

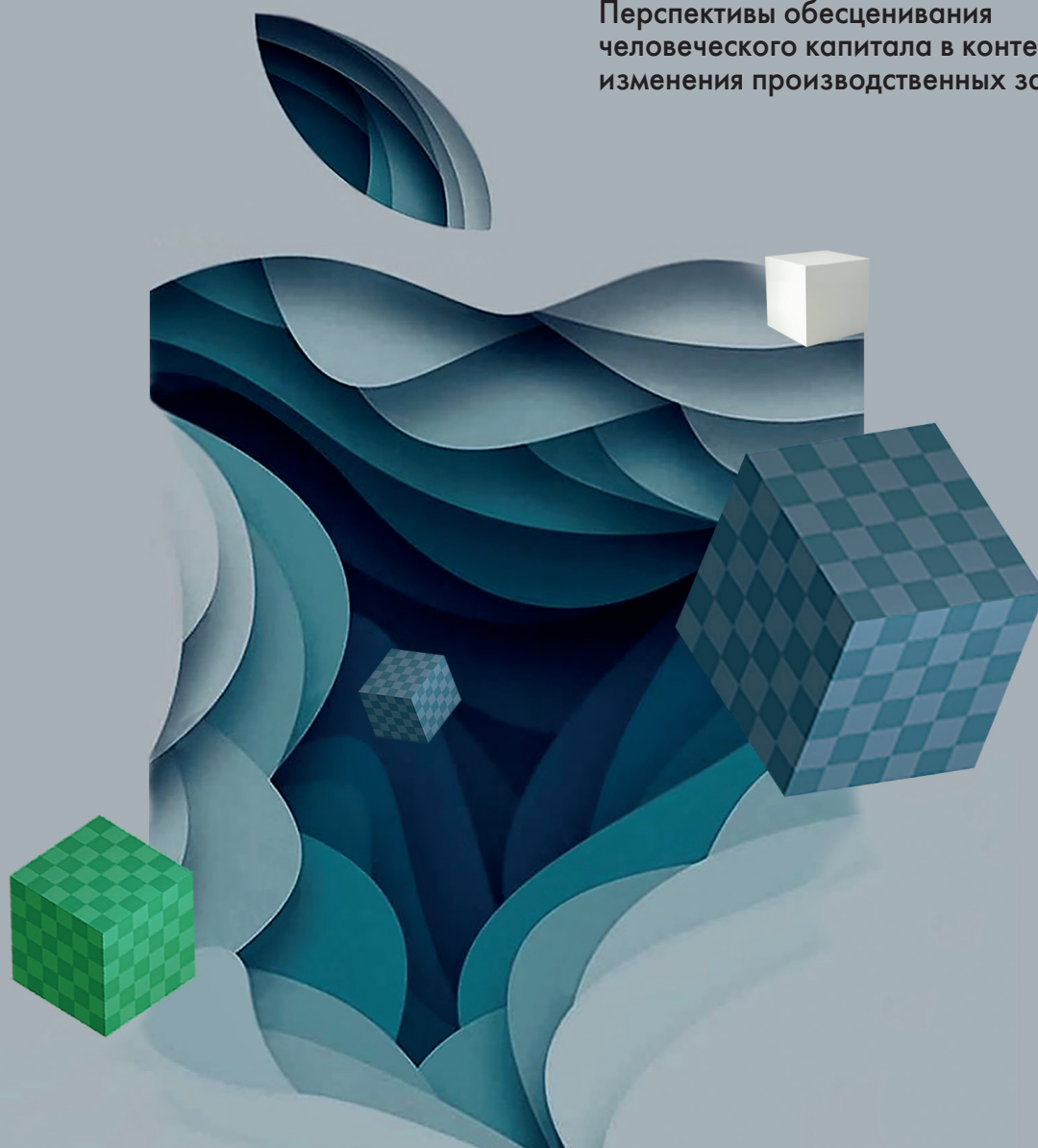


В НОМЕРЕ

Академические, рыночные и социальные эффекты совместных исследований

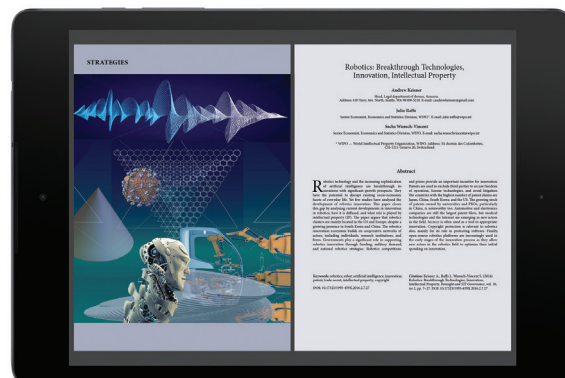
Университет 3.0: портфельный подход к управлению исследованиями

Перспективы обесценивания человеческого капитала в контексте изменения производственных задач



ФОРСАЙТ

ТЕПЕРЬ ДОСТУПНЕЕ



РЕЙТИНГ ЖУРНАЛА

по импакт-фактору
в Российском индексе
научного цитирования (2020)

- Наукоедение 1
- Организация и управление 1
- Экономика 2

В соответствии с решением Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ журнал «Форсайт» включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, выпускаемых в России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по направлению «Экономика»

*Протокол заседания президиума ВАК
№ 6/6 от 19 февраля 2010 г.*

ПОДПИСКА

Объединенный каталог
«Пресса России»
80690

Журнал входит в 1-й квартиль (Q1)
рейтинга Scopus Cite Score
по направлениям:

- Decision Sciences (miscellaneous)
- Economics, Econometrics and Finance (miscellaneous)
- Social Sciences (miscellaneous)
- Social Sciences Development
- Statistics, Probability and Uncertainty

«Форсайт» вошел в число победителей открытого конкурса Министерства образования и науки РФ по государственной поддержке программ развития и продвижению российских научных журналов в международное научно-информационное пространство

По итогам экспертизы большого числа российских научных журналов, проведенной компанией Macmillan Science Communication (UK), «Форсайт» вошел в тройку наиболее перспективных изданий

ИНДЕКСИРОВАНИЕ

WEB OF SCIENCE™
CORE COLLECTION
EMERGING SOURCES
CITATION INDEX

SCOPUS™

中国知识基础设施工程
CNKI • 中国知网

RUSSIAN SCIENCE CITATION INDEX
WEB OF SCIENCE

EBSCO Academic Search Premier

DOAJ ProQuest

OAJ.net RePEc

ECONSTOR

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

GENAMICS™ JOURNALSEEK

eLIBRARY.RU ICI WORLD JOURNALS

CYBERLENINKA ERIH PLUS
EUROPEAN REFERENCE INDEX FOR THE HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES

DRJI SHERPA ROMEO

ИЗДАНИЯ ИСИЭЗ

Аналитические
доклады



Статистические сборники



С этими и другими изданиями можно
ознакомиться в интернете или
приобрести в книжных магазинах



Главный редактор Леонид Гохберг (НИУ ВШЭ)

Заместитель главного редактора Александр Соколов (НИУ ВШЭ)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Татьяна Кузнецова (НИУ ВШЭ)

Дирк Майсснер (НИУ ВШЭ)

Юрий Симачёв (НИУ ВШЭ)

Алина Стеблянская (Харбинский инженерный университет, Китай)

Томас Тернер (НИУ ВШЭ)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Андрей Белоусов (Правительство РФ)

Николас Вонортас (Университет Джорджа Вашингтона, США, и НИУ ВШЭ)

Фред Голт (Маастрихтский университет, Нидерланды, и Технологический университет Тсване, ЮАР)

Тугрул Дайм (Портлендский государственный университет, США)

Люк Джорджиу (Университет Манчестера, Великобритания)

Алина Зоргнер (Университет Джона Кэбота, Италия, и Кильский институт мировой экономики, Германия)

Криштиану Каньин (Объединенный исследовательский центр Европейской комиссии, Бельгия)

Элиас Караяннис (Университет Джорджа Вашингтона, США)

Майкл Кинэн (ОЭСР, Франция)

Ярослав Кузьминов (НИУ ВШЭ)

Джонатан Кэлоф (Университет Оттавы, Канада, и НИУ ВШЭ)

Лут Лейдесдорфф (Университет Амстердама, Нидерланды)

Кэрол Леонард (Оксфордский университет, Великобритания)

Кеун Ли (Сеульский национальный университет, Корея)

Йен Майлс (Университет Манчестера, Великобритания, и НИУ ВШЭ)

Сандро Мендонса (Университет Лиссабона, Португалия)

Ронпин Му (Институт политики и управления, Китайская академия наук)

Вольфганг Полт (Университет прикладных наук Йоаннеум, Австрия)

Озчан Саритас (НИУ ВШЭ)

Марио Сервантес (ОЭСР, Франция)

Анджела Уилкинсон (Всемирный энергетический совет и Оксфордский университет, Великобритания)

Фред Филлипс (Университет Нью-Мексико и Университет штата Нью-Йорк в Стоуни-Брук, США)

Тед Фуллер (Университет Линкольна, Великобритания)

Аттила Хаваш (Институт экономики, Венгерская академия наук)

Карел Хагеман (Объединенный исследовательский центр Европейской комиссии, Бельгия)

Александр Чепуренко (НИУ ВШЭ)

Клаус Шух (Центр социальных инноваций, Австрия)

Чарльз Эдквист (Университет Лунда, Швеция)

РЕДАКЦИЯ

Ответственный редактор

Марина Бойкова

Менеджер по развитию

Наталья Гавриличева

Литературные редакторы

Яков Охонько, Кейтлин Монтгомери

Корректор

Екатерина Малеванная

Художник

Марина Бойкова

Верстка

Михаил Салазкин

Учредитель

Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики»

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС 77-68124 от 27.12.2016 г.

Тираж 250 экз.

Заказ 0000

Отпечатано в ООО «Фотоэксперт», 109316, Москва,
Волгоградский проспект, д. 42

© Национальный исследовательский университет
«Высшая школа экономики», 2007–2022

FORESIGHT AND STI GOVERNANCE

National Research University
Higher School of Economics



Foresight and STI Governance (formerly *Foresight-Russia*) — an international journal established by the National Research University Higher School of Economics (HSE) and administered by the HSE Institute for Statistical Studies and Economics of Knowledge (ISSEK), located in Moscow, Russia. The mission of the journal is to support the creation of Foresight culture through dissemination of the best national and international practices of future-oriented innovation development. It also provides a framework for discussing S&T trends and policies. Topics covered include:

- Foresight methods
- Results of Foresight studies
- Long-term priorities for social, economic and S&T development
- S&T and innovation trends and indicators
- S&T and innovation policies
- Strategic programmes of innovation development at national, regional, sectoral and corporate levels
- State-of-the-art methods and best practices of S&T analysis and Foresight.

The target audience of the journal comprises research scholars, university professors, policy-makers, businessmen, expert community, post-graduates, undergraduates and others who are interested in S&T and innovation analyses, Foresight and policy issues.

The thematic coverage of the journal makes it a unique title in its field. *Foresight and STI Governance* is published quarterly and distributed in Russia and abroad.

***Foresight and STI Governance* is ranked in the 1st quartile (Q1) of the Scopus Cite Score Rank in the fields:**

- **Decision Sciences** (miscellaneous)
- **Economics, Econometrics and Finance** (miscellaneous)
- **Social Sciences** (miscellaneous)
- **Social Sciences Development**
- **Statistics, Probability and Uncertainty**

Leonid Gokhberg, Editor-in-Chief, First Vice-Rector, HSE, and Director, ISSEK, HSE, Russian Federation

Alexander Sokolov, Deputy Editor-in-Chief, HSE, Russian Federation

EDITORIAL COUNCIL

Andrey Belousov, Government of the Russian Federation
 Cristiano Cagnin, EU Joint Research Centre, Belgium
 Jonathan Calof, University of Ottawa, Canada, and HSE, Russian Federation
 Elias Carayannis, George Washington University, United States
 Mario Cervantes, OECD
 Alexander Chepurenskiy, HSE, Russian Federation
 Tugrul Daim, Portland State University, United States
 Charles Edquist, Lund University, Sweden
 Ted Fuller, University of Lincoln, United Kingdom
 Fred Gault, Maastricht University, Netherlands, and Tshwane University of Technology, South Africa
 Luke Georghiou, University of Manchester, United Kingdom
 Karel Haegeman, EU Joint Research Centre, Belgium
 Attila Havas, Hungarian Academy of Sciences, Hungary
 Michael Keenan, OECD, France
 Yaroslav Kuzminov, HSE, Russian Federation
 Keun Lee, Seoul National University, Korea
 Loet Leydesdorff, University of Amsterdam, Netherlands
 Carol S. Leonard, University of Oxford, United Kingdom
 Sandro Mendonca, Lisbon University, Portugal
 Ian Miles, University of Manchester, United Kingdom, and HSE, Russian Federation
 Rongping Mu, Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, China
 Fred Phillips, University of New Mexico and Stony Brook University – State University of New York, United States
 Wolfgang Polt, Joanneum Research, Austria
 Ozcan Saritas, HSE, Russian Federation
 Klaus Schuch, Centre for Social Innovation, Austria
 Alina Sorgner, John Cabot University, Italy, and Kiel Institute for the World Economy, Germany
 Nicholas Vonortas, George Washington University, United States, and HSE, Russian Federation
 Angela Wilkinson, World Energy Council and University of Oxford, United Kingdom

EDITORIAL BOARD

Tatiana Kuznetsova, HSE, Russian Federation
 Dirk Meissner, HSE, Russian Federation
 Yury Simachev, HSE, Russian Federation
 Alina Steblyanskaya, Harbin Engineering University, China
 Thomas Thurner, HSE, Russian Federation

EDITORIAL TEAM

Executive Editor — Marina Boykova
 Development Manager — Natalia Gavrilicheva
 Literary Editors — Yakov Okhonko, Caitlin Montgomery
 Proofreader — Ekaterina Malevannaya
 Designer — Marina Boykova
 Layout — Mikhail Salazkin

Address: National Research University Higher School of Economics
 20 Myasnitskaya str., 101000 Moscow, Russia
 Tel: +7 (495) 621-40-38 E-mail: foresight-journal@hse.ru
 Web: <https://foresight-journal.hse.ru/en/>

INDEXING AND ABSTRACTING

WEB OF SCIENCE™
CORE COLLECTION
EMERGING SOURCES
CITATION INDEX

SCOPUS™

中国知识基础设施工程
CNKI • 中国知网

SHERPA/RoMEO

Directory of Research
Journal Indexing
DRJI

ERIH PLUS

I² WORLD
of JOURNALS

RePEc ProQuest

ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

EBSCO Academic Search Premier

GENAMICS™ JOURNALSEEK

ECONSTOR

eLIBRARY.RU

OAJI Open Academic Journals Index

DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS

СОДЕРЖАНИЕ

Т. 16. № 2

СТРАТЕГИИ

Академические, рыночные и социальные эффекты совместных исследований

Владими́ро Верре, Дарио Милеси, Наталья Петелски

6

Университет 3.0: портфельный подход к управлению технологическими исследованиями и разработками

Дмитрий Каталевский, Наталья Космодемьянская, Арутюн Арутюнян, Клеман Фортин

15

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ОБРАЗОВАНИЕ

Перспективы устаревания компетенций и амортизации человеческого капитала в контексте изменения производственных задач

Соня Уолтер, Джеонг-Донг Ли

32

Настоящее и будущее цифровых методов управления человеческими ресурсами

Елена Завьялова, Дмитрий Соколов, Дмитрий Кучеров, Антонина Лисовская

42

Факторы удовлетворенности электронным обучением в университетах и намерения участвовать в нем

Иоанна Эйдис

52

Взаимовлияние среднего профессионального образования и интеллектуальных услуг в эпоху цифровизации

Микель Альбизу, Мирен Эстенсоро, Сюзанна Франко

65

МАСТЕР-КЛАСС

Эпидемиологическое информирование населения в городах: модели и их применение

Василий Осипов, Марина Осипова, Сергей Кулешов, Александра Зайцева, Алексей Аксёнов

80

CONTENTS

Vol. 16. No. 2

STRATEGIES

Academic, Commercialization and Societal Effects of Joint Research

Vladimiro Verre, Darío Milesi, Natalia Petelski

6

University 3.0: A Portfolio Approach to the Technology R&D Management

Dmitry Katalevsky, Natalia Kosmodemianskaya, Arutyun Arutynyan, Clement Fortin

15

HUMAN CAPITAL AND EDUCATION

How Susceptible are Skills to Obsolescence? A Task-Based Perspective of Human Capital Depreciation

Sonja Walter, Jeong-Dong Lee

32

The Digitalization of Human Resource Management: Present and Future

Elena Zavyalova, Dmitry Sokolov, Dmitry Kucherov, Antonina Lisovskaya

42

Factors Influencing Satisfaction and Future Intention to Use E-Learning at the University Level

Joanna Ejdys

52

Vocational Education and Training and Knowledge Intensive Business Services: A Promising Relationship in the Digital Era

Mikel Albizu, Miren Estensoro, Susana Franco

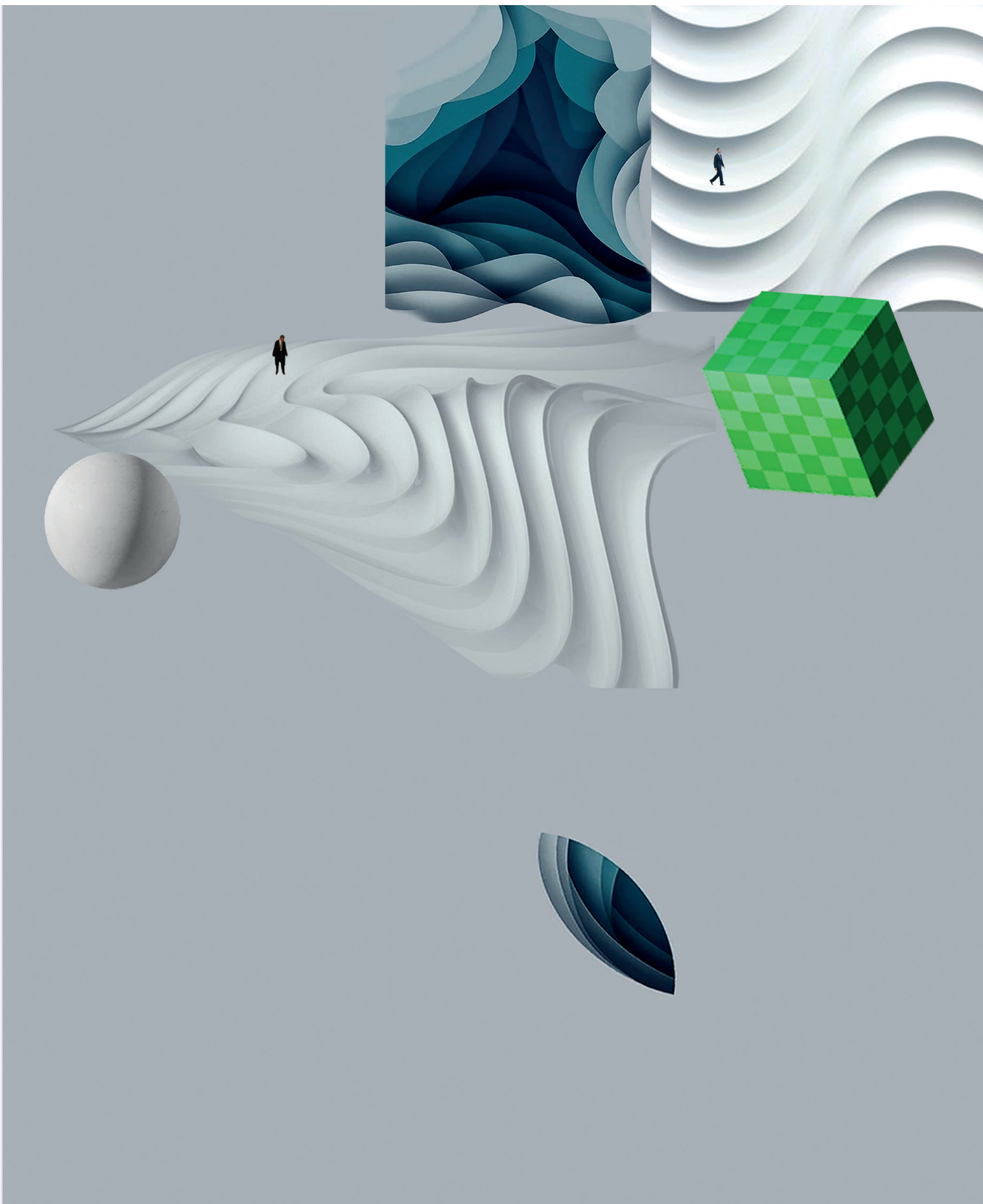
65

MASTER CLASS

Epidemiological Informing of the Population in Cities: Models and Their Application

Vasily Osipov, Marina Osipova, Sergey Kuleshov, Alexandra Zaytseva, Aleksey Aksenov

80



Академические, рыночные и социальные эффекты совместных исследований

Владими́ро Верре

Научный сотрудник, vverre@campus.ungs.edu.ar

Дарио Милеси

Научный сотрудник, dmilesi@campus.ungs.edu.ar

Наталья Петелски

Аспирант, npetelski@campus.ungs.edu.ar

Национальный университет им. генерала Сармьенто (Universidad Nacional de General Sarmiento),
J.M. Gutiérrez 1150, (1613) Los Polvorines, Buenos Aires, Argentina

Аннотация

В статье на примере биофармацевтического сектора Аргентины проанализированы эффекты совместных исследований, проводимых академическим и промышленным секторами для увеличения результативности научной деятельности, коммерциализации знаний и повышения качества жизни общества. Особое внимание уделено социальным эффектам, которые пока сравнительно редко рассматриваются в литературе.

