос-С				
УК	Аренда основных средств	Условно специфический	84,9	0,01
	Услуги по управлению	Идиосинкратический	2 558,4	0,28
НМЗ	Вспомогательные материалы	Неспецифический	22,9	0,00
	Ремонт и техосмотр	Условно специфический	97,0	0,01
	Перевозка груза	Неспецифический	1 101,2	0,12
	Аренда активов	Условно специфический	4 377,1	0,47
	Щебень	Неспецифический	1 060,6	0,11
<i>Итого</i>			9 302,1	
Метресурс-С				
УК	Аренда основных средств	Условно специфический	5 358,1	0,43
НМЗ	Услуги по управлению	Идиосинкратический	4 735,2	0,38
	Аренда основных средств	Условно специфический	2 080,9	0,17
	Вспомогательные материалы	Неспецифический	382,7	0,03
<i>Итого</i>			12 556,9	
Метресурс-П				
УК	Аренда основных средств	Условно специфический	940,2	0,10
НМЗ	Услуги по управлению	Идиосинкратический	4 415,2	0,48
	Аренда основных средств	Условно специфический	3 838,7	0,41
Метресурс-С	Аренда основных средств	Условно специфический	72,0	0,01
<i>Итого</i>			9 266,1	1,0
БРУ				
УК	Использование товарного знака	Идиосинкратический	5781,6	0,34
	Аналитические отчеты	Специфический	1438,0	0,08
	Прокат	Неспецифический	6451,8	0,37
	Канцтовары	Неспецифический	50,5	0,00
НМЗ	Услуги спецмашины	Специфический	9,0	0,00
	Услуги автобуса	Неспецифический	12,5	0,00
	Инструмент и материалы вспомогательные	Неспецифический	621,7	0,04
ЭСТ	Прокат	Неспецифический	2 842,6	0,17
<i>Итого</i>			17 207,7	1,0

Источники

- Агамирова М., Дзагурова Н. (2014). Стимулы для осуществления кооперативных специфических инвестиций: от судебных решений к теоретическому анализу // Экономическая политика. № 4. С. 79–97.
- Агамирова М., Дзагурова Н. (2016). Правомерность вертикальных ограничивающих соглашений с позиции «взвешенного подхода» и характер специфических инвестиций // Экономическая политика. Т. 11, № 6. С. 122–137.
- Бутаков И.А. (2021). Жесткая форма кооперации промышленных предприятий сырьевого сектора: институциональная ловушка или способ выживания // Управленец. Т. 12, № 3. С. 31–43. DOI: 10.29141/2218-5003-2021-12-3-3.
- Дементьев В.Е. (2019). Жизнеспособность иерархических организаций в условиях изменчивости экономической среды // Российский журнал менеджмента. № 17 (3). С. 367–386. <https://doi.org/10.21638/spbu18.2019.304>.
- Дзагурова Н., Агамирова М. (2014). Критерии разграничения эгоистических и кооперативных специфических инвестиций // Journal of Institutional Studies. № 4. С. 65–76.
- Еремеева М.А. (2012). Динамическое взаимодействие в условиях последовательного (неповторяемого) инвестирования // Вопросы регулирования экономики. Т. 3, № 4. С. 44–58.

- Кузьминов Я.И., Бендукидзе К.А., Юдкевич М.М. (2006). Курс институциональной экономики: институты, сети, трансакционные издержки, контракты. Москва: Издательский дом ГУ ВШЭ.
- Леонтьев В.В. (1925). Баланс народного хозяйства СССР. Методологический разбор работы ЦСУ // Плановое хозяйство: ежемесячный журнал. № 12. С. 254–258.
- Орехова С.В. (2016). Институциональные факторы выбора ресурсной стратегии предприятия // *Journal of Institutional Studies*. Т. 8, № 4. С. 106–122. DOI: 10.17835/2076-6297.2016.8.4.106-122.
- Орехова С.В., Заруцкая В.С. (2019). Интеграция бизнеса: эволюция подходов и новая методология // *Журнал экономической теории*. Т. 16, № 3. С. 554–574.
- Орехова С.В., Бутаков И.А. (2022). Аллокация ресурсного портфеля группы промышленных предприятий // *Journal of New Economy*. Т. 23, № 4. С. 87–120. DOI: 10.29141/2658-5081-2022-23-4-5.
- Уильямсон О.И. (1996). Экономические институты капитализма: фирмы, рынки, «отношенческая контрактация». Санкт-Петербург: Лениздат.
- Фуруботн Э.Г., Рихтер Р. (2005). Институты и экономическая теория: достижения новой институциональной экономической теории. Санкт-Петербург: Издательский дом Санкт-Петербургского государственного университета.
- Черкасова В., Мочалов Д., Черкасова Е. (2014). Влияние вертикальной интеграции на эффективность деятельности компаний на развивающихся рынках капитала // *Экономическая политика*. № 4. С. 60–78.
- Aghion P., Bolton P. (1992). An incomplete contracts approach to financial contracting. *Review of Economic Studies*, vol. 59, no. 3. pp. 473–494. <https://doi.org/10.2307/2297860>
- Aghion P., Dewatripont M., Rey P. (1994). Renegotiation design with unverifiable information. *Econometrica, Econometric Society*, vol. 62, no. 2 (March), pp. 257–282. <https://doi.org/10.2307/2951613>
- Aghion P., Tirole J. (1997). Formal and real authority in organizations. *Journal of Political Economy*, vol. 105, no. 1 (February), pp. 1–29.
- Baker G., Gibbons R., Murphy K.J. (2002). Relational contracts and the theory of the firm. *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 117, no. 1, pp. 39–84.
- Che Y., Hausch D. (1999). Cooperative investments and the value of contracting. *American Economic Review*, vol. 89, no. 1, pp. 125–147. DOI: 10.1257/aer.89.1.125
- Chung T.-Y. (1991). Incomplete contracts, specific investments, and risk sharing. *Review of Economic Studies*, vol. 58, no. 5, pp. 1031–1042. <https://doi.org/10.2307/2297950>
- Davis J.P., Eisenhardt K.M., Bingham C.B. (2009). Optimal structure, market dynamism, and the strategy of simple rules. *Administrative Science Quarterly*, vol. 54, no. 3, pp. 413–452. <https://doi.org/10.2189/asqu.2009.54.3.4>
- De Meza D., Selvaggi M. (2007). Exclusive contracts foster relationship specific investment. *The RAND Journal of Economics*, vol. 38, no. 1, pp. 85–97.
- Dewatripont M., Legros P., Matthews S.A. (2002). *Moral hazard and capital structure dynamics*. Penn CARESS Working Papers, Penn Economics Department.
- Dewatripont M., Tirole J. (1994). *The prudential regulation of banks*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Edlin A., Reichelstein S. (1996). Holdups, standard breach remedies, and optimal investment. *American Economic Review*, vol. 86, no. 3, pp. 478–501.
- Ersahina N., Irani R. M., Lec H. (2021). Creditor control rights and resource allocation within firms. *Journal of Financial Economics*, no. 139, pp. 186–208. DOI: 10.1016/j.jfineco.2020.07.006
- Greenhut M.L., Ohta H. (1979). Vertical integration of successive oligopolists. *The American Economic Review*, vol. 69, no. 1, pp. 137–141.
- Grossman S.J., Hart O.D. (1986). The costs and benefits of ownership: A theory of vertical and lateral integration. *Journal of Political Economy*, vol. 94, no. 4, pp. 691–719. DOI: 10.1086/261404
- Hart O. (1995). *Firms, contracts and financial structure*. Oxford: Oxford University Press.
- Hart O., Moore J. (1990). Property rights and the nature of the firm. *Journal of Political Economy*, vol. 98, no. 6, pp. 1119–1158. DOI: 10.1086/261729
- Giroud X., Mueller H.M. (2015). Capital and labor reallocation within firms. *The Journal of Finance*, vol. 70, no. 4, pp. 1767–1804. <https://doi.org/10.1111/jofi.12254>
- Joscow P.L. (1985). Vertical integration and long-term contracts: The case of coal-burning electric generating plants. *Journal of Law, Economics, and Organization*, no. 1, pp. 33–80.
- Klein B., Crawford R.G., Alchian A.A. (1978). Vertical integration, appropriable rents, and the competitive contracting process. *The Journal of Law and Economics*, vol. 21, no. 2, pp. 297–326.
- Macleod W., Malcomson J. (1993). Investments, holdup, and the form of market contracts. *American Economic Review*, vol. 83, no. 4, pp. 811–837.
- Matvos G., Seru A. (2011). Resource allocation within firm and financial market dislocation: Evidence from diversified conglomerates. *The Review of Financial Studies*, vol. 27, no. 4, pp. 1143–1189.
- Melkonyan M. (2013). Residual control rights, transferable returns, and their implications for ownership structure. *Modern Economy*, vol. 4, no. 5, pp. 375–383. DOI: 10.4236/me.2013.45039
- Midrigan V., Xu D.Y. (2014). Finance and misallocation: Evidence from plant-level data. *The American Economic Review*, vol. 104, no. 2, pp. 422–458.

- Miller D. (2003). An asymmetry-based view of advantage: Towards an attainable sustainability. *Strategic Management Journal*, no. 24, pp. 961–976.
- Nöldeke G., Schmidt K.M. (1995). *Option contracts and renegotiation*. Munich Reprints in Economics 19329, University of Munich, Department of Economics.
- Poppo L., Zenger T. (1995). Opportunism, routines and boundary choices: A comparative test of transaction cost and resource-based explanations for make-or-buy decisions. *Academy of Management Journal*. Best-Paper Proceeding, pp. 42–46. DOI: 10.5465/AMBPP.1995.17536261
- Rajan R.G., Zingales L. (1998). Financial dependence and growth. *The American Economic Review*, vol. 88, no. 3 (June), pp. 559–586.
- Scharfstein D.S., Stein J.C. (2000). The dark side of internal capital markets: Divisional rent-seeking and inefficient investment. *The Journal of Finance*, vol. 55, no. 6, pp. 2537–2564.

References

- Agamirova M., Dzagurova N. (2014). Incentives for cooperative specific investments: From court decisions to theoretical analysis. *Ekonomicheskaya politika / Economic Policy*, no. 4, pp. 79–97. (in Russ.)
- Agamirova M., Dzagurova N. (2016). The legality of vertical restraints by the rule of reason and the character of the specific investments. *Ekonomicheskaya politika / Economic Policy*, vol. 11, no. 6, pp. 122–137. (in Russ.)
- Butakov I.A. (2021). Rigid form of cooperation between industrial enterprises in the natural resources sector: Institutional trap or survival strategy. *Upravlenets / The Manager*, vol. 12, no. 3, pp. 31–43. DOI: 10.29141/2218-5003-2021-12-3-3. (in Russ.)
- Dementiev V.E. (2019). Viability of hierarchical organizations under variability of economic environment. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta / Russian Management Journal*, vol. 17, no. 3, pp. 367–386. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu18.2019.304>. (in Russ.)
- Dzagurova N., Agamirova M. (2014). Criteria for selfish and cooperative relation-specific investments distinction. *Journal of Institutional Studies*, no. 4, pp. 65–76. (in Russ.)
- Eremeeva M.A. (2012). Dynamic interaction in conditions of consistent (non-repeatable) investment. *Voprosy regulirovaniya ekonomiki / Journal of Economic Regulation*, vol. 3, no. 4, pp. 44–58. (in Russ.)
- Kuzminov Ya.I., Bendukidze K.A., Yudkevich M.M. (2006). *Course of institutional economics: Institutions, networks, transaction costs, contracts*. Moscow: HSE Publishing House. (in Russ.)
- Leontyev V.V. (1925). Balance of the national economy of the USSR. Methodological analysis of the work of the CSO. *Planned Economy*, no. 12, pp. 254–258. (in Russ.)
- Orekhova S.V. (2016). Institutional choice factors of a resource strategy for firms. *Journal of Institutional Studies*, vol. 8, no. 4, p. 106. DOI: 10.17835/2076-6297.2016.8.4.106-122. (in Russ.)
- Orekhova S.V., Zarutskaya V.S. (2019). Business integration: The evolution of approaches and new methodology. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii / Russian Journal of Economic Theory*, vol. 16, no. 3, pp. 554–574. (in Russ.)
- Orekhova S.V., Butakov I.A. (2022). Resource allocation in a group of industrial enterprises: A typology and measurement issues. *Journal of New Economy*, vol. 23, no. 4, pp. 87–120. DOI: 10.29141/2658-5081-2022-23-4-5. (in Russ.)
- Williamson O.E. (1996). *The economic institutions of capitalism: Firms, markets and relational contracting*. Saint Petersburg: Lenizdat. (in Russ.)
- Furubotn E.G., Richter R. (2005). *Institutions and economic theory: The contribution of the New Institutional Economics*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University. (in Russ.)
- Cherkasova V., Mochalov D., Cherkasova E. (2014). Influence of vertical integration on company performance in developing capital markets. *Ekonomicheskaya politika / Economic Policy*, no. 4, pp. 60–78. (in Russ.)
- Aghion P., Bolton P. (1992). An incomplete contracts approach to financial contracting. *Review of Economic Studies*, vol. 59, no. 3, pp. 473–494. <https://doi.org/10.2307/2297860>
- Aghion P., Dewatripont M., Rey P. (1994). Renegotiation design with unverifiable information. *Econometrica, Econometric Society*, vol. 62, no. 2 (March), pp. 257–282. <https://doi.org/10.2307/2951613>
- Aghion P., Tirole J. (1997). Formal and real authority in organizations. *Journal of Political Economy*, vol. 105, no. 1 (February), pp. 1–29.
- Baker G., Gibbons R., Murphy K.J. (2002). Relational contracts and the theory of the firm. *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 117, no. 1, pp. 39–84.
- Che Y., Hausch D. (1999). Cooperative investments and the value of contracting. *American Economic Review*, vol. 89, no. 1, pp. 125–147. DOI: 10.1257/aer.89.1.125
- Chung T.-Y. (1991). Incomplete contracts, specific investments, and risk sharing. *Review of Economic Studies*, vol. 58, no. 5, pp. 1031–1042. <https://doi.org/10.2307/2297950>
- Davis J.P., Eisenhardt K.M., Bingham C.B. (2009). Optimal structure, market dynamism, and the strategy of simple rules. *Administrative Science Quarterly*, vol. 54, no. 3, pp. 413–452. <https://doi.org/10.2189/asqu.2009.54.3.4>
- De Meza D., Selvaggi M. (2007). Exclusive contracts foster relationship specific investment. *The RAND Journal of Economics*, vol. 38, no. 1, pp. 85–97.
- Dewatripont M., Legros P., Matthews S.A. (2002). *Moral hazard and capital structure dynamics*. Penn CARESS Working Papers, Penn Economics Department.
- Dewatripont M., Tirole J. (1994). *The prudential regulation of banks*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Edlin A., Reichelstein S. (1996). Holdups, standard breach remedies, and optimal investment. *American Economic Review*, vol. 86, no. 3, pp. 478–501.
- Ersahina N., Irani R. M., Lec H. (2021). Creditor control rights and resource allocation within firms. *Journal of Financial Economics*, no. 139, pp. 186–208. DOI: 10.1016/j.jfineco.2020.07.006
- Greenhut M.L., Ohta H. (1979). Vertical integration of successive oligopolists. *The American Economic Review*, vol. 69, no. 1, pp. 137–141.
- Grossman S.J., Hart O.D. (1986). The costs and benefits of ownership: A theory of vertical and lateral integration. *Journal of Political Economy*, vol. 94, no. 4, pp. 691–719. DOI: 10.1086/261404
- Hart O. (1995). *Firms, contracts and financial structure*. Oxford: Oxford University Press.
- Hart O., Moore J. (1990). Property rights and the nature of the firm. *Journal of Political Economy*, vol. 98, no. 6, pp. 1119–1158. DOI: 10.1086/261729
- Giroud X., Mueller H.M. (2015). Capital and labor reallocation within firms. *The Journal of Finance*, vol. 70, no. 4, pp. 1767–1804. <https://doi.org/10.1111/jofi.12254>
- Joscow P.L. (1985). Vertical integration and long-term contracts: The case of coal-burning electric generating plants. *Journal of Law, Economics, and Organization*, no. 1, pp. 33–80.
- Klein B., Crawford R.G., Alchian A.A. (1978). Vertical integration, appropriate rents, and the competitive contracting process. *The Journal of Law and Economics*, vol. 21, no. 2, pp. 297–326.
- Macleod W., Malcolmson J. (1993). Investments, holdup, and the form of market contracts. *American Economic Review*, vol. 83, no. 4, pp. 811–837.
- Matvos G., Seru A. (2011). Resource allocation within firm and financial market dislocation: Evidence from diversified conglomerates. *The Review of Financial Studies*, vol. 27, no. 4, pp. 1143–1189.
- Melkonyan M. (2013). Residual control rights, transferable returns, and their implications for ownership structure. *Modern Economy*, vol. 4, no. 5, pp. 375–383. DOI: 10.4236/me.2013.45039
- Midrigan V., Xu D.Y. (2014). Finance and misallocation: Evidence from plant-level data. *The American Economic Review*, vol. 104, no. 2, pp. 422–458.
- Miller D. (2003). An asymmetry-based view of advantage: Towards an attainable sustainability. *Strategic Management Journal*, no. 24, pp. 961–976.
- Nöldeke G., Schmidt K.M. (1995). *Option contracts and renegotiation*. Munich Reprints in Economics 19329, University of Munich, Department of Economics.
- Poppo L., Zenger T. (1995). Opportunism, routines and boundary choices: A comparative test of transaction cost and resource-based explanations for make-or-buy decisions. *Academy of Management Journal*. Best-Paper Proceeding, pp. 42–46. DOI: 10.5465/AMBPP.1995.17536261
- Rajan R.G., Zingales L. (1998). Financial dependence and growth. *The American Economic Review*, vol. 88, no. 3 (June), pp. 559–586.
- Scharfstein D.S., Stein J.C. (2000). The dark side of internal capital markets: Divisional rent-seeking and inefficient investment. *The Journal of Finance*, vol. 55, no. 6, pp. 2537–2564.

Информация об авторах**Information about the authors****Орехова Светлана Владимировна****Svetlana V. Orekhova**

Доктор экономических наук, профессор кафедры информационных технологий и статистики. **Уральский государственный экономический университет**, г. Екатеринбург, РФ. E-mail: bentarask@list.ru

Dr. Sc. (Econ.), Professor of Information Technologies and Statistics Dept. **Ural State University of Economics**, Ekaterinburg, Russia. E-mail: bentarask@list.ru

Бутакров Иван Александрович**Ivan A. Butakov**

Главный бухгалтер. **ООО «УМК-Сталь»**, г. Верхняя Пышма, Свердловская область, РФ; аспирант кафедры экономики предприятий. **Уральский государственный экономический университет**, г. Екатеринбург, РФ. E-mail: butakov@steel.ugmk.com

Chief Accountant. **ООО MMC-Steel**, Verkhnyaya Pyshma, Sverdlovsk oblast, Russia. Postgraduate of Enterprises Economics Dept. **Ural State University of Economics**, Ekaterinburg, Russia. E-mail: butakov@steel.ugmk.com

DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-4

JEL Classification: C33, D21, G32

EDN: GMAUYD

Влияние ESG-факторов на финансовое состояние и инвестиционную привлекательность российских публичных компаний

И.С. Белик¹, А.С. Дуцинин², Н.Л. Никулина³¹ Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, РФ² АО «Технологии доверия – Аудит», г. Екатеринбург, РФ³ Институт экономики УрО РАН, г. Екатеринбург, РФ

Аннотация. В последнее десятилетие в сферах управления коммерческой организацией и принятия инвестиционных решений активно развивается парадигма ESG (Environmental – охрана окружающей среды; Social – социальная ответственность; Governance – корпоративное управление). Статья посвящена оценке влияния ESG-факторов на финансовое состояние и инвестиционную привлекательность российских публичных компаний. Методологической базой работы послужили концепция устойчивого развития и теория корпоративного управления. Для анализа влияния ESG-факторов на финансовое состояние и инвестиционную привлекательность российских публичных компаний использовались модели множественной линейной регрессии с применением метода наименьших квадратов. Информационную базу работы составили 80 российских компаний, которые вошли в ESG-рэнкинг агентства RAEX, сформированный на основании отчетности за 2020 г. Выявлена статистически значимая положительная связь между показателями рентабельности по EBITDA и рентабельности активов, дивидендной доходностью, денежными потоками и ESG-факторами, а также статистически значимая отрицательная связь между мультипликатором «цена/прибыль», бета-коэффициентом и ESG-факторами. Установлено наличие смешанной статистически значимой связи между показателем финансового рычага и ESG-факторами. Вместе с тем ESG-факторы, которые позиционируются как необходимые, положительно влияющие на деятельность компаний, способны создавать угрозы как их финансовому состоянию, так и потенциалу их инвестиционной привлекательности. Дальнейшие исследования в области ESG авторы связывают с более детальной проработкой модели оценки учета влияния ESG-факторов на финансовые показатели компании и возможностью интеграции стандартов финансовой и нефинансовой отчетности.

Ключевые слова: ESG-факторы; финансовое состояние; инвестиционная привлекательность; публичная компания; российские компании.

Финансирование: Исследование выполнено за счет совместного гранта Российского научного фонда и Правительства Свердловской области № 22-28-20453 «Комплексный подход к процессам декарбонизации экономики: формирование региональной политики» (<https://rscf.ru/project/22-28-20453/>).

Информация о статье: поступила 16 августа 2022 г.; доработана 27 сентября 2022 г.; одобрена 3 октября 2022 г.

Ссылка для цитирования: Белик И.С., Дуцинин А.С., Никулина Н.Л. (2022). Влияние ESG-факторов на финансовое состояние и инвестиционную привлекательность российских публичных компаний // Управленец. Т. 13, № 6. С. 44–55. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-4. EDN: GMAUYD.

Financial state and investment attractiveness of Russian public companies: The effect of ESG factors

Irina S. Belik¹, Anton S. Dutsinin², Natalia L. Nikulina³¹ Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia² AO Tekhnologii doveriya – Audit, Ekaterinburg, Russia³ Institute of Economics of the Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russia

Abstract. In the last decade, the ESG (environmental, social, governance) paradigm has been actively developing in commercial organization management and investment decision-making. The article examines the impact of ESG factors on the financial state and investment attractiveness of Russian public companies. The concepts of sustainable development and corporate governance constitute the theoretical framework of the research. To analyze the impact of ESG factors on the financial state and investment attractiveness of Russian public companies, we used multiple linear regression models using the least squares method. The empirical evidence is data on 80 organizations from RAEX ESG Ranking of Russian companies based on reports for 2020. A statistically significant positive relationship was found between EBITDA and return on assets, dividend yield, cash flows and ESG factors, as well as a statistically significant negative relationship was found between the price/earnings multiplier, beta coefficient and ESG factors. The study demonstrates that there is a mixed statistically significant relationship between the indicator of financial leverage and ESG factors. At that, ESG factors, which are positioned as necessary and having a positive influence on companies' activities, can threaten both their financial state and investment attractiveness. Further ESG research imply a more detailed study of the model for assessing the impact of ESG factors on a company's financial performance and the possibility of integrating financial and non-financial reporting standards.

Keywords: ESG factors; financial state; investment attractiveness; public company; Russian companies.

Funding: The study was supported by a joint grant from the Russian Science Foundation and the Government of Sverdlovsk oblast No. 22-28-20453 "An integrated approach to the processes of economy decarbonization: The formation of a regional policy" (<https://rscf.ru/project/22-28-20453/>).

Article info: received August 16, 2022; received in revised form September 27, 2022; accepted October 3, 2022

For citation: Belik I.S., Dutsinin A.S., Nikulina N.L. (2022). Financial state and investment attractiveness of Russian public companies: The effect of ESG factors. *Upravlenets / The Manager*, vol. 13, no. 6, pp. 44–55. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-4. EDN: GMAUYD.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия появляется все больше исследований, подтверждающих позитивное влияние ESG-факторов на финансовые показатели компаний. Однако на практике устойчивые схемы ведения бизнеса добровольно внедряют лишь немногие из них, поскольку большинство компаний не обнаруживает реальной коммерческой полезности от реализации принципов ESG. При этом попытки объяснить причинно-следственные связи складывающейся ситуации достаточно немногочисленны, особенно в российских публикациях. Последнее обуславливает актуальность исследования, посвященного оценке влияния ESG-факторов на финансовую успешность и принятие управленческих решений в инвестиционной сфере. В рамках данной работы финансовое состояние компании определяется как комплексное понятие, характеризующееся системой взаимосвязанных показателей, отражающих наличие, размещение и использование ее финансовых ресурсов [Лупей, 2012]. Инвестиционная привлекательность компании понимается как соотношение риска потенциальных инвесторов и ее способности к саморазвитию на основе повышения доходности капитала, эффективности хозяйственной деятельности и корпоративного управления.

Цель исследования – проведение комплексного анализа влияния ESG-факторов на финансовое состояние и инвестиционную привлекательность российских публичных компаний. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- выполнен обзор теоретических исследований влияния ESG-факторов на указанные аспекты деятельности публичных компаний;
- выдвинуты гипотезы относительно характера влияния ESG-факторов на финансовое состояние и инвестиционные показатели российских компаний и построены регрессионные модели для проверки этих гипотез.

ВЛИЯНИЕ ESG-ФАКТОРОВ НА ФИНАНСОВОЕ СОСТОЯНИЕ И ИНВЕСТИЦИОННУЮ ОЦЕНКУ ПУБЛИЧНЫХ КОМПАНИЙ: РЕТРОСПЕКТИВА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования, посвященные роли и значимости ESG-принципов в корпоративном менеджменте [Bauer, Hann, 2010; Setyahuni, Handayani, 2020; Fama, 2021; Huang, 2022], демонстрируют тенденцию к «встраива-

нию» ESG-концепции в классические экономико-финансовые теории. Подобное «встраивание» свидетельствует о признании влияния не только операционной, но и социальной и экологической деятельности на финансовое состояние компании.

Вопросами изучения взаимосвязи ESG с корпоративными финансовыми показателями (Corporate financial performance (CFP)) занимались многие исследователи [Friede, Busch, Bassen, 2015; Nollet, Filis, Mitrokostas, 2016; Lee, Cin, Lee, 2016; Yoon, Lee, Byun, 2018; El Ghouli et al., 2018; Bodhanwala, Bodhanwala, 2018; Taliento, Favino, Netti, 2019; Шаш, Досаева, 2020; Zhou, Zhou, 2021; Батаева, Кокурина, Карпов, 2021].

Н.Н. Шаш и Н.Д. Досаева [2020] оценивали приверженность компании ESG-принципам и влияние ESG-факторов на отдельные финансовые показатели: чистую прибыль до вычета процентов по кредитам, налога на прибыль и амортизации (EBITDA), экономическую добавленную стоимость (EVA), рыночную капитализацию, средневзвешенную стоимость капитала (WACC) и рентабельность активов (ROA). Выборку составили 1 549 публичных компаний Великобритании. Авторы обнаружили наличие статистически значимой положительной связи между ESG-факторами и показателями EVA, EBITDA, а также рыночной капитализацией.