Среди выявленных возможностей, которые сотрудничество с промышленностью открывает для

науки — рост публикационной активности, расширение научной повестки за счет прикладных и фундаментальных направлений, появление новых тематических ниш для публикаций, повышение качества преподавания, совместное использование передового оборудования. В промышленных кругах создаваемые знания становятся объектом патентования, источником возникновения стартапов и предложения новых коммерческих услуг. Основные преимущества для социальной сферы заключаются в появлении недорогих местных аналогов диагностических или терапевтических решений.

Ключевые слова: наука; промышленность; знания; совместные исследования; биофармацевтика

Цитирование: Verre V., Milesi D., Petelski N. (2022) Academic, Commercialization and Societal Effects of Joint Research. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 6–14. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.6.14

Academic, Commercialization and Societal Effects of Joint Research

Vladimiro Verre

Researcher, vverre@campus.ungs.edu.ar

Darío Milesi

Researcher, dmilesi@campus.ungs.edu.ar

Natalia Petelski

PhD Candidate, npetelski@campus.ungs.edu.ar

Universidad Nacional de General Sarmiento, Instituto de Industria, J.M. Gutiérrez 1150, (1613) Los Polvorines, Buenos Aires, Argentina

Abstract

This work investigates the effects that a specific science industry collaboration scheme, joint research, generates in three areas: the production of academic activities, scientific knowledge commercialization, and society at large. This is an in-depth work on joint research in a developing country that covers three different types of effects. The work highlights the specific industrial contributions that make it possible for such effects to be verified, with special attention to societal effects, an aspect rarely present in the literature. Based on some dimensions that recent literature has identified and where more empirical evidence is needed, a multiple case study has been carried out through the selection of three public-private collaborations in the Argentine biopharmaceutical sector responding to joint research characteristics.

Among the main findings, the identification of the different ways in which a relationship with industry allows science: to intensify its publication activity, by having more resources and identifying new thematic niches to publish; to improve teaching, using co-generated knowledge and shared equipment; to expand its research agenda both toward applied topics and toward more basic ones. Likewise, relationship with industry allows knowledge generation that, in addition to being central in the creation of start-ups and patents, also contributes to perform new services of a commercial nature. Finally, joint research generates effects that benefit society in general, through cheaper domestic diagnostics or therapeutic solutions improving public health.

Keywords: science; industry; knowledge; joint research; biopharmaceutical

Citation: Verre V., Milesi D., Petelski N. (2022) Academic, Commercialization and Societal Effects of Joint Research. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 6–14. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.6.14

Наука и промышленность представляют два «разных мира» со своими подходами и стратегиями (Bruneel et al., 2010). Тем не менее при условии взаимного доверия им удается налаживать эффективное партнерство (совместные исследования, консалтинг и др.), приносящее выгоду не только обеим сторонам, но и обществу в целом (Perkmann et al., 2021; Perkmann, Walsh, 2009; Milesi et al., 2017; D'Este et al., 2019). Согласно предыдущим исследованиям основные преимущества для науки от подобной коллаборации выражаются в увеличении публикационной активности, притоке новых знаний в университеты и развитии прикладных исследований. В отношении промышленности речь идет о создании стартапов и стимулировании патентования. При этом социально-экономические аспекты, выходящие за рамки непосредственных интересов науки и бизнеса, остаются малоизученными. Большинство исследований, базирующихся на количественных методах, отмечают положительную связь между интенсивностью научно-промышленного партнерства и качеством его результатов. Тем не менее в одних случаях информация противоречива, а в других ее недостаточно. Не учитываются важные качественные составляющие, например источники возникновения тех или иных достижений и процессы их трансформации из одной категории в другую. Кроме того, интересующая нас проблематика рассматривается преимущественно в контексте развитых стран, а публикации, посвященные ситуации в развивающихся государствах, пока немногочисленны.

В статье анализируются эффекты научно-промышленного партнерства для разных областей по материалам кейсов в биофармацевтическом секторе Аргентины, характеристики которого позволяют подробно изучить социально-экономические последствия такого взаимодействия. В данной сфере существуют большие возможности для обмена знаниями, что позволяет оценить их вклад в развитие научных исследований, образование, коммерциализацию и потенциальное влияние на общество.

Теоретическая основа

Эволюционный и неошумпетерианский подходы рассматривают инновационную деятельность как системный процесс, выходящий за рамки компаний (Nelson, 1993; Lundvall, 1997; Freeman, 2004). Учитывая, что сотрудничество промышленности с академическим и научно-технологическим секторами существенно сказывается на экономическом развитии, растет интерес к его изучению (Meyer-Krahmer, Schmoch, 1998; Lee, 2000; Schartinger et al., 2002). Подобные коллаборации предполагают интенсивные личные контакты, основанные на доверии, обмен некодифицированными знаниями, паритетную активность обеих сторон (Perkmann, Walsh, 2009; Arza, Carattoli, 2017; Milesi et al., 2017; D'Este et al., 2019). Как следствие, расширяются возможности для академической деятельности, коммерциализации зна-

ний, создаваемых государственным сектором, и для социальной сферы (Perkmann et al., 2021). В первом случае речь идет, прежде всего, о науке и образовании. Отмечается положительное влияние совместных проектов на публикационную активность, однако не прояснен их вклад в повышение количества и качества научных работ (Hottenrott, Lawson, 2017; Banal-Estañol et al., 2015; Bikard et al., 2019; Garcia et al., 2020). Очевидна нарастающая интенсивность исследований в прикладных направлениях (Van Looy et al., 2006), тем не менее пока неясно, как она сказывается на общей повестке государственных научных учреждений. Не оценен потенциал наращивания поисковых и фундаментальных исследований (Perkmann et al., 2021; Verre et al., 2021).

В отношении образования данные противоречивы. В разных контекстах выявлено как позитивное, так и негативное влияние кооперационных проектов, связанных с научно-технологическим консалтингом, на качество образовательных программ (Bianchini et al., 2016). Факторы, способные повысить эффективность преподавания, нуждаются в уточнении (Hughes et al., 2016; Verre et al., 2021). Результаты совместной работы выражаются и в динамике коммерциализации (регистрации прав на интеллектуальную собственность и создания академических стартапов). В первом случае отмечается ее положительная связь с количеством университетских патентов (Beaudry, Kananian, 2013; Libaers, 2017). Пока не прояснена применимость данного показателя к развивающимся странам, где эффект коммерциализации может проявляться и в других формах, например через предоставление новых услуг бизнесу. От интенсивности кооперации зависит готовность создавать стартапы (Fritsch, Krabel, 2012). Если исследователь выполняет функции научного консультанта компании, вероятность создания им собственного предприятия снижается (Ding, Choi, 2011). Предстоит уточнить аспекты долгосрочного партнерства государственных научных учреждений и промышленных предприятий, способствующие формированию стартапов, и влияние этого процесса на дальнейшие перспективы коллаборации. Наименее изученными остаются социальные эффекты (Perkmann et al., 2021). Ранее уделялось внимание факторам, мотивирующим университеты к партнерству с внешними организациями (Iorio et al., 2017; Hughes, Kitson 2012), стимулам для развития территорий, экономического роста и повышения благосостояния населения (Ankrah, Al-Tabbaa, 2015). Чтобы точнее определить их характер и связь с научно-промышленным партнерством, требуются более качественные эмпирические данные.

Большинство упомянутых работ относятся к Северной Америке и Европе. Число исследований, посвященных другим контекстам, в частности Латинской Америке, пока невелико (Arza, Carattoli, 2017; Milesi et al., 2017; Garcia et al., 2020; Verre et al., 2021). Анализ практик из аргентинского биофармацевтического сектора восполняет этот пробел и проясняет картину недостаточно изученных направлений.

Методология

В фокусе исследования — потоки знаний, возникающие в рамках совместных проектов компаний и государственных научных организаций, на примере трех кейсов аргентинской биофармацевтической индустрии. Последняя характеризуется активным взаимодействием науки с промышленностью, реализацией долгосрочных, сложных и рискованных проектов, что подразумевает интенсивные потоки знаний и влияние на разные области. Партнерства с участием корпораций и наиболее авторитетных государственных научных учреждений представлены в табл. 1.

Основное внимание уделялось позиции исследователей из государственных научных организаций, взаимодействовавших с компаниями. Однако для большей достоверности учитывались также мнения персонала компаний, контактирующего с учеными из государственного сектора и их администраторами. По итогам изучения 34 углубленных интервью с участниками перечисленных групп выявлена максимально содержательная картина их взглядов на разные аспекты сотрудничества. Также анализировалась доступная вторичная документация по проектам, включая технические отчеты и другие материалы, предоставленные предприятиями и научными учреждениями.

Описание кейсов

Представленные практики характеризуются некоторыми общими чертами. Роль участвующих сторон комплементарна, поскольку каждая из них располагает ресурсами, отсутствующими у партнера. Проекты носят долгосрочный характер, с рискованной составляющей. Рассматриваемый формат отношений предполагает постоянные доверительные контакты, обмен предварительными результатами, их обсуждение и формирование каналов обратной связи. Таким образом, обеспечиваются двунаправленные потоки знаний, в отличие от распространенной формы кооперации, когда активный партнер (государственная научная организация) создает интеллектуальный продукт и передает его пассивному контрагенту (компания). Суть совместных исследований (сравнительно редкого формата кооперации для такой страны, как Аргентина) определяется «общим знамена-

телем» — передачей концепций. Даже в биофармацевтическом секторе коллаборации, несмотря на сложный и интерактивный характер, не всегда осуществляются в виде совместных исследований. Причина отчасти в том, что не все компании обладают достаточным научно-технологическим потенциалом, чтобы «на равных» взаимодействовать с государственными организациями. Ниже представлены результаты анализа трех кейсов с характеристикой участников, динамики отношений, проектов и продуктов сотрудничества.

Альянс 1 — LOM-UNQ и Insud Group

Первый кейс представляет консорциум из широкого круга игроков, функционирующий свыше 20 лет. В него входят ведущий фармацевтический холдинг Insud Group, государственные партнеры (LOM-UNQ) и несколько больниц, включая Garrahan — одну из лучших педиатрических клиник в Латинской Америке. Альянс реализует два крупных проекта, один из которых стартовал в 1994 г. при поддержке кубинских биотехнологических центров. Он связан с производством иммунотерапевтических препаратов — ракотумомаба, гликопротеинов (N-гликолила GM3/VSSP и N-ацетила GM3/VSSP), ритуксимаба и бевацизумаба, используемых при лечении рака легких, молочной железы, толстой кишки, а также ВИЧ, неходжкинской лимфомы, хронического лимфатического лейкоза и ревматоидного артрита. Ракотумомаб присутствует на рынке с 2013 г., другие препараты находятся на разных стадиях разработки. Первоначально LOM-UNQ выступал поставщиком доклинических услуг (испытания онкомоделей на лабораторных животных), но впоследствии переориентировался на разработку и клинические испытания каждого продукта, взаимодействуя одновременно с медицинскими учреждениями и компаниями группы Insud.

В рамках другого макропроекта разрабатывается десмопрессин — синтетический органический пептид, который стимулирует антиметастатическую функцию, предотвращая распространение раковых клеток после операции. LOM-UNQ и Insud ведут совместные разработки по двум направлениям — ветеринарному и медицинскому. Первое из них вышло на рыночную стадию, второе находится в завершающей фазе клинических испытаний.

Табл. 1. Кейсы, выбранные для анализа

Кейс	Компании	Государственные научные учреждения	Проекты
1	Insud Group	Laboratorio de Oncología Molecular de la Universidad Nacional de Quilmes (LOM-UNQ) и другие учреждения	Десмопрессин для ветеринарного и медицинского применения Иммунотерапия: моноклональные антитела и другие продукты
2	Amega Biotech Group	Laboratorio de Cultivos Celulares de la Universidad Nacional del Litoral (LCC-UNL)	Рекомбинантные белки: этанерцепт и «Фактор VIII»
3	Biosidus	Instituto de Biotecnología y Medicina Experimental (IByME), Instituto de Virología del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (IV-INTA)	Трансгенные животные: производство гормона роста человека, инсулина, этанерцепта и наноантител к VHH

Источник: составлено авторами.

Альянс 2 — LCC-UNL и Amega Biotech Group

В Amega Group входят три компании, включая Zelltek, которая начинала как инкубационный стартап, созданный при UNL, а также совместное предприятие LCC-UNL — главный генератор знаний для партнерства. Zelltek появилась в результате проекта по разработке эритропоэтина (ЕРО). В настоящее время синтезируются сложные белки: этанерцепт (для лечения разных видов артритов — псориатического, а также ревматоидного у взрослых и детей) и укороченный фактор свертывания крови VIII (необходим при коагуляции для лечения гемофилии типа А). Их разработка уже завершена, проводятся клинические испытания для последующей регистрации. Работа ученых LCC-UNL и научного персонала компании на одной площадке стирает границы между бизнесом и государственной организацией, что позволяет представителям последней быть в курсе проблем, актуальность которых для их коллег, «изолированных» от подобных процессов, представляется далеко не очевидной. В свою очередь компания получает доступ к высококвалифицированным специалистам и знаниям.

Альянс 3 — IBuME, IV-INTA и Biosidus

В рамках этой коллаборации сформирована и развивается масштабная платформа трансгенных животных — первый подобный проект для Латинской Америки. Здесь разрабатываются медицинские продукты, в частности человеческий гормон роста, инсулин, этанерцепт и наноантитела VHH. В модельных животных (главным образом коров) вводятся гены для производства необходимых исследователям белков или молекул, которые извлекаются из молока. В 2003 г. Biosidus в партнерстве с IBuME основала Лабораторию физиологии молочной железы (Physiology of the Mammary Gland Laboratory), ставшую ключевым источником используемых компанией знаний в области трансгенеза и клонирования, а также кадрового обеспечения проекта. Продукция применяется для лечения задержки роста у детей, синдрома Тернера, сахарного диабета, гипергликемии и ревматоидного артрита. Опираясь на ресурсы партнера из государственного сектора IV-INTA, Biosidus синтезирует из верблюжьего молока моноклональные наноантитела VHH, нейтрализующие ротавирусную инфекцию — главного возбудителя диареи. Все перечисленные разработки производятся преимущественно с использованием трансгенных коров (с разным уровнем эффективности), но из-за регулятивных барьеров ни один из них пока не выведен на рынок.

Сферы влияния эффектов совместных исследований

Академическая наука

Сотрудничество с фармацевтическими компаниями и клиниками позволило ученым LOM-UNQ существенно сэкономить время за счет более точного выбора моделей доклинических исследований и фокуса на конкретных патологиях, например, для расширения спектра возможных вариантов лечения (кейс 1). Повышение

качества исследований по доклинической и клинической практике увеличило для их авторов возможности публикаций в журналах, экспертные сети которых хорошо знакомы с практическими аспектами доклинических исследований и разработки новых лекарств. В ряде статей предложены решения исследовательских задач, поставленных бизнесом. Так, по результатам кооперации с фармацевтической индустрией и LOM-UNQ ученые клиники Garrahan издали статьи о ретинобластоме и ракотумомабе в высокорейтинговых изданиях Международного общества педиатрической онкологии (International Society of Pediatric Oncology) и в британском офтальмологическом журнале. Сотрудники LCC-UNL стали быстрее получать научные результаты за счет расширения доступа к партнерским ресурсам, включая финансирование, оборудование и расходные материалы (кейс 2). Публикации исследователей IBuME стали возможными благодаря инфраструктуре и активам, предоставленным Biosidus для экспериментов с трансгенными животными (кейс 3). По завершении проекта специалисты IV-INTA представили статьи в журналах *PlosOne* и *Plos Pathogen*.

Вступление представителей государственного сектора науки в альянс с промышленностью высвечивает для них проблемы, которые в противном случае остались бы незамеченными. Итогом совместных исследований в кейсах 1 и 2 стало расширение научной повестки. Государственные научные учреждения открыли для себя новые направления, часть которых выходит за рамки потребностей компаний-партнеров. Пакет исследований ориентирован на запросы промышленного сектора — как актуальные, так и перспективные. Соответственно наряду с прикладными развиваются новые фундаментальные направления. Поставленные в них вопросы, хотя и не представляют прямого интереса для бизнеса в настоящее время, могут оказаться важными в будущем. Поэтому их востребованность обусловлена не только исследовательским любопытством, но и наличием потенциального пользователя, с которым уже налажены доверительные отношения. Таким образом, научная повестка государственных организаций расширяется и диверсифицируется. Например, в рамках сотрудничества LOM-UNQ с Insud по иммунотерапевтическому направлению выявлены свойства новых антигенов, связанных с ракотумомабом (кейс 1). Проекты LCC-UNL (кейс 2), изначально ориентированные на производство, стали более фундаментальными, охватив такие области, как вакцины, стволовые клетки и иммуногенность. Последняя относится к наиболее периферическим сферам, в которые вовлечены лишь немногие ученые в мире. LCC-UNL направил своих сотрудников в Университет Род-Айленда (University of Rhode Island, США) для освоения технологий повышения иммуногенности трансгенных животных, интерес к которым обусловлен, среди прочего, пониманием, что аргентинские регуляторы в будущем станут учитывать фактор их использования при регистрации лекарств, что повлияет на деятельность компании Zelltek.

Интенсивное и длительное взаимодействие с промышленностью побудило государственные органи-

зации дополнить повестку поисковыми исследованиями. В частности, LCC-UNL по инициативе Zelltek активизировал разработку двух ключевых продуктов — «Фактора VIII» и этанерцепта.

Еще один эффект рассматриваемого взаимодействия заключается в перетоке новых актуальных знаний в университетское образование. Совершенствуются программы бакалавриата, магистратуры (кейс 1) и аспирантуры по биологическим специальностям¹ (кейс 2). Положительную роль в улучшении учебного процесса играет также использование оборудования компаний-партнеров для практического и лабораторного обучения. Так, студенты LCC-UNL работают преимущественно с уникальным оборудованием, принадлежащим фирме Zelltek, в результате заметно повышается уровень их диссертационных исследований (кейс 2). Самим ученым приобретенный опыт полезен не только для преподавания, но и для управления сложными научно-технологическими проектами (кейсы 1 и 3).

Коммерциализация

Некоторые сотрудники LOM-UNQ основали собственные предприятия для производства функциональных нутрицевтических продуктов питания в виде обогащенных витаминно-минеральных комплексов, прежде всего овощных экстрактов (кейс 1). Хотя они не относятся к фармацевтическим продуктам, некоторые этапы их создания аналогичны разработке лекарств. При этом используются новые знания, полученные в ходе 15-летнего сотрудничества. Стартап Zelltek после приобретения компанией Amega Group активизировал совместные с LCC-UNL исследования по ряду направлений (кейс 2). Поскольку по многим аспектам и критериям ветеринарные методологии сейчас приближаются к фармацевтическим, знания, наработанные в ходе партнерства, стали основой для создания инкубационной фирмы Empretech по производству вакцин для животных, а также фармацевтической компании Biosynartica, которая не конкурирует с Amega.

Помимо развития предпринимательства эффекты коммерциализации проявляются в создании новой интеллектуальной собственности и предоставлении инновационных услуг. В проекте «Десмопрессин» использовался патент LOM-UNQ, переданный по лицензии Insud Group (кейс 1). В дальнейшем LOM-UNQ совместно с фирмой-партнером получил патенты на группу дериватизированных пептидных продуктов и новый комплекс соединений Ras. В программе «Иммунотерапия», напротив, компания-партнер приобрела патенты до начала сотрудничества, что позволило сохранить контроль над интеллектуальной собственностью. Несмотря на то что в создании биоаналогов патентование скорее препятствует инновационной активности, LCC-UNL зарегистрировал несколько патентов специально для Amega Group, среди которых — клетки *vero*, подходящие для вакцинации людей (кейс 2). Затем с помощью генно-инженерной моди-

фикации ЕРО была получена молекула для терапии нейродегенеративных заболеваний.

Biosidus и IByME имеют долгую историю совместного патентования изобретений, сделанных с помощью платформы трансгенных животных (кейс 3). В 2018 г. IV-INTA получила аналогичный патент для производства VHN. Во всех случаях регистрация новых патентов государственным сектором — прямой результат сотрудничества с бизнесом, хотя до коммерческого применения многих из них еще далеко. LOM-UNQ вместе с Insud Group разработал передовые методы экспертизы ритуксимаба (кейс 1). Знания, полученные от Insud, позволили LOM-UNQ создать платформу для доклинической оценки эффективности любых биоаналогов со схожими характеристиками. Ноу-хау компании послужило основой для разработки методов контроля качества продукции (кейс 2). После поглощения Zelltek Amega Group они «по наследству» перешли LCC-UNL, который в настоящее время обеспечивает соответствующими сервисами свыше десятка национальных и зарубежных компаний. Исследователи IByME применяют знания, полученные в партнерстве с Biosidus, для предоставления услуг другим компаниям через стартап, созданный университетом (кейс 3).

Экономика и общество

Использование государственными учреждениями полученных знаний ведет к появлению новых лекарств и, следовательно, повышению качества жизни пациентов. Положительный эффект от новых противораковых препаратов стал проявляться уже во время клинических испытаний, поскольку они применялись в качестве альтернативного средства еще до официальной регистрации (кейс 1). После выхода на рынок действенность этих лекарств стала подтверждаться на все большем числе патологий. В LCC-UNL разработали два биоаналога, которые станут доступными аргентинским пациентам по значительно более низкой цене, чем импортные (кейс 2). Национальная система здравоохранения получает возможность снизить затраты (например, в настоящее время на внутреннем рынке отсутствует оригинальный ЕРО, поскольку он стоит в 10 раз дороже местного биоаналога). Импортозамещение позволяет сберегать иностранную валюту, что важно для экономики. К этому следует добавить возможность постепенного развития биофармацевтического сектора, имеющего стратегическое значение. Amega и LCC-UNL заключили соглашение с Фармацевтической промышленной лабораторией (Pharmaceutical Industrial Laboratory, LIF) о производстве препаратов Zelltek для лечения рака, рассеянного склероза, ВИЧ и хронической почечной недостаточности. В соответствии с этим соглашением LIF может производить и продавать упомянутые лекарства по себестоимости, поскольку и Amega, и LCC-UNL отказываются от лицензионных отчислений. Подобный расклад способствует снижению цен на ле-

¹ Речь, в частности, идет о специальностях «Биотехнология» и «Биохимия» и соответствующих им программам «Клеточные культуры», «Молекулярная биология клеточных культур животных клеток» и «Биотехнологическая очистка».

Табл. 2. Эффекты совместных исследований в отношении академической деятельности, коммерциализации и общества

Область эффектов	Описание
<i>Академическая деятельность</i>	
Публикации	<ul style="list-style-type: none"> - Рост числа публикаций по результатам исследований, отвечающих на новые вопросы, поставленные фирмами-партнерами - Повышение результативности за счет более точного выбора доклинических моделей и патологических ниш благодаря координации доклинических и клинических исследований, обеспеченной фирмами-партнерами - Сокращение сроков получения результатов и ускорение их публикации благодаря ресурсам фирм-партнеров
Направления исследований	<ul style="list-style-type: none"> - Расширение спектра исследований за счет ресурсов, полученных в результате сотрудничества с промышленностью - Новые направления прикладных исследований, представляющих интерес для промышленности - Новые направления исследований с поисковым и фундаментальным фокусом, освоение которых стало возможным благодаря кооперации с промышленностью и ввиду наличия пользователя — долгосрочного партнера
Преподавание	<ul style="list-style-type: none"> - Передача научно-технологических знаний, созданных совместно с промышленностью, студентам и аспирантам - Использование предоставленного фирмами-партнерами оборудования в преподавании - Использование опыта совместных исследований в качестве модели организации и управления учебным процессом, применение полученных знаний
<i>Коммерциализация</i>	
Стартапы	<ul style="list-style-type: none"> - Создание учеными стартапов на основе знаний, полученных в ходе совместных исследований, без конкуренции с фирмами-партнерами
Патенты и новые услуги	<ul style="list-style-type: none"> - Создание новой интеллектуальной собственности, лицензирование - Применение знаний, полученных от фирм-партнеров (методы аналитического контроля), для предоставления услуг другим организациям; дополнительные ресурсы для исследований
<i>Общество в целом</i>	
Здравоохранение	<ul style="list-style-type: none"> - Получение новых препаратов для лечения пациентов, от фазы клинических испытаний до вывода на рынок; - Расширение регулирующими органами сферы использования лекарств с учетом дополнительных показаний к их применению - Снижение стоимости лекарств, сокращение государственных и индивидуальных затрат на здравоохранение благодаря производству отечественных препаратов
Импортозамещение	<ul style="list-style-type: none"> - Экономия иностранной валюты, развитие отечественных высокотехнологичных отраслей
Побочное использование полученных знаний	<ul style="list-style-type: none"> - Знания, полученные в ходе разработки медицинских продуктов, используются в других областях, что способствует расширению возможностей диагностики различных патологий.
<i>Источник: составлено авторами.</i>	

карства и сокращает затраты региональных бюджетов на здравоохранение.

Социальный эффект может проявляться и в других областях. В частности, всегда имеются возможности для альтернативного использования полученных знаний, прежде всего в государственном секторе. Это относится к разработке диагностических тестов для клиники Garrahan и Института Мальбрана (Malbrán Institute). На старте проекта «Иммунотерапия» (кейс 1) появилась идея разработать ПЦР-тест для количественной диагностики опухолей. Однако из-за его несоответствия предъявляемым требованиям было решено передать соответствующее ноу-хау клинике Garrahan, выполняющей молекулярную диагностику остаточных раковых клеток у детей, прежде всего ретинобластомы и нейробластомы. Необходимые для этого знания были созданы совместно LOM-UNQ и Insud. Моноклональные антитела VHH, синтезированные IV-INTA (кейс 3), применяются как для лечения, так и для диагностики патогенов.

Институт Мальбрана (главное государственное учреждение в области профилактики, контроля и исследо-

вания всех патологий, включая неонатальную диарею) обратился к IV-INTA с инициативой создать тест ELISA. Прототип разработали за пять месяцев, что освободило Институт Мальбрана от необходимости импортировать эти тесты. Институт заказал диагностические тесты и для других патологий, в частности гриппа. Другое государственное учреждение, Институт Лелуара (Leloir Institute), по заказу IV-INTA спроектировал тесты рака груди и толстой кишки. Социальный эффект такого «побочного» использования новых знаний, среди прочего, обусловлен замещением импорта и укреплением диагностического потенциала национальной системы здравоохранения.

Сводная информация об эффектах совместных исследований для академической деятельности, коммерциализации и общества в целом представлена в табл. 2.

Заключение

В статье анализируются эффекты совместных исследований научных организаций и компаний в разных областях. Для этого были изучены три кейса совместных дол-

госрочных высокорисковых проектов в аргентинском биофармацевтическом секторе. Первоочередное влияние выражается в увеличении количества и повышении качества публикаций ученых из государственных научных организаций. Это происходит благодаря материальным ресурсам, предоставленным компаниями-партнерами, а также постановке ими новых исследовательских задач, координации доклинических и клинических исследований. Новые направления носят прежде всего прикладной характер, поскольку опираются на обширную базу знаний, накопленных компаниями, однако фундаментальные и поисковые инициативы также не остаются без внимания. Университеты получают передовые технические знания и доступ к уникальному оборудованию, предоставленному фирмами-партнерами. Опыт совместной научной работы нередко становится базой новых управленческих моделей.

Подобный формат сотрудничества положительно влияет и на коммерциализацию разработок. Государственные научные организации могут не только регистрировать патенты, но и использовать полученные знания для предоставления инновационных услуг, что в свою очередь привлекает дополнительные ресурсы для новых идей. Возрастает мотивация ученых создавать стартапы для производства продукции, не конкурирующей с бизнесом партнеров. Среди основных социальных эффектов:

- повышение качества жизни и здоровья населения благодаря созданию инновационных лекарственных средств;

- снижение государственных и индивидуальных расходов на здравоохранение вследствие появления недорогих отечественных препаратов;
- экономия иностранной валюты за счет импортозамещения;
- развитие местной наукоемкой промышленности;
- применение созданных знаний для удовлетворения других медицинских и социальных потребностей.

Наше исследование ограничено фокусом на единственном секторе, тогда как аналогичная динамика наблюдается и в других высокотехнологичных отраслях. В аргентинском контексте выбранные для анализа примеры являются исключительными, что позволяет лишь косвенно обозначить препятствия (культурные, экономические, технологические), ослабляющие позитивные эффекты в трех рассмотренных областях.

Предстоит изучить другие форматы сотрудничества, такие как договорные исследования и консалтинг, проанализировать их эффекты в тех же сферах. Особого внимания заслуживает анализ отзывов предприятий о партнерстве с государственными научными организациями в отношении получения новых знаний и направлений исследований. Рекомендуется активизировать использование организационных и отраслевых инструментов финансирования для стимулирования совместных исследований, с тем чтобы их результаты не зависели от благоприятного стечения обстоятельств или доброй воли участников альянса. Это в первую очередь относится к социально-экономическим эффектам, которые выходят за рамки прямых интересов партнеров.

Библиография

- Ankrah S., Al-Tabbaa O. (2015) Universities–industry collaboration: A systematic review. *Scandinavian Journal of Management*, 31, 387–408. <https://doi.org/10.1016/j.scaman.2015.02.003>
- Arza V., Carattoli M. (2017) Personal ties in university–industry linkages: A case-study from Argentina. *The Journal of Technology Transfer*, 42, 814–840. <https://doi.org/10.1007/s10961-016-9544-x>
- Banal-Estañol A., Jofre-Bonet M., Lawson C. (2015) The double-edged sword of industry collaboration: Evidence from engineering academics in the UK. *Research Policy*, 44, 1160–1175. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.02.006>
- Beaudry C., Kananian R. (2013) Follow the (industry) money – The Impact of science networks and industry-to-university contracts on academic patenting in nanotechnology and biotechnology. *Industry and Innovation*, 20, 241–260. <https://doi.org/10.1080/13662716.2013.791125>
- Bianchini S., Lissoni F., Pezzoni M., Zirulia L. (2016) The economics of research, consulting, and teaching quality: Theory and evidence from a technical university. *Economics of Innovation and New Technology*, 25, 668–691. <https://doi.org/10.1080/10438599.2015.1114340>
- Bikard M., Vakili K., Teodoridis F. (2019) When collaboration bridges institutions: The impact of university–industry collaboration on academic productivity. *Organization Science*, 30, 426–445. <https://doi.org/10.1287/orsc.2018.1235>
- Bruneel J., D’Este P., Salter A. (2010) Investigating The Factors that Diminish the Barriers to University–Industry Collaboration. *Research Policy*, 39(7), 858–868. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.03.006>
- D’Este P., Llopis O., Rentocchini F., Yegros A. (2019) The relationship between interdisciplinarity and distinct modes of university–industry interaction. *Research Policy*, 48, 103799. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.05.008>
- D’Este P., Patel P. (2007) University–industry linkages in the UK: What are the factors determining the variety of interactions with industry? *Research Policy*, (36)9, 1295–1313. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.05.002>
- Ding W., Choi E. (2011) Divergent paths to commercial science: A comparison of scientists’ founding and advising activities. *Research Policy*, 40, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.09.011>
- Freeman C. (2004) Technological infrastructure and international competitiveness. *Industrial and Corporate Change*, 13(3), 541–569. <https://doi.org/10.1093/icc/dth022>
- Fritsch M., Krabel S. (2012). Ready to leave the ivory tower?: Academic scientists’ appeal to work in the private sector. *The Journal of Technology Transfer*, 37, 271–296. <https://doi.org/10.1007/s10961-010-9174-7>
- Garcia R., Araújo V., Mascarini S., Santos E., Costa A. (2020) How long-term university industry collaboration shapes the academic productivity of research groups. *Innovation: Organization and Management*, 22(1), 56–70. <https://doi.org/10.1080/14479338.2019.1632711>

- Hottenrott H., Lawson C. (2017) Fishing for complementarities: Research grants and research productivity. *International Journal of Industrial Organization*, 51, 1–38. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2016.12.004>
- Hughes A., Kitson M. (2012) Pathways to impact and the strategic role of universities: New evidence on the breadth and depth of university knowledge exchange in the UK and the factors constraining its development. *Cambridge Journal of Economics*, 36(3), 723–750. <https://doi.org/10.1093/cje/bes017>
- Hughes A., Lawson C., Salter A., Kitson M., Bullock A., Hughes R.B. (2016) *The Changing State of Knowledge Exchange: UK Academic Interactions with External Organizations 2005–2015*, London: NCUB.
- Iorio R., Labory S., Rentocchini F. (2017) The importance of pro-social behaviour for the breadth and depth of knowledge transfer activities: An analysis of Italian academic scientists. *Research Policy*, 46(2), 497–509. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2016.12.003>
- Lee Y.S. (2000) The sustainability of university–industry research collaboration: An empirical assessment. *Journal of Technology Transfer*, 25(2), 111–133. <https://doi.org/10.1023/A:1007895322042>
- Libaers D. (2017) Time allocations across collaborations of academic scientists and their impact on efforts to commercialize novel technologies: Is more always better? *R&D Management*, 47, 180–197. <https://doi.org/10.1111/radm.12164>
- Lundvall B.A. (1997) *National Systems and National Styles of Innovation*. Paper presented to the Fourth International ASEAT Conference, Manchester, 2–4 September 1997.
- Meyer-Krahmer F., Schmoch U. (1998) Science-based technologies: University–industry interactions in four fields. *Research Policy*, 27(8), 835–851. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00094-8](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00094-8)
- Milesi D., Verre V., Petelski N. (2017) Science–industry R&D cooperation effects on firm’s appropriation strategy: The case of Argentine biopharma. *European Journal of Innovation Management*, 20(3), 372–391. <https://doi.org/10.1108/EJIM-07-2015-0058>
- Nelson R. (ed.) (1993) *National Innovation Systems: A Comparative Study*, Oxford: Oxford University Press.
- Perkmann M., Salandra R., Tartari V., McKelvey M., Hughes A. (2021) Academic engagement: A review of the literature 2011–2019. *Research Policy*, 50(1), 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104114>
- Perkmann M., Walsh K. (2009) The two faces of collaboration: Impacts of university–industry relations on public research. *Industrial and Corporate Change*, 18(6), 1033–1065. <https://doi.org/10.1093/icc/dtp015>
- Schartinger D., Rammer C., Fischer M.M., Frohlich J. (2002) Knowledge interactions between universities and industry in Austria: Sectoral patterns and determinants. *Research Policy*, 31(3), 303–328. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00111-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00111-1)
- Stake R. (1995) *Investigación con estudios de caso*, Madrid: Ediciones Morata (in Spanish).
- Van Looy B., Callaert J., Debackere K. (2006) Publication and patent behavior of academic researchers: Conflicting, reinforcing or merely co-existing? *Research Policy*, 35(4), 596–608. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.02.003>
- Verre V., Milesi D., Petelski N. (2021) Science–Industry Cooperation: What Are the Benefits for the Public Part? Evidence from Argentine Biopharmaceutical Sector. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 18(3), 1–22. <https://doi.org/10.1142/S0219877021500073>
- Yin R.K. (2009) *Case study research and applications: Design and methods*, Thousand Oaks, CA: Sage Publications.

Университет 3.0: портфельный подход к управлению технологическими исследованиями и разработками

Дмитрий Каталевский

Доцент, Институт бизнеса и делового администрирования^а;
директор, департамент индустриальных программ^б, d.katalevsky@skoltech.ru

Наталья Космодемьянская

Руководитель Департамента сопровождения проектов^б, n.kosmodemianskaya@skoltech.ru

Арутюн Арутюнян

Ведущий аналитик^б, a.arutyunyan@skoltech.ru

Клеман Фортин

Профессор, проректор по учебной работе^б, c.fortin@skoltech.ru

^а Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), 119571, Москва, пр-т Вернадского, 82

^б Сколковский институт науки и технологий, 121205, Москва, Большой бульвар, 30, к. 1

Аннотация

Растущая роль высшего образования в современном обществе, расширение границ науки и трансформация региональных экономик требуют изменения моделей финансирования университетов за счет интеграции некоторых механизмов корпоративного управления. На этом фоне особое значение приобретает способность университетов привлекать финансирование, в том числе из частных источников путем совмещения фундаментальных и прикладных исследований. В статье проанализированы пятилетний опыт Сколковского института науки и технологий (Сколтех) и его научно-исследовательский портфель с применением теории и практики реализации «матрицы

портфеля направлений исследований» (*research domain portfolio matrix*, RDPM). RDPM предполагает рассмотрение университета как совокупности технологических исследований и разработок (ИиР) по нескольким направлениям различной зрелости. Критическим для университетов становится нахождение оптимального баланса между фундаментальными и прикладными исследованиями при принятии решений о запуске новых или корректировке существующих проектов и программ. Предлагаемый подход позволит эффективно использовать ограниченные ресурсы, определять приоритеты, отслеживать риски и контролировать результаты в кратко- и долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: фундаментальные и прикладные исследования; портфель технологических ИиР; управление технологиями; промышленное финансирование; матрица портфеля направлений исследований

Цитирование: Katalevsky D., Kosmodemianskaya N., Arutyunyan A., Fortin C. (2022) University 3.0: A Portfolio Approach to the Technology R&D Management. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 15–30. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.15.30

University 3.0: A Portfolio Approach to the Technology R&D Management

Dmitry Katalevsky

Associate Professor, Institute of Business Studies ^a; Associate Professor, Director for Industrial Programs ^b, d.katalevsky@skoltech.ru

Natalia Kosmodemianskaya

Head of R&D Office ^b, n.kosmodemianskaya@skoltech.ru

Arutyun Arutynyan

Leading Analyst ^b, a.arutyunyan@skoltech.ru

Clement Fortin

Professor, Associate Provost – International Affairs, Dean of Education ^b, c.fortin@skoltech.ru

^a Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), 82 Vernadsky ave., Moscow 119571, Russian Federation

^b Skolkovo Institute of Science and Technology, 30 bld. 1, Bolshoi boulevard, Moscow 121205, Russian Federation

Abstract

Modern universities play increasingly important role in contemporary society, advancing frontiers of science and transforming regional economies. As funding models of modern universities change, they adopt some features of a business organization. While their ability to attract funding becomes vitally important for universities, especially from private sources (industry), a balance between fundamental and applied research becomes vital. The current research investigates five years of activities of the Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech) and particularly its research

portfolio. It is based on the theory and practice of the Research Domain Portfolio Matrix (RDPM) approach, which considers a university a portfolio of R&D technologies in diverse scientific areas and at various stages of technological maturity. It is of utmost importance for universities to find a balance between basic and applied research while making decisions on launching new projects/programs or modifying the existing projects/programs. The proposed RDPM approach helps to leverage limited resources, establish priorities, monitor risks, and influence outcomes in the short and long term.

Keywords: basic and applied research; R&D technology portfolio; technology management; industrial funding; research domain portfolio matrix

Citation: Katalevsky D., Kosmodemianskaya N., Arutynyan A., Fortin C. (2022) University 3.0: A Portfolio Approach to the Technology R&D Management. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 15–30. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.15.30

Меняющаяся роль университетов в обществе

Большинство университетов реализуют фундаментальные и прикладные исследования. Фундаментальные исследования определяются как экспериментальная или теоретическая деятельность, основная цель которой состоит в получении новых знаний о причинах различных явлений и заслуживающих внимания задач без определенных планов по практическому применению этих знаний (OECD, 2002; Bentley et al., 2015). Напротив, прикладные исследования направлены преимущественно на достижение конкретных практических целей или решение частных проблем.