М. Талиенто, К. Фавино, А. Нетти изучали зависимость финансовых показателей и размера компании от места в ESG-рейтинге. Выборочная совокупность состояла из 150 европейских компаний, которые оценивались по ESG-критериям информационным агентством Morningstar. По результатам исследования был сделан вывод о том, что повышенный ESG-рейтинг наблюдался у более крупных компаний лишь потому, что они привлекают к себе особое внимание заинтересованных сторон и вынуждены соответствовать принципам ESG и активно развивать эту сферу [Taliento, Favino, Netti, 2019].

На основе свыше 2 000 эмпирических работ Г. Фриде, Т. Буш, А. Бассен провели наиболее масштабное метаисследование взаимосвязи ESG-факторов компаний с их финансовыми показателями. В большинстве эмпирических работ (примерно 90 %) установлена положительная связь между ESG и корпоративными финансовыми показателями (CFP) [Friede, Busch, Bassen, 2015].

Однако не все авторы обнаруживают прямую корреляцию между указанными показателями. Так, например, Дж. Ноллет, Г. Филис и Э. Митрокостас выявили, что между экологическими, социальными и управленческими факторами и показателями результативности компании существует не линейная, а U-образная зависимость, которая объясняется необходимостью существенных вложений в ESG и наличием временного лага в реакции стейкхолдеров на активность компании [Nollet, Filis, Mitrokostas, 2016].

К.-Х. Ли, Б.К. Цин, Э.Ю. Ли, используя статистические методы, верифицировали гипотезу о наличии положительной линейной связи экологической и социальной ответственности компании с показателями рентабельности собственного капитала, рентабельности активов и коэффициентом финансовой зависимости ($debt/total\ assets$) [Lee, Cin, Lee, 2016]. М.С. Шабир и соавторы также обнаружили положительную линейную связь между компонентом ESG и финансовыми показателями компаний [Shabbir et al., 2020].

В ряде исследований проводился анализ связи инвестиционных метрик компаний с ESG-индикаторами. Так, А.К. Нг и З. Резаи, изучив влияние ESG-факторов на стоимость собственного капитала, пришли к выводу о наличии значимой отрицательной связи между оценкой устойчивого развития компании и указанной стоимостью [Ng, Rezaee, 2015], что в целом согласуется с теоретическими обобщениями в рассматриваемой сфере.

К другому аспекту данного вопроса обратились Э.П. Ю, К.К. Го, Б.В. Луу, предположившие наличие нелинейной связи между степенью раскрытия ESG-информации и значением коэффициента Тобина. Проведенное исследование зафиксировало статистически значимую нелинейную зависимость, более похожую на экспоненциальную [Yu, Guo, Luu, 2018].

В других работах была выявлена статистически значимая положительная связь между индексом раскрытия социальной информации и доходностью акций [Fatemi, Glaum, Kaiser, 2017; Chauhan, Kumar, 2018], прямая связь степени, полноты и семантических особенностей нефинансовых отчетов компаний с инвестиционными показателями [Федорова и др., 2020], а также положительная связь между оценкой раскрытия ESG-информации и будущей капитализацией компании [Вашакмадзе, 2013].

А.В. Бабкиным, Е.Д. Малевской-Малевиц [2021] предложен подход к определению «зеленой» премии при расчете стоимости собственного капитала. О.В. Ефимова [2021] обозначила направления учета ESG-факторов при финансовом моделировании инвестиционных проектов. М.М. Мартынова [2021] выявила отрицательную связь между ESG-рейтингом компании и стоимостью собственного капитала.

В настоящее время теория агентских отношений и сигнальная теория активно расширяют предмет ис-

следования посредством включения ESG-аспектов. Согласно первой из них, раскрытие нефинансовой информации позволяет снизить асимметрию информации между принципалом и агентом, тем самым повысив уверенность акционеров и других заинтересованных сторон. Сигнальная теория связана с несовершенным ценообразованием активов. Предполагается, что при наличии дополнительных, ограниченных не только финансовой информацией сигналов (ESG-информация) ценообразование финансовых активов (акций и облигаций) будет более точным. В развитие этой темы обсуждаются вопросы правильного внедрения ESG в оценку будущих денежных потоков и оценку рисков эмитента.

МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ И ГИПОТЕЗЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для установления влияния ESG-факторов на финансовые или инвестиционные метрики компаний использовались исключительно российские источники. В табл. 1 отражены отобранные в соответствии с темой исследования показатели публичных российских компаний, разделенные на три категории: финансовые коэффициенты, инвестиционные метрики, ESG-показатели. Для каждого показателя приведены источники сбора данных и способ расчета. Далее они будут выступать в качестве переменных для построения моделей регрессии.

На данный момент наиболее популярным способом статистического анализа корпоративных ESG-индикаторов является обработка панельных данных, применение которых позволяет решить проблему малого количества наблюдений. Сужение области исследования связано с тем, что далеко не все публичные российские компании размещают нефинансовую отчетность, имеют последовательные и сопоставимые данные хотя бы за пять предшествующих периодов, применяют одинаковые стандарты раскрытия информации. Выборку исследования составили 80 из 160 российских компаний, вошедших в ESG-рэнкинг рейтингового агентства RAEX¹, поскольку они представили полную информацию по всем используемым показателям за 2020 г. В табл. 2 приведен фрагмент перечня этих компаний с указанием места каждой из них в ESG-рэнкинге.

Для анализа взаимозависимости ESG-оценки компании в рэнкинге, отраженной в табл. 2, и показателей, представленных в табл. 1, построены модели регрессии с применением метода наименьших квадратов (МНК). В панельных моделях с фиксированными и случайными эффектами коэффициент детерминации оказался ниже, а информационные критерии Акаике, Шварца, Ханнана – Куина выше, чем в моделях с использованием МНК. Выбор метода МНК обусловлен еще и тем, что он часто применяется в соответствующей

¹ ESG Ranking of Russian Companies 2022 as of 14.04.2022. https://www.raexpert.eu/esg_corporate_ranking/.

Таблица 1 – Система показателей для регрессионного анализа
Table 1 – Indicators for regression analysis

Показатель	Способ расчета	Источник	Условное обозначение
<i>Объясняемые переменные – финансовое состояние</i>			
Рентабельность по EBITDA (R_E)	$R_E = \text{EBITDA}/\text{Выручка}$	SmartLab, финансовая отчетность компаний по МСФО	E_R
Отношение заемного финансирования к собственному капиталу (D_E)	$D_E = (\text{ДО} + \text{КК})/\text{СК}$		D_E
Рентабельность активов (ROA)	$\text{ROA} = E/A$		ROA
<i>Объясняемые переменные – инвестиционные показатели</i>			
Мультипликатор «Цена/Прибыль» (P/E)	$P/E = P/(E/S)$	SmartLab, Investing, TradingView	P_E
Дивидендная доходность (D_y)	$D_y = D/P$	SmartLab, Investing, TradingView	D_Y
Коэффициент «бета» (β)	$\beta = \text{Cov}(r_i, r_m)/\sigma_m^2$		BETA
Свободный денежный поток для фирмы (FCFF)	$\text{FCFF} = \text{NCFO} - \text{Capex} + \text{Int}$	SmartLab, финансовая отчетность компаний по МСФО	FCFF
<i>Объясняющие переменные – ESG</i>			
ESG	Интегрированная ESG-оценка компании согласно методологии RAEX	RAEX-Аналитика	Rank_ESG
E	Оценка E-фактора согласно методологии RAEX		Rank_E
S	Оценка S-фактора согласно методологии RAEX		Rank S
G	Оценка G-фактора согласно методологии RAEX		Rank G
<i>Объясняющие переменные – контрольные переменные</i>			
Выручка	Выручка по всем видам деятельности	SmartLab, финансовая отчетность компаний по МСФО	Rev
Чистая прибыль	Чистая прибыль		NP
Активы	Совокупные активы по балансу		As
Рентабельность собственного капитала (ROE)	$\text{ROE} = E/\text{СК}$		ROE
Операционные расходы	Операционные расходы		OPEX
EBITDA	$\text{EBITDA} = E + \text{Int} + T + \text{Am}$		EBITDA

Примечания. EBITDA – чистая прибыль до вычета процентов по кредитам, налога на прибыль и амортизации; ДО – долгосрочные обязательства; КК – краткосрочные кредиты; СК – собственный капитал; А – совокупные активы; P – цена акции; E – чистая прибыль; S – количество акций в обращении; D – сумма дивидендов, приходящаяся на одну акцию; NCFO – чистый денежный поток от операционной деятельности; Capex – капитальные затраты; Int – процентные расходы; $\text{Cov}(r_i, r_m)$ – ковариация доходностей отдельного инструмента и рынка в целом; σ_m^2 – дисперсия доходности рынка; T – уплаченный налог на прибыль; Am – начисленная амортизация за период.

Таблица 2 – Выборка исследования (фрагмент перечня компаний)
Table 2 – Study sample (fragment of the list of companies)

Компания	Отрасль	Ранг			Рейтинг ESG
		E	S	G	
Энел Россия	Энергия	5	1	14	1
Полиметалл	Металлы и горнодобывающая промышленность	3	3	19	2
НЛМК	Металлы и горнодобывающая промышленность	4	14	9	4
ВымпелКом	Телекоммуникации	22	7	12	5
МТС	Телекоммуникации	42	8	1	6
Лукойл	Нефтяной газ	11	28	4	7
Северсталь	Металлы и горнодобывающая промышленность	9	5	31	8
Роснефть	Нефтяной газ	12	9	16	9
Полюс	Металлы и горнодобывающая промышленность	2	24	25	10
<...>					
Башнефть	Нефтяной газ	119	123	61	101
Группа ЧТПЗ	Металлы и горнодобывающая промышленность	118	68	112	106

Компания	Отрасль	Ранг			Рейтинг ESG
		E	S	G	
ЮТэйр	Транспорт	112	129	91	112
АМЕТ	Металлы и горнодобывающая промышленность	116	116	102	114
Квадра – Производство электроэнергии	Энергия	134	117	98	116
РуссНефть	Нефтяной газ	138	131	104	118
Мечел	Металлы и горнодобывающая промышленность	157	134	92	119
Казаньоргсинтез	Химикаты	99	142	117	120
ОАК	Диверсифицированные промышленные предприятия	153	105	127	123
ТГК-2	Энергия	143	133	121	132

Составлено по: ESG-рэнкинг RAEX. ESG Ranking of Russian Companies 2022 as of 14.04.2022. https://www.raexpert.eu/esg_corporate_ranking/.

щей сфере исследований и характеризуется простотой вычислительной процедуры и неплохими по статистическим свойствам оценками. Опираясь на результаты предшествующих исследований, мы выдвинули следующие гипотезы относительно типа и степени влияния ESG-факторов на финансовые и инвестиционные показатели публичных российских компаний.

Гипотеза 1. ESG-факторы оказывают негативное влияние на рентабельность по EBITDA.

Компания несет дополнительные издержки при внедрении в управление ESG-принципов, и по этой причине в течение краткосрочного периода ее выручка от введения ESG-подхода не покажет сколько-нибудь положительного роста. Причина заключается в том, что основным стейкхолдерам понадобится больше времени для предоставления компании дополнительных привилегий, скидок, бонусов и пр., чтобы позитивные эффекты оказали влияние на рентабельность по EBITDA.

Гипотеза 2. ESG-факторы положительно влияют на величину финансового рычага.

Согласно результатам исследований¹, российские банки все чаще внедряют ESG-факторы в процесс выдачи заемных средств. При принятии управленческого решения они учитывают не только финансовое состояние компании, ее кредитную историю, последние экономические новости, но также ее политику и достижения в области устойчивого развития. Все более широко распространяется практика выдачи «зеленых» кредитов, которые представляют собой инвестирование в проекты, имеющие как коммерческие, так и ESG-эффекты. Подобные эффекты сказываются на стоимости заемных средств и их величине, поэтому дисконт к процентной ставке по «зеленому» займу по сравнению

с рыночной ставкой будет содействовать получению «дешевых» денежных средств. Последнее увеличит значение финансового рычага; к такому же эффекту приводят и особые кредитные линии, направленные на развитие ESG-проектов.

Гипотеза 3. ESG-факторы оказывают отрицательное влияние на рентабельность активов.

Большинство российских компаний имеют непродолжительную историю публикации ESG-отчетности, поэтому можно предположить, что их прибыль при внедрении ESG-принципов не показывает существенного роста из-за возникновения дополнительных неоперационных затрат. При этом активы компании будут увеличиваться из-за расширения деятельности, что приведет к росту знаменателя показателя ROA и, соответственно, снижению его значения.

Гипотеза 4. ESG-факторы оказывают положительное влияние на мультипликатор «Цена/Прибыль».

Исследуемый мультипликатор является наиболее распространенным инструментом оценки потенциала компании. Современные тенденции таковы, что инвесторы все чаще готовы пожертвовать доходностью в пользу инвестиций, направляемых в проекты по охране окружающей среды. На практике это означает, что акции компании с повышенными ESG-индикаторами при прочих равных условиях будут стоить дороже, чем акции менее «устойчивых» компаний.

Гипотеза 5. ESG-факторы оказывают отрицательное влияние на дивидендную доходность.

Предполагается, что ESG-принципам следуют крупные предприятия, традиционно имеющие низкую дивидендную доходность. Прямое влияние ESG-факторов на величину выплачиваемых дивидендов заключается во влиянии на чистую прибыль, которая, как ожидается, будет сокращаться. В результате и сумма выплачиваемых дивидендов станет снижаться.

Гипотеза 6. ESG-факторы оказывают отрицательное влияние на бета-коэффициент.

Коэффициент «бета» является количественным показателем меры риска акций компании. Согласно ре-

¹ ESG в области кредитных рисков и рейтингов. Principles for Responsible Investment (PRI). <https://www.unpri.org/download?ac=11272>; ESG-риски в банковской сфере. KPMG. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2021/12/ru-ru-esg-risks-in-banks-survey.pdf>; ESG-банкинг в России. Deloitte. https://asros.ru/upload/iblock/b69/zla2fzxval1625lolh0r15p0ptn2p5gb/ESG-banking-v-Rossii_final_21.05_ITOG_web-versiya.pdf.

зультатам одного из исследований, курс стоимости акций компаний, следующих принципам ESG, в среднем меньше стоимости акций компаний, нейтральных в отношении данных принципов. Но в кризисных ситуациях стоимость акций первых компаний снижается меньше, чем стоимость вторых, то есть с большой вероятностью можно утверждать, что их волатильность меньше по сравнению с рынком в целом [Dziadkowiec, Daszyńska-Żygadło, 2021].

Гипотеза 7. ESG-факторы оказывают отрицательное влияние на свободный денежный поток.

В краткосрочной перспективе внедрение ESG-принципов приведет к снижению свободного денежного потока для фирмы за счет роста затрат на обеспечение деятельности в сфере ESG. Для достижения положительных финансовых эффектов от соблюдения ESG-принципов в управлении компанией необходимо некоторое время, поскольку вначале наиболее вероятен дополнительный денежный отток.

В исследовании было проанализировано влияние ESG-показателей на индикаторы финансового состояния и инвестиционной привлекательности с использованием статистического пакета Eviews и программы Microsoft Excel.

Оценка меры соответствия компании ESG-принципам осуществлялась посредством ESG-рэнкинга RAEX, который представляет собой сравнительную оценку компаний, отражая условное место той или иной организации: позиция 1 присваивается лучшей компании в области ESG, позиция 80 – худшей. В ходе анализа рэнкинг был преобразован, поскольку невозможно было определить, в какой мере та или иная организация соответствует принципам ESG в абсолютном значении. Для корректного обоснования интерпретации бета-коэффициентов было проведено преобразование, при котором лучшей компании присваивается оценка 80, а худшей, соответственно, – 1.

Методика оценки влияния ESG-факторов на финансовое состояние и инвестиционную привлекательность российских публичных компаний состоит из следующих этапов:

- 1) выбор переменных;
- 2) корреляционный анализ с использованием всех выбранных переменных;
- 3) проверка наличия мультиколлинеарности между переменными;
- 4) построение модели множественной линейной регрессии с применением метода МНК (зависимая переменная – один из показателей, характеризующих финансовое состояние или инвестиционную привлекательность, независимые переменные – ESG-оценки и контрольные переменные);
- 5) оценка качества полученной модели;
- 6) тестирование модели на наличие проблем мультиколлинеарности (по значению VIF (variance inflation factors)), гетероскедастичности (тест Бройша – Пагана) и автокорреляции в остатках (по критерию Дарбина – Уотсона).

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭМПИРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В статье рассматривается вариант анализа первой переменной из группы, характеризующей финансовое состояние: рентабельность по EBITDA (E_R). Анализ остальных переменных проводился по тому же алгоритму.

После выбора переменных была построена модель множественной линейной регрессии, в которой за объясняемую переменную был принят показатель рентабельности по EBITDA, а за объясняющие переменные – ESG-оценки и контрольные переменные. Далее после расчета коэффициентов модели были оценены ее математические характеристики. После постепенного удаления незначимых переменных была получена модель-1, характеристики которой представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Характеристики модели-1

Table 3 – Characteristics of model 1

Переменная	Коэффициент	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение
C	0,131149	0,037386	3,507925	0,0008***
AS	3,79E-05	1,35E-05	2,799397	0,0066***
REV	-0,000110	3,05E-05	-3,607065	0,0006***
RANK_E	0,003500	0,000846	4,137746	0,0001***
R-squared	0,266120	Среднее зависимой переменной		0,263412
Adjusted R-squared	0,235542	Среднеквадратическое отклонение зависимой переменной		0,181859
S.E. of regression	0,159005	Информационный критерий Акаике		-0,788564
Sum squared resid	1,820350	Критерий Шварца		-0,665894
Log likelihood	33,96545	Критерий Ханнана – Куина		-0,739540
F-statistic	8,702888	Статистика Дарбина – Уотсона		1,932734
Prob (F-statistic)	0,000053	-	-	-

Примечания. R-squared – коэффициент детерминации, Adjusted R-squared – скорректированный коэффициент детерминации, S.E. of regression – стандартная ошибка регрессии, Sum squared resid – сумма квадратов остатков, Log likelihood – значение функции максимального правдоподобия, F-statistic – тестовая статистика в критерии Фишера (F-тесте), Prob – вероятность. *** – уровень значимости 1 %.

В ходе анализа были удалены незначимые переменные, а также выбросы в выборке переменной «свокупные активы» (As), что отразилось на количестве включенных наблюдений – их осталось 76.

Подобный анализ был выполнен по каждой объ-

ясняемой переменной, но результаты представлены в сжатом виде отдельно для двух групп зависимых переменных, характеризующих финансовое состояние (табл. 4) и инвестиционную привлекательность (табл. 5) компаний.

Таблица 4 – Результаты регрессионного анализа зависимости переменных финансового состояния от ESG-факторов
Table 4 – Results of regression analysis of financial state variables dependence on ESG factors

Модель	Статистическая интерпретация	Результаты проверки гипотез
$E_R = C \times 0,1311 + AS^{p=0,007} \times 0,0000379 - Rev^{p=0,001} \times 0,00011 + Rank_E^{p=0,000} \times 0,0035$ $(R^2 = 0,27)$	Переменная совокупных активов (As) и степень заботы об окружающей среде (Rank_E) имеют положительную линейную связь с рентабельностью по EBITDA. При увеличении данных объясняющих переменных на 1 ожидаемое значение рентабельности по EBITDA увеличится на значение бета-коэффициентов модели. Переменная выручки (Rev) связана с объясняемой переменной отрицательной линейной зависимостью. При увеличении значения переменной Rev на 1 ожидаемое значение у-переменной сократится на величину бета-коэффициента при переменной Rev	Было выявлено положительное влияние E-фактора на показатель эффективности деятельности предприятия, выраженный через рентабельность по EBITDA. Гипотеза 1 об отрицательном влиянии ESG-факторов на исследуемый показатель в целом не подтвердилась. В начальной модели каждый отдельный фактор ESG оказывал негативное влияние, как и предполагалось, но после обработки модели выяснилось, что значимым является только E-фактор, причем он оказывает положительное влияние
$D_E = AS^{p=0,065} \times 0,0006 + \log(Rank_E)^{p=0,005} \times 2,6758 - \log(Rank_S)^{p=0,007} \times 2,53508$ $(R^2 = 0,16)$	Переменная As имеет положительную линейную зависимость от объясняемой переменной финансового рычага (D_E). При росте значения переменной As на 1 ожидаемое значение D_E увеличится на 0,0006. ESG-факторы E и S лучше всего объясняют изменение объясняемой переменной при помощи логарифмической зависимости. Интерпретация влияния будет следующей: при росте значения переменной Rank_E на 1 % ожидаемое значение D_E увеличится на бета-коэффициент переменной Rank_E, деленный на 100, то есть на 0,026758. Интерпретация переменной Rank_S аналогична, за исключением отрицательного влияния на исследуемую переменную	Обнаружено значимое влияние двух ESG-факторов: E и S. Гипотеза 2 о положительном влиянии ESG на величину финансового рычага подтвердилась лишь отчасти. В целом ESG-факторы оказались незначимыми, но при этом влияние отдельных составляющих является значимым. Фактор уровня заботы об окружающей среде оказывает положительное влияние на величину финансового рычага, в то время как фактор социальной поддержки заинтересованных сторон снижает соотношение заемного и собственного капитала
$ROA = C - AS^{p=0,000} \times 0,00002 + EBITDA^{p=0,025} \times 0,0001 - OPEX^{p=0,021} \times 0,00007 + NP^{p=0,000} \times 0,0004 - ROE^{p=0,059} \times 0,0082 + Rank_ESG^{p=0,015} \times 0,0007$ $(R^2 = 0,51)$	Переменные EBITDA, NP и Rank_ESG связаны положительной линейной зависимостью с ROA. Переменные As, OPEX и ROE связаны с объясняемой переменной ROA отрицательной линейной зависимостью. Интерпретация количественного влияния x-переменных на объясняемую переменную аналогична интерпретации первой модели в данной таблице	Выявлено положительное влияние ESG-факторов на рентабельность собственного капитала, что не подтверждает гипотезу 3. При этом отдельно было протестировано влияние каждой ESG-составляющей, но значимой переменной оказался только G-фактор, остальные не прошли отбор по критерию Стьюдента

Таблица 5 – Результаты регрессионного анализа зависимости инвестиционных переменных от ESG-факторов
Table 5 – Results of regression analysis of investment variables dependence on ESG factors

Модель	Статистическая интерпретация	Результаты проверки гипотез
$P_E = C \times 42,4941 - OPEX^{p=0,026} \times 0,0165 + Rev^{p=0,000} \times 0,0205 - Rank_E^{p=0,03} \times 0,3845 - Beta^{p=0,002} \times 22,8430$ $(R^2 = 0,33)$	Удалось обнаружить положительную линейную связь с объясняемой переменной P_E показателя Rev и свободного коэффициента. Остальные переменные имеют с P_E отрицательную линейную связь. Количественное влияние осуществляется согласно принципу: при увеличении значения x-переменной на 1 ожидаемое значение у-переменной увеличится (сократится) на величину бета-коэффициента при переменной x	По результатам анализа гипотеза 4 была частично опровергнута. Вопреки нашему мнению о положительном влиянии ESG-факторов на мультипликатор P/E, фактор E оказывает на него отрицательное влияние
$D_Y = C \times 0,0097 + Rank_G^{p=0,014} \times 0,0005 + ROA^{p=0,000} \times 0,2407$ $(R^2 = 0,25)$	Обнаружена положительная линейная зависимость между переменными Rank_G, ROA и дивидендной доходностью компаний. Интерпретация количественного влияния аналогична интерпретации первой модели	Гипотеза 5 при тестировании была частично опровергнута, поскольку обнаружено положительное влияние фактора G на дивидендную доходность компаний

Окончание таблицы 5
Table 5 (concluded)

Модель	Статистическая интерпретация	Результаты проверки гипотез
$\text{Beta} = C \times 0,0024 + A_s^{p=0,01} \times 0,0001 - \text{NP}^{p=0,019} \times 0,0019 - P_E^{p=0,000} \times 0,0059 - \text{Rank_ESG}^{p=0,001} \times 0,0089 + \text{ROA}^{p=0,047} \times 2,1992$ $(R^2 = 0,3)$	Выявлена положительная линейная зависимость между переменными A_s , ROA и коэффициентом Beta. Отрицательная зависимость Beta наблюдается с переменными NP, P_E и Rank_ESG. Интерпретация количественного влияния аналогична интерпретации первой модели в данной таблице	Гипотеза 6 подтвердилась. Предполагалось, что ESG-факторы оказывают отрицательное влияние на бета-коэффициент, тем самым снижая волатильность акций компаний, следующих принципам ESG
$\text{FCFF} = C \times 2,0342 + \text{Rank_ESG}^{p=0,025} + \text{EBITDA}^{p=0,000} \times 0,0038$ $(R^2 = 0,41)$	Результаты анализа показали наличие положительной линейной связи ESG-факторов и показателя EBITDA с денежным потоком для фирмы (FCFF). Интерпретация количественного влияния аналогична интерпретации первой модели	Гипотеза 7 была опровергнута. Вопреки выдвинутому предположению, ESG-факторы оказывают положительное влияние на денежный поток

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЕРИФИКАЦИИ ГИПОТЕЗ

В результате исследования *гипотеза 1* не подтвердилась: было доказано положительное влияние ESG-факторов на рентабельность по EBITDA. Зависимость имеет место вследствие значительного объема капитальных вложений, направляемых на защиту окружающей среды (ОС), и привлечения кредитных средств по низкой стоимости. При расчете показателя EBITDA к сумме чистой прибыли добавляются амортизационные отчисления и начисленные проценты по кредитам. Ранее ситуация складывалась таким образом, что компании не могли принимать в качестве объекта основных средств объекты, связанные с ОС, и амортизировать их (см. п. 4 приказа Минфина России «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Учет основных средств» ПБУ 6/01»¹).

В настоящее время в соответствии с федеральным стандартом бухгалтерского учета по основным средствам (ФСБУ 6/2020 «Основные средства»²) условия изменились. Так, например, компания ПАО «НЛМК» в 2020 г. осуществила затраты на охрану окружающей среды в размере 183 млн долл., из них на капитальные затраты пришлось 82 млн долл., что составляет 6,6 % от чистой прибыли Группы «НЛМК» за 2020 г.³

Гипотеза 2 была подтверждена лишь отчасти. Обнаружено положительное влияние E-фактора на величину финансового рычага, а также значимость фактора S, при этом его влияние было отрицательным.

Во-первых, следует отметить, что кредитные учреждения и другие поставщики заемного капитала все чаще начинают внедрять ESG-интеграцию в анализ

долговых инструментов⁴. Следствием такого внедрения становится снижение стоимости заемного финансирования для компаний, продвинутых в сфере ESG, что при прочих равных условиях увеличивает спрос на кредитные средства и меняет структуру капитала компании.

Во-вторых, отрицательное влияние фактора S было связано с рисками. Это отражает показатель финансового рычага, который традиционно используется для измерения финансовых рисков компании: чем выше его значение, тем выше риск действия компании на рынке при прочих равных условиях.

Гипотеза 3 об отрицательном влиянии ESG-факторов на рентабельность активов была опровергнута. Модель показала наличие положительной линейной зависимости между ROA и ESG-оценкой компаний. Такую зависимость можно объяснить внедрением системы вторичного использования отработанных ресурсов. В Целях устойчивого развития ООН, на которых в том числе основан ESG-подход, сохраняются положения, пропагандирующие повторное использование сточных вод (ЦУР 6), увеличение доли возобновляемых источников энергии в мировом энергетическом балансе (ЦУР 7), переработку и повторное использование отходов производства (ЦУР 12). Повторное производство позволяет компаниям экономить на ресурсной базе и в целом быть более эффективными в использовании своих активов, достигая тех же финансовых результатов при меньшем вовлечении ресурсов. Например, ПАО «АЛРОСА» реализует инициативу по вторичному использованию отработанных масел, повторно использует вскрышные породы в производстве и при проведении строительных работ, суммарная доля оборотной воды в технологическом цикле достигает 95 % от общего потребления воды⁵.

Гипотеза 4 о положительном влиянии ESG-факторов на мультипликатор P/E не подтвердилась.

⁴ Отчет CFA-Institute «ESG-ИНТЕГРАЦИЯ: рынки, методы и данные» (2019). С. 29. <https://www.unpri.org/download?ac=9522>.

⁵ Отчет об устойчивом развитии ПАО «АЛРОСА» за 2020 г. http://www.alrosa.ru/wp-content/uploads/2021/06/ALROSA_SGO2020_310821.pdf.

¹ Приказ Минфина России от 30.03.2001 № 26н (ред. от 16.05.2016) «Об утверждении Положения по бухгалтерскому учету «Учет основных средств» ПБУ 6/01» (зарегистрировано в Минюсте России 28.04.2001 № 2689). http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_31472/ca9fac1b1c2a232aa1e6b5df8318b4671a26cdc0/.

² Федеральный стандарт бухгалтерского учета ФСБУ 6/2020 «Основные средства»: приказ Министерства финансов РФ от 17.09.2020 № 204н. https://minfin.gov.ru/ru/document/?id_4=133537-federalnyi_standart_bukhgalterskogo_ucheta_fsbu_62020_osnovnyye_sredstva.

³ Годовой отчет ПАО «НЛМК» за 2020 г. С. 166. https://nlmk.com/upload/iblock/7e6/AR_NLMK_2020_RUS.pdf.

Вместо этого была обнаружена отрицательная связь данных показателей. Такое положение согласуется с исследованием, показавшим, что акции компаний, следующих ESG-принципам, в среднем стоят меньше, чем акции остальных фирм [Navlinova, Kukaska, 2021]. Кроме того, мультипликатор P/E представляет собой меру недооцененности акций. Инвесторы используют данный показатель в том числе для измерения рисков инвестиций в акции компании. Таким образом, отрицательное влияние E-фактора можно трактовать как сдерживание «перегрева» акций на фондовом рынке.

При тестировании гипотезы 5 не было выявлено надежной связи между ESG-факторами и дивидендной доходностью компании, но установлено положительное влияние переменной, характеризующей качество корпоративного управления (G). Исследований, в которых были бы сделаны аналогичные выводы, авторы не обнаружили. Однако, исходя из содержания элементов G-фактора в системе ESG, можно объяснить обнаруженное влияние посредством теории агентских отношений, в которой утверждается, что принципал (акционер) делегирует агенту (менеджеру) определенное количество полномочий в рамках управления фирмой. Поскольку средства контроля не идеальны и затраты на его проведение могут превышать потенциальные выгоды для акционеров, менеджеры склонны к оппортунистическому поведению, что чаще всего проявляется в присвоении активов фирмы, растрате денежных средств и др. Эти и подобные последствия приводят к снижению нераспределенной прибыли компании и сокращению дивидендных выплат. Компании с хорошей практикой управления, которую оценивает G-фактор, способны устранить либо свести к минимуму подобное поведение менеджеров, поскольку соответствие G-принципу предполагает частые аудиторские проверки, антикоррупционную политику, деловую этику персонала, развитую систему подотчетности и др. Подобные практики приводят к сохранению денежных средств в компании и постоянной выплате дивидендов.

В ходе проведения регрессионного анализа гипотеза 6 об отрицательном влиянии ESG-факторов на бета-коэффициент акций компании подтвердилась. Современные исследования, в которых анализируется связь бета-коэффициента, представляющего количественную меру риска акций, с ESG-факторами [Zhou, Zhou, 2021; Jin, 2022], согласуются с полученными результатами.

Поскольку компании учитывают интересы многих заинтересованных сторон, их общие операционные, финансовые и репутационные риски снижаются, что находит отражение в значениях бета-коэффициента. Таким образом, акции компаний, внедряющих ESG-принципы, становятся менее волатильными на фондовом рынке.

Гипотеза 7 была опровергнута, так как обнаружилась положительная связь величины денежного потока фирмы с ее ESG-оценкой. Анализ публикаций взаимосвязи ESG с денежными потоками показал их немногочисленность. Среди них отметим исследование Р. П. Грегори, который пришел к аналогичному выводу о наличии положительной связи между ESG-факторами и свободным денежным потоком для фирмы (FCFF) [Gregory, 2022]. Такой результат может объясняться несколькими причинами: экономией ресурсов или сокращением корпоративной коррупции и воровства; увеличением производительности сотрудников; эффективностью использования основных средств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение ESG-принципов в сферу управления бизнесом осуществляется усиленными темпами, что не позволяет игнорировать данную тенденцию. Вместе с тем ESG-факторы, преподносимые как необходимые и благоприятно влияющие на деятельность компаний, способны создавать угрозы как их финансовому состоянию, так и потенциальной возможности в их инвестирование.

В исследовании выдвинуты и верифицированы семь гипотез о влиянии ESG-факторов, касающиеся двух аспектов – финансового состояния и инвестиционной привлекательности компаний. Обобщим полученные результаты.

Анализ отчетов инвестиционных банков, государственных структур, консалтинговых фирм, научных публикаций и интернет-источников выявил существенное поощрение компаний, следующих принципам ESG. В большинстве своем это связано с договоренностью общества, которая проявляется в предоставлении компаниям кредитов с пониженной процентной ставкой, переплате инвесторами за акции (независимо от действия традиционных факторов), снижении уровня налогообложения и контроля со стороны региональных государственных органов власти.

Выявление причинно-следственных связей «ESG – CFP» и ESG с элементами создания стоимости при помощи регрессионного моделирования позволило предположить, что эффект от внедрения ESG-принципов для компаний обусловлен прежде всего внешним стимулированием. Действительно, установлено положительное влияние ESG-факторов на такие показатели финансового состояния компании, как рентабельность по EBITDA и рентабельность активов. В отношении инвестиционных показателей можно отметить, что положительное влияние ESG-факторы оказывают на дивидендную доходность и денежные потоки, а отрицательное влияние – на мультипликатор «Цена/прибыль» и бета-коэффициент.

Анализ показал, что необходимо исследовать возможность интеграции стандартов финансовой и не-

финансовой отчетности, в особенности принятия единого стандарта предоставления ESG-отчетности и осуществления аудита нефинансовой отчетности специализированными компаниями.

Кроме того, обнаружена необходимость дальнейшего изучения учета влияния ESG-факторов на финансовые показатели компании в плане декомпозиции модели оценки для реализации практик ответственного инвестирования, которое предполагает принятие решения об инвестировании с учетом критериев ESG, то есть использование устойчивых инвестиций.

Применение панельных данных позволило решить проблему малого количества наблюдений и устано-

вить причинно-следственную связь ESG-факторов с элементами создания стоимости при помощи регрессионного моделирования.

Построенные регрессионные модели, выявленные особенности влияния ESG-факторов на финансовое состояние и инвестиционную привлекательность компаний имеют потенциал использования в построении сценарных прогнозов и поиске оптимальных управленческих решений при разработке стратегий социально-экономического развития не только компаний и их объединений, но и территорий их расположения. ■

Источники

- Бабкин А.В., Малевская-Малевич Е.Д. (2021). Влияние социально-ответственного инвестирования на стоимость инновационно-активных промышленных предприятий // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. Т. 14, № 4. С. 82–94. DOI: 10.18721/JE.14406.
- Батаева Б.С., Кокурина А.Д., Карпов Н.А. (2021). Влияние раскрытия ESG-показателей на финансовые результаты российских публичных компаний // Управленец. Т. 12, № 6. С. 20–32. DOI: 10.29141/2218-5003-2021-12-6-2.
- Вашакмадзе Т. (2013). Влияние показателя ESG на будущую капитализацию компании. Эмпирическое тестирование на американском фондовом рынке // Финансовая жизнь. № 4. С. 63–70.
- Ефимова О.В. (2021). Об учете факторов устойчивого развития в финансовом моделировании инвестиционных проектов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия «Экономика и управление». № 2. С. 99–111. DOI: 10.17308/econ.2021.2/3381.
- Лупей Н.А. (2012). Финансы торговых организации. Москва: ЮНИТИ-ДАНА.
- Мартынова М.М. (2021). Влияние раскрытия информации о климате на стоимость собственного капитала // Российский экономический интернет-журнал. № 2.
- Федорова Е.А., Афанасьев Д.О., Нерсисян Р.Г., Ледяева С.В. (2020). Влияние нефинансовой информации на основные показатели российских компаний // Журнал Новой экономической ассоциации. № 2 (46). С. 73–96. DOI: 10.31737/2221-2264-2020-46-2-4.
- Шаш Н.Н., Досаева Н.Д. (2020). Влияние социально ответственного инвестирования на финансовые показатели и стоимость компании // Revista științifică progresivă. Т. 3, № 2 (4). С. 27–32. DOI: 10.46591/PSJM.2020.0302.0005.
- Bauer R., Hann D. (2010). *Corporate environmental management and credit risk*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1660470>
- Bodhanwala S., Bodhanwala R. (2018). Does corporate sustainability impact firm profitability? Evidence from India. *Management Decision*, vol. 56, no. 8, pp. 1734–1747. DOI: 10.1108/MD-04-2017-0381
- Chauhan Y., Kumar S.B. (2018). Do investors value the nonfinancial disclosure in emerging markets? *Emerging Markets Review*, vol. 37(C), pp. 32–46. DOI: 10.1016/j.ememar.2018.05.001
- Dziadkowiec A., Daszyńska-Żygadło K. (2021). Disclosures of ESG misconducts and market valuations: Evidence from DAX companies. *Inżynieria i Gospodarka - Engineering Economics*, vol. 32, no. 2, pp. 95–103. DOI: 10.5755/jj01.ee.32.2.25209
- El Ghouli S., Guedhami O., Kim H., Park K. (2018). Corporate environmental responsibility and the cost of capital: International evidence. *Journal of Business Ethics*, vol. 149, pp. 335–361. DOI: 10.1007/s10551-015-3005-6
- Fama E.F. (2021). Contract costs, stakeholder capitalism, and ESG. *European Financial Management*, vol. 27, issue 2, pp. 189–195. DOI: 10.1111/eufm.12297
- Fatemi A., Glaum M., Kaiser S. (2017). ESG performance and firm value: The moderating role of disclosure. *Global Finance Journal*, vol. 38, pp. 45–64. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2017.03.001>
- Friede G., Busch T., Bassen A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, vol. 5, issue 4, pp. 210–233. DOI: 10.1080/20430795.2015.1118917
- Gregory R.P. (2022). ESG activities and firm cash flow. *Global Finance Journal*, vol. 52, 100698. DOI: 10.1016/j.gfj.2021.100698
- Havlinova A., Kukacka J. (2021). Corporate social responsibility and stock prices after the financial crisis: The role of strategic CSR activities. *Journal of Business Ethics*, vol. 182, pp. 1–20. DOI: 10.1007/s10551-021-04935-9
- Huang D.Z.-X. (2021). An integrated theory of the firm approach to environmental, social and governance performance. *Account Finance*, vol. 62, issue S1, pp. 1567–1598. DOI: 10.1111/acfi.12832
- Huang D.Z.-X. (2022). Environmental, social and governance factors and assessing firm value: Valuation, signalling and stakeholder perspectives. *Account Finance*, vol. 62, issue S1, pp. 1983–2010. <https://doi.org/10.1111/acfi.12849>
- Jin I. (2022). Systematic ESG risk and passive ESG investing. *The Journal of Portfolio Management*, vol. 48, no. 5, pp. 71–86. DOI: 10.3905/jpm.2022.1.344

- Lee K.-H., Cin B.C., Lee E.Y. (2016). Environmental responsibility and firm performance: The application of an environmental, social and governance model. *Business Strategy and the Environment*, vol. 25, issue 1, pp. 40–53. <https://doi.org/10.1002/bse.1855>
- Ng A.C., Rezaee Z. (2015). *Business sustainability performance and cost of equity capital*. DOI: 10.2139/ssrn.3148611
- Nollet J., Filis G., Mitrokostas E. (2016). Corporate social responsibility and financial performance: A non-linear and disaggregated approach. *Economic Modelling*, vol. 52, part B, pp. 400–407. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.09.019>
- Schramade W. (2016). Integrating ESG into valuation models and investment decisions: The value-driver adjustment approach. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, vol. 6, no. 2, pp. 95–111. <https://doi.org/10.1080/20430795.2016.1176425>
- Setyahuni S.W., Handayani R.S. (2020). On the value relevance of information on environmental, social, and governance (ESG): An evidence from Indonesia. *Journal of Critical Reviews*, vol. 7, issue 12, pp. 50–58. DOI: 10.31838/jcr.07.12.09
- Shabbir M.S., Aslam E., Irshad A., Bilal K., Aziz Sh., Abbasi B.A., Zia S. (2020). Nexus between corporate social responsibility and financial and non-financial sectors' performance: A non-linear and disaggregated approach. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 27, no. 31, pp. 39164–39179. DOI: 10.1007/s11356-020-09972-x
- Taliento M., Favino C., Netti A. (2019). Impact of environmental, social, and governance information on economic performance: Evidence of a corporate 'sustainability advantage' from Europe. *Sustainability*, vol. 11, no. 6, 1738. DOI: 10.3390/su11061738
- Yoon B., Lee J., Byun R. (2018). Does ESG performance enhance firm value? Evidence from Korea. *Sustainability*, vol. 10, 3635. DOI: 10.3390/su10103635
- Yu E.P., Guo C.Q., Luu B.V. (2018). Environmental, social and governance transparency and firm value. *Business Strategy and the Environment*, vol. 27, issue 7, pp. 987–1004. DOI: 10.1002/bse.2047
- Zhou D., Zhou R. (2021). ESG performance and stock price volatility in public health crisis: Evidence from COVID-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, 202. DOI: 10.3390/ijerph19010202

References

- Babkin A.V., Malevskaya-Malevich E.D. (2021). Impact of socially responsible investment on the value of innovatively active industrial enterprises. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki / St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*, vol. 14, no. 4, pp. 82–94. DOI: 10.18721/JE.14406. (in Russ.)
- Bataeva B.S., Kokurina A.D., Karpov N.A. (2021). The impact of ESG reporting on the financial performance of Russian public companies. *Upravlenets / The Manager*, vol. 12, no. 6, pp. 20–32. DOI: 10.29141/2218-5003-2021-12-6-2. (in Russ.)
- Vashakmadze T. (2013). The impact of ESG indicators on the future capitalization of the company. *Finansovaya zhizn / Financial Life*, no. 4, pp. 63–70. (in Russ.)
- Efimova O.V. (2021). Factors of sustainable development to be considered in the financial modelling of investment projects. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Ekonomika i upravlenie» / Proceedings of Voronezh State University. Series: Economics and Management*, no. 2, pp. 99–111. <https://doi.org/10.17308/econ.2021.2/3381>. (in Russ.)
- Lupey N.A. (2012). *Finance of trade organizations*. Moscow: YuNITI-DANA. (in Russ.)
- Martynova M.M. (2021). Effect of climate-related disclosure on cost of equity. *Rossiyskiy ekonomicheskii internet-zhurnal / Russian Economic Online Journal*, no. 2. (in Russ.)
- Fedorova E.A., Afanasyev D.O., Nersesyan R.G., Ledyeva S.V. (2020). Impact of non-financial information on key financial indicators of Russian companies. *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii / The Journal of the New Economic Association*, no. 2 (46), pp. 73–96. DOI: 10.31737/2221-2264-2020-46-2-4. (in Russ.)
- Shash N.N., Dosaeva N.D. (2020). Impact of socially responsible investment on the company's financial performance and value. *Revistă științifică progresivă*, vol. 3, no. 2(4), pp. 27–32. DOI: 10.46591/PSJM.2020.0302.0005. (in Russ.)
- Bauer R., Hann D. (2010). *Corporate environmental management and credit risk*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1660470>
- Bodhanwala S., Bodhanwala R. (2018). Does corporate sustainability impact firm profitability? Evidence from India. *Management Decision*, vol. 56, no. 8, pp. 1734–1747. DOI: 10.1108/MD-04-2017-0381
- Chauhan Y., Kumar S.B. (2018). Do investors value the nonfinancial disclosure in emerging markets? *Emerging Markets Review*, vol. 37(C), pp. 32–46. DOI: 10.1016/j.ememar.2018.05.001
- Dziadkowiec A., Daszyńska-Żygadło K. (2021). Disclosures of ESG misconducts and market valuations: Evidence from DAX companies. *Inżynieria i Gospodarka Energetyczna / Engineering Economics*, vol. 32, no. 2, pp. 95–103. DOI: 10.5755/j01.ee.32.2.25209
- El Ghoul S., Guedhami O., Kim H., Park K. (2018). Corporate environmental responsibility and the cost of capital: International evidence. *Journal of Business Ethics*, vol. 149, pp. 335–361. DOI: 10.1007/s10551-015-3005-6
- Fama E.F. (2021). Contract costs, stakeholder capitalism, and ESG. *European Financial Management*, vol. 27, issue 2, pp. 189–195. DOI: 10.1111/eufm.12297
- Fatemi A., Glaum M., Kaiser S. (2017). ESG performance and firm value: The moderating role of disclosure. *Global Finance Journal*, vol. 38, pp. 45–64. <https://doi.org/10.1016/j.gfj.2017.03.001>
- Friede G., Busch T., Bassen A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, vol. 5, issue 4, pp. 210–233. DOI: 10.1080/20430795.2015.1118917
- Gregory R.P. (2022). ESG activities and firm cash flow. *Global Finance Journal*, vol. 52, 100698. DOI: 10.1016/j.gfj.2021.100698
- Havlinova A., Kukacka J. (2021). Corporate social responsibility and stock prices after the financial crisis: The role of strategic CSR activities. *Journal of Business Ethics*, vol. 182, pp. 1–20. DOI: 10.1007/s10551-021-04935-9
- Huang D.Z.-X. (2021). An integrated theory of the firm approach to environmental, social and governance performance. *Account Finance*, vol. 62, issue S1, pp. 1567–1598. DOI: 10.1111/acfi.12832

- Huang D.Z.-X. (2022). Environmental, social and governance factors and assessing firm value: Valuation, signalling and stakeholder perspectives. *Account Finance*, vol. 62, issue S1, pp. 1983–2010. <https://doi.org/10.1111/acf.12849>
- Jin I. (2022). Systematic ESG risk and passive ESG investing. *The Journal of Portfolio Management*, vol. 48, no. 5, pp. 71–86. DOI: 10.3905/jpm.2022.1.344
- Lee K.-H., Cin B.C., Lee E.Y. (2016). Environmental responsibility and firm performance: The application of an environmental, social and governance model. *Business Strategy and the Environment*, vol. 25, issue 1, pp. 40–53. <https://doi.org/10.1002/bse.1855>
- Ng A.C., Rezaee Z. (2015). *Business sustainability performance and cost of equity capital*. DOI: 10.2139/ssrn.3148611
- Nollet J., Filis G., Mitrokostas E. (2016). Corporate social responsibility and financial performance: A non-linear and disaggregated approach. *Economic Modelling*, vol. 52, part B, pp. 400–407. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.09.019>
- Schramade W. (2016). Integrating ESG into valuation models and investment decisions: The value-driver adjustment approach. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, vol. 6, no. 2, pp. 95–111. <https://doi.org/10.1080/20430795.2016.1176425>
- Setyahuni S.W., Handayani R.S. (2020). On the value relevance of information on environmental, social, and governance (ESG): An evidence from Indonesia. *Journal of Critical Reviews*, vol. 7, issue 12, pp. 50–58. DOI: 10.31838/jcr.07.12.09
- Shabbir M.S., Aslam E., Irshad A., Bilal K., Aziz Sh., Abbasi B.A., Zia S. (2020). Nexus between corporate social responsibility and financial and non-financial sectors' performance: A non-linear and disaggregated approach. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 27, no. 31, pp. 39164–39179. DOI: 10.1007/s11356-020-09972-x
- Taliento M., Favino C., Netti A. (2019). Impact of environmental, social, and governance information on economic performance: Evidence of a corporate 'sustainability advantage' from Europe. *Sustainability*, vol. 11, no. 6, 1738. DOI: 10.3390/su11061738
- Yoon B., Lee J., Byun R. (2018). Does ESG performance enhance firm value? Evidence from Korea. *Sustainability*, vol. 10, 3635. DOI: 10.3390/su10103635
- Yu E.P., Guo C.Q., Luu B.V. (2018). Environmental, social and governance transparency and firm value. *Business Strategy and the Environment*, vol. 27, issue 7, pp. 987–1004. DOI: 10.1002/bse.2047
- Zhou D., Zhou R. (2021). ESG performance and stock price volatility in public health crisis: Evidence from COVID-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, 202. DOI: 10.3390/ijerph19010202

Информация об авторах**Information about the authors****Белик Ирина Степановна**

Доктор экономических наук, профессор кафедры экономической безопасности производственных комплексов. **Уральский федеральный университет**, г. Екатеринбург, РФ. E-mail: i.s.belik@urfu.ru

Дуцинин Антон Сергеевич

Консультант. **АО «Технологии доверия – Аудит»**, г. Екатеринбург, РФ. E-mail: anton.s.dutsinin@tedo.ru

Никулина Наталья Леонидовна

Кандидат экономических наук, старший научный сотрудник. **Институт экономики УрО РАН**, г. Екатеринбург, РФ. E-mail: nikulinan@mail.ru

Irina S. Belik

Dr. Sc. (Econ.), Professor of Economic Security of Industrial Complexes Dept. **Ural Federal University**, Ekaterinburg, Russia. E-mail: i.s.belik@urfu.ru

Anton S. Dutsinin

Consultant. **AO Tekhnologii doveriya – Audit**, Ekaterinburg, Russia. E-mail: anton.s.dutsinin@tedo.ru

Natalia L. Nikulina

Cand. Sc. (Econ.), Senior Researcher. **Institute of Economics of the Ural Branch of the RAS**, Ekaterinburg, Russia. E-mail: nikulinan@mail.ru

DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-5

EDN: XKNDNE

JEL Classification: J31, C02, J53, M52

Система оценки эффективности деятельности работников с целью их вознаграждения в условиях неопределенности

А.А. Федченко¹, И.В. Филимонова¹, В.Н. Ярышина²¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, РФ² Воронежский государственный университет, г. Воронеж, РФ

Аннотация. Отсутствие инструментария оценки эффективности деятельности работников для определения их вознаграждения в условиях высокой степени неопределенности и нелинейности процессов, характерных для цифровой экономики, представляется многогранной проблемой, требующей решения. Исследование направлено на разработку и апробацию системы оценки деятельности работников с целью их вознаграждения. Методологической основой работы является синтез теорий управления и принятия решений в условиях неопределенности социально-экономических процессов. Использовались методы лингвистического и экспертного оценивания с применением нечетких множеств. Информационной базой послужила документация промышленных предприятий АО «Корпорация НПО «РИФ»» (г. Воронеж) и подразделения ORS Service Desk воронежского представительства фирмы ООО «Сименс Бизнес Сервисез». Апробация разработанной системы оценки эффективности деятельности сотрудников с целью их вознаграждения подтвердила целесообразность ее практического использования в организациях. Согласно результатам исследования, указанный комплексный подход позволяет повысить обоснованность принятия управленческих решений в период экономической турбулентности. С помощью предложенного инструментария может формироваться не только премиальная часть вознаграждения, но и другие элементы компенсаций и льгот. К его достоинствам относится также возможность применения на предприятиях всех сфер деятельности и форм собственности, что крайне важно в условиях конкуренции.

Ключевые слова: неопределенность; социально-экономические процессы; эффективность деятельности работников; вознаграждение; нечеткие множества; лингвистическое оценивание; экспертное оценивание.

Информация о статье: поступила 22 августа 2022 г.; доработана 30 сентября 2022 г.; одобрена 17 октября 2022 г.

Ссылка для цитирования: Федченко А.А., Филимонова И.В., Ярышина В.Н. (2022). Система оценки эффективности деятельности работников с целью их вознаграждения в условиях неопределенности // *Управленец*. Т. 13, № 6. С. 56–69. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-5. EDN: XKNDNE.

Remuneration management under conditions of uncertainty

Anna A. Fedchenko¹, Inna V. Filimonova¹, Valeriya N. Yaryshina²¹ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia² Voronezh State University, Voronezh, Russia

Abstract. The lack of tools for assessing employee performance when remunerating in the conditions of uncertainty and non-linearity of the processes in the digital economy seems to be a serious multifaceted problem that needs to be solved. The article aims to develop and test a system for assessing employees to remunerate them in an uncertain socio-economic environment. Methodologically, the research relies on the synthesis of theories of management and decision-making under conditions of socio-economic uncertainty. The methods of linguistic and expert evaluation with fuzzy sets were used. The empirical evidence was in-house documentation obtained at the industrial enterprises of AO RIF Corporation (Voronezh) and in the ORS Service Desk division of the Voronezh representative office of OOO Siemens Business Services. The testing of the proposed system for evaluating employee performance justified its practical use in organizations. The research results showed that the integrated approach allows increasing the validity of managerial decision-making under socio-economic uncertainty. The developed toolkit can be used to form not only the bonus part of remuneration, but also other elements of compensation and benefits. Among its major advantages is the possibility to apply it at enterprises of all forms of ownership, which is extremely important in a competitive environment.

Keywords: uncertainty; socio-economic processes; employee performance evaluation; remuneration; fuzzy sets; linguistic evaluation; expert evaluation.