Роль университетов как основных центров реализации исследований обсуждается на протяжении многих десятилетий. В конце 1990-х — начале 2000-х гг. возникла концепция «университетских исследований», ориентированных преимущественно на решение промышленных задач и практическое внедрение полученных результатов, а фундаментальные университетские исследования, не имеющие конкретного прикладного измерения (Парадигма производства знаний 1), перестали рассматриваться в качестве важнейшего источника знаний (Gibbons et al., 1994). Расширение практики прямого сотрудничества университетов с промышленностью (Парадигма производства знаний 2) (Gibbons et al., 1994) предполагает переход к общественному договору нового типа и более активное участие вузов в решении практических задач (Slaughter, Leslie, 1997). В рамках подхода «Парадигма 2» университеты лишаются монополии на производство знаний, уступая место другим игрокам, таким как научно-исследовательские институты, клиники, аналитические центры и т. д. (Tijssen, Winnink, 2016). Модель «тройной спирали» взаимодействия промышленности, государства и университетов как элементов национальной инновационной системы (Etzkowitz, Leydesdorff, 2000) отводит последним более важную роль в инновационном развитии и обеспечении экономического роста. Подобный взгляд отличается от прежних подходов (Lundvall, 1988; Nelson, 1993), согласно которым инновации создают в первую очередь промышленные предприятия. В динамическом взаимодействии трех звеньев спирали место университетов как основных генераторов знаний остается уникальным. Из трех возможных конфигураций тройной спирали (Тройная спираль I, подразумевающая доминирование государства; Тройная спираль II, основывающаяся на «невмешательстве» государства) наиболее эффективной для экономики знаний представляется третья — Тройная спираль III. Общая цель состоит в том, чтобы сформировать инновационную среду, включающую университетские спиноффы, трехсторонние инициативы экономического развития на базе знаний, стратегические альянсы (крупных и малых фирм, действующих в разных областях и на разных технологических уровнях), государственные лаборатории и академические научно-исследовательские группы. Правительства нередко поощряют такие механизмы (хотя и не контролируют их) с помощью новых правил игры, а также прямой и косвенной финансовой поддержки (Etzkowitz, Leydesdorff, 2000).

Выступая в качестве «машин инноваций» (Xu et al., 2018; Rücker Schaeffer et al., 2018), университеты по всему миру претерпевают трансформацию — переход от «чистого» обучения к сочетанию образовательной и научной деятельности с выраженным практико-ориентированным компонентом последней.

Выделяют три типа исследований (Crawley et al., 2020). Исследования 1-го типа — «движимые любопытством», которое побуждает ученых искать ответы на интересующие их вопросы на границе известного, имеющие либо не имеющие прямого отношения к существующим социальным или отраслевым проблемам. Исследования 2-го типа — «вдохновленные практическими перспективами», т. е. вызовами, стоящими перед промышленностью или обществом. Наконец, исследования 3-го типа направлены на поиск прикладных решений более масштабных проблем, стоящих перед промышленностью, предприятиями, правительством и обществом. Исследования, движимые любопытством и практическими перспективами, носят более фундаментальный характер, а прикладные обычно выполняются в интересах партнеров университетов — промышленности, государства.

Актуальные научно-технологические вызовы побуждают академические учреждения переключаться на практико-ориентированные исследования (их также называют «практическими исследованиями, финансируемыми промышленностью») (Tijssen, Winnink, 2016), соответствующие Тройной спирали III (Etzkowitz, Leydesdorff, 2000). В этих условиях перед академической наукой встает задача поиска оптимального баланса между фундаментальными и прикладными исследованиями.

В работе (Bentley et al., 2015) представлены результаты комплексного анализа деятельности ученых из 15 стран. На выборке из более чем 10 000 респондентов авторы проанализировали различия в ориентации на фундаментальные либо прикладные исследования и выявили значительные расхождения в этом плане между разными странами. Так, австралийские, американские и гонконгские ученые чаще специализировались на прикладных исследованиях, тогда как скандинавские (финские, норвежские) и нидерландские — на фундаментальных. Эти различия могут объясняться спецификой систем управления наукой: «...более сильная академическая бюрократия защищает фундаментальные исследования эффективнее, чем рыночные механизмы... хотя и не во всех странах» (Bentley et al., 2015, p. 704). Другим объяснением могут служить институциональные нормы, стимулирующие коммерциализацию исследований, традиционно более слабые, например, в латиноамериканских университетах. Вместе с тем любые такие интерпретации остаются неполными и «требуют осторожного отношения в силу неполноты данных».

Особняком стоят Китай и Малайзия, научно-исследовательские традиции в которых активно трансформируются. До 1980-х гг., пока государство не начало поощрять фундаментальные исследования, китайские университеты были преимущественно ориентированы на обучение студентов. Китайские ученые традицион-

но демонстрируют высокий энтузиазм в отношении прикладных исследований в силу особенностей профессиональной этики, обязывающей их вносить свой вклад в решение общественных проблем (Mohrman, Baker, 2008). В целом, хотя участие в фундаментальных и прикладных исследованиях характеризуется ярко выраженной страновой спецификой (Bentley et al., 2015), большинство ученых занимаются обоими видами исследований. Вместе с тем специализирующиеся на фундаментальных разработках исследователи, как правило, привлекают меньше внешнего финансирования. Очевидно, баланс фундаментальных и прикладных исследований обусловлен также дисциплинарной спецификой.

Миссия университетов все чаще выходит за рамки простого обучения студентов и выполнения научных исследований, приобретая значимость для экономического развития общества в целом (Grover, 2019; Crawley et al., 2020) и способствуя активизации их предпринимательской деятельности (Schubert, Kroll, 2016). Государства начинают рассматривать университеты в более широком контексте — как ключевых игроков в современной экономике, которые способствуют социальному прогрессу и общему благу, стимулируют социальную мобильность, готовят талантливых выпускников, совершают научные открытия и предлагают новые решения. Стоит задача углубить связь университетов с обществом, с тем чтобы они уделяли социальным потребностям больше внимания, принимали более активное участие и вносили больший вклад в поиск соответствующих решений. Ожидается, что активное взаимодействие университетов с пользователями знаний приведет к совершенствованию продуктов, услуг и систем, а также появлению стабильных и высокооплачиваемых рабочих мест (Crawley et al., 2020).

Ведущие университеты оказывают колоссальное влияние на экономику. В работе (Goldstein, Renault, 2004) представлена методология оценки их вклада в региональное развитие — от реализации научных исследований и разработок (ИиР) и трансфера знаний до создания рабочих мест (стартапы и спиноффы). Однако количественная оценка этого вклада остается сложной задачей, отчасти разрешимой с помощью расчета основных затрат (прямые расходы самого университета и его сотрудников) и эффектов коммерциализации (созданные стартапы, стоимость технологий, переданных промышленности через прямые контракты и/или лицензирование). Так, анализ воздействия предпринимательской и инновационной активности Массачусетского технологического института (MIT) на экономику США показал, что за период 1950–2014 гг. выпускники института основали более 30 тыс. компаний, в которых занято около 4.6 млн чел., а ежегодная прибыль составляет примерно 1.9 трлн долл., что эквивалентно ВВП 10-й по величине экономике мира в 2015 г. (Roberts et al., 2019).

Таким образом, ведущие университеты в значительной степени формируют экономику своего города или региона благодаря спиноффам, привлечению студентов и высокообразованных специалистов, а также в каче-

стве прямых работодателей (EIU, 2020). Их долгосрочный вклад в экономическое развитие принципиально зависит от интенсивности обмена знаниями с партнерами, в том числе из промышленного и государственного секторов (Crawley et al., 2020).

Финансирование университетов: смена парадигмы

Изменение роли и миссии университетов, переход от обучения и выполнения научных исследований к более активному участию в развитии общества влекут за собой неизбежную смену модели финансирования. Хотя бюджетные средства остаются базовым ресурсом для университетских исследований, в ряде недавних публикаций отмечается, что государственное финансирование университетов сокращается, а промышленное, наряду с другими формами государственно-частного партнерства, — растет. По данным Совета по международным отношениям США (US Council on Foreign Relations), несмотря на значимость ИиР для сферы инноваций, соответствующие федеральные расходы в процентах к ВВП снизились с 1.2% в 1985 г. до 0.66% — в 2016 г. (Manyika et al., 2019). В 2015 г. расходы частного сектора на ИиР впервые в истории США превысили государственные (Mervis, 2017). В России в 2015–2019 гг. государственные расходы на ИиР росли скромными темпами, достигнув 1.134 трлн руб. в абсолютном выражении, а в процентном к ВВП — не превышали 1.11% за последние десять лет, а в 2018 и 2019 гг. даже немного снизились — до 0.98 и 1.03% соответственно. В отличие от США и стран Западной Европы с преобладанием частного капитала, в России доля государства оценивается в 60–70%. Постоянное ужесточение условий финансирования заставляет университеты искать различные форматы международного сотрудничества, чтобы повысить рентабельность и привлечь дополнительные внебюджетные средства.

В зависимости от источника средств выделяют внутреннюю (базовое бюджетное финансирование) и внешнюю (государственное или частное финансирование в дополнение к регулярным ассигнованиям — проектное или грантовое) модели финансирования (Irvine et al., 1990). Базовое финансирование обеспечивает стабильность университетской системы, ее базовой инфраструктуры и зарплат научно-педагогических работников, тогда как зависимость от внешнего финансирования делает ее более волатильной. Вместе с тем университеты, получающие финансирование извне, оказываются гибче при реализации новых инициатив в сравнении с университетами базового бюджетного финансирования (Geuna, Martin, 2003).

Преимущества смешанной модели финансирования университетов пока не получили подтверждения. Так, сравнение семи европейских стран (Дании, Финляндии, Германии, Нидерландов, Норвегии, Швеции и Великобритании) и Австралии при оценке влияния моделей финансирования и финансовых стимулов на эффективность университетских систем не обнаружило прямой связи между такими стимулами и ростом

публикационной активности (Auranen, Nieminen, 2010). Напротив, в исследовании (Gulbrandsen, Smeby 2005) отмечается зависимость результативности научных исследований от промышленного финансирования. На основании опроса штатных преподавателей в Норвегии авторы установили, что те из респондентов, кто получает средства от компаний промышленного сектора, активнее вовлечены в прикладные проекты, сотрудничают с другими научными организациями и международными партнерами («режим тесного научного сотрудничества»), публикуются и демонстрируют большую предприимчивость в части оказания консультационных услуг, запуска спиноффов, регистрации патентов и т. д. (Gulbrandsen, Smeby, 2005).

Расходы многих колледжей и университетов по всему миру в какой-то момент превзошли объемы доступного финансирования, поставив администрации перед необходимостью поиска дополнительных источников (Drucker, 1997; Selingo, 2013; Lyken-Segosebe, Shepherd, 2013), например, через разработку рыночно ориентированных образовательных программ (Seers, 2007; Altbach, Knight, 2007; McDonald, 2007; Hemsley-Brown, Oplatka, 2010). Подобные программы стимулируют научные исследования в различных областях и внедрение передового корпоративного опыта в обучение студентов, их адаптацию к новым вызовам и возможностям. Рыночно ориентированные образовательные программы, разработанные для удовлетворения спроса на специальные знания и навыки работников, могут не только иметь социальные эффекты, но и помочь в решении финансовых проблем колледжей и университетов, готовых эффективно реагировать на соответствующие сигналы рынка.

Сбалансированный портфель научно-исследовательских проектов — ключ к привлечению финансирования университетами

Привлечение и распределение финансирования между различными направлениями исследований остаются острым вопросом для университетов в силу ограниченности ресурсов. Среди множества работ на эту тему (Kotler, Fox, 1985; Dolence, Norris, 1994; Wells, Wells, 2011) некоторые посвящены оценке академических образовательных программ с помощью бизнес-инструментария — моделей продуктового портфеля (*product portfolio models*). Вероятно, наиболее авторитетными моделями такого рода остаются модель General Electric МакКинси (GE McKinsey) и матрица «рост/доля рынка», разработанная Boston Consulting Group (BCG). Успешно используемые в качестве инструментов стратегического анализа, в академическом контексте эти модели не получили широкого распространения. Одним из исключений выступает исследование (Wells, Wells, 2011), в котором предложена модель портфеля академических программ (Academic Program Portfolio model, APPM), по сути — адаптированная модель стратегической портфельной матрицы GE / McKinsey, широко применяемой консультантами по организации производства

(Yip, 1981). К преимуществам APPM можно отнести использование всего двух измерений — привлекательности образовательных программ и конкурентоспособности учебного заведения, — которые легко понять и измерить, а значит, и интегрировать в систему стратегического анализа и планирования университета. Тем самым формирование портфеля университетских продуктов на базе APPM может оказаться весьма плодотворным.

В недавнем исследовании (Burgher, Hamers, 2020) предложена количественная модель, которая может быть адаптирована для поддержки принятия решений при формировании и оптимизации вузовского портфеля образовательных программ. Она была апробирована на данных о деятельности ведущего частного университета США (название не раскрывается), а именно портфеля из шести магистерских программ, реализованных в 2011–2015 гг. с участием около 800 студентов. Модель предусматривает пятилетний горизонт планирования и нацелена на максимизацию совокупного дохода в течение этого периода. По итогам использования модели было предложено скорректировать три программы, одну отменить и добавлять ежегодно по три новые программы в течение следующих трех лет цикла планирования. Такой портфельный подход эффективен с точки зрения повышения финансовой отдачи академических продуктов (в частности, рыночно ориентированных образовательных программ). Его ценность состоит в дополнении качественных параметров количественными при принятии административных решений в университете в целях укрепления его потенциала и улучшения результатов деятельности.

В исследовании (Arman, 2019) на базе матрицы оценки портфеля (Portfolio Evaluation Matrix, PEM) представлен анализ конкретной ситуации — распределения ограниченного объема ресурсов между стратегическими научно-исследовательскими инициативами Кувейтского института научных исследований (Kuwait Institute of Scientific Research, KISR). Матрица оценки портфеля представляет собой диаграмму «двумерной матрицы на основе двух критериев: потенциального эффекта того или иного решения на протяжении следующих пяти лет и способности персонала программы выполнить обещанное» (Arman, 2019, р. 154). По осям диаграммы, градуированным от 1 до 10, обозначена внутренняя оценка каждого проекта персоналом KISR. Размеры кругов отражают ожидаемую прибыль от проектов ИиР. Применение этого инструмента помогло научному центру KISR сфокусировать портфель ИиР на долгосрочных целях. Однако, по сути, эта модель предназначена для перспективного планирования на основе субъективной оценки результатов ИиР.

Идея рассматривать университет через призму *портфельной теории* представляется весьма плодотворной. Как отмечают авторы работы (Crawley et al., 2020), «исследовательским группам и университетам целесообразно иметь сбалансированный портфель, который позволит создавать знания для достижения краткого-, средне- и долгосрочного экономического разви-

тия». Это существенный аспект анализа деятельности университета с точки зрения портфеля ИиР.

За последние 30 лет практика портфельного управления ИиР широко распространилась среди ведущих технологических компаний. Портфельное управление приобрело критическое значение, объединив ряд ключевых направлений принятия решений, каждое из которых сопряжено с проблемами: выбор и приоритизация проектов, распределение ресурсов между ними и реализация стратегии (Cooper et al., 1998).

Наша гипотеза состоит в том, что *университет имеет смысл рассматривать с точки зрения портфеля проектов ИиР различной степени зрелости и стадии реализации*. Руководство университета должно принимать решения по распределению ограниченных финансовых ресурсов между несколькими программами ИиР в разных технологических областях и разного уровня зрелости.

Современная теория инвестиционного портфеля сформулирована известным американским экономистом Гарри Марковицем (Harry Markovitz), удостоенным Нобелевской премии за вклад в экономическую науку в 1990 г. Наиболее ценной его разработкой стала концепция диверсификации портфеля, которая позволяет снизить общий риск портфельных инвестиций за счет комбинирования не связанных друг с другом активов (Mangram, 2013).

Предлагаемый нами подход состоит в применении описанного принципа к управлению научными исследованиями университета, которые можно рассматривать как портфель технологических ИиР в различных областях, находящихся на разных стадиях зрелости. Таким образом, цель настоящей статьи — *разработать простую и эффективную методологию оценки портфеля ИиР современного технологического университета для снижения сопутствующих рисков и максимизации отдачи*.

Достичь этой цели позволит следующий набор мер:

- оценка сбалансированности фундаментальных и прикладных исследований в портфеле ИиР разной технологической зрелости в различных научных областях;
- оценка результатов, полученных в каждой области исследований (приоритетные направления (*Target Domain*)), путем выявления лидеров, «среднячков» и отстающих;
- постоянный мониторинг прогресса в каждой области исследований с точки зрения научных результатов (публикаций) и создания стоимости (привлеченного внешнего финансирования).

Мы утверждаем, что успех современного университета во многом зависит от следующих факторов:

- 1) диверсификации портфеля технологических ИиР за счет как *фундаментальных*, так и *прикладных* исследований;
- 2) диверсификации портфеля технологических ИиР путем включения в него различных *не связанных друг с другом научных направлений*;

- 3) формирования сбалансированного портфеля технологических ИиР, включающего проекты и компетенции различной рыночной зрелости (оцениваемой, к примеру, с помощью «кривой технологического ажиотажа Гартнера» (*Gartner technology hype curve*)¹;
- 4) обеспечения сбалансированности проектов ИиР с точки зрения сроков их реализации (кратко- и долгосрочности);
- 5) регулярного, минимум один раз в 2–3 года, выполнения аудита своего технологического портфеля для его переоценки и оптимизации;
- 6) координации своего научно-исследовательского портфеля с образовательными программами для максимизации их общественной полезности.

Сколтех: краткая характеристика

Выдвинутая гипотеза была проверена на примере пятилетней деятельности Сколковского института науки и технологий (Сколтеха), основанного в 2011 г. Правительством РФ в партнерстве с МИТ в целях создания одного из ведущих международных научно-технологических центров. В задачи Сколтеха входят проведение передовых фундаментальных и прикладных исследований по приоритетным направлениям, стимулирование инновационной и предпринимательской деятельности и подготовка специалистов в области науки, технологий и бизнеса. В 2019 г. Сколтех вошел в первую сотню глобального рейтинга молодых университетов Nature Index Young Universities².

Совокупный портфель грантов и контрактов Сколтеха за 2016–2020 гг. превысил 5.720 млрд руб. (77.4 млн долл.), что по итогам 2020 г. составляло примерно 13 млн руб. (0.17 млн долл.) на каждого преподавателя. С 2011 по 2021 г. преподаватели, студенты и выпускники Сколтеха основали более 116 стартапов. Вопрос о влиянии Сколтеха на экономическое развитие региона остается открытым. По оценке самого института, в 2020 г. этот вклад составил 15–18 млрд руб., что более чем втрое превышает ежегодные объемы государственного финансирования вуза.

Научная деятельность Сколтеха глубоко вписана в его образовательную программу и инновационные инициативы в рамках ключевых Приоритетных направлений развития. К таким Приоритетным направлениям, способствующим реализации миссии института через долгосрочные программы академического и технологического превосходства в приоритетных областях научно-технологического развития, относятся:

- наука о данных и искусственный интеллект (ИИ);
- науки о жизни и здравоохранение;
- передовые инженерные технологии и новые материалы;
- энергоэффективность;
- фотоника и квантовые технологии;
- нефть и газ;

¹ <https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>, дата обращения 19.05.2022.

² <https://www.natureindex.com/supplements/nature-index-2019-young-universities>, дата обращения 19.05.2022.

- перспективные исследования (теоретическая математика и физика).

Приоритетные направления выступают инструментом достижения академического и технологического превосходства. Их программы регулярно проходят международную экспертизу для оценки полученных результатов, соответствия стратегическим целям университета и подготовки рекомендаций по их корректировке. Каждое направление сочетает фундаментальные и прикладные ИиР с преобладанием последних (исключение составляют «Перспективные исследования», сохраняющие исключительно фундаментальный характер).

По нашим оценкам, на Исследования 1-го типа — «движимые любопытством» — приходится 50–55% общего финансирования из внутренних и внешних источников, в то время как Исследования 2-го типа, «вдохновленные практическими перспективами», составляют лишь 12–15%. Остальные ресурсы (30–40%) расходуются на Исследования 3-го типа, «направленные на поиск прикладных решений».

Рассматривая университет как портфель Приоритетных направлений, можно гибко корректировать исследовательские приоритеты, выполнять передовые ИиР и двигаться в направлении новых, зарождающихся научных областей.

Методология

Рассмотрим распределение научных результатов (публикаций) и внешнего финансирования по Приоритетным направлениям научно-исследовательской деятельности Сколтеха. Публикации и привлеченное финансирование можно разделить на фундаментальные и прикладные. В некоторых случаях сделать это довольно сложно, поэтому для простоты определим прикладные исследования как либо (1) *финансируемые промышленными компаниями*, либо (2) *те, результаты которых, с большой вероятностью, будут коммерциализированы в течение двух–трех лет*. Исследование, не соответствующее ни одному из этих критериев, считается фундаментальным.

Возможны исключения из этого правила, например, когда компании рассматривают научные исследования в долгосрочной перспективе и готовы финансировать даже фундаментальные разработки в областях, которые считают наиболее перспективными и приоритетными (квантовые технологии, новые математические методы и т. п.). Из более 850 проанализированных нами проектов лишь менее десяти реализуемых совместно с партнерами из промышленного сектора можно отнести к категории фундаментальных исследований (с результатами, потенциально пригодными для внедрения в горизонте более 5 лет).