Article info: received August 22, 2022; received in revised form September 30, 2022; accepted October 17, 2022

For citation: Fedchenko A.A., Filimonova I.V., Yaryshina V.N. (2022). Remuneration management under conditions of uncertainty. *Upravlenets / The Manager*, vol. 13, no. 6, pp. 56–69. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-5. EDN: XKNDNE.

ВВЕДЕНИЕ

Современный период развития общества характеризуется нестабильностью социально-экономической среды и непредсказуемостью результатов происходящих изменений. На смену относительной устойчивости, свойственной второй половине XX в., в конце 1990-х гг. пришла новая реальность, которая под влиянием глобальных системных изменений трансформировалась в цифровую среду. Эти особенности нашли отражение в работах исследователей: У. Беннис и Б. Нанус рассмотрели различные аспекты цифровой экономики, отметив постепенное наращивание степени неопределенности социально-экономических процессов [Bennis, Burt, 1997]; Дж. Кашио обозначил ключевые вызовы современного мира и возможности реагирования на них [Cascio, 2020].

Изменившиеся обстоятельства обуславливают необходимость переосмысления взглядов на управление человеческими ресурсами с учетом специфики новой реальности. Мы разделяем мнение А. Столярова, считающего, что в настоящее время управленческие решения руководителей должны базироваться на интуитивном (трансцендуальном) мышлении¹.

Целью данного исследования является разработка системы оценки эффективности деятельности работников с применением нечетких множеств, лингвистического и экспертного оценивания для определения вознаграждения в условиях неопределенности.

Задачи исследования:

- разработать систему оценки эффективности деятельности работников для распределения вознаграждения в условиях неопределенности;
- апробировать данную систему в рамках деятельности ряда предприятий;
- обосновать целесообразность ее применения для формирования широкого круга компенсаций и льгот с учетом требований законодательства РФ.

Акцентирование внимания на компенсациях и льготах обусловлено тем, что они являются мощным способом воздействия на персонал, позволяющим ориентировать его на достижение целей организации. От эффективного управления ими с учетом выявления наиболее значимых из их многообразия в значительной степени зависит результат деятельности любой организации [Greene, Bryant, 2021].

Методические подходы к вознаграждению работников, включающему широкий спектр компенсаций и льгот, постоянно трансформируются в соответствии с динамизмом технологических и социально-экономических процессов, а также последствиями изменения эпидемиологической обстановки и международных связей. В современных условиях формирование управленческого инструментария, на наш взгляд,

должно основываться на комплексном подходе, предусматривающем применение нечетких множеств, лингвистического и экспертного оценивания, позволяющих интегрировать позиции специалистов в данной области. Это, с одной стороны, позволит успешно осуществлять управленческий процесс, нивелируя влияние неопределенности, а с другой стороны – оценивать создавшуюся ситуацию и формировать траекторию ее изменения с учетом обобщения мнений экспертов.

Оценка деятельности работников с целью их вознаграждения может проводиться по двум направлениям:

- посредством оценки результатов труда за определенный период времени [Mathis, Jackson, 2008];
- на основе применения компетентностного подхода и оценки эффективности трудового поведения сотрудников [Кибанов и др., 2020].

Первое направление реализуется путем применения многочисленных модификаций и комбинаций различных систем оплаты труда. Второе направление мы связываем с использованием системы оценки заслуг, трудовых навыков и компетенций [Noe et al., 2003], а также балльного метода оценки должностей или системы грейдов [Armstrong, 1999; Vereman, Lengnise-Hall, 1994]. При этом учитываются профессиональные навыки работника, скорость выполнения рабочих операций, знание работы и действия в процессе труда, профессионализм, степень реализации профессионально важных и личностных качеств [Одегов, Павлова, Теленная, 2016].

Применение авторского подхода к оценке эффективности деятельности работников с целью их вознаграждения будет также способствовать повышению обоснованности решений, которые принимаются управляющими в рамках реализации принципов достойного труда, декларируемых Международной организацией труда (МОТ)².

В настоящее время вопросы распределения вознаграждений на основе оценки эффективности деятельности работников решают преимущественно специалисты по компенсациям и льготам. Четкого представления об уровне их квалификации, круге обязанностей, используемом инструментарии еще не сложилось. При этом выявилась необходимость быстрого и адекватного реагирования данных специалистов на изменения социально-экономической среды с применением современных компьютерных технологий. Таким образом, в условиях цифровизации экономики использование нечетких множеств, лингвистического и экспертного оценивания представляет собой

¹ Лидеры и организации будущего. Тренды 2035: как изменятся модели управления. <https://blog.bitobe.ru/article/lidery-i-organizatsii-budushchego/> © Блог BITOBE.

² Декларация МОТ о социальной справедливости в целях справедливой глобализации (2008 г.) с поправками 2022 г. (ilo.org). https://www.ilo.org/moscow/information-resources/publications/WCMS_100193/lang--ru/index.htm.

инструментарий, который позволяет формировать адекватную реальности политику вознаграждения работников, соответствующую стратегии развития организации.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Управление вознаграждением является важным инструментом привлечения и удержания высококвалифицированного персонала [Armstrong, Stephens, 2007]. Б. Хавиер, проведя обзор мнений и взглядов линейных руководителей, сотрудников и специалистов по компенсациям и льготам, а также принимая во внимание существующие эмпирические данные, сформировал программу исследований в области управления компенсациями и льготами, предложив акцентировать внимание на следующих аспектах: 1) внешняя среда, а именно воздействие на вознаграждение, которое оказывают старение населения, географические различия и экономическая ситуация; 2) отношение сотрудников к вознаграждению; 3) общее вознаграждение; 4) процессы и процедуры вознаграждения, такие как управление эффективностью и информирование о вознаграждении [Xavier, 2014].

В. Келлер и В.В. Олней, используя исчерпывающие данные о высших руководителях крупных компаний США, сделали вывод о том, что глобализация способствует быстрому увеличению вознаграждения руководителей: их заработная плата увеличивается вместе с экспортом и прямыми иностранными инвестициями, а также в соответствии с размером фирмы и развитием технологий [Keller, Olney, 2021].

Согласно результатам проведенного Т. Доменом исследования с использованием данных о персонале голландского национального производителя самолетов Fokker, рейтинги производительности определяют, насколько быстро работник поднимается по карьерной лестнице и получает повышение заработной платы [Dohmen, 2004].

К. Аранда, Ж. Ареллано, А. Давила, используя данные 414 филиалов крупного туристического ритейлера за четырехлетний период, исследовали влияние персональных (субъективных) бонусов (Subjective bonuses), используемых в эффективных контрактах с установленным бюджетом (budget-based incentive contracts), на производительность труда и мотивацию работников. Они пришли к выводу о том, что наличие неявных контрактов (Implicit contracts) позволяет менеджерам адаптировать цели к индивидуальным особенностям сотрудников для усиления мотивационной структуры контрактов, предусматривающих персональные бонусы [Aranda, Arellano, Davila, 2019]. Кроме того, как утверждают авторы «Настольной книги финансового директора» Г. Моррис и С. МакКей, для вознаграждения и удержания ключевых сотрудников могут использоваться такие инструменты, как схемы премирования или стимулирования акциями

(bonus schemes or share incentive schemes) [Morris, McKay, Oates, 2009].

Процессы вознаграждения изучались авторами на основе одного либо нескольких подходов. Так, Е.В. Дорошенко использовала в качестве методологической основы исследования сочетание эвдемонистического и оценочного подходов к измерению благополучия, а также синтез теории принятия решений в условиях неопределенности Канемана и методов психологической диагностики. В результате корреляционного анализа взаимосвязей между месячным доходом физических лиц в денежном выражении и его субъективной оценкой установлены особенности восприятия дохода [Дорошенко, 2019].

Возможность выбора модели вознаграждения персонала и использование инструментария всесторонней оценки его деятельности обоснованы М. Армстронгом [Armstrong, 1999]. Применение многопланового инструментария исследования позволяет, на наш взгляд, получить обоснованный результат, ориентированный на принятие наиболее эффективных управленческих решений. Такой инструментарий предусматривает применение нечетких множеств и лингвистического оценивания.

Понятие «нечеткое множество» (объект с функцией принадлежности элемента ко множеству, принимающей любые значения в интервале $[0, 1]$, а не только 0 или 1) принадлежит Л.А. Заде [Zadeh, 1965]. Его разработки оказали глубокое влияние на развитие концепций принятия решений в различных прикладных областях. Например, теория нечетких множеств применялась для выполнения широкого круга практических задач, таких как нечеткие логические контроллеры для промышленных процессов, нечеткая логика в области медицины, а также в суде [Pappis, Sugeno, 1985; Takagi, Sugeno, 1985; Yager, 1994; Gupta, 2011].

Мы разделяем позицию авторов, утверждающих, что использование строгих методов экспертного опроса, учитывающих неопределенность, может улучшить качество полученных экспертом значений и, следовательно, точность проекционных моделей [Moorea et al., 2022].

Вопрос о точности экспертных оценок при оценивании инновационных проектов рассматривался в исследовании, проведенном П.Г. Гудковым и А.И. Гусевой в 2021 г. при поддержке «Проекта 5-100»¹. Результаты этого исследования подтверждают перспективность предлагаемого авторами подхода, основанного на формализации подкритериальных оценок с использованием иерархического анализа Т. Саати [Gudkov, Guseva, 2021].

Система вознаграждения будет наиболее успешной в случае согласованности экономических интере-

¹ Проект повышения конкурентоспособности ведущих российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров. <https://www.5top100.ru/>.

сов работодателей и работников, которая достигается при учете трансформационных процессов на рынке труда, что, на наш взгляд, связано с ориентацией на специалистов, обладающих наиболее востребованными трудовыми навыками.

Управление компенсациями и льготами рассматривается в научном сообществе как компенсационный менеджмент. Именно такое название имеет книга Р. Хендерсона, выдержавшая уже 8 изданий, – «Компенсационный менеджмент: стратегия и тактика формирования заработной платы и других выплат». Н.А. Горелов, который перевел этот труд [Хендерсон, 2004], впоследствии адаптировал позиции Р. Хендерсона применительно к российской практике и развил их в авторском варианте в книге «Вознаграждение работникам (Компенсационный менеджмент)» [Горелов, 2007].

Авторами рассмотрены различные аспекты управления компенсациями и льготами. В частности, А.А. Федченко и Ю.Г. Одегов предложили механизм регулирования вознаграждения на уровне организации, затрагивающий широкий спектр компенсаций и льгот [Федченко, Одегов, 2004]. По мнению Л.С. Бабыниной, которое мы разделяем, необходим дифференцированный подход к различным категориям сотрудников при начислении им премии [Бабынина, 2003]. Исследователи показали, что существует важная (но отсутствующая во многих финских компаниях) связь между вознаграждением (стимулами) руководителей и устойчивостью в бизнесе [Hartikainen, Jarvenpaa, Rautiainen, 2021]. В работе В. Кассио продемонстрирована взаимозависимость эффективного управления человеческими ресурсами и прибыли [Cascio, 1991].

Управление компенсациями и льготами в условиях цифровой экономики реализуется в соответствии с законодательно-нормативной базой, опирающейся на Всеобщую декларацию прав человека от 1947 г., в которой провозглашены основные права в сфере труда. В частности, согласно третьему пункту статьи 23 этого документа, «каждый работающий имеет право на справедливое и удовлетворительное вознаграждение, обеспечивающее достойное человека существование для него самого и его семьи и дополняемое, при необходимости, другими средствами социального обеспечения»¹. Эта позиция изложена также в конвенциях и рекомендациях Международной организации труда и поддерживается нами [Федченко, 2019]. В российской практике она нашла отражение в Конституции РФ и ряде законодательных актов («О минимальном размере оплаты труда» и др.). Преимущество данной позиции подтверждается Трудовым кодексом РФ, где обозначены основные принципы правового регулирования трудовых и иных непосредственно связанных с ними отношений (статья 2) и законода-

тельные основы регулирования компенсаций и льгот (статьи 129–187).

Таким образом, управление вознаграждениями осуществляется с опорой на российскую законодательную базу, учитывающую положительный международный опыт. При этом выдерживается единое правило, применяемое на федеральном, региональном, муниципальном и внутрифирменном уровнях: переход к управлению на более низком уровне предполагает усиление социальной составляющей.

Компенсации и льготы, часто объединяемые под названием «компенсационный пакет», выполняют компенсационную и социальную функции, обеспечивающие достойное и справедливое вознаграждение за труд. Первую функцию выполняют базовая заработная плата и премии, вторую – система социальных льгот и выплат. Реализация всех функций зависит от стратегии развития организации и задач, решаемых в текущий период. При этом все элементы компенсационного пакета имеют социальную компоненту: базовая заработная плата обеспечивает выполнение требования о соответствии прожиточному минимуму, премия служит условием преодоления психологического порога осознания повышения вознаграждения, система социальных льгот и выплат демонстрирует проявление заинтересованности руководства организации в социальном благополучии работников и членов их семей. Наименее гибким элементом компенсационного пакета является базовая заработная плата, наиболее гибким – премии. От степени обоснованности премиальной системы в значительной мере зависит результат комплексного решения поставленных задач, что способствует повышению эффективности управления.

Необходимость дифференцированного подхода к управлению компенсациями и льготами обусловлена их многообразием и различной степенью мотивирующего воздействия на повышение трудовой активности. Для распределения премий, входящих в переменную часть вознаграждения персонала, нами предложен и апробирован инструментальный с использованием нечетких множеств и метода нечеткого лингвистического оценивания.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Вознаграждение работников рассматривается в рамках всех теорий менеджмента, включающих основополагающие принципы управления. В частности, развитие материальных форм вознаграждения персонала во взаимосвязи с созданием безопасных условий труда нашло отражение в теориях менеджмента, позиционируемых школой научного менеджмента (Ф. Тейлор, Г. Гант, Г. Эмерсон, Г. Форд и др.), использование коллективных форм организации и стимулирования труда при создании благоприятного морального климата в коллективе – в теориях школы челове-

¹ United Nations (2015). Universal Declaration of Human Rights. https://www.un.org/en/udhrbook/pdf/udhr_booklet_en_web.pdf.

ских отношений (Г. Мюнстерберг, М. Фоллетт, Э. Мэйо, А.К. Гастев, Н.А. Витке, Л. Выготский и др.), поощрение инициативы и переход к исчислению вознаграждения в зависимости от конечных результатов работы – в теориях менеджмента, поддерживаемых бихевиористской школой (А. Маслоу, Ф. Герцберг, К. Альдерфер, К. Левин, Л. Портер, Э. Лоулер и др.).

Особый интерес для нашего исследования представляет количественная теория менеджмента (Quantitative Management), в особенности ее ветвь, называемая школой науки управления (Management Science), которую представляют Р. Акофф, С. Бир, Л. Берталанфи, А. Гольдбергер и др. По словам Р.М. Ходжеттса, «количественная школа, которую также называют школой управленческих наук, состоит из тех теоретиков, которые рассматривают менеджмент как набор количественных инструментов и методологий, призванных помочь современному менеджеру в принятии сложных решений, связанных с операциями и производством» [Hodgetts, 1999, с. 48].

Отличительной чертой указанной школы является повышение эффективности принятия решений за счет использования определенных статистических методов и математических моделей. Значение этой школы сегодня возрастает, поскольку ее концепции соотносятся с особенностями современного социально-экономического развития, отличающегося нестабильностью, нелинейностью и потребностью в нестандартных управленческих решениях.

Сложившиеся подходы к формированию базовой заработной платы и системы социальных льгот и выплат с учетом усиления их гибкости рекомендуется использовать для повышения эффективности деятельности персонала. При распределении премиальной части компенсационного пакета работодатель может с большей самостоятельностью выбирать способы управления этой составляющей вознаграждения, учитывая последствия влияния неопределенности и неустойчивости социально-экономической среды, нивелируемое применением нечетких множеств и лингвистического оценивания. Данный инструментарий может также использоваться для распределения всех компенсаций и льгот с учетом требований законодательно-нормативной базы.

Руководство организаций, стремящееся проводить правильную кадровую политику и решать проблемы эффективного вознаграждения персонала, заинтересовано в выборе лучших работников по итогам определенного периода (квартала, месяца), а также в составлении классификации, позволяющей выявить их принадлежность к какому-либо классу: «работает хорошо», «работает нормально» или «работает плохо». Мы предлагаем создавать группы (классы) работников на основе выполнения ими определенных трудовых функций, обладания различными компетенциями с целью распределения переменной части вознаграждения

в рамках соответствующих групп [Федченко, Ярышина, 2015, с. 166].

Для этого выделяется несколько критериев $\{X_1, X_2 \dots X_p\}$, по которым необходимо провести ранжирование и классификацию. Далее формулируются несколько интегральных логических словесных правил $\{D_1, D_2 \dots D_n\}$, посылки которых содержат значения заданных критериев (не обязательно всех), а вывод – общую оценку качества работы сотрудника согласно лингвистической шкале: «прекрасно», «очень хорошо», «хорошо», «удовлетворительно», «плохо». Удобно правила и значения критериев задавать в лингвистических шкалах, а для создания алгоритма решения поставленной задачи использовать методы теории нечетких множеств. Аппарат нечеткого лингвистического оценивания является эффективным средством решения многокритериальных задач комплексного оценивания, ранжирования и классификации [Заде, 1976, с. 86].

Использование в работе данного аппарата предусматривает формализованное представление каждого оценочного критерия в виде лингвистической переменной (значениями которой являются не числа, а слова или предложения на естественном или формальном языке) и формирование на базе переменных правил нечеткого логического вывода, обработка которых позволяет получить точечные оценки для каждого сотрудника. На основе пороговых значений точечных оценок в дальнейшем осуществляются ранжирование и классификация [Азарнова, 2007].

Основой для проведения операции нечеткого логического вывода является база правил, содержащая нечеткие высказывания в форме «если..., то...» и функции принадлежности для соответствующих лингвистических термов¹. При этом должны соблюдаться следующие условия:

- существует хотя бы одно правило для каждого лингвистического термина выходной переменной;
- для любого термина входной переменной имеется хотя бы одно правило, в котором этот терм используется в качестве предпосылки (левая часть правила) [Sangalli, Klir, 1992].

В противном случае имеет место неполная база нечетких правил.

Остановимся кратко на основных аспектах теории нечетких множеств и представим алгоритм решения задачи оценки качества работы персонала.

Пусть U – полное множество, охватывающее все объекты некоторого класса. Нечеткое подмножество F множества U , которое мы в дальнейшем будем называть нечетким множеством, определяется через функцию принадлежности $\mu_F(u)$, $u \in U$ [Zadeh, 1975]. Эта функция отображает элементы u_i множества U на мно-

¹ Множество допустимых значений лингвистической переменной называется терм-множеством. Термом (term) называется любой элемент терм-множества.

жество вещественных чисел отрезка $[0, 1]$, которые указывают степень принадлежности каждого элемента к нечеткому множеству F .

Если полное множество U состоит из конечного числа элементов $u_i, i = 1, \dots, n$, то нечеткое множество F можно представить в следующем виде:

$$F = \frac{\mu_F(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_F(u_2)}{u_2} + E + \frac{\mu_F(u_n)}{u_n},$$

где знак «+» означает не сложение, а скорее объединение; символ «/» показывает, что значение μ_F относится к элементу, следующему за ним (а не означает деление на u_i).

Если множество U является непрерывным, F можно записать как интеграл:

$$F = \int_u \frac{\mu_F(u)}{u}.$$

Рассмотрим метод многокритериального выбора альтернатив на основе композиционного правила агрегирования описаний альтернатив с информацией о предпочтениях лица, принимающего решение, которые заданы в виде нечетких суждений.

Сущность метода заключается в следующем. Пусть U – множество элементов, A – его нечеткое подмножество, степень принадлежности элементов к которому есть число из единичного интервала $[0, 1]$. Подмножества A_j являются значениями лингвистической переменной X [Zadeh, 1976].

Допустим, что множество решений характеризуется набором критериев $\{x_1, x_2, \dots, x_p\}$, то есть лингвистических переменных, заданных на базовых множествах $\{u_1, u_2, \dots, u_p\}$ соответственно. Набор из нескольких критериев с соответствующими значениями характеризует представления лица, принимающего решение, об удовлетворительности альтернативы.

Обозначим пересечение $(x_1 = A_{1i} \cap x_2 = A_{2i} \cap \dots \cap x_p = A_{pi})$ через $x = A_i$. Операции пересечения нечетких множеств соответствует нахождение минимума их функций принадлежности:

$$\mu_{A_i}(v) = \min_{w \in W} (\mu_{A_{i1}}(u_1), \mu_{A_{i2}}(u_2), \dots, \mu_{A_{ip}}(u_p)),$$

где $V = U_1 \times U_2 \times \dots \times U_p; v = u_1, u_2, \dots, u_p; \mu_{A_{ij}}(u_j)$ – значение принадлежности элемента u_j нечеткому множеству A_{ij} .

Для придания общности суждениям обозначим базовые множества U и V через W . Тогда A_i – нечеткое подмножество W , в то время как B_i – нечеткое подмножество единичного интервала I .

Для представления правил используется операция импликации. Нами выбрана нечеткая импликация Лукасевича, имеющая вид

$$\mu_H(w, i) = \min_{w \in W} (1, (1 - \mu_A(w) + \mu_B(i))),$$

где H – нечеткое подмножество на $W \times I, w \in W, i \in I$ [Федченко, Ярышина, 2015].

Таким образом, высказывания d_1, d_2, \dots, d_q преобразуются в множества H_1, H_2, \dots, H_q . Их пересечением является множество $D: D = H_1 \cap H_2 \cap \dots \cap H_q$ и для каждого $(w, i) \in W \times I$:

$$\mu_D(w, i) = \min_{w \in W} (\mu_{H_j}(w, i)), j = 1, \dots, q.$$

Удовлетворительность альтернативы, которая описывается нечетким подмножеством A из W , определяется на основе композиционного правила вывода: $G = A \circ D$, где G – нечеткое подмножество интервала I .

Тогда функция принадлежности имеет следующий вид:

$$\mu_G(i) = \max_{w \in W} (\min (\mu_A(w) \mu_D(w, i))).$$

Сопоставление альтернатив происходит на основе точечных оценок. Для нечеткого множества $C \subset I$ определяем α -уровневое множество ($\alpha \in [0, 1]$):

$$C_\alpha = \{i | \mu_C(i) \geq \alpha, i \in I\}.$$

Для каждого C_α можно вычислить среднее число элементов $M(C_\alpha)$:

$$M(C_\alpha) = \sum_{j=1}^n \frac{i_j}{n}; i_j \in C_\alpha; \text{ для } C_\alpha = \{a \leq i \leq b\}$$

$$M(C_\alpha) = \frac{a+b}{2}; \text{ для } C_\alpha = \bigcup_{j=1}^n \{a_j \leq i \leq b_j\};$$

$$M(C_\alpha) = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{a_j - b_j}{2} (b_j - a_j)}{\sum_{j=1}^n (b_j - a_j)};$$

$$\text{при } 0 \leq a_1 \leq b_1 \leq a_2 \leq b_2 \leq \dots \leq a_n \leq b_n \leq 1.$$

Тогда точечное значение для множества C можно записать в виде

$$F(C) = \frac{1}{\alpha_{\max}} \int_0^{\alpha_{\max}} M(C_\alpha) d\alpha,$$

где α_{\max} – максимальное значение в множестве C .

При выборе альтернатив для каждой из них найдется удовлетворительность и вычисляется соответствующая точечная оценка. Лучшей считается альтернатива с наибольшим ее значением.

Если помимо определения лучшей альтернативы следует провести классификацию изучаемых объектов, то для этого необходимо задать пороговые значения точечных оценок, которые бы разбили отрезок $[0, 1]$ на нужное число интервалов, и затем выделить в отдельный класс альтернативы, имеющие точечные оценки, попавшие в один интервал. Нечеткие множества широко применяются для формализации лингвистических значений.

АПРОБАЦИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ

Предложенный инструментарий был апробирован для решения практической задачи оценки работы персонала в подразделении ORS Service Desk воро-

нежского представительства фирмы «Сименс Бизнес Сервисез» – международного технологического концерна, осуществляющего деятельность в сферах автоматизации и цифровизации для промышленности, интеллектуальной инфраструктуры, мобильности, распределенных энергосистем¹. Основные направления деятельности воронежского представительства – связь, телекоммуникации, Интернет. Руководство фирмы в процессе научного сотрудничества поставило нам задачу разработки и внедрения бонусной системы, направленной на повышение мотивации к работе сотрудников сервисной службы. Для этого необходимо было оценить качество работы каждого сотрудника за предыдущий месяц и выбрать наилучшего кандидата на получение денежного или другого материального вознаграждения. Было предложено использовать следующие критерии оценки:

- 1) продуктивность – X_1 ;
- 2) технические навыки – X_2 ;
- 3) уровень владения английским языком – X_3 ;
- 4) наличие ошибок в оформлении заявок – X_4 ;
- 5) написание инструкций – X_5 ;
- 6) наличие персональных жалоб – X_6 .

Покажем содержательность этих критериев с точки зрения выполняемой работы и способы оценки персонала по каждому критерию.

Продуктивность – отношение времени, в течение которого сотрудник был занят обработкой заявок, к общему времени работы (предполагается, что общее время работы рассчитывается исходя из 40-часовой рабочей недели, без учета официальных выходных дней). Для регистрации всех поступивших заявок, а также длительности их исполнения используется автоматизированная система, фиксирующая время открытия заявки в момент поступления телефонного звонка; автоматически формируется новая заявка, отнесенная к тому сотруднику, который принял звонок. Все операции, производимые работником с заявкой, автоматически фиксируются в специальной базе данных, на основании которой потом формируется отчет о продуктивности. Несмотря на то, что автоматическая система распределения звонков равномерно направляет их на сотрудников, есть возможность перехвата звонка, поэтому некоторые работники могут демонстрировать сверхпродуктивность, а некоторые, наоборот, долгое время оставаться без работы. Руководство фирмы предполагает, что продуктивность должна находиться в пределах от 70 до 100 %. Более низкие значения не рассматриваются, так как считаются нерациональными. Пусть p_i – значение продуктивности i -го сотрудника по итогам месяца, тогда для вычисления функции принадлежности критерия «продуктивность» по лингвистическим значениям «высокая» и «низкая» будем использовать следующую формулу:

$$\mu_{\text{выс}}(u_i) = \frac{(p_i - 70)}{30}; \mu_{\text{низ}}(u_i) = 1 - \mu_{\text{выс}}(u_i).$$

Технические навыки определяют скорость обработки и объем обработанных заявок. Если сотрудник не может справиться с задачей, это делает его коллега, имеющий необходимый технический навык, что приводит к увеличению временных затрат, а также может вызвать недовольство клиентов. Для повышения уровня квалификации проводятся тренинги, а также предоставляется возможность получать навыки в процессе работы с помощью имеющейся документации. Уровень технических навыков можно оценить как отношение задач, которые конкретный сотрудник способен выполнить, к общему числу всех задач, решаемых телефонным консультационным центром. В конце каждого месяца проводится тестирование, позволяющее отследить изменения в приобретении персоналом технических навыков.

Руководство предполагает, что при приеме на конкретную должность сотрудник должен иметь определенный набор технических навыков. Соответствующее значение составляет 40 % от всего объема задач и выявляется на первоначальном тестировании. Функция принадлежности критерия «технические навыки» по лингвистическим значениям «хорошие» и «плохие» вычисляется по следующей формуле:

$$\mu_{\text{хор}}(u_i) = \frac{(t_i - 40)}{60}; \mu_{\text{пл}}(u_i) = 1 - \mu_{\text{хор}}(u_i),$$

где t_i – уровень технических навыков i -го сотрудника.

Уровень владения английским языком выявляется с помощью тестирования персонала. Количество заявок на английском языке достаточно незначительно (3–5 %), поэтому и требования в этой сфере не слишком высоки. Итоги тестирования на понимание речи и письма на уровне «выше среднего» представляются в баллах от 0 до 100. Минимальное значение этого показателя – 60 баллов. Для вычисления функции принадлежности критерия «уровень владения английским языком» по лингвистическим значениям «высокий» и «низкий» использовалась следующая формула:

$$\mu_{\text{выс}}(u_i) = \frac{(e_i - 60)}{40}; \mu_{\text{низ}}(u_i) = 1 - \mu_{\text{выс}}(u_i),$$

где e_i – уровень знания английского языка i -го сотрудника по результатам тестирования.

Наличие ошибок в оформлении заявок. Этот критерий может принимать два лингвистических значения: «есть» и «нет». Ошибки в оформлении заявок в автоматизированной системе приводят к множеству нежелательных последствий, таких как увеличение среднего времени обработки заявок, выставление ошибочных счетов фирме-клиенту по итогам месяца, недовольство клиентов, получение искаженной статистики. Но так как заявки частично оформляются сотрудниками

¹ ГК «Сименс»: официальный сайт. <https://new.siemens.com/ru/ru.html>.

ми, полностью избежать ошибок практически невозможно, и не учитывать их при проведении анализа не совсем корректно. Чем меньше сотрудник ошибается, тем более внимательно и качественно он работает. Максимальное количество ошибок, принимаемое руководством за допустимое, – 20 в месяц. Поэтому вычисление функции принадлежности критерия «наличие ошибок в оформлении заявок» по лингвистическим значениям «есть» и «нет» осуществлялось согласно следующей формуле:

$$\mu_{\text{нет}}(u_i) = \frac{(20 - m_i)}{20}; \mu_{\text{есть}}(u_i) = 1 - \mu_{\text{нет}}(u_i),$$

где m_i – количество ошибок i -го сотрудника по итогам месяца.

Написание инструкций. Данный критерий может принимать два лингвистических значения: «пишет» и «не пишет». Так как версии программного обеспечения, на котором работают заказчики, постоянно меняются, то меняется и способ решения задач, стоящих перед сотрудниками. Кроме того, периодически происходит добавление новых программных продуктов. Все это обуславливает необходимость написания инструкций по обработке заявок, поступающих от клиентов. Эта функция является опциональной, однако, как показывает практика, написанные работниками инструкции оптимальны с точки зрения скорости и качества обработки заявок, так как содержат опыт, накопленный на первом уровне поддержки. Поскольку оценить нижнюю или верхнюю границу переменной «количество написанных инструкций» представляется затруднительным, функция принадлежности этого критерия может принимать значения согласно следующей формуле:

$$\mu_{\text{пишет}}(u_i) = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й сотрудник пишет инструкции,} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

Наличие персональных жалоб. Этот критерий может принимать два лингвистических значения: «есть» и «нет». Персональная жалоба – это документальное обращение клиента к руководству сервисной службы, содержащее информацию о причинах недовольства клиента работой конкретного сотрудника. Рассматриваются только официально принятые жалобы, то есть те, по которым было проведено расследование, показавшее, что сотрудник действительно совершил ошибки. По мнению руководства, допустимое количество персональных жалоб – не более 5 в месяц. Поэтому для вычисления функции принадлежности критерия «наличие персональных жалоб» по значениям «есть» и «нет» будем использовать следующую формулу:

$$\mu_{\text{нет}}(u_i) = \frac{(5 - c_i)}{5}; \mu_{\text{есть}}(u_i) = 1 - \mu_{\text{нет}}(u_i),$$

где c_i – количество персональных жалоб i -го сотрудника по итогам месяца.

Далее экспертной группой составляются правила лингвистической оценки работы сотрудника по выбранным критериям. В нашем случае эти правила следующие.

D1. Если сотрудник имеет высокую продуктивность, хорошие технические навыки, высокий уровень владения английским языком, не имеет персональных жалоб и пишет инструкции, то он очень удовлетворяющий.

D2. Если сотрудник имеет высокую продуктивность, хорошие технические навыки, высокий уровень владения английским языком и не имеет персональных жалоб, то он более чем удовлетворяющий.

D3. Если сотрудник имеет высокую продуктивность, хорошие технические навыки, высокий уровень владения английским языком и не имеет ошибок в оформлении заявок, то он очень удовлетворяющий.

D4. Если сотрудник имеет высокую продуктивность, хорошие технические навыки, высокий уровень владения английским языком, пишет инструкции, не имеет персональных жалоб и ошибок в оформлении заявок, то он безупречный.

D5. Если сотрудник имеет высокую продуктивность, хорошие технические навыки, не имеет ошибок в оформлении заявок, но имеет низкий уровень владения английским языком, то он более чем удовлетворяющий.

D6. Если сотрудник имеет высокую продуктивность, хорошие технические навыки, пишет инструкции, но имеет ошибки в оформлении заявок, то он удовлетворяющий.

D7. Если сотрудник имеет высокую продуктивность, хорошие технические навыки, высокий уровень владения английским языком, но имеет персональные жалобы, то он удовлетворяющий.

D8. Если сотрудник имеет высокую продуктивность, плохие технические навыки, низкий уровень владения английским языком и имеет персональные жалобы, то он неудовлетворяющий.

D9. Если сотрудник имеет низкую продуктивность, хорошие технические навыки, но допускает ошибки в оформлении заявок, то он неудовлетворяющий.

В табл. 1 представлены итоговые показатели работы за календарный месяц 20 сотрудников компании по выбранным критериям.

Используя приведенные выше формулы, мы получили значения функций принадлежности по всем критериям для каждого сотрудника (табл. 2).

Результаты по каждому сотруднику, полученные после подстановки значений функций принадлежности и правил нечеткого лингвистического оценивания, представлены на рисунке.

Далее определяется мера удовлетворения объектов каждому правилу через нечеткую импликацию (в данном случае – импликацию Лукасевича). В результа-

Таблица 1 – Показатели работы сотрудников за календарный месяц
Table 1 – Employee performance indicators for a calendar month

Критерии	Сотрудники									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Продуктивность	100	82	73	76	94	82	85	97	94	88
Технические навыки	82	94	61	67	70	52	82	76	55	65
Уровень владения английским языком	92	74	64	90	82	60	66	76	60	80
Ошибки в оформлении	2	8	12	10	5	0	6	7	0	3
Написание инструкций	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
Персональные жалобы	0	1	1	2	0	0	3	2	1	2
Критерии	Сотрудники									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Продуктивность	91	70	81	85	87	93	97	74	86	73
Технические навыки	70	73	60	52	70	94	79	82	64	80
Уровень владения английским языком	82	81	54	70	82	65	68	92	73	77
Ошибки в оформлении	5	6	2	0	5	0	4	2	0	3
Написание инструкций	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
Персональные жалобы	0	2	0	1	0	3	3	0	1	2

Таблица 2 – Значения функций принадлежности
Table 2 – Membership function values

Критерии		Сотрудники									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Продуктивность	высокая	1	0,4	0,1	0,2	0,8	0,4	0,5	0,9	0,8	0,6
	низкая	0	0,6	0,9	0,8	0,2	0,6	0,5	0,1	0,2	0,4
Технические навыки	хорошие	0,7	0,9	0,35	0,45	0,5	0,2	0,7	0,6	0,25	0,4
	плохие	0,3	0,1	0,65	0,55	0,5	0,8	0,3	0,4	0,75	0,6
Уровень английского	высокий	0,8	0,35	0,1	0,75	0,55	0	0,15	0,4	0	0,5
	низкий	0,2	0,65	0,9	0,25	0,45	1	0,85	0,6	1	0,5
Ошибки в оформлении	нет	0,9	0,6	0,4	0,5	0,75	1	0,7	0,65	1	0,85
	есть	0,1	0,4	0,6	0,5	0,25	0	0,3	0,35	0	0,15
Написание инструкций	пишет	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	не пишет	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Персональные жалобы	есть	1	0,8	0,8	0,6	1	1	0,4	0,6	0,8	0,6
	нет	0	0,2	0,2	0,4	0	0	0,6	0,4	0,2	0,4
Критерии		Сотрудники									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Продуктивность	высокая	0,7	0	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	0,2	0,4	0,1
	низкая	0,3	1	0,6	0,5	0,4	0,3	0,1	0,8	0,6	0,9
Технические навыки	хорошие	0,5	0,55	0,35	0,2	0,5	0,9	0,6	0,7	0,4	0,75
	плохие	0,5	0,45	0,65	0,8	0,5	0,1	0,4	0,3	0,6	0,25
Уровень английского	высокий	0,55	0,8	0,1	0,25	0,55	0,2	0,2	0,8	0,4	0,9
	низкий	0,45	0,2	0,9	0,75	0,45	0,8	0,8	0,2	0,6	0,1
Ошибки в оформлении	нет	0,15	0,2	0,9	0,8	0,5	1	0,8	0,4	1	0,65
	есть	0,85	0,8	0,1	0,2	0,5	0	0,2	0,6	0	0,35
Написание инструкций	пишет	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
	не пишет	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
Персональные жалобы	есть	1	0,6	1	0,8	1	0,2	0,4	1	0,8	0,6
	нет	0	0,4	0	0,2	0	0,8	0,6	0	0,2	0,4

Правило D1																				
0	0,35	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0	0	0,4	0
Правило D2																				
0,7	0,35	0,1	0,2	0,5	0	0,15	0,4	0	0,4	0,5	0	0,1	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	
Правило D3																				
0,7	0,35	0,1	0,2	0,5	0	0,15	0,4	0	0,4	0,15	0	0,1	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	
Правило D4																				
0	0,35	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0	0	0,4	0	
Правило D5																				
0,2	0,4	0,1	0,2	0,45	0,2	0,5	0,6	0,25	0,4	0,15	0	0,35	0,2	0,45	0,7	0,6	0,2	0,4	0,1	
Правило D6																				
0	0,4	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	
Правило D7																				
0	0,2	0,1	0,2	0	0	0,15	0,4	0	0,4	0	0	0	0,2	0	0,2	0,2	0	0,2	0	
Правило D8																				
0	0,1	0,1	0,2	0	0	0,3	0,4	0,2	0,4	0	0	0	0,2	0	0,1	0,4	0	0,2	0	
Правило D9																				
0	0,4	0,35	0,45	0,2	0	0,3	0,1	0	0,15	0,3	0,55	0,1	0,2	0,4	0	0,1	0,6	0	0,35	

Результаты оценки деятельности сотрудников

с учетом значений функций принадлежности и правил нечеткого лингвистического оценивания

Results of employee performance evaluation considering membership function values and rules of fuzzy linguistic assessment

те получены точечные оценки для каждого рассматриваемого сотрудника (табл. 3).

Путем экспертного оценивания пороговые значения для классов заданы следующим образом:

- «работает хорошо» – $F > 0,7$;
- «работает нормально» – $0,5 < F < 0,7$;
- «работает плохо» – $F < 0,5$.

На основании полученных точечных оценок сформирована классификация сотрудников по итогам работы за определенный период (в нашем случае – за календарный месяц) для последующего распределения переменной части вознаграждений (табл. 4).

Каждому классу рекомендовано присвоить вес для расчета доли переменной части выплат в общем фонде вознаграждения персонала с помощью оценки трудовых функций, KPI, компетенций. Согласно описанному алгоритму можно разделить работников на любое желаемое число классов (групп) с присвоением

каждому из них определенных экспертным путем весов для распределения переменной части вознаграждения.

По мере необходимости (не реже одного раза в год) стоит пересматривать набор критериев для оценки сотрудников и их работы [Ярышина, 2016, с. 107]. Оценивать при этом можно степень достижения работниками KPI, обладание определенными компетенциями, трудовые функции или иные параметры на усмотрение организаций. Для удобства расчеты рекомендуется проводить в программном обеспечении Microsoft Excel или в среде Delphi.

Представленные результаты были успешно внедрены в реальный бизнес-процесс компании «Сименс Бизнес Сервисез», а после прохождения стадии тестирования предложенные способы оценки и расчета использовались для решения проблем определения лучших представителей персонала по итогам месяца

Таблица 3 – Значения соответствия лучших работников лингвистическим правилам

Table 3 – Average values of best employees' satisfaction with linguistic rules

Сотрудники	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F(C)	0,913	0,325	0,573	0,378	0,615	0,510	0,813	0,528	0,897	0,718
Сотрудники	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
F(C)	0,613	0,685	0,463	0,720	0,485	0,837	0,610	0,412	0,712	0,473

Таблица 4 – Классификация сотрудников по итогам работы за календарный месяц

Table 4 – Classification of employees based on their performance in a calendar month

Класс	«Работает хорошо»	«Работает нормально»	«Работает плохо»
Сотрудники	1, 7, 9,10, 14, 16, 19	3, 5, 6, 8, 11, 12, 17	2, 4, 13, 15, 18, 20

и приема на работу новых сотрудников, что позволяет сделать вывод об универсальности предлагаемого инструментария для принятия различных управленческих решений в условиях неопределенности.

Данный инструментарий апробирован также в АО «Корпорация НПО "РИФ"» (г. Воронеж)¹, представляющем собой опытный завод микроэлектроники для производства микроэлектронных блоков и компонентов на базе толсто пленочной и тонко пленочной технологий. Основными сферами деятельности являются разработка и создание систем микроэлектроники, систем автоматики и управления; железнодорожная силовая электроника; термоэлектрические изделия. В структуру корпорации входят пять предприятий, владеющих производственными мощностями. По состоянию на 2022 г. штатная численность по всем предприятиям – 1 700 человек. Выбор данной корпорации обусловлен широкой вариативностью должностей, что позволило адаптировать предлагаемый инструментарий для различных категорий работников. Результаты апробации получили положительную оценку как со стороны руководства, так и со стороны рядовых сотрудников корпорации.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При разработке или корректировке системы вознаграждения работников в современных условиях важно учитывать ее связь с целью и стратегией организации. В условиях неопределенности трансформируемые системы вознаграждений позволят максимально оперативно реагировать на изменения во внешней и внутренней среде функционирования компаний и будут способствовать росту эффективности работы персонала.

Для построения систем вознаграждения сотрудников организаций мы рекомендуем комплексное применение грейдов (как достаточно гибкой системы оплаты труда), KPI, модели компетенций. Предлагаемая модель вознаграждения опирается именно на использование комплексного подхода, что способствует повышению ее прозрачности и адаптивности.

Нами предлагается следующая структура фонда вознаграждения: постоянная часть оплаты труда должна составлять около 70 %, переменная – 30 %. Полагаем, что для формирования постоянной части целесообразно использовать систему грейдов, тогда как распределение переменной части должно опираться на применение аппарата нечеткого лингвистического оценивания для анализа KPI, компетенций, трудовых функций и иных параметров эффективности деятельности работников за определенный период времени [Ярышина, 2016]. Сформированная таким образом система вознаграждения носит универсальный характер и подходит для внедрения на предприятиях и в организациях любых масштабов, сфер деятельно-

сти и форм хозяйствования, что доказано нами в процессе апробации представленного алгоритма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование базовой заработной платы и системы социальных льгот и выплат может основываться на традиционных подходах с учетом усиления их гибкости, а при распределении премиальной части компенсационного пакета следует опираться на возможности получения максимального эффекта при вознаграждении персонала в условиях неопределенности и неустойчивости социально-экономической среды. С точки зрения авторов, необходимо использовать дифференцированный подход к управлению вознаграждением персонала в зависимости от его влияния на эффективность деятельности организации. Работодатель, уделяющий должное внимание переменной части этого вознаграждения, конструктивно воздействует на повышение трудовой активности.

Условием принятия решений в этой сфере является классификация работников по уровню выполнения ими трудовых функций и обладания различными компетенциями. Эти критерии положены в основу оценки результатов их деятельности для определения лучших из них по итогам конкретного периода.

Предложенный авторами инструментарий оценки работы персонала с целью распределения вознаграждений был апробирован на промышленных предприятиях АО «Корпорация НПО "РИФ"» (г. Воронеж), а также в подразделении ORS Service Desk воронежского представительства фирмы ООО «Сименс Бизнес Сервисез». Деятельность каждого сотрудника оценивалась по следующим критериям: продуктивность, технические навыки, уровень владения английским языком, наличие ошибок в оформлении заявок, написание инструкций, наличие персональных жалоб. По этим критериям составлены правила лингвистической оценки и установлены пороговые значения, позволяющие классифицировать сотрудников по итогам работы. Каждому классу присвоены веса для расчета доли переменной части выплат в общем фонде вознаграждения персонала. В результате апробации данный алгоритм получил положительную оценку.

В условиях нестабильной социально-экономической среды формирование управленческого инструментария, на наш взгляд, должно основываться на комплексном подходе, предусматривающем применение нечетких множеств и лингвистического и экспертного оценивания, результаты которого дают возможность интегрировать позиции специалистов. Это позволит успешно осуществлять управленческий процесс, нивелируя влияние неопределенности, и будет способствовать повышению обоснованности решений, принимаемых руководством.

Сфера применения предложенного инструментария может быть расширена: его целесообразно ис-

¹ АО «Корпорация НПО «РИФ»: официальный сайт. <http://www.rifcorp.ru/>.

пользовать для оценки персонала при найме на работу, принятия решений о ротации, прогнозирования развития карьеры сотрудников, а также для организации и оценки результатов трудовой деятельности персонала в условиях удаленной работы. Отметим также, что данный подход распространяется на предприятия всех сфер деятельности и форм собственности, что очень важно в российской практике определения достойного и справедливого вознаграждения, мотивирующего персонал к эффективной деятельности и совершенствованию трудовых навыков в условиях конкурентной среды.

Дальнейшее развитие исследования видится в использовании авторского инструментария нечетких множеств, лингвистического и экспертного оценивания с применением искусственного интеллекта и технологий Big data. Это позволит формировать алгоритм вознаграждения для любого числа работников с учетом его периодической корректировки и повысить качество, обоснованность и скорость принятия управленческих решений как основы определения стратегических целей организации в условиях нестабильности социально-экономической среды. ■

Источники

- Азарнова Т.В., Васильев В.В., Урманов И.А. (2007). Использование нечеткого логического вывода при исследовании рынка труда // Системы управления эволюцией организаций: материалы пятой международной конференции. Салоу, Испания. С. 41–44.
- Бабынина Л.С. (2003). Вознаграждение персонала. Москва: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова.
- Горелов Н.А. (2007). Вознаграждение работникам (Компенсационный менеджмент). Санкт-Петербург: ЛИК.
- Дорошенко Е.В. (2019). Уровень благополучия: взаимосвязь дохода и личностных характеристик человека // Управление. Т. 10, № 1. С. 62–71. DOI: 10.29141/2218-5003-2019-10-1-6.
- Заде Л. (1976). Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. Москва: Мир.
- Кибанов А.Я., Митрофанова Е.А., Коновалова В.Г., Чуланова О.Л. (2020). Концепция компетентного подхода в управлении персоналом. Москва: НИЦ ИНФРА-М.
- Одегов Ю.Г., Павлова В.В., Теленная А.С. (2016). Анализ показателей оценки результативности трудовой деятельности работника и бизнес-модели организации // Статистика и экономика. Т. 3, № 6. С. 64–70.
- Федченко А.А., Одегов Ю.Г. (2004). Оплата труда и доходы работников. Москва: Дашков и К^о.
- Федченко А.А. (2019). Ориентированный на человека общественный договор как основа социальной справедливости – ключевая идея доклада МОТ по вопросам будущего сферы труда // Социально-трудовые исследования: научно-практический журнал. № 1 (34). С. 111–116.
- Федченко А.А., Ярышина В.Н. (2015). Компетентный подход – основа оптимизации затрат на персонал // Мотивация и оплата труда. № 3 (43). С. 162–170.
- Ярышина В.Н. (2016). Оплата труда и ее трансформации в современной экономике. Воронеж: Издательский дом ВГУ.
- Aranda C., Arellano J., Davila A. (2019). Subjective bonuses and target setting in budget-based incentive contracts. *Management Accounting Research*, vol. 43, pp. 45–60. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2018.07.003>
- Armstrong M. (1999). *Employee reward*. London: Fakenham Photosetting.
- Armstrong M., Stephens T. (2007). *A handbook of employee reward management and practice*. 2nd ed. Kogan Page Limited.
- Bennis W., Burt N. (1997). *Leaders: The strategies for taking charge*. Harper Business.
- Bereman N.A., Lengnick-Hall M.L. (1994). *Compensation decision making (computer-based approach)*. The Dryden Press, Harcourt Brace College Publishers.
- Cascio J. (2020). *Facing the Age of Chaos*. Medium (blog), 29 April 2020. <https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d>.
- Cascio W.F. (1991). *Costing human resources: The financial impact of behavior in organizations*. 3rd ed. Boston: PWS-Kent.
- Dohmen T.J. (2004). Performance, seniority, and wages: Formal salary systems and individual earnings profiles. *Labour Economics*, vol. 11, no. 6, pp. 741–763. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2004.01.003>
- Greene R., Bryant P. (2021). Selecting the right evidence to inform compensation and benefits decisions. *Compensation & Benefits Review*, vol. 53, no. 4, pp. 192–195. <https://doi.org/10.1177/08863687211030794>
- Gudkov P.G., Guseva A.I. (2021). Accuracy of expert assessments in evaluating innovative projects. *Procedia Computer Science*, vol. 190, pp. 284–291. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.06.038>
- Gupta M.M. (2011). Forty-five years of fuzzy sets and fuzzy logic—A tribute to Professor Lotfi A. Zadeh (the father of fuzzy logic). *Scientia Iranica*, vol. 18, no. 3, pp. 685–690. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2011.04.023>
- Hartikainen H., Jarvenpaa M., Rautiainen A. (2021). Sustainability in executive remuneration – A missing link towards more sustainable firms? *Journal of Cleaner Production*, vol. 324, 129224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129224>
- Henderson R.I. (2005). *Compensation management in a knowledge-based world*. London: Pearson.
- Hodgetts R.M. (1999). *Management theory, process and practice*. 5th ed. Harcourt College Pub.
- Keller W., Olney W. (2021). Globalization and executive compensation. *Journal of International Economics*, vol. 129, 103408. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2020.103408>

- Mathis R.L., Jackson J.H. (2008). *Human resource management*. 12th ed. Thomson South-Western.
- Moorea J.F., Martin J., Waddle H., Campbel G., Fleming J., Bohnett E., Akre T.S.B., ... Johnson F. (2022). Evaluating the effect of expert elicitation techniques on population status assessment in the face of large uncertainty. *Journal of Environmental Management*, vol. 306, 114453. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114453>
- Morris G., McKay S., Oates A. (2009). Chapter 23. Remuneration. In: *Finance Director's Handbook* (pp. 835–872). CIMA Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-8701-0.00023-0>
- Noe R.A., Hollenbeck J.R., Gerhard B., Write P.M. (2003). *Human resources management: Gaining a competitive advantage*. Boston: McGraw-Hill.
- Pappis C.P., Sugeno M. (1985). Fuzzy relational equations and the inverse problem. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 15, issue 1, pp. 79–90. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90036-3](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90036-3)
- Sangalli A., Klir G.R. (1992). Fuzzy logic goes to market. *New Scientist*. <https://www.newscientist.com/article/mg13318074-600-fuzzy-logic-goes-to-market/>
- Takagi T., Sugeno M. (1985). Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control. *IEFE Trans on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 15, pp. 116–132.
- Xavier B. (2014). Shaping the future research agenda for compensation and benefits management: Some thoughts based on a stakeholder. *Human Resource Management Review*, vol. 24, no. 1, pp. 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2013.08.011>
- Yager R.R. (1994). Aggregation operators and fuzzy systems modeling. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 67, issue 2, pp. 129–145. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)90082-5](https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)90082-5)
- Zadeh L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353.
- Zadeh L.A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-III. *Information Sciences*, vol. 9, no. 1, pp. 43–80. [https://doi.org/10.1016/0020-0255\(75\)90017-1](https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90017-1)
- Zadeh L.A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I. *Information Sciences*, vol. 8, pp. 199–249.