Под научными публикациями понимаются статьи преподавателей и сотрудников Сколтеха, проиндексированные в Web of Science (WoS) и Scopus и опубликованные в журналах с высоким импакт-фактором (преимущественно Q1 и Q2). Индикатор «Научные пуб-

ликации» отражает уровень передовых фундаментальных и прикладных исследований.

К индикатору «Внешнее привлеченное финансирование» отнесены средства на финансирование ИиР, привлеченные из различных внешних источников: бюджетные, внебюджетные, полученные от промышленных предприятий, за предоставление услуг дополнительного профессионального образования, консультационных услуг и лицензирование технологий, центры коллективного пользования. Индикатор «Внешнее привлеченное финансирование» включает финансирование фундаментальных и прикладных исследований. В первом случае речь идет о поддержке фундаментальных ИиР, «движимых любопытством» и «вдохновленных практически перспективами», либо из внутренних источников Сколтеха, либо национальными и международными финансирующими организациями и фондами (например, Российским научным фондом (РНФ)). Во втором случае финансирование осуществляют отечественные и международные промышленные игроки (крупные корпорации либо средние хайтек-компании) в интересах практико-ориентированных отраслевых исследований, а также исследовательские и инновационные агентства (например, Фонд содействия малым инновационным предприятиям, Российская национальная технологическая инициатива, Министерство науки и высшего образования, Министерство промышленности и торговли — через специально разработанные механизмы поддержки прикладных ИиР).

Проанализированные проекты носят как краткосрочный (год–два), так и крупномасштабный долгосрочный (три–четыре года) характер, включая совместные с компаниями промышленного сектора лаборатории по реализации многолетних исследовательских программ.

В ходе работы с данными по Приоритетным направлениям Сколтеха за 2016–2020 гг. применялись количественные и качественные методы, а также сравнительный анализ. Рассматриваемый массив данных является репрезентативным.

Данные о публикациях и привлечении внешнего финансирования за 2016–2020 гг. были сгруппированы по годам по каждому Приоритетному направлению. Для повышения точности каждое направление было проанализировано отдельно для фундаментальных и прикладных исследований.

Для качественной оценки динамики и результатов по каждому Приоритетному направлению были проанализированы и структурированы следующие данные:

1. Свыше 2500 статей, проиндексированных в WoS и Scopus в 2016–2020 гг. и процитированных более 32 000 раз. Значительная доля этих статей написана совместно с партнерами из международных и российских университетов и научных центров, включая Французский национальный центр научных исследований (Centre national de la recherche scientifique, CNRS) — 163 статьи), MIT — 140 статей), Университет Аалто (Aalto University, Финляндия) — 88 статей, Гарвардский универ-

Рис. 1. Публикации Сколтеха в 2016–2020 гг. по Приоритетным направлениям



Рис. 2. Привлеченное финансирование прикладных исследований Сколтеха (2016–2020 гг.) по Приоритетным направлениям (млн долл.)



ситет (Harvard University) — 66 статей, Японский институт физико-химических исследований RIKEN — 55 статей), Китайская академия наук (53 статьи), Сианьский Северо-западный политехнический университет (Xian Northwestern Polytechnical University, NWPUP) — 50 статей, и Университет Стоуни-Брук (Stony Brook University, США) — 46 статей.

2. Свыше 850 проектов с совокупным бюджетом 5.7 млрд руб. (77.4 млн долл.) за 2016–2020 гг., в том числе поддержанных национальными и международными научными фондами и организациями (РФФИ, РФФ, Horizon 2020), агентствами по научным исследованиям и инновациям (Министерство науки и высшего образования РФ, государственные программы РФ, в частности, в рамках Национальной технологической инициативы и поддержки цифровой экономики) и ведущими отечественными и международными компаниями (Сбербанк, Huawei, Газпромнефть, Philips, Лукойл, Bayer, Alibaba и др.).

Примененный подход выступает примером синтеза количественных и качественных моделей, которые могут быть использованы для принятия решений о портфеле проектов, направленных на достижение запланированных финансовых и нефинансовых целей университета.

Результаты

Итоги четырех лет развития Сколтеха (2016–2020) были сопоставлены с результатами Приоритетных направлений его деятельности, выраженными в (1) публикациях в ведущих научных журналах (Q1–Q2) и в (2) привлечении внешнего финансирования — грантового и из промышленных источников.

Далее эти результаты были структурированы по основным направлениям специализации Сколтеха: наука о данных и ИИ, науки о жизни и здравоохранение, передовые инженерные технологии и новые материалы, энергоэффективность, фотоника и квантовые технологии, нефть и газ и перспективные исследования. Сопоставление результатов с инвестициями в эти области дает четкое представление о структуре портфеля университета (рис. 1) и позволяет разработать оптимальную стратегию дальнейшего развития.

Основной массив публикаций ученых из Сколтеха приходится на направления «Наука о данных и ИИ», «Энергоэффективность» и «Науки о жизни». Наименьшее число публикаций (36) относятся к созданному сравнительно недавно, в 2017 г., направлению «Перспективные исследования». С учетом относительной молодости Сколтеха стабильный рост числа публикаций свидетельствует о положительной динамике исследовательской активности сотрудников.

Прикладные исследования составляют важную часть деятельности Сколтеха. Рис. 2 отражает существенный рост объема финансирования, привлеченного на такие исследования в 2016–2020 гг. Наиболее промышленно ориентированными направлениями вуза остаются «Наука о данных и ИИ» и «Нефть и газ». «Перспективные исследования» в силу их фундаментального характера вообще не привлекли индустриального финансирования. Минимальное привлечение внешнего финансирования ресурсов продемонстрировали «Науки о жизни», а также «Фотоника и квантовые материалы», наиболее удачным для которых стал 2019 г. В целом диаграмма демонстрирует неуклонный рост привлеченного финансирования прикладных исследований из года в год практически по всем направлениям.

Рис. 3. Привлеченное финансирование фундаментальных исследований Сколтеха (2016–2020 гг.) по приоритетным направлениям (млн долл.)



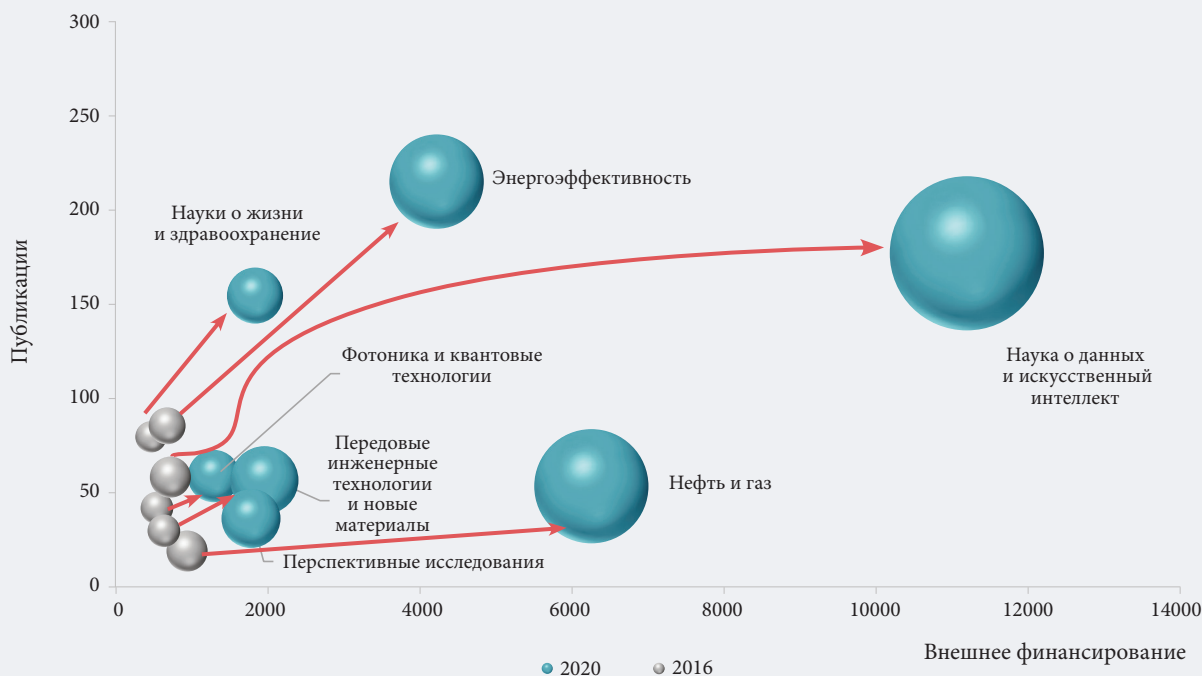
Источник: составлено авторами на основе ежегодных отчетов Сколтеха.

Диаграмма, приведенная на рис. 3, показывает сходную динамику применительно к фундаментальным исследованиям. В 2020 г. больше всего грантов привлекли «Наука о данных и ИИ» и «Энергоэффективность». «Перспективные исследования» ориентированы исключительно на грантовое финансирование, а «Нефть и газ» и «Передовые инженерные технологии и новые материалы» носят выражено прикладной характер.

С точки зрения числа публикаций и объема привлеченного внешнего финансирования наиболее сбалансированным направлением является «Наука о данных и ИИ», которая показывает хорошие результаты в обеих областях (рис. 4–5). Наиболее промышленно ориентированным остается «Нефть и газ», при этом показывая незначительное количество публикаций. Обратное соотношение демонстрирует «Энергоэффективность». Объемы внешнего финансирования направлений «Наука о данных и ИИ» и «Нефть и газ» в 2016–2020 гг. резко возросли.

С 2016 по 2020 гг. «Наука о данных и ИИ» и «Нефть и газ» стали гораздо более промышленно-ориентированными. На рис. 5 представлены изменения, произошедшие в 2019–2020 гг. Оба используемых индикатора с очевидностью улучшились в случае

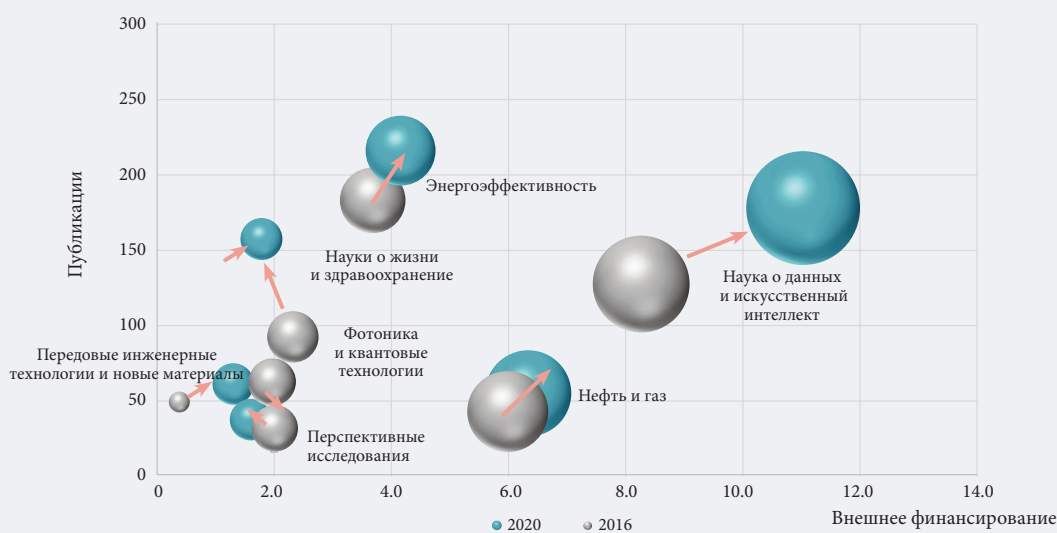
Рис. 4. Динамика публикационной активности и совокупного внешнего финансирования научных исследований в Сколтехе в 2016 -2020 гг. (млн долл.)



Примечание. Результативность научных исследований оценивается на основе данных о публикационной активности в журналах Q1–Q2 (число таких публикаций отмечено по оси Y); размер внешнего финансирования рассчитывается как объем средств, привлеченных на фундаментальные и прикладные исследования (ось X, млн долл.).

Источник: составлено авторами на основе ежегодных отчетов Сколтеха.

Рис. 5. Динамика публикационной активности и привлечения внешнего финансирования Сколтеха в 2016–2020 гг. (млн долл.)



Примечание. Результативность научных исследований оценивается на основе данных о публикационной активности в журналах Q1–Q2 (число таких публикаций отмечено по оси Y); привлечение внешнего финансирования рассчитывается как объем привлеченных средств (ось X, млн долл.); размеры шаров отражают совокупный объем внешнего финансирования; стрелки показывают вектор движения в 2019–2020 гг.).

Источник: составлено авторами на основе ежегодных отчетов Сколтеха.

«Энергоэффективности», повысив сбалансированность этого направления. Если по «Нефти и газу» число публикаций выросло, то в направлениях «Науки о жизни» и «Фотоника и квантовые материалы» несколько снизилось, однако, увеличился объем привлеченного финансирования. «Наука о данных и ИИ» и «Инженерные технологии и новые материалы» с поправкой на масштаб демонстрируют сходную динамику.

Обсуждение

В одном из первых исследований моделей академического портфеля (*Academic Portfolio Model*, АРМ) (Kotler, Fox, 1985) авторы предложили применить ее к стратегическому анализу академических программ университета на базе трех критериев оценки: (1) значение программы для миссии университета; (2) ее академическое качество (глубина, строгость и уровень преподавания); (3) рыночный спрос на программу.

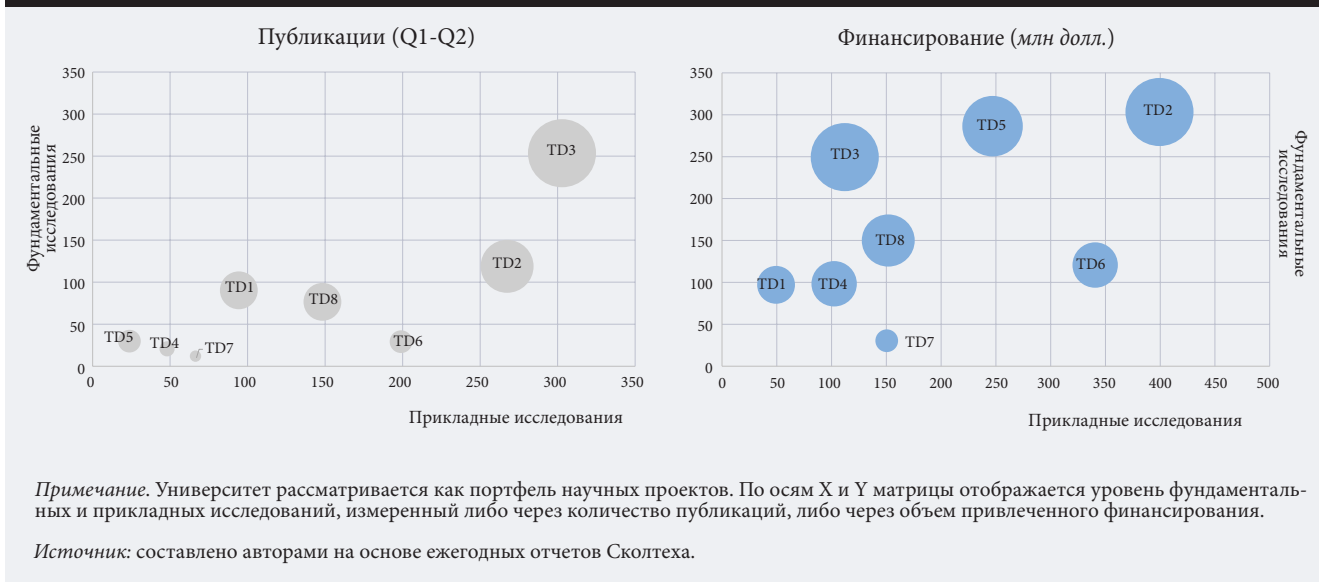
Исследователи (Wells, Wells, 2011) предложили использовать портфельный подход к академическим программам университета (*Academic Program Portfolio Model*, АРРМ). Суть подхода АРРМ состоит в оценке университетских академических программ с помощью параметров рыночной (отраслевой) привлекательности и потенциала программы вуза (аналога конкурентоспособности). Данный инструмент представляет собой адаптированную версию матрицы продуктового портфеля GE / McKinsey. Отраслевая привлекательность программы и потенциал университета по ее реализации представляют собой критерии, которые измеряются по пятибалльной шкале и сводятся в портфельную матри-

цу. Анализ можно выполнять как на межфакультетском уровне (сравнение профессорско-преподавательского состава вуза или его научных направлений), так и между программами конкретного факультета (например, анализ учебных программ медицинского факультета). АРРМ позволяет оценить стратегическую направленность конкретных академических программ по отношению как друг к другу, так и ко всему вузу. Руководители оценивают несколько учебных программ одновременно в терминах их стратегической направленности, распределения ресурсов, финансовой отдачи и важности для университета (Wells, Wells, 2011).

В отличие от такого, преимущественно качественного, подхода, количественные методы позволяют получать фактические данные для принятия решений о разработке и продвижении академических программ. В работе (Labib et al., 2014) предложены структура для разработки стратегии университета на основе методологии операционных исследований (*operational research*), а также количественный инструментальный поддержки принятия решений, направленный на оптимизацию рыночно ориентированных портфелей академических программ (Burgher, Hamers, 2020).

Предложенный нами и представленный в работе (Burgher, Hamers, 2020) подходы ориентированы на оптимизацию финансовых и нефинансовых аспектов университетских портфелей технологических ИиР и рыночно ориентированных учебных программ. В основе обоих подходов лежит идея поддержания баланса между указанными аспектами для достижения стратегических целей университетов, обеспечения финансовой стабильности и удовлетворения рыночного спроса на их услуги.

Рис. 6. Подход на основе матрицы портфеля исследовательских направлений (RDPM), классифицирующий приоритетные направления исследований гипотетического университета на фундаментальные или прикладные

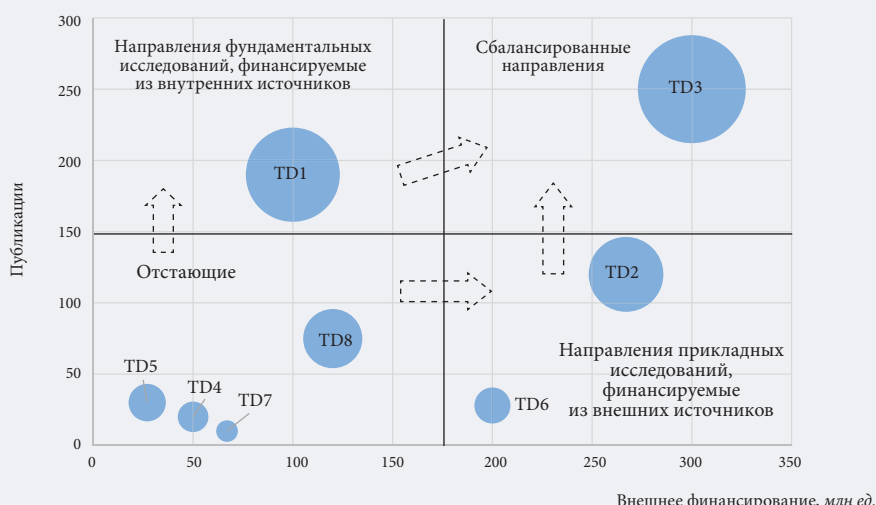


В исследовании (Burgher, Hamers, 2020) представлены методы количественной параметризации качественных характеристик рыночно ориентированных учебных программ на базе модели стратегического планирования в секторе высшего образования через оптимизацию академических портфелей. Результатами применения модели служат график реализации и план оптимизации таких программ и портфелей. Предлагаемый нами подход — матрица портфеля исследовательских направлений (*Research Domain Portfolio Matrix, RDPM*) отличается от инструментов, предложенных в работах (Wells, Wells, 2011; Burgher, Hamers, 2020) и подобных по нескольким параметрам.

1. Применение как качественных, так и количественных методов, из которых последние позволяют верифицировать факты и оценивать стратегию университета на основе результатов освоения выделенных финансовых ресурсов. Данный аспект имеет значение, поскольку тенденция перехода к рыночно-ориентированным академическим программам усиливается ввиду финансовых ограничений, с которыми сталкивается академическое сообщество.

2. Акцент на поиске оптимального баланса между фундаментальными и прикладными исследованиями, поскольку оба эти направления важны и ни одним из них не следует пренебрегать.

Рис. 7. Матрица портфеля исследовательских направлений: лидеры и отстающие



Примечание. Пунктирные стрелки показывают желательную траекторию развития Приоритетных направлений исследований (Target Domains, TD).

Источник: составлено авторами на основе ежегодных отчетов Сколтеха.