References

- Azarnova T.V., Vasilyev V.V., Urmanov I.A. (2007). Fuzzy inference in the study of the labor market. In: *Management systems for the evolution of organizations: Materials of the 5th Int. conf.* (pp. 41–44). Salou, Spain. (in Russ.)
- Babynina L.S. (2003). *Staff remuneration*. Moscow: Plekhanov Russian University of Economics. (in Russ.)
- Gorelov N.A. (2007). *Employee compensation (compensation management)*. Saint Petersburg: LIK. (in Russ.)
- Doroshenko E.V. (2019). The level of well-being: A correlation between income and personality traits. *Upravlenets / The Manager*, vol. 10, no. 1, pp. 62–71. DOI: 10.29141/2218-5003-2019-10-1-6. (in Russ.)
- Zadeh L. (1976). *The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning*. Moscow: Mir. (in Russ.)
- Kibanov A.Ya., Mitrofanova E.A., Konovalova V.G., Chulanova O.L. (2020). *The concept of competence-based approach in personnel management*. Moscow: INFRA-M. (in Russ.)
- Odegov Yu.G., Pavlova V.V., Telennaya A.S. (2016). Analysis of indicators of an efficiency estimation of work of the employee and the business model of the organization. *Statistika i ekonomika / Statistics and Economics*, vol. 3, no. 6, pp. 64–70. (in Russ.)
- Fedchenko A.A., Odegov Yu.G. (2004). *Employee salary and income*. Moscow: Dashkov i Ko. (in Russ.)
- Fedchenko A.A. (2019). Human-oriented social contract as a basis for social justice – Key idea of the ILO report on the future of work. *Sotsialno-trudovye issledovaniya / Social & Labour Research*, no. 1(34), pp. 111–116. (in Russ.)
- Fedchenko A.A., Yaryshina V.N. (2015). Competence-based approach as the basis for optimizing personnel costs. *Motivatsiya i oplata truda / Motivation and Remuneration*, no. 3(43), pp. 162–170. (in Russ.)
- Yaryshina V.N. (2016). *Salary and its transformation in the modern economy*. Voronezh: Voronezh State University. (in Russ.)
- Aranda C., Arellano J., Davila A. (2019). Subjective bonuses and target setting in budget-based incentive contracts. *Management Accounting Research*, vol. 43, pp. 45–60. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2018.07.003>
- Armstrong M. (1999). *Employee reward*. London: Fakenham Photosetting.
- Armstrong M., Stephens T. (2007). *A handbook of employee reward management and practice*. 2nd ed. Kogan Page Limited.
- Bennis W., Burt N. (1997). *Leaders: The strategies for taking charge*. Harper Business.
- Bereman N.A., Lengnic-Hall M.L. (1994). *Compensation decision making (computer-based approach)*. The Dryden Press, Harcourt Brace College Publishers.
- Cascio J. (2020). *Facing the Age of Chaos*. Medium (blog), 29 April 2020. <https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d>.
- Cascio W.F. (1991). *Costing human resources: The financial impact of behavior in organizations*. 3rd ed. Boston: PWS-Kent.
- Dohmen T.J. (2004). Performance, seniority, and wages: Formal salary systems and individual earnings profiles. *Labour Economics*, vol. 11, no. 6, pp. 741–763. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2004.01.003>
- Greene R., Bryant P. (2021). Selecting the right evidence to inform compensation and benefits decisions. *Compensation & Benefits Review*, vol. 53, no. 4, pp. 192–195. <https://doi.org/10.1177/08863687211030794>
- Gudkov P.G., Guseva A.I. (2021). Accuracy of expert assessments in evaluating innovative projects. *Procedia Computer Science*, vol. 190, pp. 284–291. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.06.038>
- Gupta M.M. (2011). Forty-five years of fuzzy sets and fuzzy logic—A tribute to Professor Lotfi A. Zadeh (the father of fuzzy logic). *Scientia Iranica*, vol. 18, no. 3, pp. 685–690. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2011.04.023>
- Hartikainen H., Jarvenpaa M., Rautiainen A. (2021). Sustainability in executive remuneration – A missing link towards more sustainable firms? *Journal of Cleaner Production*, vol. 324, 129224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129224>

- Henderson R.I. (2005). *Compensation management in a knowledge-based world*. London: Pearson.
- Hodgetts R.M. (1999). *Management theory, process and practice*. 5th ed. Harcourt College Pub.
- Keller W., Olney W. (2021). Globalization and executive compensation. *Journal of International Economics*, vol. 129, 103408. <https://doi.org/10.1016/j.jinteco.2020.103408>
- Mathis R.L., Jackson J.H. (2008). *Human resource management*. 12th ed. Thomson South-Western.
- Moorea J.F., Martin J., Waddle H., Campbel G., Fleming J., Bohnett E., Akre T.S.B., ... Johnson F. (2022). Evaluating the effect of expert elicitation techniques on population status assessment in the face of large uncertainty. *Journal of Environmental Management*, vol. 306, 114453. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114453>
- Morris G., McKay S., Oates A. (2009). Chapter 23. Remuneration. In: *Finance Director's Handbook* (pp. 835–872). CIMA Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-8701-0.00023-0>
- Noe R.A., Hollenbeck J.R., Gerhard B., Write P.M. (2003). *Human resources management: Gaining a competitive advantage*. Boston: McGraw-Hill.
- Pappis C.P., Sugeno M. (1985). Fuzzy relational equations and the inverse problem. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 15, issue 1, pp. 79–90. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90036-3](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90036-3)
- Sangalli A., Klir G.R. (1992). Fuzzy logic goes to market. *New Scientist*. <https://www.newscientist.com/article/mg13318074-600-fuzzy-logic-goes-to-market/>
- Takagi T., Sugeno M. (1985). Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control. *IEFE Trans on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 15, pp. 116–132.
- Xavier B. (2014). Shaping the future research agenda for compensation and benefits management: Some thoughts based on a stakeholder. *Human Resource Management Review*, vol. 24, no. 1, pp. 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2013.08.011>
- Yager R.R. (1994). Aggregation operators and fuzzy systems modeling. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 67, issue 2, pp. 129–145. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)90082-5](https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)90082-5)
- Zadeh L.A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353.
- Zadeh L.A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-III. *Information Sciences*, vol. 9, no. 1, pp. 43–80. [https://doi.org/10.1016/0020-0255\(75\)90017-1](https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90017-1)
- Zadeh L.A. (1975). The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning-I. *Information Sciences*, vol. 8, pp. 199–249.

Информация об авторах**Information about the authors****Федченко Анна Александровна**

Доктор экономических наук, профессор департамента психологии и развития человеческого капитала. **Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации**, г. Москва, РФ. E-mail: AAFedchenko@fa.ru

Филимонова Инна Витальевна

Кандидат экономических наук, доцент департамента психологии и развития человеческого капитала. **Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации**, г. Москва, РФ. E-mail: IVFilimonova@fa.ru

Ярышина Валерия Николаевна

Кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики труда и основ управления. **Воронежский государственный университет**, г. Воронеж, РФ. E-mail: yaryshina@econ.vsu.ru

Anna A. Fedchenko

Dr. Sc. (Econ.), Professor of Psychology and Human Capital Development Dept. **Financial University under the Government of the Russian Federation**, Moscow, Russia. E-mail: AAFedchenko@fa.ru

Inna V. Filimonova

Cand. Sc. (Econ.), Associate Professor of Psychology and Human Capital Development Dept. **Financial University under the Government of the Russian Federation**, Moscow, Russia. E-mail: IVFilimonova@fa.ru

Valeriya N. Yaryshina

Cand. Sc. (Econ.), Associate Professor of Labour Economics and Fundamentals of Management Dept. **Voronezh State University**, Voronezh, Russia. E-mail: yaryshina@econ.vsu.ru

DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-6

EDN: KBZBMO

JEL Classification: C53, D18, M21

The study of indicators affecting customer churn in MMORPG games with machine learning models

Kaan Arik¹, Murat Gezer², Seda Tolun Tayali²¹ Sakarya Applied Science University, Sakarya, Turkey² Istanbul University, Istanbul, Turkey

Abstract. Over the past two decades, the gaming industry has rapidly increased its popularity and gained a top spot in the entertainment sector. With this rise, customer relations and churn analysis have become even more prominent in gaming, as digital games are quickly integrated into the industry and fetch high revenues. The esteem for gaming and the revenue of companies has increased, which has made the concept of customer churn more critical. The behavior of most customers in the gaming industry also shows that it is a structure worth analyzing. This study focuses on the player log data of Blade and Soul game over specific periods with machine learning algorithms and tries to answer two business problems. These problems are to predict churners and player survival time, which are modeled as a classification and a regression problem, respectively. Blade and Soul is an MMORPG (massively multiplayer online role-playing game) developed by NCSOFT and widely played in the Far East. The theoretical basis of the study is the provisions of behavioral economics and churn management. For research purposes, the methods and algorithms of machine learning were used. Player log data was collected in 2016 and 2017, then anonymized and released for researchers. The research scope follows the CRISP-DM methodology and explains the process in detail by adhering to this methodology. A set of data consisting of 10,000 players with Test 1, Test 2, and Train were released separately by NCSOFT. Considering player churn and survival times, XGBoost demonstrates the highest effectiveness for classification problem and MLP and GBR for regression problem. The results show churn analysis can help businesses identify trends and patterns in customer behavior, such as when customers are most likely to leave, which features are causing them to leave, and which customer segments are most at risk of churning identifying trends and patterns.

Keywords: churn prediction; business intelligence; digital games; machine learning; artificial intelligence.

Acknowledgements. We would like to thank NCSOFT, which contributed to academic studies by sharing Blade and Soul data we used throughout the research period.

Article info: received August 28, 2022; received in revised form October 5, 2022; accepted October 11, 2022

For citation: Arik K., Gezer M., Tolun Tayali S. (2022). The study of indicators affecting customer churn in MMORPG games with machine learning models. *Upravlenets / The Manager*, vol. 13, no. 6, pp. 70–85. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-6. EDN: KBZBMO.

Выявление показателей оттока пользователей MMORPG-игр с применением моделей машинного обучения

К. Арик¹, М. Гезер², С. Толун Тайали²¹ Университет прикладных наук Сакарья, г. Сакарья, Турция² Стамбульский университет, г. Стамбул, Турция

Аннотация. В последние годы произошел существенный рост популярности игровой индустрии, занявшей лидирующие позиции в сфере досуга и развлечений. Способность онлайн-игр быстро генерировать высокие доходы обусловила научный и практический интерес к взаимодействию с потребителями в этой сфере и выявлению причин их оттока. Исследование направлено на выявление наиболее эффективных алгоритмов машинного обучения по определению потенциальной готовности пользователей покинуть онлайн-игру (проблема классификации) и вероятной продолжительности их участия (проблема регрессии). Методологическая основа исследования представлена положениями поведенческой экономики. Для решения поставленных задач использовались методы и алгоритмы машинного обучения. Информационную базу составили анонимные игровые лог-данные 10 тысяч пользователей MMORPG-игры Blade and Soul. Согласно полученным результатам, для анализа оттока пользователей наиболее эффективен алгоритм XGBoost, а для анализа продолжительности их участия в игре – алгоритмы MLP и GBR. Наибольшую значимость для прогнозирования потенциального оттока пользователей продемонстрировали такие показатели, как продолжительность игровой сессии и жизни персонажа, частота появления пользователя в игре и др. Полученные результаты могут быть полезны компаниям – разработчикам игр при выявлении трендов и паттернов поведения пользователей, их готовности прекратить участие в игре и причин данного решения, определении сегментов игроков, наиболее подверженных риску оттока.

Ключевые слова: прогнозирование оттока пользователей онлайн-игр; бизнес-аналитика; онлайн-игра; машинное обучение; искусственный интеллект.

Благодарности: Авторы выражают благодарность компании NCSOFT за предоставление доступа к данным онлайн-игры Blade and Soul на весь период проведения исследования.

Информация о статье: поступила 28 августа 2022 г.; доработана 5 октября 2022 г.; одобрена 11 октября 2022 г.

Ссылка для цитирования: Arik K., Gezer M., Tolun Tayali S. (2022). Predictive models for customer churn analysis in MMORPG games // *Управленец*. Т. 13, № 6. С. 70–85. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-6-6. EDN: KBZBMO.

INTRODUCTION

Today's world has come under the influence of developing information and communication technologies. Data is the new oil and is increasing in size progressively. This increase has led to the emergence of the concept of 'Big Data' [Buhl et al., 2013; Sagiroglu, Sinanc, 2013; Schermann et al., 2014]. Big data's contribution to information and communication technologies has become an essential concept for all sectors. As a result of the increasing importance of technology along with the opportunities it offers, information has become an important resource for enterprises regarded as an intangible asset. [Davenport, Barth, Bean, 2012; George, Haas, Pentland, 2014; Markus, 2015; Woerner, Wixom, 2015]. Since the basic information structure is data, businesses have been storing all types of data. Therefore, businesses should retain their existing customers and gain new customers under tough competitive market conditions. In this context, customer data have become of much more particular importance.

Customers have always been the key aspect for companies. The customer is a company's source of income, and loyalty is paramount. So, what is a customer? A customer is a person or organization that purchases a particular brand of property of a particular business for administrative or personal purposes [Gold, Tzu, 2020; Beyer, Holtzblatt, 1995; Meyer, Schwager, 2007]. It also helps to learn how satisfied a company's current and potential customers are with the company's and its competitor's products and services and if there are any issues they are not satisfied with. The presentation of products to users on digital platforms has expanded the volume of e-commerce, and a revolutionary increase has been achieved in product sales. With the increased number of products offered on the Internet and the level of competition, Customer Relationship Management (CRM) has become even more critical. It is crucial that the concept of the customer is at the heart of these developments and that they develop accordingly. As the concept of customer has become more important, applications for customer retention have started to be developed in different sectors, and existing applications continue to emerge. Especially in the gaming industry, the change in marketing methods in recent years has had a significant impact, and this development has also brought the concept of business analytics in gaming to the forefront. Retaining existing customers helps companies maintain total revenue and support growth. For this reason, customer churn analysis has become an essential structure in all monetized sectors.

The study aims to classify regression predictions for customer churn with machine learning algorithms. In the rapidly developing customer management domain, MMO (massively multiplayer online game) data has been used to predict who tends to leave. Also, it has focused on achieving performance results of different machine learning algorithms and contributing to customer churn analysis in gaming. The rest of the paper is organized as follows. Theoretical background mentions the research on the topic of the study and related areas. Next, Method section describes the data collection, dataset, preprocessing, and model development for game churn prediction. Then, Results and Discussion section discusses our solution in detail. Finally, Conclusion section presents our experimental results on data and summarizes our work.

THEORETICAL BACKGROUND

Companies try to predict the future using historical data to retain current customers. These predictions are mainly based on descriptive data. One of the most emphasized aspects of customer relationship management is churn management, which has become an essential issue for businesses [KhakAbi, Gholamian, Namvar, 2010; Lejeune, 2001; Singh, Samalia, 2014]. Churn management is a critical analysis to prevent companies from losing their existing customers and bearing additional costs. Churn analysis offers performance income and has become a big part of many common sectors, such as finance, insurance, and telecommunication. Also, it allows a company to create various campaigns to keep those customers from leaving by anticipating customers who are likely to quit working with the company. Analyzing churn rate allows seeing more than just a set of percentiles. This will also allow understanding that customers tend to cancel the contract and take preventive action before they leave the company. In this way, a company can increase the proportion of loyal customers by preventing possible losses [Almana, Aksoy, Alzahrani, 2014; Çelik, Osmanoğlu, 2019; Dahiya, Bhatia, 2015; Vyas et al., 2018; Payne, 2008]. In particular, companies predict loss rates by analyzing data on customer metrics, named for customer churn analysis. It helps to identify metrics such as customer retention, churn rate, revenue reacquisition, and customer lifetime value [Lazarov, Capota, 2007]. Thus, CRM departments can contact probable churners and make new offers to keep them in their portfolio. Another important factor why churn management is critical is that companies' cost incurred in acquiring a new customer is nearly five times

the cost they spend on current customers. Again, it is worth noting that this information is known, especially in the finance and telecommunication sectors today [Gold, Tzuo, 2020].

The digital industry is growing extremely fast, and its employees are expected to specialize in their interests. One of the prominent and prevalent structures of the digital industry in recent years has been games. The gaming industry has started to create a significant employment income worldwide, and interestingly, it has begun to be called the 'Gaming Industry'. However, even the name game industry has remained so general that it has been divided into different categories, such as games played on social networks and console games. Games are offered to gamers on different platforms and genres, categorized based on camera angles and platforms. Some of them need an internet connection while others do not. One of these game genres is the MMO, which is also within the scope of our research. MMO is an online game in which perpetual interaction is at a high level, and progress is achieved by performing specific missions in-game [Adams, Dormans, 2012; Ijsselstein et al., 2007; Schell, 2019]. Therefore, the function of being a community member, where mutual tasks are usually completed, is generally more common in online games. Especially in MMOs, since players can communicate via chat-box, interaction remains continuous and high-level [Crawford, 2003; Duke, 1980]. In order to upgrade in-game, players usually need to devote most of their time and perform necessary missions and tasks. MMOs have been one of the most played genres in the gaming industry in recent years.

Churn analysis in gaming has become a popular research area recently, and models have been developed on different datasets with various types of games. Table 1 shows related works on customer churn analysis for gaming in the literature.

According to Table 1, customer churn analysis has been performed in MMORPG (massively multiplayer on-

line role-playing game), MOBA (multiplayer online battle arena) and online social game genres. While most of these studies are mainly classification, regression and clustering analysis solutions have been produced. Furthermore, due to the unique structure of each game data, different models have been tried and high accuracy ratios have been achieved.

It is important to get high-performance metrics, especially in an MMORPG game that is difficult to predict. In 2011, Borbora, Srivastava, Hsu, and Williams conducted game churn prediction in MMORPGs using theories of player motivation and a community approach [Borbora et al., 2011]. Different approaches were implemented in customer churn prediction in the EverQuest II game, and a high level of success was achieved [Borbora et al., 2011]. Another study predicts player behavior during customer churn in MMORPGs [Borbora, Srivastava, 2012]. Researchers also carried out on other MMORPG game data and similar results were achieved [Ding, Gao, Chen, 2015]. The best final score was 0.61 in the study [Lee et al., 2019] and the 0.72 final score was mentioned by Kummer, Nievola, and Paraiso [Kummer et al., 2018]. However, it's seen that final scores found in studies do not up to 0.72 for Blade and Soul data.

Churn analysis and gaming. The gaming industry is a \$100 billion industry [Sydow, 2020], and it is growing at an exponential rate. Churn analysis helps game studios understand where they are losing their players and is mentioned as "Game Churn Prediction" in the gaming industry. It can help them identify the reasons for this loss, and work on strategies to improve the player experience, thus reducing churn rates. Given market and business intelligence issues associated with game development, primarily online computer games, one of the most critical factors for success is the ability to detect and identify the subscribers of a system (for example, players of a game) that will soon leave. Typically, the churn rate is measured in months, quarters, or years, depending on the industry

Table 1 – Related works on online game churn analysis

Таблица 1 – Смежные исследования по тематике оттока пользователей в игровой индустрии

Authors, year	Platform-game	Problem
Borbora et al., 2011	MMORPG-EverQuest II	Classification
Long et al., 2012	Social Media Platform – Pengyou	Clustering
Hadiji et al., 2014	MMORPG-Blade and Soul	Classification-regression
Tamassia et al., 2016	MOBA	A hidden Markov model approach
Castro, Tsuzuki, 2015	Online games – RF Online, APB: Reloaded, Heavy Metal Machines	Classification and RFM analysis
Drachen et al., 2016	Online FPS – Destiny	Cluster analysis
Lee et al., 2019	MMORPG – Blade and Soul	Classification
Zheng et al., 2020	Online MMO – Ghost II, Tianxia 3, and Fantasy Westward	Classification
Rothmeier et al., 2021	Online Strategy – The Settler Online	Classification
Zhao et al., 2022	Action game-collectable card game	Regression – predict CLV

and product. Therefore, a time-sensitive action determines whether a player who leaves should be considered a churning. To better understand why a particular player is churning, features derived from historical telemetry data that might affect action should be clean, persistent, and independent [Ahn et al., 2020].

For both corporate and profit growth, the gaming industry must be able to foresee and avoid user misunderstanding as it develops in size. There is a change in usage time and in-game behavior before an online gaming user departs a game. Players can make an effortless sly transition from one game to another in a game ecosystem. This phenomenon is frequently seen on mobile devices rather than indie games. Predicting user attrition effectively is crucial since it helps firms better comprehend their expected revenue. Gaming businesses are concentrating on retaining many devoted players who can guarantee a steady stream of cash [Lovato, 2015]. Fig. 1 shows that academic publications in game churn analysis have increased recently. The infertility of finding data on game churn analysis, the difficulty of understanding the data, and the fact that not every researcher has dynamic and mechanical knowledge about the structure of the games can be listed as the limitations of the studies. Despite all limitations, game churn analysis is one of the main topics for academic research in Business Intelligence.

Players may sometimes drop out of games for unexpected reasons, which vary based on gaming platforms and genres. For example, some players lose attention and interest over time and tend to stop playing. Especially in mobile games, leaving occurs in the early stages, while the period is longer in online computer games. However, there is no definitive list of why players leave a game, and it is nearly impossible to predict the reason. Some of the possible reasons are wasting time and money, feeling of failure in the real world, causing social isolation, distracting people from what they need to do, lack of technological devices, poor internet connection, long game sessions, game inputs, and UI effects, charge or subscription policy, etc.

In most media usage, a company aims to entertain its customers. Therefore, delivering content to users is just as important as watching, liking, or sharing the content. Generally, the purpose of playing games is to have fun. As with media, subjective emotions are challenging to measure, so most critical events may be reaching scores and levels or social interactions with friends. Social interactions have become a part of online games. Game development is easier than ever, with the developments in programming tools. However, user acquisition and retention have become significant challenges due to increased rivalry. Telecommunications and finance businesses have been applying churn analysis to predict customer churn for a long time. As a result, by investing a large percentage of their budget on incentives for their whole user base, companies can concentrate their actions and resources on those at greater risk. As mentioned above, it is difficult to determine why players leave a game. Customer churn analysis is a logical solution to determine the rate of players likely to churn and an indicator of the actions that can be implemented to prevent it. This study does not focus on the reasons why players quit a game. Mainly, the emphasis is customer churn prediction in MMO gaming with machine learning models.

The gaming industry does not have churn customers like telecom, finance, and insurance companies. In these sectors, the user/customer chooses another company and cancels the subscription. However, even if the player does not log in to the game for a long time, it is considered inactive in gaming. Unless the player deletes the account, they are still a potential customer. Even if they have no intention of continuing the game, online gaming players rarely deactivate or unsubscribe from their accounts. Only 1% of players who have been idle for more than a year leave the game explicitly by deleting their accounts [Lee et al., 2019]. However, how long does inaction qualify as a churn? This is a challenging question compared to different reasons for it. Because they only play on weekends, some players may be inactive for a few days due to traveling or having a major exam; others may appear inactive

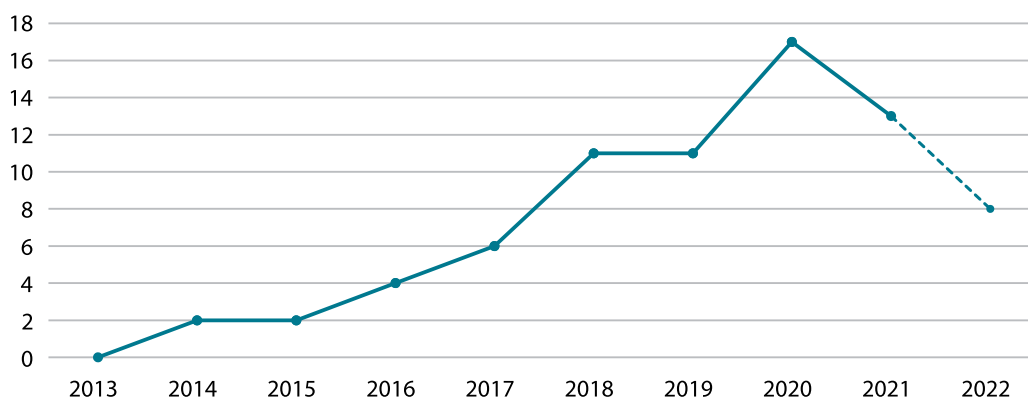


Fig. 1. Number of publications on game churn prediction (from Google Scholar using "Game Churn Prediction" keyword)

Рис. 1. Количество публикаций по прогнозированию оттока пользователей онлайн-игр, ед. (поиск в Google Scholar по ключевому слову Game Churn Prediction)

for several weeks. If the observation period is too short, the misclassification rate will be high. If it is too long, the misclassification rate will be lower, but it will take longer to determine if a player has left the game. As a result, once a player is found to be in a churn, there will not be enough time to persuade them to return [Kim et al., 2017].

RESEARCH METHOD

This study follows the CRISP-DM methodology, and this section explains the data collection process, dataset, preprocessing steps, research method, and model performance metrics. The data is subjected to an operation to give meaningful and future-oriented outputs. These methodologies are listed as KDD, SEMMA, CRISP-DM, etc.

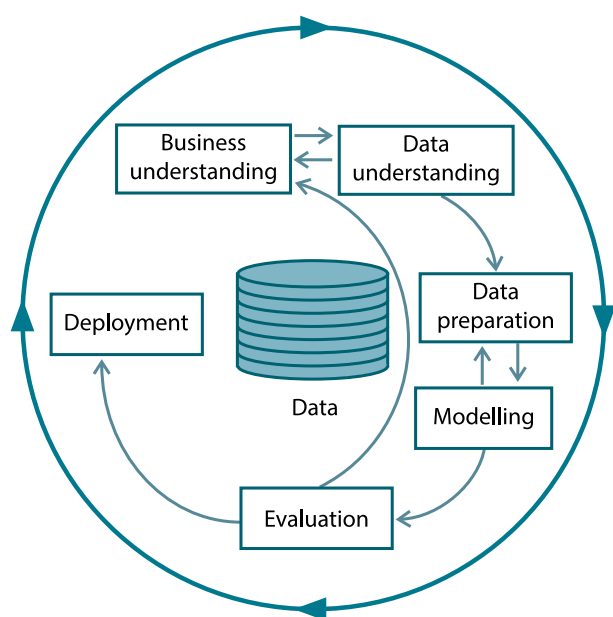


Fig. 2. CRISP-DM methodology life cycle

Рис. 2. Модель жизненного цикла исследования данных CRISP-DM

As depicted in Fig. 2, we guided our research by applying the CRISP-DM model, which stands for Cross Industry Standard Processing for Data Mining. This is a robust and analytical methodology that has been tested for data mining processes. Before formalizing the business methodology, CRISP-DM demonstrates the necessary steps, from internalizing data to implementing solutions [Shearer, 2000]. Our research is based on dual main problems:

Problem 1: predicting whether players are going to churn or not – Binary Classification;

Problem 2: predicting survival time – Regression.

Data collection. Blade & Soul is an MMORPG game played with many players on a server where players can interact with each other and manage their chosen characters in the game. It was released in June 2012 by NCSOFT.

The purpose of our research was to encourage game data mining research by providing researchers with commercial game logs. NCSOFT, one of the largest gaming companies in South Korea, approximately 100 GB of game log data from Blade & Soul released to %10 with researchers. Data were collected in specific periods from 28 March 2016 to 25 August 2017. Table 2 shows the data collection information on Blade and Soul dataset.

The raw data of 10,000 players is processed into a single form. In addition, the company provides churn and survival-time columns, which are assigned as the target attributes for the classification and regression problems, respectively. Test 1 and Test 2 data were presented separately, and the study aimed to achieve classification accuracy on both Test 1 and Test 2 data. The company changed its concept after December 2016 and switched from P2P (PaytoPlay) to F2P (FreetoPlay) in marketing. While it was monetizing P2P for Test 1 and F2P for Test 2 collection. Test 1 and Test 2 performance metrics are given in separate tables. The aim on point is to compare the performance metrics of the model to be developed for P2P and F2P.

Dataset. Log data records a character's behavior, event, and status change for game operation or analysis. The base information for finding the phenomenon, cause, and solution is a problem in the game. The dataset consists entirely of numeric attributes. Common, actor, object, and target attributes are given in Fig. 3.