3. Выраженный фокус на отслеживании динамики научных достижений во времени (рис. 4–5), а не на статичных измерениях, характерных для матриц продуктовых портфелей (как, например, подход APPM, предложенный в работе (Wells, Wells, 2011)).

В рамках подхода RDPM приоритетные направления университетских исследований структурируются в зависимости от их фундаментального или прикладного характера, а сам университет рассматривается как портфель научных проектов. По осям X и Y матрицы отображается уровень фундаментальных и прикладных исследований, измеренный через число публикаций либо объем привлеченного финансирования соответственно (на рис. 6–7 для иллюстрации представлен гипотетический портфель университетских исследований). Подход был применен для классификации более 850 проектов, реализованных Сколтехом в 2016–2020 гг.

По аналогии с балансовым отчетом предприятия, который дает представление о текущем составе корпоративного портфеля, подход RDPM помогает получить целостное представление о состоянии университетских исследований. Он позволяет наглядно визуализировать ведущих участников исследований в различных областях для измерения, с одной стороны, научной видимости и влияния университета, а с другой — его полезности для промышленности и жизни общества. Кроме того, применение RDPM в динамике (временной охват в несколько лет) позволяет отслеживать прогресс по целевым направлениям, обеспечивая большую надежность оценок (1) научной «окупаемости» инвестиций (в виде качественных публикаций в журналах Q1–Q2) и (2) финансовой отдачи (финансирование за счет государственных грантов либо средств промышленного заказчика). Руководство университета может «наградить лидеров» и «наказать отстающих», например, направив излишки финансирования в исследования с наибольшей научной или производственной отдачей в кратко/среднесрочной перспективе (см. рис. 7). Таким образом, RDPM служит простым и эффективным инструментом балансировки научного портфеля путем определения и корректировки приоритетов текущих и будущих университетских исследований, особенно чувствительных для руководства вуза в условиях ограниченных ресурсов.

Хотя Сколтех в целом обеспечивает хороший баланс фундаментальных и прикладных исследований, сами такого рода оценки находятся в компетенции руководства университета, придерживающегося принципа управления на основе коллегиальных решений. Вопросы стратегии находятся в компетенции Попечительского совета, который регулярно (раз в полгода) оценивает результаты деятельности Сколтеха, рассматривая новые стратегические инициативы и утверждая изменения в общей стратегии. Приоритетные направления исследований в свою очередь находятся в ведении соответствующих центров, а непосредственно тематики исследований в значительной мере определяются профессорами. Не реже трех раз в год программы центров пересма-

триваются, в том числе с помощью Международного консультативного комитета, определяющего международную научную повестку Сколтеха. По большинству Приоритетных направлений также действуют отраслевые советы с участием представителей руководства ведущих российских и международных компаний. Отраслевые советы совместно с Департаментом промышленных программ при вице-президенте по сотрудничеству с промышленностью помогают задавать направления прикладных технологических исследований.

В момент создания Сколтеха в 2011 г. Попечительский совет поставил достаточно амбициозную задачу довести долю внешнего финансирования ресурсов (т. е. средств компаний или грантов/субсидий отечественных и международных финансирующих организаций) в консолидированном бюджете университета как минимум до 30%. Этот индикатор был отнесен к ключевым показателям эффективности (КПЭ) Сколтеха, и в 2020 г. доля внешнего финансирования достигла 29.6%³. Эффективное распределение ресурсов между Приоритетными направлениями в первые годы работы (2013–2016), в частности, по таким прикладным направлениям, как «Нефть и газ» и «Наука о данных и ИИ», помогло привлечь промышленное финансирование и вывести на рынок передовые технологии. Вложения Сколтеха в заделы таких направлений, как «Науки о жизни и здравоохранение», «Передовые инженерные технологии и новые материалы», «Энергоэффективность», «Фотоника и квантовые технологии», позволили быстро занять лидирующее положение в отечественной науке.

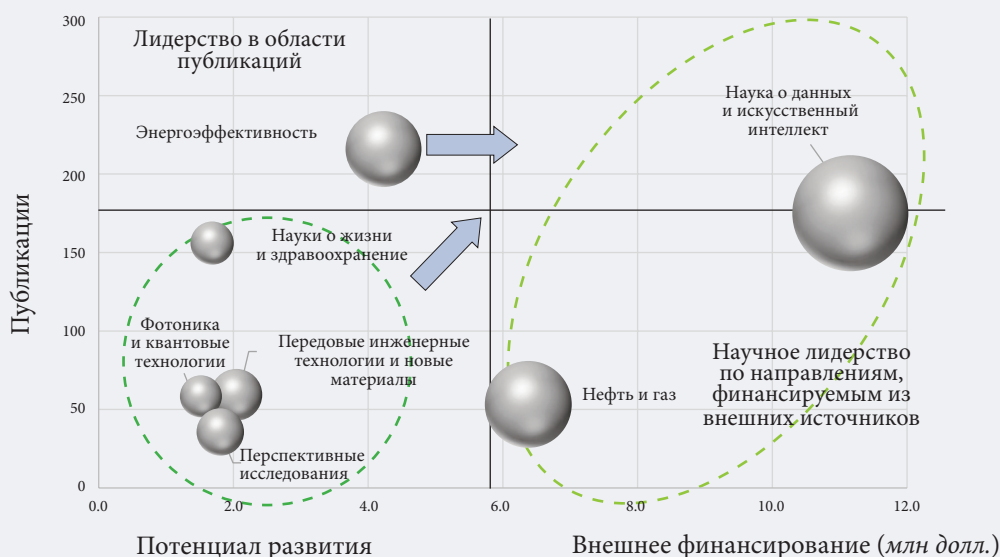
К успешным примерам фундаментальных исследований Сколтеха можно отнести новые методы геномной инженерии, телекоммуникационные технологии нового поколения (6G), перспективные катодные материалы с высокой плотностью энергии, исследования в области фотоники, новые математические методы и т. д. Недавно были реализованы такие прикладные научные проекты, как разработка телекоммуникационного программного обеспечения (ПО) 5G Open RAN, использование технологий ИИ для решения различных промышленных и медицинских задач, технология производства легких перфорированных сот из алюминиевой фольги, новые технологии разведки и добычи трудноизвлекаемых углеводородов. Некоторые из этих решений были впоследствии коммерциализированы ведущими российскими компаниями, например подразделением СБЕРа СберМед. ИИ, специализирующимся на создании медицинского ПО, производителем космической техники (сотовые технологии), ведущими нефтегазовыми компаниями и др.

Учитывая сказанное и результаты анализа деятельности Сколтеха в 2016–2020 гг., можно предположить следующее:

1. Успешные прикладные научные проекты помогают с каждым годом наращивать внешнее финансирование, привлекать новых промышленных партнеров и выводить на рынок передовые технологии. Возникает положительный цикл обратной связи, когда успешные

³ <https://www.skoltech.ru/app/data/uploads/2019/10/Skoltech-Annual-Report-2020.pdf>, дата обращения 19.05.2022.

Рис. 8. Приоритетные направления исследований Сколтеха: стратегия будущего развития (по данным за 2021 г.)



Примечание. Результативность исследований оценивается на основе данных о публикационной активности в журналах Q1–Q2 (число таких публикаций отмечено по оси Y); совокупное внешнее финансирование рассчитывается на базе средств, полученных для финансирования как фундаментальных, так и прикладных исследований (ось X, млн долл.); размеры шаров отражают совокупный объем внешнего финансирования; стрелки показывают потенциальные направления стратегического развития.

Источник: составлено авторами на основе ежегодных отчетов Сколтеха.

результаты прикладных исследований используются для формирования новых партнерств и привлечения финансирования, что обеспечивает получение новых высоких результатов. Такая положительная обратная связь служит важным фактором роста академических университетов, особенно в период сокращения государственной поддержки и ограничения финансирования фундаментальных исследований.

2. По ряду Приоритетных направлений за последние несколько лет удалось добиться значительного прогресса как в фундаментальных, так и в прикладных исследованиях, тогда как по другим направлениям быстрого роста не произошло. Динамика результатов по Приоритетным направлениям за последние 3–4 года представляется надежным ориентиром при принятии стратегических решений о перераспределении ресурсов в условиях ограниченного их объема.

3. Необходимо продолжить исследования для выявления препятствий, затрудняющих развитие Приоритетных направлений, по которым не удалось добиться ожидаемого прогресса.

Подход RDPM исходит из того, что анализ научно-исследовательского портфеля университета эффективен для принятия администрацией стратегических решений. Этот инструмент дает достоверное общее представление о полученных результатах и может быть полезен для выявления стратегических направлений исследований и (пере)распределения ресурсов.

На рис. 8–9 представлена информация о возможных стратегических шагах по каждому из целевых направлений Сколтеха (на основе данных за 2021 г.). Системное представление типичных «самоподдерживающихся» циклов роста университета, определяющих

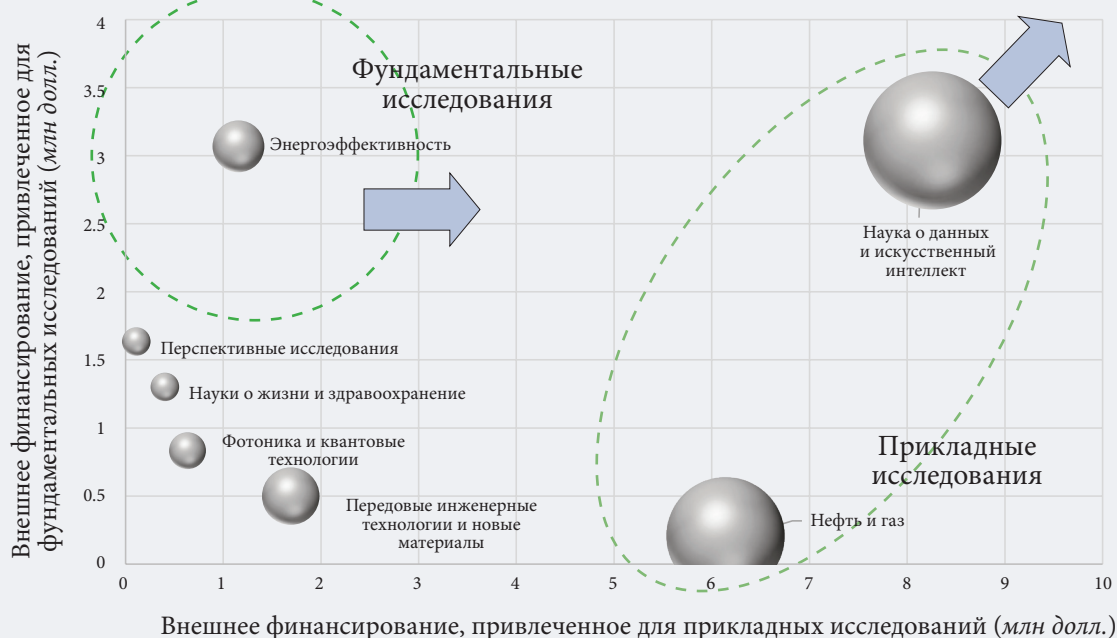
его долгосрочное развитие, представлено на рис. 10. Привлеченные в университет ведущие ученые международного уровня реализуют передовые исследования, результатом которых становятся публикации в журналах Q1–Q2 и прорывные научные проекты. Укрепление научной репутации университета (что делает его более заметным как внутри страны, так и на международной арене) облегчает привлечение внешнего финансирования для реализации прикладных проектов. Внешнее финансирование также способствует подготовке качественных публикаций и реализации инновационных проектов, дополнительно усиливая репутацию университета. Сформированные таким образом мощные самоподдерживающиеся циклы возрастающей отдачи выступают катализаторами роста университета, феномен которых хорошо описан в научной литературе применительно к быстрорастущим компаниям (Achi et al., 1995; Katalovsky, 2007).

Выводы

В настоящей статье предпринята попытка развить теоретический и практический потенциал матрицы портфеля исследовательских направлений (RDPM), предполагающей анализ университетского портфеля технологических ИиР в различных областях и на разных стадиях зрелости. Данный подход базируется на представлении о том, что при принятии решений о запуске новых или корректировке существующих проектов и программ университетам необходимо найти оптимальный баланс между фундаментальными и прикладными исследованиями.

Подход RDPM к анализу исследовательского портфеля университета предполагает оценку результатов

Рис. 9. Приоритетные направления фундаментальных и прикладных исследований Сколтеха (по данным за 2020 г.)



Примечание: внешнее финансирование фундаментальных исследований (по оси Y, млн долл.); внешнее финансирование прикладных исследований (по оси X, млн долл.); размеры шаров отражают совокупный объем внешнего финансирования; желтые стрелки показывают потенциальные направления стратегического развития.

Источник: составлено авторами на основе ежегодных отчетов Сколтеха.

ИиР (публикаций в журналах и объема привлеченного внешнего финансирования фундаментальных и прикладных исследований) в рамках конкретных Приоритетных направлений при структурировании университетского портфеля и разработке эффективной стратегии будущего развития и инвестиций. В отличие от других моделей на основе матрицы портфеля ИиР, в RDPM оцениваются реальные результаты по каждому приоритетному направлению с точки зрения качества исследований (выраженного в числе публикаций), так и их практической полезности (привлечение внешнего финансирования фундаментальных и прикладных проектов).

В ходе анализа публикационной активности и объема привлеченного финансирования ключевых исследовательских направлений Сколтеха оценивалась также динамика их развития за период 2016–2020 гг. Полученные результаты позволили прийти к нескольким важным выводам.

Во-первых, первоначальные инвестиции Сколтеха в инфраструктуру и приглашение ведущих международных специалистов для работы по Приоритетным направлениям «Нефть и газ» и «Наука о данных и ИИ» позволили наладить эффективное сотрудничество с промышленностью и привлечь значительные объемы финансирования. В настоящее время эти направления пользуются наибольшей поддержкой со стороны промышленного сектора и продолжают активно развиваться, даже несмотря на перераспределение внутренних

ресурсов Сколтеха в рамках диверсификации университетского портфеля ИиР. Ожидается поддержка отечественным и международным бизнесом перспективных научно-исследовательских проектов в таких областях, как различные сферы применения ИИ, технологии 5G и 6G, моделирование технологий гидроразрыва пласта для добычи нефти и газа, сокращение выбросов углекислого газа и т. д., в рамках долгосрочных программ сотрудничества.

Во-вторых, некоторые Приоритетные направления, прежде всего «Энергоэффективность», «Науки о жизни и здравоохранение», «Фотоника и квантовые технологии», интегрируют прикладные и фундаментальные исследования с преобладанием последних. Хотя уровень финансирования прикладных ИиР здесь ниже, чем по направлениям «Нефть и газ» и «Наука о данных и ИИ», они сыграли важную роль в формировании потока качественных публикаций, внося весомый вклад в укрепление научной репутации Сколтеха. Так, менее чем за десятилетие с момента своего основания Сколтех вошел в первую сотню рейтинга молодых университетов Nature Index 2019 г. Дальнейшие шаги лежат в плоскости активизации промышленно ориентированных исследований в таких областях, как квантовые алгоритмы, терагерцевая и радиочастотная фотоника и наноматериалы (целевое направление «Фотоника и квантовые технологии»), катодные материалы, литий-ионные батареи, преобразование энергии и диверсифицированные энергетические системы (целевое направление «Энергоэффективность»).

Рис. 10. Системное представление о самоподдерживающемся цикле научно-исследовательской работы, способствующей укреплению репутации университета и привлечению внешнего финансирования



В-третьих, потенциал некоторых направлений, в частности «Передовых инженерных технологий и новых материалов», еще предстоит реализовать. То же относится к целевому направлению «Перспективные исследования (теоретическая математика и физика)», сохраняющему фундаментальный характер. Весьма важными для Сколтеха могут оказаться «Передовые инженерные технологии и новые материалы», потенциально способные запустить инновационный цикл во всех технологических областях. Как можно видеть на рис. 6 и 7, их развитие пока находится на начальном этапе ввиду отсутствия критической массы ведущих специалистов по разработке продуктов, системной и цифровой инженерии — важнейших областях дизайна и системотехники и ключевых компетенций для ИиР в сфере передовых инженерных технологий.

В-четвертых, Сколтех занимает прочные позиции среди технологических университетов России и удерживает лидерство по ряду направлений исследований, включая ИИ, материалы для хранения энергии, добычу углеводородов и др. Сохранить эти позиции позволит дальнейшее привлечение ведущих международных ученых для работы по перспективным фундаментальным и прикладным направлениям. Кроме того, следует активизировать работу по раннему выявлению перспективной интеллектуальной собственности (ИС) — от раскрытия идей до патентования результатов исследований, «движимых любопытством». Портфельную матрицу RDPМ можно дополнить измерением «ИС/патентные заявки» по вертикальной оси с указанием объемов ИС, созданных за тот или иной период времени. По результатам такого анализа можно будет предложить новые пути развития.

В целом предлагаемый подход позволяет четко выстраивать научно-исследовательские приоритеты, поддерживать лидеров и решать, какие направления ИиР требуют корректировки (см. рис. 9). Регулярный аудит стратегии развития Приоритетных направлений должен основываться на результатах анализа соответствующих технологических портфелей. Подобную процедуру следует выполнять не реже одного раза в три года.

Для более эффективного распределения финансовых ресурсов целесообразно учитывать особенности конкретной научной области, рыночную зрелость технологий и потенциальную отдачу для университета, экономики и общества в кратко- и долгосрочной перспективе, а также значение исследований для образовательных программ. Оптимально распределить ограниченное финансирование между направлениями с наилучшим соотношением риска/доходности помогает теория инвестиционного портфеля. Поиск стратегий и разработка математических моделей, позволяющих количественно оценить риск и отдачу от финансирования конкретных научных направлений, требуют дальнейших исследований.

Важным шагом в развитии подхода RDPМ может стать разработка на его основе общей модели университетского портфеля технологических ИиР. Массив данных, собранных в ходе анализа пятилетнего периода деятельности Сколтеха, представляется репрезентативным для дальнейшего изучения. При этом модель нуждается в доработке по результатам сравнения с подходами к выбору и финансированию проектов/программ ИиР в других российских и зарубежных университетах. Такая математическая модель должна включать альтернативные решения, учитывать специфику научных направлений, имеющиеся ограничения и т. д.

В ходе дальнейших исследований представляется целесообразным изучить возможности применения теории инвестиционного портфеля Марковица к управлению университетским портфелем технологических ИиР, что позволило бы максимизировать потенциал этого подхода и снизить связанные с ним риски. Необходимо также сформировать новый набор инструментов на основе ключевых положений теории инвестиционного портфеля.

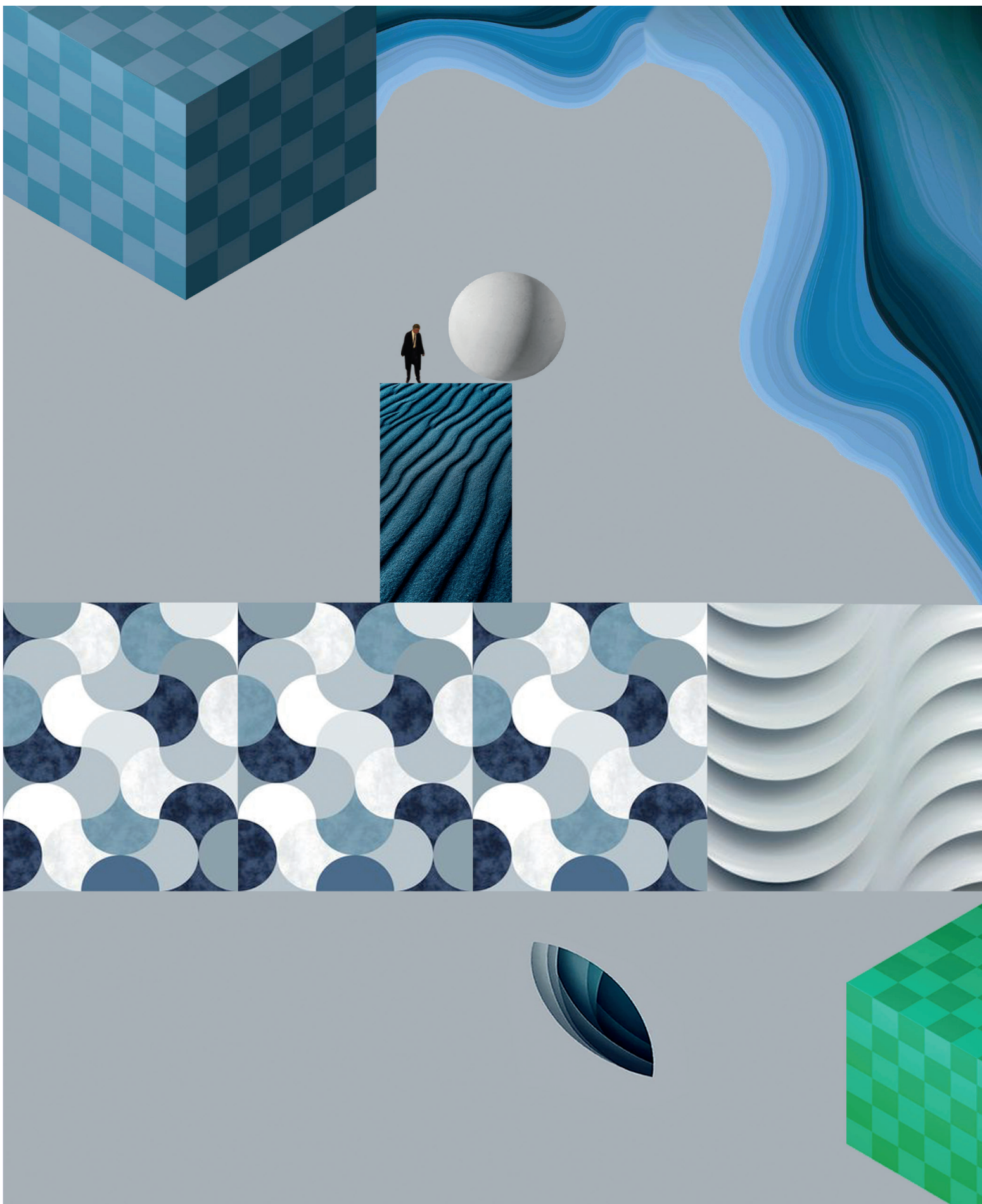
Подход RDPМ служит эффективным инструментом распределения ограниченных ресурсов, приоритизации, отслеживания рисков и контроля результатов в кратко- и долгосрочной перспективе. С точки зрения руководства университетов RDPМ облегчает выполнение стратегического анализа и оптимизацию использования портфеля технологических ИиР для достижения стратегических целей вуза, обеспечения финансовой стабильности, удовлетворения рыночного спроса и создания общественного блага.

Дмитрий Каталевский осуществлял общее руководство исследованием, разработал его дизайн, совместно с Натальей Космодемьянской сформулировал оригинальную идею, выполнил аналитические расчеты, сделал выводы и подготовил рукопись. Арутюнян Ассистировал в сборе данных и отвечал за графическое представление информации. Клеман Фортин просмотрел статью и внес ряд полезных рекомендаций.

Библиография

- Achi Z., Doman A., Sibony O., Sinha J., Witt S. (1995) The paradox of fast growth tigers. *The McKinsey Quarterly*, 3, 4–17.
- Altbach P.G., Knight J. (2007) The Internationalization of Higher Education: Motivations and Realities. *Journal of Studies in International Education*, 11(3–4), 290–305. <https://doi.org/10.1177%2F1028315307303542>
- Arman H. (2019) A Practical Strategic Planning Approach for R&D Organisations. In: *R&D Management in the Knowledge Era. Innovation, Technology, and Knowledge Management* (eds. T. Daim, M. Dabić, N. Başoğlu, J. Lavoie, B. Galli), Cham: Springer, pp. 145–159. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15409-7_5
- Auranen O., Nieminen M. (2010) University research funding and publication performance — An international comparison. *Research Policy*, 39(6), 822–834. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.03.003>
- Bentley P., Gulbrandsen M., Kyvik S. (2015) The relationship between basic and applied research in universities. *Higher Education*, 70(4), 689–709. <https://doi.org/10.1007/s10734-015-9861-2>
- Burgher J., Hamers H. (2020) A quantitative optimization framework for market-driven academic program portfolios. *International Journal of Educational Management*, 34(1), 1–17. <https://doi.org/10.1108/IJEM-03-2018-0099>
- Cooper R.G., Edgett S.J., Kleinschmidt E.J. (1998) Best practices for managing R&D portfolios. *Research Technology Management*, 41(4), 20–33. <https://www.jstor.org/stable/24131706>
- Crawley E., Hegarty J., Edström K., Garcia Sanchez J.C. (2020) *Universities as Engines of Economic Development*, Cham: Springer.
- Dolence M.G., Norris D.M. (1994) Using Key Performance Indicators to Drive Strategic Decision Making. *New Directions for Institutional Research*, 82, 63–80. <https://doi.org/10.3991/ijim.v13i04.10547>
- Drucker P. (1997) *Seeing things as they really are* (Interview with R. Lenzner & S.S. Johnson). *Forbes*, 03.10.1997. <http://www.forbes.com/forbes/1997/0310/5905122a.html>, дата обращения 17.02.2022.
- EIU (2020) *New Schools of Thought. Innovative Models for Delivering Higher Education*, London, New York, Hong Kong: Economist Intelligence Unit.
- Etzkowitz H., Leydesdorff L. (2000) The dynamics of innovation: From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy*, 29(2), 109–123. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00055-4](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4)
- Geuna A., Martin B.R. (2003) University research evaluation and funding: An international comparison. *Minerva*, 41(4), 277–304. <https://doi.org/10.1023/B:MINE.0000005155.70870.bd>
- Gibbons M., Limoges C., Nowotny H., Schwartzman S., Scott P., Trow M. (1994) *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies*, London: Sage.
- Goldstein H., Renault C. (2004) Contributions of universities to regional economic development: A quasi-experimental approach. *Regional Studies*, 38(7), 733–746. <https://doi.org/10.1080/0034340042000265232>
- Grover R. (2019) The Relationship between Science and Technology and Evolution in Methods of Knowledge Production. *Indian Journal of History of Science*, 54(1). <http://dx.doi.org/10.16943/ijhs/2019/v54i1/49597>
- Gulbrandsen M., Smeby J.-C. (2005) Industry funding and university professors’ research performance. *Research Policy*, 34(6), 932–950. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.05.004>
- Hemsley-Brown J., Oplatka I. (2010) Market orientation in universities. *The International Journal of Educational Management*, 24(3), 204–220. <https://doi.org/10.1108/09513541011031565>
- Irvine J., Martin B.R., Isard P.A. (1990) *Investing in the Future*, Cheltenham, UK: Edward Elgar.
- Katalevsky D.Y. (2007) Management of organization growth based on a system-dynamic approach. *Moscow University Bulletin*, Series 21, 4, 64–79 (in Russian).
- Kotler P., Fox K.F. (1985) *Strategic Marketing for Educational Institutions*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Labib A., Read M., Gladstone-Millar C., Tonge R., Smith D. (2014) Formulation of higher education institutional strategy using operational research approaches. *Studies in Higher Education*, 39(5), 885–904. <http://doi.org/10.1080/03075079.2012.754868>
- Lundvall B.-Å. (1988) Innovation as an Interactive Process: From User-producer Interaction to the National System of Innovation. In: *Technical Change and Economic Theory* (eds. G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete), London, New York: Pinter, pp. 61–83.
- Lyken-Segosebe D., Shepherd J.C. (2013) *Higher Education Leadership and Policy Studies Peabody College of Education and Human Development*, Nashville, TN: Vanderbilt University.
- Mangram M.E. (2013) A simplified perspective of the Markowitz portfolio theory. *Global Journal of Business Research*, 7(1), 59–70.
- Manyika J., McRaven W.H., Segal A. (2019) *Innovation and National Security: Keeping Our Edge*, New York: Council on Foreign Relations.
- McDonald R.E. (2007) An Investigation of Innovation in Nonprofit Organizations: The Role of Organizational Mission. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*, 36(2), 256–281. <https://doi.org/10.1177%2F0899764006295996>
- Mervis J. (2017) Data Check: U.S. Government Share of Basic Research Funding Falls Below 50%. *Science*, March 9. DOI: 10.1126/science.aal0890
- Mohrman K., Ma W., Baker D. (2008) The research university in transition: The emerging global model. *Higher Education Policy*, 21(1), 5–27. <https://doi.org/10.1057/palgrave.hep.8300175>
- Nelson R.R. (1993) *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, New York, Oxford: Oxford University Press.
- OECD (2002) *Frascati Manual Proposed Standard Practice for Surveys on Research and Experimental Development*, Paris: OECD.
- Roberts E.B., Murray F., Kim J.D. (2019) Entrepreneurship and Innovation at MIT: Continuing Global Growth and Impact — An Updated Report. *Foundations and Trends in Entrepreneurship*, 15(1), 1–55. DOI: 10.1561/03000000093
- Rücker Schaeffer P., Fischer B., Queiroz S. (2018) Beyond Education: The Role of Research Universities in Innovation Ecosystems. *Foresight and STI Governance*, 12(2), 50–61. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.2.50.61
- Schubert T., Kroll H. (2016) Universities’ effects on regional GDP and unemployment: The case of Germany. *Papers in Regional Science*, 95(3), 467–489. DOI: 10.1111/pirs.12150
- Seers A. (2007) Management education in the emerging knowledge economy: Going beyond “Those who can, do; those who can’t, teach. *Academy of Management Learning and Education*, 6(4), 558–567. <https://doi.org/10.5465/amle.2007.27694955>
- Selingo J. (2013) *College (Un)Bound: The Future of Higher Education and What It Means for Students*, Las Vegas, NV: Amazon Publishing.
- Slaughter S., Leslie L.L. (1997) *Academic capitalism: Politics, policies, and the entrepreneurial university*, Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Tijssen R.J.W., Winnink J. (2016) Twenty-first century macro-trends in the institutional fabric of science: Bibliometric monitoring and analysis. *Scientometrics*, 109, 2181–2194. <https://doi.org/10.1007/s11192-016-2041-z>
- Wells R., Wells C. (2011) Academic program portfolio model for universities: Guiding strategic decisions and resource allocations. *Research in Higher Education Journal*, 11(1). <https://www.aabri.com/manuscripts/11745.pdf>, accessed 18.01.2021.
- Xu G., Wu Y., Minshall T., Zhou Y. (2018) Exploring innovation ecosystems across science, technology, and business: A case of 3D printing in China. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 208–221. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.06.030>
- Yip G.S. (1981) *Market Selection and Direction: Role of Product Portfolio Planning*, Boston: Harvard Business School Publishing.

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ И ОБРАЗОВАНИЕ



Перспективы устаревания компетенций и амортизации человеческого капитала в контексте изменения производственных задач

Соня Уолтер

Научный сотрудник, аспирант, sonja_walter@snu.ac.kr

Джеонг-Донг Ли

Профессор, leejd@snu.ac.kr

Сеульский национальный университет (Seoul National University), 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Republic of Korea

Аннотация

В статье анализируется зависимость амортизации человеческого капитала от характера производственных задач и уровня образования. Исследование основано на панельных данных социально-экономической статистики Германии, обработанных с помощью регрессионной модели с фиксированным эффектом, расширенного уравнения Минсера и модели Неймана–Вайса. Выяснилось, что наибольшей амортизации подвержен человеческий капитал, основанный на высшем образовании. Ряд специальных навыков устаревают быстрее, чем компетенции общего характера. Вклад образования в повышение производительности

наиболее интенсивно обесценивается на высокотехнологичных рабочих местах, характеризующихся значительной долей нестандартных интерактивных и ручных, а также стандартных когнитивных задач.

Представленные результаты указывают на необходимость разработки комплексной политики по противодействию амортизации человеческого капитала. Учебным заведениям всех уровней следует усилить акцент на формировании универсальных навыков и адаптировать образовательные программы с учетом быстрого обновления производственных технологий и меняющихся требований к компетенциям.

Ключевые слова: образование; человеческий капитал; амортизация; навыки; устаревание; производственные задачи; технологические изменения; оплата труда

Цитирование: Walter S., Lee J.D. (2022) How Susceptible are Skills to Obsolescence? A Task-Based Perspective of Human Capital Depreciation. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 32–41. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.32.41

How Susceptible are Skills to Obsolescence? A Task-Based Perspective of Human Capital Depreciation

Sonja Walter

Researcher, PhD candidate, sonja_walter@snu.ac.kr

Jeong-Dong Lee

Professor, leejd@snu.ac.kr

Seoul National University, 1 Gwanak-ro, Gwanak-gu, Seoul 08826, Republic of Korea

Abstract

This article investigates the link between human capital depreciation and job tasks, with an emphasis on potential differences between education levels. Using data from the German Socio-Economic Panel, fixed effects panel regression is applied to estimate an extended Mincer equation based on Neumann and Weiss's model. Human capital gained from higher education levels depreciates at a faster rate than other human capital. The depreciation rate is also higher for specific skills compared to general skills. Moreover, the productivity-enhancing value of education diminishes more rapidly in jobs with a high share of

non-routine interactive, non-routine manual, and routine cognitive tasks. These jobs are characterized by greater technology complementarity or more frequent changes in core-skill or technology-skill requirements.

The presented results point to the urgency of elaborating combined labor market and educational and lifelong learning policies to counteract the depreciation of skills. Education should focus on equipping workers with more general skills in all education levels and adapting educational programs to take into account the rapid upgrade of production technologies and changing competency requirements.

Keywords: education; human capital; depreciation; skills; obsolescence; tasks; technological change; earnings

Citation: Walter S., Lee J.D. (2022) How Susceptible are Skills to Obsolescence? A Task-Based Perspective of Human Capital Depreciation. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 32–41.
DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.32.41

Сфера образования готовит специалистов к выполнению определенных наборов задач в соответствии с рыночными реалиями. С распространением информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) и робототехники меняется содержание рабочих процессов — машины берут на себя все больше типовых функций. Одновременно возникают новые задачи для специалистов. Как следствие, пересматриваются требования к их квалификации, и часть ранее приобретенных компетенций теряют актуальность для рынка труда. Такой процесс называют амортизацией человеческого капитала (ЧК). Ранее он затрагивал преимущественно персонал из наукоемких секторов. Однако с ускорением развития технологий распространение подобного тренда усиливается. Продолжающаяся цифровая трансформация охватывает все более широкий круг видов деятельности. Соответствующие решения дополняют или заменяют профессиональные навыки, что приводит к их устареванию. Прежде всего, это актуально для рабочих мест, предполагающих выполнение сложных когнитивных, интерактивных и аналитических задач с опорой на технологии, дополняющие функции людей. Поскольку компетенции работников быстро устаревают, соответственно снижается и экономическая ценность ЧК. Чтобы сохранить конкурентоспособность, работникам следует повышать квалификацию или приобретать новые профессии. Очевидно, что технологические и организационные перемены ускорятся и затронут все сферы экономики, возрастет риск обесценивания навыков. Стоит задача реагирования на данный вызов и принятия соответствующих мер политики.

Несмотря на устойчивый и долгосрочный характер наблюдаемых эффектов, тема амортизации знаний в контексте технологических изменений остается малоизученной. Авторы исследования (Backes-Gellner, Janssen, 2009) описывают различия в устаревании компетенций, указывают на необходимость учитывать специфику производственных задач как детерминант этого процесса. Однако полученные ими результаты имеют ограничения, поскольку не принимают в расчет амортизацию ЧК в зависимости от уровня образования.

В попытке восполнить образовавшийся пробел мы ставим целью выяснить влияние изменений в характере профессиональных задач на потерю актуальности ЧК разных уровней. Насколько известно, это первое исследование, в котором учитываются отмеченные аспекты с разграничением типов ЧК и групп задач. Учет различий в устаревании компетенций в привязке к особенностям производственных функций углубляет представление о моделях амортизации ЧК. Появляется возможность разрабатывать более эффективную политику для образовательной сферы и рынка труда, что критически важно для обеспечения адаптации кадровых ресурсов к меняющемуся контексту.

Обзор литературы и теоретическая основа Обесценивание навыков

Понятие ЧК в академическом дискурсе появилось несколько десятилетий назад (Becker, 1964; Mincer, 1974;

Rosen, 1975). Оно охватывает знания и навыки, приобретенные в результате формального образования и практической работы. Текущую экономическую стоимость кадровых активов отражают размер оплаты их труда и показатели производительности. Как и любой вид капитала, профессиональная квалификация со временем может обесцениваться в двух аспектах — техническом и экономическом (Becker, 1964; Arrazola, Hevia, 2004; De Grip, Van Loo, 2002; Neuman, Weiss, 1995). Первый обусловлен внутренними факторами, такими как возраст сотрудника или недостаточное использование навыков на практике. Второй подразумевает снижение рыночной стоимости знаний и умений в связи с изменением экономической среды, из-за чего его нередко называют внешней амортизацией. В фокусе нашего анализа — именно экономический аспект.

Инновационное развитие и распространение высокотехнологичных производств ведут к замещению труда, что создает серьезный вызов для «устоявшихся» квалификаций. С развитием трудозамещающих технологий, способных выполнять повторяющиеся производственные операции, подобные эффекты проявляются все отчетливее.

Измерение компетентностной амортизации

Эмпирические исследования, сфокусированные на количественных аспектах устаревания ЧК, остаются единичными, при этом не отличаются методологической универсальностью. В ранних работах для этих целей применялся широкий спектр моделей. Анализ закономерности связи заработной платы с возрастом и опытом показал, что компетенции специалистов со средним образованием устаревают быстрее по сравнению с вузовским (Rosen, 1975). Особенно интенсивно обесценивается квалификация женщин с университетским дипломом (Mincer, Ofek, 1982). Ряд экспертов полагают, что уровень образования не играет решающей роли (Carliner, 1982; Holtmann, 1972). Зависимость оплаты труда от возраста получила более детальное освещение в таких аспектах, как модели инвестиций в течение жизненного цикла (Becker, 1964; Haley, 1976; Heckman, 1976; Johnson, Hebein, 1974) или периоды прерывания трудовой деятельности женщин (Mincer, Ofek, 1982). В упомянутых исследованиях не разграничивается внутренняя и внешняя амортизация. Во внимание принимается только один общий показатель — техническое устаревание ЧК вследствие неполного использования навыков или зрелого возраста (De Grip, 2006; De Grip, Van Loo, 2002).

В настоящее время снижение ценности ЧК измеряется напрямую либо с применением косвенных показателей. Разграничение внутренней и внешней амортизации впервые появилось в работе (Neuman, Weiss, 1995). Опосредованное измерение амортизации реализуется, например, через соотношение образования и потенциального опыта и его влияния на размер доходов (Mincer, 1974). Связь переменных «образование» и «опыт» оценивается на основе предположения, что экономическая ценность знаний и навыков снижается в зависимости от продолжительности периода между окончанием

формального образования и потенциальным выходом на кадровый рынок. Преимущество косвенного подхода в том, что он фиксирует снижение производительности труда через размер заработной платы, что составляет ключевую проблему в большинстве стран (De Grip, 2006). Установлено, что негативные эффекты для оплаты труда в привязке к уровню образования и опыту работы сильнее проявляются в высокотехнологичных секторах, где квалификация специалистов выше (Neuman, Weiss, 1995).

Усовершенствованная версия модели применялась к исследованию рынка труда в Испании (Murillo, 2011). Интенсивность амортизации образования оценивалась на уровне 0.7% в 1995 г. и 0.4% в 2002 г. (с повышением образованности данный показатель растет), а амортизации опыта — 3.8 и 1.8% соответственно. Расчеты на базе расширенного уравнения заработной платы (Mincer, 1974) показали, что темпы устаревания квалификации выше в случае работников, функционал которых требует скорее наличия актуальных знаний, чем опыта (Backes-Gellne, Janssen, 2009).

Анализ отраслевых различий в амортизации ЧК в странах ОЭСР в 1980–2005 гг. выявил колебание ее уровня в диапазоне от 1 до 6%, причем значение показателя больше в секторах, подразумевающих высокую компетентность, независимо от использования технологий (Lentini, Gimenez, 2019). Интенсивность обесценивания знаний возрастает по мере повышения квалификации и достигает максимальных значений в высокотехнологичных отраслях (Ramirez, 2002). Согласно результатам моделирования на основе прямых оценок величина амортизации ЧК в Великобритании и Нидерландах составляет 11–17% (Groot, 1998), в Испании — 1.2–1.5% в зависимости от сектора и продолжительности безработицы (Arrazola, Nevia, 2004). Кейс Швейцарии (Weber, 2014) демонстрирует, что специальные навыки обесцениваются быстрее (0.9–1.0%), чем общие (0.6–0.7%). Разброс уровней амортизации объясняется, скорее всего, различиями в методах измерения, периодах наблюдения и массивах исходных данных. Установлена зависимость устаревания компетенций от их типа, однако недостаточно внимания уделяется фактору технологического развития, определяющему ситуацию в большинстве ведущих стран. Выявлена связь устаревания компетенций с типами производственных задач, требующих знаний либо опыта (Backes-Gellner, Janssen 2009), однако не учитывается обесценивание формального обучения. В итоге полученные результаты плохо сопоставимы и малопригодны для оценки эффективности современных образовательных систем. В других исследованиях специфика утраты актуальности этого актива в разных профессиональных сегментах рассматривается лишь косвенно (Weber, 2014; Lentini, Gimenez, 2019).