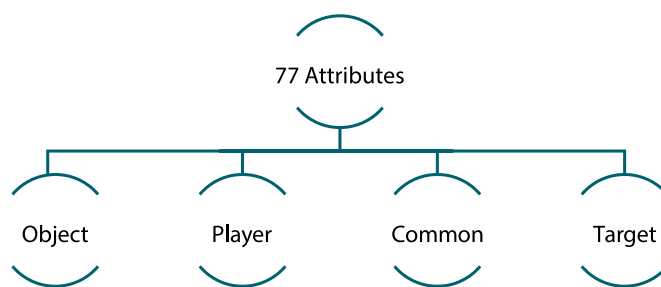


Fig. 3. Attribute groups

Рис. 3. Группы атрибутов

Table 2 – Data collection on Blade and Soul dataset
Таблица 2 – Массив данных онлайн-игры Blade and Soul

Dataset	Data collection period	Weeks	Business model	Number of players	Size (GB)
Training	April 1, 2016 – May 11, 2016	6	Subscription	4,000	48
Test 1	July 27, 2016 – September 21, 2016	8	Subscription	3,000	30
Test 2	December 14, 2016 – February 8, 2017	8	Free-to-play	3,000	30

Common fields include information that is common to all action log, such as log creation time, LogID. Actor fields include information about the subject of the act, such as character ID, account ID, race, level, and class. Object fields include information linked to the action of the actor, such as item ID, grade, and quantity. Target fields include information such as the target's character ID, account ID, race, level, and class.

The 'LogID' attribute in Table 3 corresponds to codes to player in-game activity with 86 sub-codes. The LogID is distributed to the action that may occur while playing Blade and Soul, and 82 main action logs are selected for the analysis that will be covered in this competition. Raw data is mainly integer and float data types. Also, the 'time' attribute is in Year-Month-Day-Hour-Minute-Second format. For example: 2016-07-13 18:06:13. Each raw data has an attribute called 'actor_account_id' in itself. It helps to publish the data by anonymizing the user's name.

The game's structure consists of several sub-codes with different percentages, as depicted in Fig. 4. MMORPG games are based on continuous character development, customizing in a community, developing by constantly performing missions, and playing by different audiences via the Internet.

Steps for data preprocessing. Data preprocessing, which covers the actions to get the data ready for modeling, such as completing the missing data, integrating, cleaning, etc., is an essential step of the CRISP-DM methodology that needs to be handled prior to model building [Wirth, Hipp, 1999]. The study used the "Scikit learn" library in Python for data preprocessing, data preparation, model performance evaluation, and application steps, and Tableau for data visualization and data manipulation. Pre-processing is counting the values in the "LogID" in the dataset. This method is used to draw the most meaningful conclusions. The steps for preprocessing are listed below.

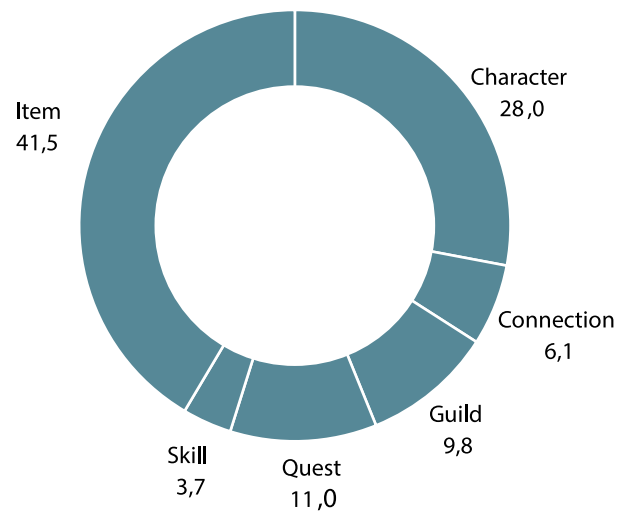


Fig. 4. Sub-code distribution for Blade and Soul, %

Рис. 4. Распределение субкодов в онлайн-игре Blade and Soul, %

1. Since the data is about 100 GB, it was presented to the researchers using the double compression method. When the data is unzipped, the individual files become insurmountable. For this reason, the data was preprocessed without opening targz files in the data preprocessing step by unzipping them once. 1000 different CSV files were converted into a single 10000-line CSV file with preprocessing.

2. Columns with too many 'NaN' data were excluded.

3. Data inconsistencies were evaluated.

4. We did not perform any filling operations on data because of *sparsity*.

5. By the researchers, 0's are seen as not preferred because the player does not do this action even though could do it. Preferably, we did not assign "NaN" value to unused parts, on the contrary, we assigned it as 0, considered *sparse data*.

Table 3 – An example set of sub-code
Таблица 3 – Пример набора субкодов

Category	LogID	LogName	Description
Connection	1003	EnterWorld	When the actor entered the game-server
	1004	LeaveWorld	When the actor left the game-server
Character	1017	GetMoney	When the game money increased in the inventory
	1022	GetItem	When the items in the inventory are increased
Item	2004	DestroyItem	When the item was destroyed
	2113	RepairItem	When the actor repaired the item
Skill	4001	AcquireSkill	When an actor acquires skill
	4002	SkillLevelUp	When skill was leveled up
Quest	5001	AcquireQuest	When the actor acquired the quest
	5004	CompleteQuest	When the actor completed the quest
Guild	6001	CreateGuild	When the actor found the guild by paying an application fee to faction guild supervisor
	6002	DestoryGuild	When the guild was destroyed

6. Min-max normalization between 0-1 was applied to data in the classification problem.

7. Standardization was applied to data in the regression problem.

8. New features were generated using feature extraction based on Formulas 1–4 below.

$$\sum_i^j \text{NumberOfPlayedDaysPerPlayer} = \text{survival time} + (\text{last day} - \text{first day}). \quad (1)$$

Since we cannot use the survival time variable directly, we present an approach to use it by generating new attributes in the data. Survival time represents the amount of time the player has spent with the company, while last day and first day represent the first login and last login timestamps as NumberOfPlayedDaysPerPlayer in Formula 1.

$$\sum_i^j \text{TotalLevel} = \text{actor level} + \text{actor mastery level}. \quad (2)$$

In order to find the TotalLevel reached by the player, the level and mastery level variables are included under a single variable. It represents the total level reached by the player in Formula 2.

$$\sum_i^j \text{SurvivalTimeForPerLevel} = \text{survival time} / \text{TotalLevel}. \quad (3)$$

$$\sum_i^j \text{mean_st_}[i] = \text{survival time} / \log \text{ID columns } [i]. \quad (4)$$

As shown in Formula 3, we created the elapsed time per level by dividing the total level reached by the player by the time spent in the game variable, and then, as shown in Formula 4, we divided each survival time variable by the columns generated from the 'LogID' variable and generated the variable 'mean_st_[i]' for each of them.

To our knowledge, there is no standard threshold in the literature for how the classes should be distributed – also, already known that churn prediction works on more unstable datasets. The data is presented to the researchers in a specific format by NCSOFT, columns with churn labels for classification and survival times for regression are present in the data as seen in Table 4, and no resampling method was used to obtain test sets.

Table 4 – Churn column distributions for dataset
Таблица 4 – Распределение столбцов оттока игроков для набора данных

Dataset	Churned	Not Churned	Total
Training	2,650 (%66.25)	1350 (%33.75)	4,000
Test 1	2,092 (%69.73)	908 (%30.27)	3,000
Test 2	2,102 (%70.03)	898 (%29.97)	3,000
Total	6,844 (%68.4)	3156 (%31.6)	10,000

While the week for observation period in online MMORPG games is predominantly determined as 4 to 5

weeks, this period varies for mobile and console games. Accordingly, inactiveness period was defined as 5 weeks by the company providing the data. Hence, game churn analysis is formed through observation and churn. The observation period starts from the last log-in date to the game and if a player does not enter the game after five weeks of inactiveness, a churn tag is assigned. Even though the player logs in to the game for a short time during these five weeks, the player will remain as a potential customer.

Data modeling. As we mentioned in the article, when reviewed studies in the literature, studies are not only predominantly classification but also regression and cluster analysis. Throughout study, we have tried to find a solution to the classification and regression problem. So, what are classification and regression? Classification is a supervised learning method that specifies the class to which the data items belong and is used when the output attribute takes finite and discrete values [Géron, 2019]. Regression is basically a statistical approach to finding the relationship between variables. It is used in machine learning to predict the outcome of an event based on the relationship between the variables obtained from the dataset [Altman, 1992]. This section gives the theoretical content of classification and regression algorithms used in the study with a simple definition.

XGBoost is a powerful and popular open-source software library for gradient boosting in machine learning. In machine learning, boosting is an ensemble learning technique that combines the predictions of multiple weak learners (e.g., decision trees) to create a strong learner that is more accurate than any of the individual weak learners. Boosting algorithms work by sequentially building models, each of which attempts to correct the mistakes of the previous model. XGBoost is particularly effective for classification problems, and the XGBoost classifier is a specific implementation of the XGBoost library that is optimized for classification tasks [Chen, Guestrin, 2016]. Logistic regression is a statistical method used for classification tasks, particularly when the output variable is binary (e.g., 0 or 1, true or false). In logistic regression, the goal is to predict the probability that a given input belongs to a particular class [Wright, 1995]. Support vector machines (SVMs) are a type of supervised learning algorithm that can be used for classification tasks. The goal of an SVM classifier is to find the hyperplane in a high-dimensional space that maximally separates the data points belonging to different classes. The classifier will then fit an SVM model to the data by adjusting the model's parameters to maximize the margin between the hyperplane and the nearest data points of each class [Cortes, Vapnik, 1995].

Random forest is a powerful and popular ensemble learning method for regression tasks, which involves training multiple decision trees and combining their predictions to make a more accurate and stable prediction

[Breiman, 2001]. A random forest regressor is a specific implementation of the random forest algorithm that is optimized for regression tasks, where the goal is to predict a continuous value (e.g., a price or a probability) rather than a discrete class label. Multilayer perceptron (MLP) is a type of artificial neural network (ANN) that can be used for regression tasks, which involves predicting a continuous value (e.g., a price or a probability) rather than a discrete class label. A multilayer perceptron is a class of fully connected feed-forward artificial neural networks called perceptrons that feed input data to the input layer and get output from the output layer [Glorot, Bengio, 2010]. A gradient boosting regressor (GBR) is a specific implementation of the gradient boosting algorithm that is optimized for regression tasks [Friedman, 2001; Hastie, Tibshirani, Friedman, 2009].

Model performance metrics and confusion matrix. After implementing a machine learning algorithm, the next step is determining the model's effectiveness based on the datasets. Since the fundamental of machine learning is data, statistics define the functionality in this field. For this reason, some metrics are used to measure the performance of the developed model. Our research discusses machine learning metrics in Table 5 for classification and Table 6 for regression. Accuracy is the percentage of samples that are classified correctly. Recall is a metric that shows the number of true positives that are correctly identified. Finally, precision shows the number of true negatives that are correctly identified [Alpaydin, 2020].

The final score was created by averaging the arithmetic sums of Test 1 and Test 2 resulted in Formula 5.

$$H = \frac{n}{\frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3} + \dots + \frac{1}{x_i}}, \quad (5)$$

where H is harmonic mean, n is the number of model metrics ratio, x_1, x_2, \dots, x_i are attributes for classification model. The harmonic mean can be expressed as the reciprocal of the arithmetic mean of the reciprocals of the given set of observations.

RMSE (Root Mean Squared Error) value was considered in the regression problem, while RMSE represents the MSE value rooted form as seen in Formula 6.

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}, \quad (6)$$

where RMSE is root of the MSE, \hat{y}_i is the corresponding prediction in the data set, y_i is the i -th measurement, n is the number of data points for regression model. Also, RMSE is commonly used over standardized data.

Considering previous studies, harmonic mean of Precision, Recall, and F1 scores was considered to measure the performance of the model. It is worth noting that model performance metrics and confusion matrix for classification and regression are given in Table 5 and 6.

RESULTS AND DISCUSSION

This study uses machine learning algorithms to solve classification and regression for MMO game data. Also, predict churners and player survival time by focusing on player log data of Blade and Soul game over specific periods. The performance of a machine learning algorithm can vary depending on how the results are interpreted. However,

Table 5 – Model performance metrics and confusion matrix for classification
Таблица 5 – Показатели качества модели и матрица ошибок для классификации

		Predicted class		
		Positive	Negative	
Actual class	Positive	True Positive TP	False Negative FN	Recall (Sensitivity) $TP/(TP + FN)$
	Negative	False Positive FP	True Negative TN	Precision (Specificity) $TN/(TN + FP)$
		Precision $TP/(TP + FP)$	Negative Predictive Value $TN/(TN + FN)$	Accuracy $(TP + NP)/(TP + FP + FN + TN)$

Table 6 – Model performance metrics and confusion matrix for regression
Таблица 6 – Показатели качества модели и матрица ошибок для регрессии

Metrics	Definition
R^2	R^2 is a statistical measure of how close the data are to the fitted regression line
Adjusted R^2	Adjusted R^2 is the value that makes R^2 more explainable. It is an emerging metric for the overfitting problem
Mean Absolute Error (MAE)	Absolute error is the difference between the predicted values and the actual values
Mean Squared Error (MSE)	MSE is the most used regression loss function. MSE is the average frame loss per sample over the entire dataset
Root Mean Squared Error (RMSE)	RMSE is the root of the MSE

after a successful model is developed in machine learning, it is expected to achieve an accuracy ratio on both positives and negatives. In this direction, Precision, Recall, and F1 scores come to the fore. For this reason, comparing several evaluation metrics before commenting on the research results is safer. Therefore, although the dataset is not considered imbalanced, the accuracy ratios and other performance metrics are presented for the classification model.

Classification problem. Fig. 5 shows XGBoost, RF (Random Forest), SVM (Support Vector Machine), LR (Logistic Regression), and KNN (K-Nearest Neighbor) algorithms performed close to each other on Test 1 and Test 2 data in predicting accuracy.

Among the algorithms, XGBoost has the highest accuracy rate and minimizes the difference between Test 1 and Test 2 sets. NCSOFT switched from the P2P (Pay to Play) to F2P (Free to Play) marketing strategy while collecting the Test 1 and Test 2 datasets, respectively. For this reason, the accuracy ratios are not consistent result in the Test 2 dataset of the F2P model, where the difference is relatively high in some algorithms (XGBoost, Logistic Regression, and Support Vector Machine). This is because, in the P2P model, the fact that players are included in the game by paying a specific price show that there are players who love and play the game by filtering specific factors for customer churn analysis in gaming. However, in the F2P model, the player has downloaded the game to try it, played it once, and is likely not to log in again. Therefore, applying campaigns to such players makes

more sense, knowing that the retention rate will not be as low as in the F2P model.

Accordingly, conducting customer churn analysis in the F2P model is more difficult. Therefore, the difference in performance between the models arises. The dataset analysis aims to establish a consistent model for both the P2P and F2P models and can produce meaningful results in the datasets. This is included in the research because the accuracy metric only focuses on positive actual and predicted values. However, negative predicted and actual values are just as important in customer churn analysis in gaming. For this reason, the best final score was achieved with the XGBoost algorithm at 0.94. In these final scores, we can say that XGBoost, LR and SVM algorithms come to the fore. The final score was created to establish the model with a percentage of negative data. In this direction, the final scores of the algorithms were included in Tables 7–9.

Choosing a maximum depth = 6 value provides better results as shown in Table 7. Since XGBoost is an ensemble algorithm, other parameters like number of estimators and binary mode are also critical to model selection and overfitting. Therefore, for parameters, final score is 0.94. XGBoost has a number of optimization techniques that make it more efficient, such as sparsity-aware learning, weighted quantile sketch, and block structure to parallelize tree construction. It has a wide range of hyperparameters that can be tuned to improve performance, such as the learning rate, the maximum depth of the trees, and the number of trees in the ensemble. Also, it is able to handle missing

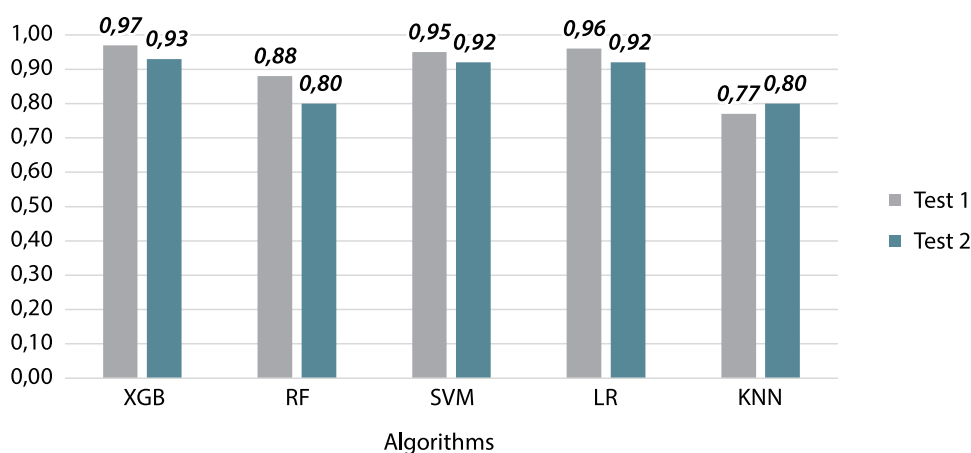


Fig. 5. Accuracy ratios on Test 1 and Test 2

Рис. 5. Соотношение точностей теста 1 и теста 2

Table 7 – Performance metrics for XGBoost

Таблица 7 – Показатели качества для алгоритма XGBoost

XGBoost	Precision	Recall	F1 Score	Accuracy	Final
Test 1	0.95	0.98	0.96	0.97	0.94*
Test 2	0.94	0.90	0.92	0.93	

*Best parameter: max_depth=6, n_estimators=5, binary='logistic'

values in the input data, which can be a major challenge in many real-world datasets.

According to the attributes included in Fig. 6, the company could add easier tasks for players at the beginning of game, balance the power of in-game enemy characters, as well as create a specific area for joining a party, creating an environment that can bring players together. On the other hand, game designers could apply statistical models that favor the player in decomposing items and directing them to quests that can give them more experience points for leveling up in game. Also, some changes can be suggested to make the player perspective. It is seen that the importance of the attributes of joining a clan, taking on a new task, forming a party, performing a quest and dying quickly in 1v1 games are relatively higher for players than the others. At the same time, the time spent in the game and its time per player are the attributes with the highest importance. Within the scope of the model, it is suggested that in defining new missions for players, adjusting the difficulty of the missions according to the level, feeding 1v1 with more balanced mechanics, protecting the player from other players in performing the missions, and facilitating the player to enter a clan where player can rise more easily.

As shown in Table 8, $C = 5$ and 'liblinear' solver is used for Logistic Regression classifier. Although the LR algorithm works stably, it has a minimal lower final score compared to XGBoost in final score. In logistic regression, the C parameter is a regularization term that controls the strength of the regularization. In general, a larger C value means that the model is less regularized and may be more prone to overfitting. A smaller C value means that the model is more regularized and may be more prone to underfitting. The solver parameter specifies the algorithm used to fit the logistic regression model. Different solvers may be better suited for different types of data and different problem characteristics. 'Liblinear' is a linear solver that is based on the Coordinate Descent algorithm. It is generally faster than the other solvers for small to

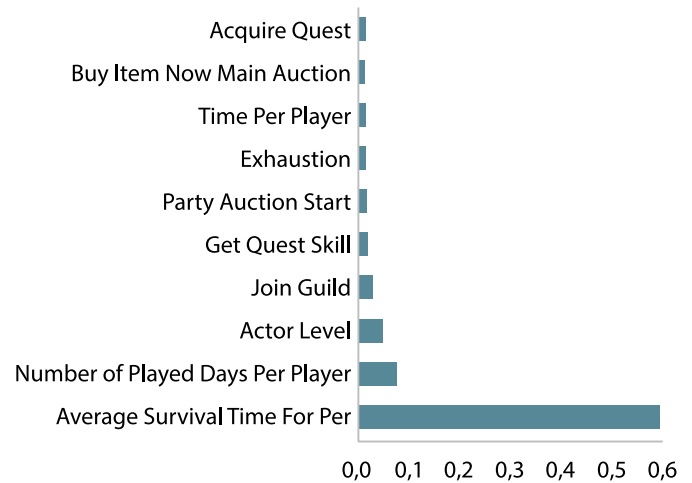


Fig. 6. Feature importance of XGBoost algorithm
Рис. 6. Значимость переменных алгоритма XGBoost

medium-sized datasets but may not perform as well on very large datasets.

Better results are obtained when the 'C' and minimizing gamma ratio for Support Vector Machines in Table 9. On the other hand, SVM is the algorithm that stands out like Logistic Regression in final score. The Radial Basis Function (RBF) kernel is a common choice for support vector machines (SVMs) because it can handle non-linearly separable data and often yields good performance in practice. Value of parameter C has not been set too high to avoid overfitting and underfitting. The RBF kernel is a universal kernel, which means that it can approximate any continuous function to any desired accuracy, given enough data. This makes it a very flexible kernel that can handle a wide range of data types and problem complexities. It is well-suited for high-dimensional data, as it can capture complex relationships between the input variables without requiring an excessively large number of model parameters. Also, this kernel is computationally efficient, as it only requires a single dot product between the input vectors at each evaluation. Overall, the RBF kernel is a popular choice for SVMs because it can han-

Table 8 – Performance metrics for Logistic Regression

Таблица 8 – Показатели качества для алгоритма Logistic Regression

LR	Precision	Recall	F1 Score	Accuracy	Final
Test 1	0.94	0.97	0.95	0.96	0.93*
Test 2	0.92	0.88	0.90	0.92	

*Best parameter: $C=5$, solver='liblinear'

Table 9 – Performance metrics for Support Vector Machines

Таблица 9 – Показатели качества для алгоритма Support Vector Machines

SVM	Precision	Recall	F1 Score	Accuracy	Final
Test 1	0.94	0.97	0.94	0.95	0.93*
Test 2	0.93	0.89	0.90	0.92	

*Best parameter: $C=100$, gamma=0.01, kernel='rbf'.

dle non-linearly separable data and often performs well in practice, making it a useful tool for many types of machine learning tasks.

Regression problem. Fig. 7 shows the results of the regression algorithms applied to the survival time given. If all data points were on a straight line, it would form a perfect regression curve, but this is practically impossible. Therefore, any point that does not coincide with the curve is considered a residual for us. The sum of these residuals represents the error of the model.

Besides the classification problem, the second problem in the data is based on predicting the survival times of players. This metric provides information on how many days apart players will spend in-game. Knowing such metrics, especially in customer churn analysis, is essential in making sense of the analysis. As we mentioned earlier, regression aims to minimize residual values. Our regression models consist of linear and non-linear models. In linear regression models, model parameters have a linear structure. However, in nonlinear regression models, the model parameters are not linear, but the independent variables can be linear or nonlinear.

Fig. 7 and Table 10 show all regressor performances and best parameters, respectively.

RF, MLP and GBR regressor for Test 1 and Test 2 data performed and minimized the error rate for linear and non-linear models. In this part, different regression algorithms try to minimize the error rates of Test 1 and Test 2

because the data was collected in different periods, while regression algorithms such as GBR, MLP and RF work well in the F2P and P2P system. Therefore, the difference between the applied algorithms might not be significant for the regression problem.

CONCLUSION

Technological developments have created differences in our lifestyles and habits and how we do business. Data plays an essential role in all these approaches. Data constitutes the indispensable building blocks of roadmaps for institutions in the long and short term. This situation has increased the data needs of institutions and caused them to acquire goals such as revealing the unknown from the data they have obtained, deriving inferences from the facts that have taken place, and shaping their profit-making strategies. It has become a science that creates added value for more sectors and different industries [Han, Kamber, Jai, 2012]. For example, in the gaming industry, customer churn has become more essential and needs to be analyzed in all its bearings.

Online games have been around for a while now and they are still growing in popularity. The number of players is increasing, and the industry is still booming. But with growth come challenges, one of which is churn analysis. The main goal of churn analysis is to find out what causes customers to stop playing the game and then fix it before it becomes a problem. This can be done by looking

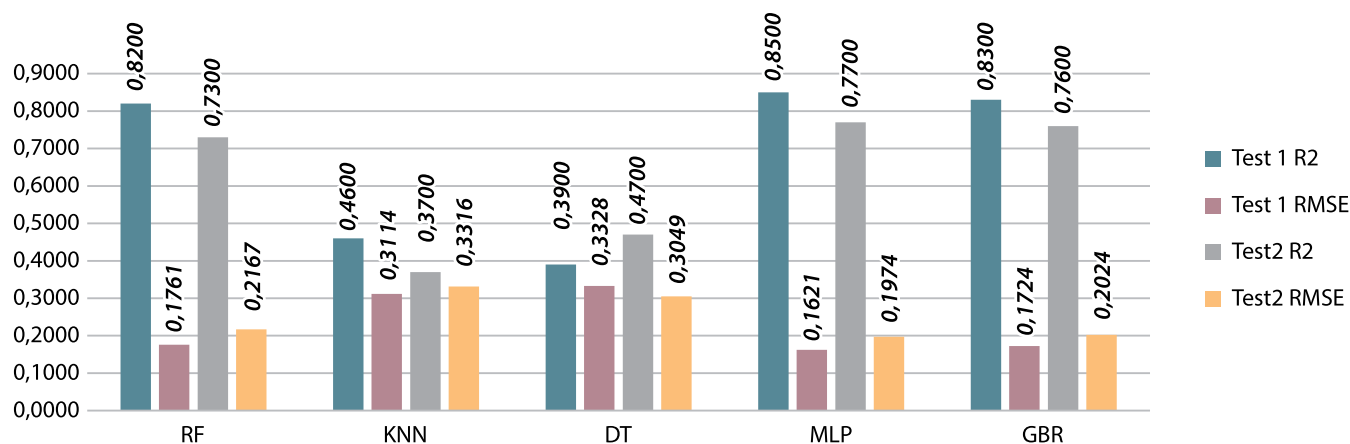


Fig. 7. Regression R^2 and RMSE Error Rates on Test 1 and Test 2
Рис. 7. Регрессия R^2 и частоты ошибок RMSE для теста 1 и теста 2

Table 10 – Parameters for regression algorithms
Таблица 10 – Параметры алгоритмов для задачи регрессии

Algorithm	Best parameters
RF	n_estimators = 100, max_depth = 2, min_samples_split = 2, max_features = 1.0
KNN	n_neighbors = 3, weights = uniform, algorithm = 'auto', leaf_size = 30
DT	Splitter = 'best', max_depth = 2, min_samples_split = 2, max_features = 'auto'
MLP	hidden_layer_sizes = 77, activation = 'relu', solver = 'adam', alpha = 0.0001, learning_rate = 0.01, shuffle = True, early_stopping = 'True'
GBR	loss = 'squared_error', learning_rate = 0.01, n_estimators = 100, criterion = 'friedman_mse', max_depth = 3, alpha = 0.9

at player behavior and seeing what they do before they leave the game. The main objective of churn management is to decrease player dropout rates. One way to achieve this goal is by providing more content to players, which will increase their motivation and reduce the chances that they will leave the game. Machine learning offers an alternative approach and solution for game churn analysis [Drachen, El-Nasr, Canossa, 2013].

Churn management is usually a part of the game design and it is one of the most important game metrics for success. Companies can also reduce the dropout churn rate through a variety of actions that can be planned as a result of loss analysis in online games. Some of these include:

- Increasing advertising will increase players' motivation and recognition.
- It provides free content to players with a limited time frame for access. This gives players something to work towards, like a prize or reward.
- Providing constant rewards and updates in order to keep the game interesting.
- In line with customer analysis, in-game metrics can be analyzed, and changes can be made to the game-related structures (User Interface-UI, User Experience-UX, gameplay, and mechanics, etc.).

While answering business questions regarding online gaming to predict game cherner for classification and survival time for regression, this study contributes to the game churn literature by classifying and regression estimation of player data in F2P and P2P periods.

Also, it shows churn analysis performed on the Blade and Soul dataset, different machine learning algorithms were applied, and it was observed that they performed well in both the final score and the accuracy metrics. Also, academic research on gaming is ongoing, and when results are compared broadly, it is evident that the XGBoost algorithm outperformed in classification and RF, GBR and MLP gives best results for regression problems. Also, adding some hyperparameters may help to enhance the model performance. On the other hand, although the LR and SVM algorithm works stably, it has a lower final score in the final problem than the other XGBoost algorithms. Our research also draws attention to the data sparsity step in the data pre-processing process for customer churn analysis in the game. It also suggests that not deleting as many columns as possible in the data preprocessing step will improve the data quality and the results' success. This step also helps algorithms to work more efficiently.

High accuracy ratios were achieved by applying different approaches to the data of different MMORPG games. However, it should not be neglected that players may leave a game for various reasons. This further complicates the estimates made in studies to predict game churn. Therefore, each dataset needs an ideocratic modeling and evaluation process. In addition, it should be noted that it is challenging to find data for game customer churn analysis studies. Therefore, more open data should be presented to researchers, and it will also prevent the sterility of academic studies in this field. ■

References

- Adams E., Dormans J. (2012). *Game mechanics: Advanced game design*. New Riders.
- Ahn J., Hwang J., Kim D., Choi H., Kang S. (2020). A survey on churn analysis in various business domains. *IEEE Open Access*, vol. 8, pp. 816–839.
- Almana A.M., Aksoy M.S., Alzahrani R. (2014). A survey on data mining techniques in customer churn analysis for telecom industry. *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 4, pp. 165–171.
- Alpaydin E. (2020). *Introduction to machine learning*. 4th ed. The MIT Press.
- Altman N.S. (1992). An introduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression. *The American Statistician*, vol. 46, no. 3, pp. 175–185.
- Beyer H.R., Holtzblatt K. (1995). Apprenticing with the customer. *Communications of the ACM*, vol. 38, no. 5, pp. 45–52.
- Borbora Z.H., Srivastava J. (2012). User behavior modelling approach for churn prediction in online games (pp. 51–60). *2012 International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust and 2012 International Conference on Social Computing*.
- Borbora Z.H., Srivastava J., Hsu K.W., Williams D. (2011). Churn prediction in MMORPGs using player motivation theories and an ensemble approach (pp. 157–164). *2011 IEEE Third International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust and 2011 IEEE Third International Conference on Social Computing*.
- Breiman L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32.
- Buhl H.U., Röglinger M., Moser F., Heidemann J. (2013). Big data. *Business & Information Systems Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 65–69.
- Castro E.G., Tsuzuki M.S.G. (2015). Churn prediction in online games using players' login records: A frequency analysis approach. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, vol. 7, no. 3, pp. 255–265.
- Chen T., Guestrin C. (2016). XGBoost: A Scalable tree boosting system. In: *The 22nd SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*.
- Crawford C. (2003). *Chris Crawford on game design*. New Riders.

- Cortes C., Vapnik V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, vol. 20, pp. 273–297. <https://doi.org/10.1007/BF00994018>
- Çelik Ö., Osmanoğlu U. (2019). Comparing to techniques used in customer churn analysis. *Journal of Multidisciplinary Developments*, vol. 4, no. 1, pp. 30–38.
- Dahiya K., Bhatia S. (2015). Customer churn analysis in telecom industry (pp. 1–6). *2015 4th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO) (Trends and Future Directions)*.
- Davenport T.H., Barth P., Bean R. (2012). How “Big Data” is different. *MIT Sloan Management Review*, vol. 54, no. 1, pp. 22–24.
- Ding J., Gao D., Chen X. (2015). Alone in the game: Dynamic spread of churn behavior in a large social network a longitudinal study in MMORPG. *International Journal of Smart Home*, vol. 9, no. 3, pp. 35–44. DOI: 10.14257/ijsh.2015.9.3.04
- Drachen A., Seif El-Nasr M., Canossa A., (2013). *Game analytics – The basics*. In: M. Seif El-Nasr, A. Drachen, A. Canossa. (Eds.). *Game Analytics*. Springer, London.
- Drachen A., Green J., Gray C., Harik E., Lu P., Sifa R., Klabjan D. (2016). Guns and guardians: Comparative cluster analysis and behavioral profiling in destiny (pp. 1–8). *2016 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*.
- Duke R.D. (1980). A paradigm for game design. *Simulation & Games*, vol. 11, no. 3, pp. 364–377.
- Friedman J. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*, vol. 29, no. 1. DOI: 10.1214/aos/1013203451
- George G., Haas M.R., Pentland A. (2014). Big data and management. *Academy of management Journal*, vol. 57, no. 2, pp. 321–326.
- Géron A. (2019). *Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems (Second edition)*. O'Reilly Media, Inc.
- Glorot X., Bengio Y. (2010). Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks (pp. 249–256). In: Y.W. The, M. Titterton (Eds.). *Proceedings of the 13th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, Proceedings of Machine Learning Research (PMLR)*. Chia Laguna Resort, Sardinia, Italy, vol. 9.
- Gold C., Tzuo T. (2020). *Fighting churn with data: The science and strategy of customer retention*. Manning Publishing.
- Hadiji F., Sifa R., Drachen A., Thureau C., Kersting K., Bauckhage C. (2014). Predicting player churn in the wild (pp. 1–8). *2014 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games*.
- Han J., Kamber M., Pei J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed). Elsevier.
- Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. (2009). *Elements of statistical learning*. 2nd ed. Springer.
- Ijsselstein W., Nap H.H., de Kort Y., Poels K. (2007). Digital game design for elderly users (pp. 17–22). *Proceedings of the 2007 Conference on Future Play*.
- KhakAbi S., Gholamian M.R., Namvar M. (2010). Data mining applications in customer churn management (pp. 220–225). *2010 International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation*.
- Kim S., Choi D., Lee E., Rhee W. (2017). Churn prediction of mobile and online casual games using play log data. *PLoS ONE*, vol. 12, no. 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180735>
- Kummer L.B.M., Cesar Nievola J., Paraiso E.C. (2018). Applying commitment to churn and remaining players lifetime prediction (pp. 1–8). *2018 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*.
- Lazarov V., Capota M. (2007). Churn prediction business analytics course. *TUM Computer Science*, pp. 33–34.
- Lee E., Jang Y., Yoon D.M., Jeon J., Yang S., Lee S.K., Kim D.W., Chen P.P., Guitart A., Bertens P., Perianez A., Hadiji F., Muller M., Joo Y., Lee J., Hwang I., Kim K.J. (2019). Game data mining competition on churn prediction and survival analysis using commercial game log data. *IEEE Transactions on Games*, vol. 11, no. 3, pp. 215–226.
- Lejeune M.A.P.M. (2001). Measuring the impact of data mining on churn management. *Internet Research*, vol. 11, no. 5, pp. 375–387.
- Long X., Yin W., An L., Ni H., Huang L., Luo Q., Chen Y. (2012). Churn analysis of online social network users using data mining techniques (pp. 551–556). In: *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, IMECS 2012*, vol. 2195.
- Lovato N. (2015) 16 reasons why players are leaving your game. *GameAnalytics*. <https://gameanalytics.com/blog/16-reasons-players-leaving-game/>
- Markus M.L. (2015). New games, new rules, new scoreboards: The potential consequences of big data. *Journal of Information Technology*, vol. 30, no. 1, pp. 58–59.
- Meyer C., Schwager A. (2007). Understanding customer experience. *Harvard Business Review*, vol. 85, no. 2, pp. 116.
- Payne A. (2008). *The handbook of CRM: Achieving excellence in customer management*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Rothmeier K., Pflanzl N., Hullmann J.A., Preuss M. (2021). Prediction of player churn and disengagement based on user activity data of a freemium online strategy game. *IEEE Transactions on Games*, vol. 13, no. 1, pp. 78–88. DOI: 10.1109/TG.2020.2992282
- Sagiroglu S., Sinanc D. (2013). Big data: A review (pp. 42–47). *2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*.
- Schell J. (2019). *The art of game design: A book of lenses (3rd ed.)*. Taylor & Francis.
- Schermann M., Hemsén H., Buchmüller C., Bitter T., Krcmar H., Markl V., Hoeren T. (2014). Big data. *Wirtschaftsinformatik*, vol. 56, no. 5, pp. 281–287.
- Shearer C. (2000). The CRISP-DM model: The new blueprint for data mining. *Journal of Data Warehousing*, vol. 5, no. 4, pp. 13–22.
- Singh H., Samalia H.V. (2014). A business intelligence perspective for churn management. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 109, pp. 51–56. DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.12.420

- Sydow L. (2020). Mobile gaming: a \$100 billion industry that's only getting bigger. <https://www.data.ai/en/insights/market-data/mobile-gaming-a-100-billion-industry-thats-only-getting-bigger/>
- Tamassia M., Raffe W., Sifa R., Drachen A., Zambetta F., Hitchens M. (2016). Predicting player churn in destiny: A Hidden Markov models approach to predicting player departure in a major online game (pp. 1–8). *2016 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*.
- Vyas R., Prasad B.G.M., Vamshidhar H.K., Kumar S. (2018). Predicting inactiveness in telecom (prepaid) sector: A complex bigdata application (pp. 39–43). *2018 International Conference on Information Technology (ICIT)*.
- Wirth R., Hipp J. (1999). *CRISP-DM: Towards a standard process model for data mining*. Pp. 1–11.
- Woerner S.L., Wixom B.H. (2015). Big data: Extending the business strategy toolbox. *Journal of Information Technology*, vol. 30, no. 1, pp. 60–62.
- Wright R.E. (1995). Logistic regression. In: L.G. Grimm, P.R. Yarnold. (Eds.). *Reading and understanding multivariate statistics* (pp. 217–244). American Psychological Association Press.
- Zhao S., Wu R., Tao J., Qu M., Zhao M., Fan C., Zhao H. (2022). *perCLTV: A general system for personalized customer lifetime value prediction in online games*. ACM Transactions on Information Systems.
- Zheng A., Chen L., Xie F., Tao J., Fan C., Zheng Z. (2020). Keep you from leaving: Churn prediction in online games (pp. 263–279). In: Y. Nah, B. Cui, S.-W. Lee, J.X. Yu, Y.-S. Moon, S.E. Whang. (Eds.). *Database Systems for Advanced Applications*.

Источники

- Adams E., Dormans J. (2012). *Game mechanics: Advanced game design*. New Riders.
- Ahn J., Hwang J., Kim D., Choi H., Kang S. (2020). A survey on churn analysis in various business domains. *IEEE Open Access*, vol. 8, pp. 816–839.
- Almana A.M., Aksoy M.S., Alzahrani R. (2014). A survey on data mining techniques in customer churn analysis for telecom industry. *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 4, pp. 165–171.
- Alpaydin E. (2020). *Introduction to machine learning*. 4th ed. The MIT Press.
- Altman N.S. (1992). An introduction to kernel and nearest-neighbor nonparametric regression. *The American Statistician*, vol. 46, no. 3, pp. 175–185.
- Beyer H.R., Holtzblatt K. (1995). Apprenticing with the customer. *Communications of the ACM*, vol. 38, no. 5, pp. 45–52.
- Borbora Z.H., Srivastava J. (2012). User behavior modelling approach for churn prediction in online games (pp. 51–60). *2012 International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust and 2012 International Conference on Social Computing*.
- Borbora Z.H., Srivastava J., Hsu K.W., Williams D. (2011). Churn prediction in MMORPGs using player motivation theories and an ensemble approach (pp. 157–164). *2011 IEEE Third International Conference on Privacy, Security, Risk and Trust and 2011 IEEE Third International Conference on Social Computing*.
- Breiman L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32.
- Buhl H.U., Röglinger M., Moser F., Heidemann J. (2013). Big data. *Business & Information Systems Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 65–69.
- Castro E.G., Tsuzuki M.S.G. (2015). Churn prediction in online games using players' login records: A frequency analysis approach. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, vol. 7, no. 3, pp. 255–265.
- Chen T., Guestrin C. (2016). XGBoost: A Scalable tree boosting system. In: *The 22nd SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*.
- Crawford C. (2003). *Chris Crawford on game design*. New Riders.
- Cortes C., Vapnik V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, vol. 20, pp. 273–297. <https://doi.org/10.1007/BF00994018>
- Çelik Ö., Osmanoglu U. (2019). Comparing to techniques used in customer churn analysis. *Journal of Multidisciplinary Developments*, vol. 4, no. 1, pp. 30–38.
- Dahiya K., Bhatia S. (2015). Customer churn analysis in telecom industry (pp. 1–6). *2015 4th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO) (Trends and Future Directions)*.
- Davenport T.H., Barth P., Bean R. (2012). How "Big Data" is different. *MIT Sloan Management Review*, vol. 54, no. 1, pp. 22–24.
- Ding J., Gao D., Chen X. (2015). Alone in the game: Dynamic spread of churn behavior in a large social network a longitudinal study in MMORPG. *International Journal of Smart Home*, vol. 9, no. 3, pp. 35–44. DOI: 10.14257/ijsh.2015.9.3.04
- Drachen A., Seif El-Nasr M., Canossa A., (2013). *Game analytics – The basics*. In: M. Seif El-Nasr, A. Drachen, A. Canossa. (Eds.). *Game Analytics*. Springer, London.
- Drachen A., Green J., Gray C., Harik E., Lu P., Sifa R., Klabjan D. (2016). Guns and guardians: Comparative cluster analysis and behavioral profiling in destiny (pp. 1–8). *2016 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*.
- Duke R.D. (1980). A paradigm for game design. *Simulation & Games*, vol. 11, no. 3, pp. 364–377.
- Friedman J. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*, vol. 29, no. 1. DOI: 10.1214/aos/1013203451
- George G., Haas M.R., Pentland A. (2014). Big data and management. *Academy of management Journal*, vol. 57, no. 2, pp. 321–326.

- Géron A. (2019). *Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems (Second edition)*. O'Reilly Media, Inc.
- Glorot X., Bengio Y. (2010). Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks (pp. 249–256). In: Y.W. The, M. Titterton (Eds.). *Proceedings of the 13th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, Proceedings of Machine Learning Research (PMLR)*. Chia Laguna Resort, Sardinia, Italy, vol. 9.
- Gold C., Tzuo T. (2020). *Fighting churn with data: The science and strategy of customer retention*. Manning Publishing.
- Hadiji F., Sifa R., Drachen A., Thureau C., Kersting K., Bauckhage C. (2014). Predicting player churn in the wild (pp. 1–8). *2014 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games*.
- Han J., Kamber M., Pei J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques* (3rd ed). Elsevier.
- Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. (2009). *Elements of statistical learning*. 2nd ed. Springer.
- Ijsselstein W., Nap H.H., de Kort Y., Poels K. (2007). Digital game design for elderly users (pp. 17–22). *Proceedings of the 2007 Conference on Future Play*.
- KhakAbi S., Gholamian M.R., Namvar M. (2010). Data mining applications in customer churn management (pp. 220–225). *2010 International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation*.
- Kim S., Choi D., Lee E., Rhee W. (2017). Churn prediction of mobile and online casual games using play log data. *PLoS ONE*, vol. 12, no. 7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180735>
- Kummer L.B.M., Cesar Nievola J., Paraiso E.C. (2018). Applying commitment to churn and remaining players lifetime prediction (pp. 1–8). *2018 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*.
- Lazarov V., Capota M. (2007). Churn prediction business analytics course. *TUM Computer Science*, pp. 33–34.
- Lee E., Jang Y., Yoon D.M., Jeon J., Yang S., Lee S.K., Kim D.W., Chen P.P., Guitart A., Bertens P., Perianez A., Hadiji F., Muller M., Joo Y., Lee J., Hwang I., Kim K.J. (2019). Game data mining competition on churn prediction and survival analysis using commercial game log data. *IEEE Transactions on Games*, vol. 11, no. 3, pp. 215–226.
- Lejeune M.A.P.M. (2001). Measuring the impact of data mining on churn management. *Internet Research*, vol. 11, no. 5, pp. 375–387.
- Long X., Yin W., An L., Ni H., Huang L., Luo Q., Chen Y. (2012). Churn analysis of online social network users using data mining techniques (pp. 551–556). In: *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, IMECS 2012*, vol. 2195.
- Lovato N. (2015) 16 reasons why players are leaving your game. GameAnalytics. <https://gameanalytics.com/blog/16-reasons-players-leaving-game/>
- Markus M.L. (2015). New games, new rules, new scoreboards: The potential consequences of big data. *Journal of Information Technology*, vol. 30, no. 1, pp. 58–59.
- Meyer C., Schwager A. (2007). Understanding customer experience. *Harvard Business Review*, vol. 85, no. 2, pp. 116.
- Payne A. (2008). *The handbook of CRM: Achieving excellence in customer management*. Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Rothmeier K., Pflanzl N., Hullmann J.A., Preuss M. (2021). Prediction of player churn and disengagement based on user activity data of a freemium online strategy game. *IEEE Transactions on Games*, vol. 13, no. 1, pp. 78–88. DOI: 10.1109/TG.2020.2992282
- Sagioglu S., Sinanc D. (2013). Big data: A review (pp. 42–47). *2013 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS)*.
- Schell J. (2019). *The art of game design: A book of lenses (3rd ed.)*. Taylor & Francis.
- Schermann M., Hensen H., Buchmüller C., Bitter T., Krcmar H., Markl V., Hoeren T. (2014). Big data. *Wirtschaftsinformatik*, vol. 56, no. 5, pp. 281–287.
- Shearer C. (2000). The CRISP-DM model: The new blueprint for data mining. *Journal of Data Warehousing*, vol. 5, no. 4, pp. 13–22.
- Singh H., Samalia H.V. (2014). A business intelligence perspective for churn management. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 109, pp. 51–56. DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.12.420
- Sydow L. (2020). Mobile gaming: a \$100 billion industry that's only getting bigger. <https://www.data.ai/en/insights/market-data/mobile-gaming-a-100-billion-industry-thats-only-getting-bigger/>
- Tamassia M., Raffe W., Sifa R., Drachen A., Zambetta F., Hitchens M. (2016). Predicting player churn in destiny: A Hidden Markov models approach to predicting player departure in a major online game (pp. 1–8). *2016 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*.
- Vyas R., Prasad B.G.M., Vamshidhar H.K., Kumar S. (2018). Predicting inactiveness in telecom (prepaid) sector: A complex bigdata application (pp. 39–43). *2018 International Conference on Information Technology (ICIT)*.
- Wirth R., Hipp J. (1999). *CRISP-DM: Towards a standard process model for data mining*. Pp. 1–11.
- Woerner S.L., Wixom B.H. (2015). Big data: Extending the business strategy toolbox. *Journal of Information Technology*, vol. 30, no. 1, pp. 60–62.
- Wright R.E. (1995). Logistic regression. In: L.G. Grimm, P.R. Yarnold. (Eds.). *Reading and understanding multivariate statistics* (pp. 217–244). American Psychological Association Press.
- Zhao S., Wu R., Tao J., Qu M., Zhao M., Fan C., Zhao H. (2022). *perCLTV: A general system for personalized customer lifetime value prediction in online games*. *ACM Transactions on Information Systems*.
- Zheng A., Chen L., Xie F., Tao J., Fan C., Zheng Z. (2020). Keep you from leaving: Churn prediction in online games (pp. 263–279). In: Y. Nah, B. Cui, S.-W. Lee, J.X. Yu, Y.-S. Moon, S.E. Whang. (Eds.). *Database Systems for Advanced Applications*.

Information about the authors

Kaan Arik

Lecturer of Multidimensional Modeling and Animation Dept. **Sakarya Applied Science University**, Sakarya, Turkey. E-mail: kaanarik@subu.edu.tr

Murat Gezer

PhD (Electrical Electronics Engineering), Associate Professor of Informatics Dept. **Istanbul University**, Istanbul, Turkey. E-mail: murat.gezer@istanbul.edu.tr

Seda Tolun Tayali

PhD (Quantitative Methods), Professor Doctor of Quantitative Methods Dept. **Istanbul University**, Istanbul, Turkey. E-mail: stolun@istanbul.edu.tr

Информация об авторах

Арик Каан

Преподаватель кафедры многомерного моделирования и анимации. **Университет прикладных наук Сакарья**, г. Сакарья, Турция. E-mail: kaanarik@subu.edu.tr

Гезер Мурат

PhD (Электротехника и Электроника), доцент кафедры информатики. **Стамбульский университет**, г. Стамбул, Турция. E-mail: murat.gezer@istanbul.edu.tr

Толун Тайали Седа

PhD (Количественные методы), профессор кафедры количественных методов. **Стамбульский университет**, г. Стамбул, Турция. E-mail: stolun@istanbul.edu.tr

УПРАВЛЕНЕЦ

Upravlenets / The Manager

ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫМ В НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «УПРАВЛЕНЕЦ»

Общие положения

• К публикации принимаются статьи, соответствующие тематике журнала и настоящим требованиям. Представляемые материалы должны быть актуальными, обладать научно-практической значимостью и новизной.

• Статьи, направляемые в редакцию, рецензируются и в случае положительного заключения – редактируются. Редакция не согласовывает с авторами изменения и сокращения рукописи, не затрагивающие принципиальных вопросов.

• Статья, отправленная автору на доработку, должна быть возвращена в исправленном виде в максимально короткие сроки с ответами автора на замечания рецензента, а также пояснениями всех изменений, сделанных автором.

• Статьи аспирантов и соискателей могут приниматься к публикации без соавторства с доктором или кандидатом наук. Статьи, в число авторов которых входят студенты и магистранты, не принимаются к публикации.

• Общее количество авторов статьи – не более трех (для международных коллективов – не более пяти).

Материалы, представляемые авторами в редакцию

Материалы пересылаются в редакцию по электронной почте.

Заявка на публикацию включает следующие файлы:

1. Файл, озаглавленный фамилиями авторов на русском языке и содержащий в указанном порядке:

- 1) 1–3 кода по классификации JEL;
- 2) сведения об авторах на русском языке* ;
- 3) ключевые слова на русском языке (5–8 слов);
- 4) аннотацию на русском языке (150–200 слов);
- 5) название статьи на русском языке;
- 6) текст статьи;
- 7) библиографический список на русском языке.

2. Файл, озаглавленный фамилиями авторов на английском языке и содержащий в указанном порядке:

- 1) перевод сведений об авторах на английский язык;
- 2) перевод названия статьи на английский язык;
- 3) перевод ключевых слов на английский язык;
- 4) перевод аннотации на английский язык;
- 5) перевод библиографического списка на английский язык.

***Информация об авторе** должна содержать: фамилию, имя, отчество автора; ученую степень; ученое звание; должность; организацию, которую представляет автор; адрес организации; контактный телефон (с указанием кода города); e-mail. Адрес организации указывается в последовательности: почтовый индекс, страна, город, улица, дом.

Вся указанная информация подлежит публикации.

Требования к оформлению рукописи

Объем статьи – от 35 000 до 50 000 знаков с пробелами, не включая список литературы, на листе формата А4 с полями по 2 см.

Текст набирается через полтора интервала, кегль – 14, гарнитура – Times New Roman.

Все страницы рукописи нумеруются.

Каждая таблица должна иметь название, каждый рисунок – подрисуночную подпись на русском и английском языках.

Уравнения, рисунки и таблицы нумеруются в порядке их упоминания в тексте.

Все графические элементы рукописи (графики, схемы, рисунки) предоставляются в редактируемом формате в целях оформления в соответствии со стиливым решением журнала:

• Word, Excel, PowerPoint – в исходном формате программы (docx, xls, ppt соответственно);

• элементы, созданные в специализированных программах – в исходном формате программы, а также в экспортированном виде (pdf, eps, emf, wmf, svg, cdr, ai).

Требования к списку источников

Список источников должен преимущественно включать научные статьи в рецензируемых научных изданиях, монографии, авторефераты диссертаций. Нормативно-правовые документы, статистические материалы и материалы без указания фамилий авторов в список источников не включаются, при необходимости упоминаются в тексте статьи или выносятся в постраничную сноску.

Согласно международным стандартам подготовки публикаций рекомендуемое количество источников в списке литературы – не менее 30, из которых не менее 50 % должны быть зарубежными и индексироваться в МНБД Web of Science и Scopus. Самоцитирование не должно превышать 10 %.

Список оформляется в алфавитном порядке: сначала русскоязычные, затем англоязычные источники. Источники в списке не нумеруются. Для идентификации источника в тексте используются фамилии авторов, год публикации. При наличии в описании источника электронного идентификатора DOI, он обязательно указывается в конце библиографического описания в списке источников.

Внутритекстовые ссылки на использованную литературу оформляются в квадратных скобках с указанием фамилии автора (ов), страницы. Опубликованный источник на кириллице цитируется – [Тамбовцев, 2017, с. 23], источник, использующий латиницу – [Buchanan, 2010, p. 37]. При одновременном цитировании нескольких источников, ссылка имеет вид [Тамбовцев, 2017, с. 23; Buchanan, 2010, p. 37]. Если количество авторов составляет от одного до трех, авторы перечисляются в ссылке через запятую, если больше – указывается [Тамбовцев и др., 2017, с. 23; Buchanan et al., 2010, p. 37]. Для различения авторов с одной фамилией применяются инициалы; для работ одного автора, опубликованных в одном году – латинская буквенная идентификация, например, [Тамбовцев, 2017а, 2017б]. Если фамилии цитируемых авторов выступают частью предложения, в квадратных скобках может указываться только год и страница: В. Л. Тамбовцев [2017, p. 23] отмечает, что ...

Рукописи, не соответствующие данным требованиям, возвращаются авторам.

Плата за публикацию статей не взимается.

Авторские гонорары редакцией не выплачиваются.

В случае принятия статьи к публикации авторы предоставляют заполненные заявки и экспертное заключение о возможности открытого опубликования. Бланк заявки размещен на сайте журнала: <http://upravlenets.usue.ru>.

Прием статей:

Уральский государственный экономический университет
620144, РФ, г. Екатеринбург,
ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, каб. 102а
Бердюгина Татьяна Александровна
Телефон: +7 (343) 283-12-33
E-mail: berduginata@usue.ru

ЖУРНАЛ РЕКОМЕНДОВАН
ВЫСШЕЙ АТТЕСТАЦИОННОЙ КОМИССИЕЙ
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ НАУЧНЫХ РАБОТ,
ОТРАЖАЮЩИХ ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИЙ

upravlennets.usue.ru



ISSN 2218-5003