Технологический потенциал трудоустройства работников для разных видов задач неодинаков, поэтому логично предположить, что темпы устаревания ЧК варьируют в зависимости от функционального портфеля конкретной профессии. Для проверки данного тезиса и сравнения полученных результатов с выводами предыдущих исследований мы сфокусировались одновре-

менно на профессиональных задачах (в соответствии с классификацией, взятой из литературы на тему поляризации рабочих мест) и амортизации образования.

Гипотезы

Представленный обзор литературы дает основание сформулировать гипотезы и уточнить роль производственных функций в амортизации ЧК. Напомним, что его формирование обеспечивают две компоненты — образование и приобретение опыта, однако «запасы» каждой из них подвержены обесцениванию, что в сочетании с инвестициями определяет текущую стоимость ЧК. Темпы его амортизации зависят от категории персонала. Представленные ранее классификации уровней амортизации (Murillo, 2011; Neuman, Weiss, 1995) носят промежуточный характер и подлежат уточнению. Мы полагаем, что экономическое устаревание ЧК, вызванное изменениями внешнего контекста, не затрагивает всех одинаково, а зависит от персональных навыков (базовых и специальных) и типа выполняемых задач. Базовые компетенции носят универсальный характер, приобретаются, как правило, в рамках общего среднего или высшего образования и сохраняют актуальность в длительной перспективе даже при изменении экономического ландшафта. В свою очередь специальные навыки формируются в процессе среднего профессионально-технического (СПТО) (*vocational education and training*, VET) или высшего профессионально-технического образования (ВПТО, *higher VET*), базируются на новейших знаниях и ориентированы на работу с конкретными технологиями. Однако ускоряющееся замещение одних способов производства другими ведет к быстрому обесцениванию подобной квалификации. Из этого вытекают гипотезы:

H1a. Чем выше уровень образования персонала, тем интенсивнее амортизация навыков.

H1b. Компетенции специалистов с высшим и средним ПТО устаревают быстрее, чем в случае обладателей общего образования.

Следующая группа гипотез касается связи между производственными задачами и устареванием навыков. Любая профессия охватывает комплекс задач, выполнение которых невозможно без соответствующей подготовки (Rodrigues et al., 2021). Другими словами, компетенции определяются характером производственного функционала. Технологическое развитие обуславливает изменение рабочих задач и требований к компетенциям, что ведет к устареванию последних. Выполнение ручных или повторяющихся операций постепенно передается машинам (Autor, Dorn, 2013; Autor, Handel, 2013; Frey, Osborne, 2017). Когнитивные, аналитические или интерактивные задачи нуждаются в обогащенном ЧК, который нередко усиливается технологиями. К профессиям с высокой долей нестандартных работ относятся, например, финансисты или программисты. Однако специальные навыки, приобретенные в процессе формального образования, рассчитаны на работу с технологиями, актуальными на момент его получения, и по мере вытеснения одних способов производства другими теряют ценность. Соответственно спрос на подоб-

ных специалистов часто меняется, что ускоряет амортизацию ЧК. Профессии с высокой долей ручного труда, как правило, меньше зависят от технологий, а ЧК, полученный в ходе образования, сохраняет ценность даже в условиях продолжающейся цифровой трансформации. Это касается, например, занятых в строительном и пищевом секторах (Muro et al., 2017), для которых степень снижения актуальности знаний будет меньше.

H2a. Уровень амортизации выше для профессий со значительной долей интерактивных, аналитических и когнитивных задач, выполнение которых опирается на технологии.

Следующее наше предположение заключается в том, что уровень амортизации ЧК зависит от масштабов изменений в характере использования технологий. Машины выполняют все более широкий круг задач, постепенно охватывая и те нестандартные функции, которые ранее оставались прерогативой человека. Поэтому в процессе технологического развития «нерутинные» профессии с большей вероятностью потребуют новых навыков, что ускорит обесценивание ЧК.

H2b. Чем интенсивнее технологическое обновление профессий, тем выше потеря актуальности компетенций.

Данные и методология

Уровень амортизации и определяющие его факторы мы оценивали, исходя из материалов германской панельной социально-экономической статистики¹ за период 1984–2017 гг. Удалось установить связи контрольных переменных (образования, заработной платы и др.) с профессиональными характеристиками персонала. Степень амортизации ЧК рассчитывалась с использованием расширенной функции заработка (Neuman, Weiss, 1995; Mincer, Ofek, 1982), что позволило проанализировать влияние снижающегося со временем эффекта образованности на размер оплаты труда. Амортизация, относящаяся к получению знаний, косвенно оценивается уравнением (1) как связь высшего образования с богатым опытом работы (периодом времени, прошедшего после завершения формального обучения ($Edu_i \times pexper_{it}$)). Коэффициент β_2 показывает, как устаревание навыков влияет на заработную плату.

$$\ln w_{it} = \beta_0 + \beta_1 Edu_i + \beta_2 (Edu_i \times pexper_{it}) + \beta_3 pexper_{it} + \beta_4 pexper_{it}^2 + X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1).$$

Панельная оценка фиксированных эффектов с робастными кластерными стандартными ошибками позволила учесть автокорреляцию и гетероскедастичность остаточных членов. Контрольные переменные личных или производственных характеристик применялись поэтапно.

Для проверки зависимости скорости устаревания навыков от типа профессиональных задач сконструирована категориальная переменная на основе германской

классификации видов деятельности. В соответствии с методом, предложенным в работе (Dengler et al., 2014), каждой профессии присваивался один преобладающий тип производственных задач. Опираясь на классификации, представленные в работах (Spitz-Oener, 2006; Autor et al., 2003), мы разграничиваем нестандартные (интерактивные, аналитические, ручные) и стандартные (рутинные) функции (когнитивные, ручные).²

Для выделения задач разного типа использовалась категориальная переменная *tasks*, которая сначала добавлялась в уравнение (1) для учета их возможной связи с заработной платой. Последующие расчеты уравнения (1) для каждой группы задач позволили определить, как уровень амортизации меняется в зависимости от специфики рабочего функционала. Основные переменные представлены в табл. 1.

Результаты

Расчеты на основе спецификаций панельной регрессии с фиксированным эффектом обобщенно отражены в табл. 2. В предпочтительной спецификации (столбец 4) коэффициент члена взаимодействия для всех уровней образования (за исключением среднего) имеет отрицательное значение, что свидетельствует об обесценивании ЧК.

Минимальный показатель годовой амортизации характерен для работников с СПТО (1.1%), за ними следуют обладатели университетских дипломов (1.2%), а максимальное значение установлено для лиц, получивших ВПТО (1.4%). Наши наблюдения согласуются с предыдущими публикациями (Lentini, Gimenez, 2019; Neuman, Weiss, 1995), подтверждая значительную уязвимость навыков специалистов с высшим образованием. В подтверждение выводов работы (Weber, 2014) также установлено, что компетенции, приобретенные в ходе специального обучения (СПТО по сравнению со средней школой и ВПТО по сравнению с университетом), деградируют быстрее. Это указывает на ограниченную применимость специализированного ЧК для выполнения других задач и его обесценивание при изменении экономического контекста. По сравнению с результатами других исследований (Murillo, 2011) рассчитанный нами уровень амортизации каждого дополнительного года потенциального опыта относительно низок (0.01%). Возможно, это связано со временем выполнения анализа: проведенные ранее исследования отмечают тенденцию к замедлению обесценивания опыта.

Согласно результатам регрессии для основных категорий производственных задач (табл. 3) степень амортизации варьирует в зависимости от образования и типа функций, что эмпирически подтверждает важность обоих факторов для устаревания компетенций. Навыки, необходимые для выполнения нестандартных интерактивных, специфических ручных и типовых

¹ SOEP v34i (DOI: 10.5684/soep.v34i). https://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=diw_01.c.742267.en, дата обращения 07.11.2021.

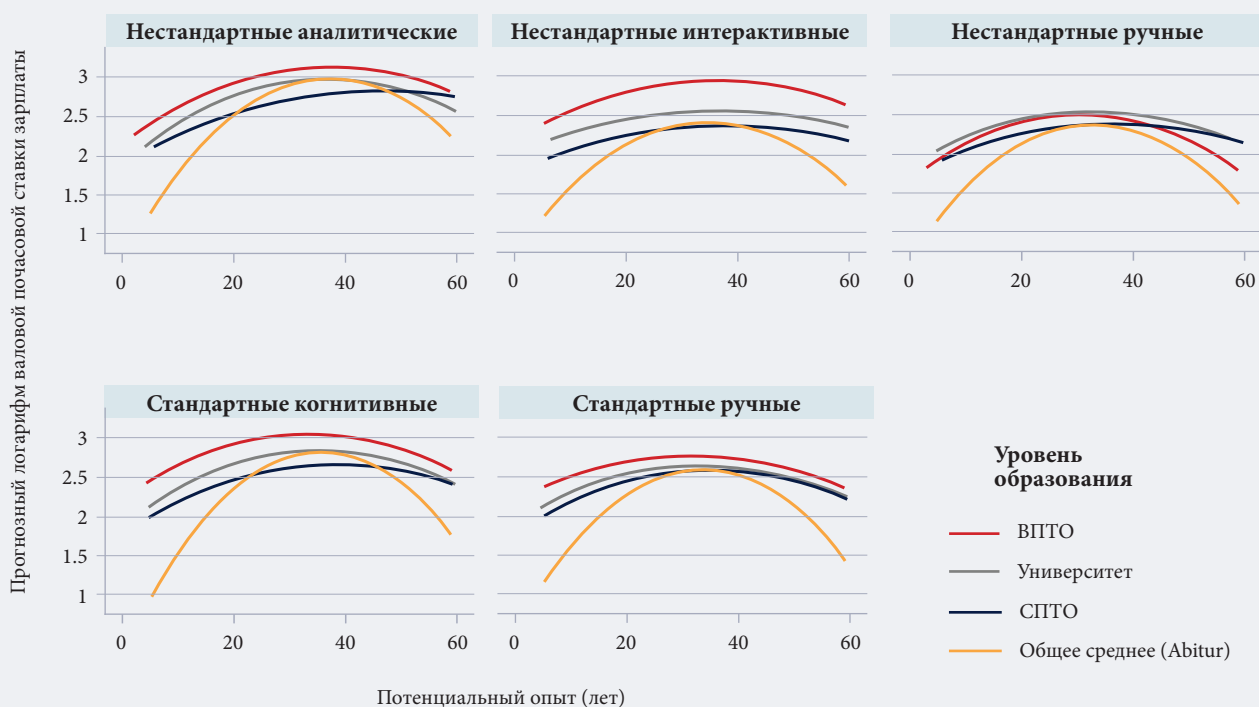
² Данные об использовании производственных технологий взяты из публикации (Muro et al., 2017), где представлена информация по 545 профессиям за 2001–2016 гг.

Табл. 1. Дескриптивная статистика (работа полный день свыше 30 часов в неделю)

Переменная	Число наблюдений	Среднее	Стандартное отклонение	Мин.	Макс.	
Заработок (базисный год: 2015, в постоянных ценах)						
lwwage15	Log валовая почасовая зарплата	266 234	2.546	0.654	-0.728	5.330
Уровень образования (базовая группа: только среднее образование)						
2	VET (СПТО)	488 577	0.512	0.500	0	1
3	Higher VET (ВПТО)	488 577	0.072	0.259	0	1
4	High school (Abitur) (средняя школа)	488 577	0.083	0.276	0	1
5	University (университет)	488 577	0.193	0.395	0	1
Потенциальный опыт (лет)						
rexper	Возраст — продолжительность образования (лет)	510 724	35.479	17.800	1	93
Производственные задачи						
1	Нестандартные аналитические	266 537	0.233	0.423	0	1
2	Нестандартные интерактивные	266 537	0.087	0.281	0	1
3	Нестандартные ручные	266 537	0.175	0.380	0	1
4	Стандартные когнитивные	266 537	0.326	0.469	0	1
5	Стандартные ручные	266 537	0.180	0.384	0	1

Источник: составлено авторами на основе SOEP v34i. https://www.diw.de/sixcms/detail.php?id=diw_01.c.742267.en, дата обращения 07.11.2021.

Рис. 1. Прогнозные профили «зарплата–опыт» по группам задач для ЧК разного уровня



Источник: составлено авторами.

Табл. 2. Результаты регрессии с фиксированными эффектами

Log почасовая зарплата	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Уровень образования					
VET (СПТО)	0.718*** (27.04)	0.497*** (18.20)	0.509*** (18.35)	0.488*** (14.54)	0.495*** (14.59)
Higher VET (ВПТО)	0.696*** (19.98)	0.597*** (15.95)	0.581*** (15.69)	0.555*** (12.67)	0.567*** (12.89)
High school (Abitur) (средняя школа)	-0.302*** (-9.50)	-0.280*** (-9.41)	-0.218*** (-7.13)	-0.231*** (-6.21)	-0.223*** (-5.93)
University (университет)	0.649*** (16.47)	0.613*** (12.95)	0.635*** (13.97)	0.602*** (11.34)	0.609*** (11.38)
Амортизация образования					
VET*рехпер	-0.015*** (-17.40)	-0.010*** (-11.51)	-0.012*** (-14.35)	-0.011*** (-11.18)	-0.011*** (-11.13)
Higher VET*рехпер	-0.016*** (-13.81)	-0.013*** (-10.25)	-0.014*** (-11.52)	-0.014*** (-9.70)	-0.014*** (-9.71)
High school*рехпер	0.013*** (9.22)	0.011*** (8.01)	0.009*** (6.68)	0.009*** (5.43)	0.008*** (5.21)
University*рехпер	-0.010*** (-9.43)	-0.010*** (-6.25)	-0.012*** (-8.78)	-0.012*** (-6.87)	-0.012*** (-6.82)
Опыт					
рехпер	0.040*** (7.71)	0.070*** (9.57)	0.070*** (10.38)	0.063*** (8.05)	0.064*** (8.10)
Амортизация опыта					
рехпер-squared	-0.001*** (-41.64)	-0.001*** (-12.55)	-0.001*** (-13.70)	-0.001*** (-10.90)	-0.001*** (-10.68)
_cons	0.881*** (14.36)	-3.248*** (-24.00)	-2.347*** (-16.19)	-2.382*** (-14.07)	-2.347*** (-13.69)
Контрольные переменные	Нет	+ personal	+ job	+ industry	+ tasks
Число наблюдений	262.7780	261.101	204.689	158.561	154.792
R-квадрат	0.407	0.425	0.388	0.386	0.385
<p><i>Примечание:</i> в качестве зависимой переменной использовался логарифм почасовой заработной платы в постоянных ценах; * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001, t-статистика в скобках, робастные кластерные стандартные ошибки. <i>Источник:</i> составлено авторами.</p>					

когнитивных задач, подвержены более интенсивному снижению актуальности. Максимальный годовой показатель амортизации выявлен для оригинальных интерактивных задач: 2.0% в случае обладателей высшего образования и 1.9% для СПТО. Капитал специалистов с ВПТО устаревает еще быстрее (2.3%), а работников, занимающихся преимущественно уникальной аналитикой, напротив, вдвое медленнее. Причем значение ценности опыта возрастает в отношении задач с более высоким уровнем амортизации (это показывает переменная потенциального опыта *рехпер*).

Для углубленного понимания различий в темпах обесценивания мы построили предиктивные профили «зарботок–опыт» для разных типов задач на основе результатов спецификации модели 5. Из рис. 1 видно, что профили доходов существенно варьируют по типам функций и уровням образования. Величина оплаты труда, включая надбавки за образование, в целом ниже для выполняющих ручные задачи и выше для тех, кто отвечает за аналитические, интерактивные и когнитивные. К завершению карьеры доходы специалистов с СПТО оказываются выше, чем у обладателей ВПТО. В случае уникальных ручных задач СПТО и ВПТО обеспечивают более значительный доход, чем общее высшее образование. Кроме того, заработная плата выпускников средних школ быстро достигает пика, и в течение некоторого времени они опережают по этому показателю работников с СПТО и ВПТО, а затем резко сдают позиции. Несмотря на пониженную образовательную ква-

лификацию, в начале карьеры различия в уровне амортизации могут в отдельных случаях компенсировать разницу в доходах. Следовательно, даже выпускникам университетов требуется постоянно обновлять знания, чтобы поддерживать ценность своего ЧК.

Детальный анализ профессий с высокой долей интерактивных или когнитивных задач указывает на существенное изменение технологий, используемых таким персоналом. Дополняющие цифровые решения широко применяются прежде всего для выполнения когнитивных и аналитических функций, причем скорость их эволюции умеренная (табл. 4). Возможно, этим и объясняется повышенный уровень амортизации навыков для исполнителей подобных задач. Напротив, в отношении нестандартных ручных процессов применение технологий резко активизируется. Например, на них базируется деятельность в строительстве, гостиничном бизнесе, общественном питании, логистике. В 2001 г. цифровые решения использовались в таких целях достаточно редко (Muro et al., 2017), однако к 2016 г. темпы их применения удвоились, что ускорило потерю актуальности компетенций. Таким образом, несмотря на сохранение средней интенсивности устаревания навыков за рассматриваемый период, в последние годы скорость этого процесса возросла. По сравнению с другими профессиями использование технологий здесь остается относительно низким, однако не исключено, что в результате более значительных изменений обесценивание компетенций усилится.

Табл. 3. Результаты: амортизация человеческого капитала по типам производственных задач

Log почасовая зарплата	Нестандартные задачи			Стандартные задачи	
	аналитические	интерактивные	ручные	когнитивные	ручные
<i>Уровень образования</i>					
VET (СПТО)	0.394** (-3.07)	0.677*** (-7.62)	0.541*** (-8.56)	0.635*** (-10.84)	0.503*** (-8.07)
Higher VET (ВПТО)	0.462*** (-3.4)	0.803*** (-6.49)	0.572*** (-5.73)	0.792*** (-11.08)	0.563*** (-5.27)
High school (Abitur) (средняя школа)	-0.244 (-1.83)	-0.181 (-1.69)	-0.15 (-1.87)	-0.08 (-1.36)	-0.316*** (-4.24)
University (университет)	0.393** (-2.68)	0.931*** (-6.01)	0.646*** (-4.04)	0.869*** (-10.14)	0.411* (-2.07)
<i>Амортизация образования</i>					
VET*рехпер	-0.010** (-2.98)	-0.019*** (-4.54)	-0.015*** (-8.42)	-0.016*** (-9.48)	-0.012*** (-7.42)
Higher VET*рехпер	-0.012*** (-3.30)	-0.023*** (-4.51)	-0.019*** (-6.27)	-0.021*** (-8.62)	-0.015*** (-5.27)
High school*рехпер	0.008* (-1.97)	0.008 (-1.12)	0.000 (-0.01)	0.003 (-1.63)	0.011*** (-3.48)
University*рехпер	-0.009* (-2.36)	-0.020*** (-3.97)	-0.016*** (-4.76)	-0.019*** (-6.36)	-0.011* (-2.46)
<i>Опыт</i>					
рехпер	0.031* (-2.43)	0.091*** (-3.58)	0.075*** (-3.94)	0.091*** (-7.44)	0.072*** (-3.34)
<i>Амортизация опыта</i>					
рехпер-squared	-0.001*** (-3.85)	-0.001*** (-5.22)	-0.001*** (-6.05)	-0.001*** (-6.81)	-0.001*** (-5.66)
_cons	-1.798*** (-3.70)	-1.655*** (-3.52)	-3.561*** (-10.00)	-1.620*** (-6.68)	-3.077*** (-7.26)
Число наблюдений	46 523	17 716	30 927	62 462	28 791
R-квадрат	0.366	0.320	0.283	0.449	0.369

Примечание: * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001, t-статистика в скобках, робастные кластерные стандартные ошибки.
Источник: составлено авторами.

Заключение

Развитие технологий меняет сферу занятости и требования к навыкам, что ведет к устареванию ЧК, приобретенного в ходе формального образования. Цифровизация радикально преобразует характер выполнения профессиональных задач и спрос на компетенции, что создает дополнительные возможности для одних специалистов и риски для других. Углубленное понимание влияния указанных процессов на амортизацию ЧК имеет критическое значение для занятых, работодателей и политиков.

В настоящем исследовании проанализировано устаревание навыков в процессе экономических изменений с учетом факторов технологического развития — интенсивности использования новых инструментов и меняющегося характера производственных задач. Установлено, что ЧК работников, выполняющих преимуще-

ственно нестандартные интерактивные, специфические ручные и типовые когнитивные задачи, обесценивается быстрее, чем в случае других функций. Это может объясняться двумя факторами, указанными в табл. 4. Новые цифровые решения повышают эффективность реализации перечисленных функций и применяются для этих целей активнее, чем где-либо еще. Чем интенсивнее использование технологий, тем радикальнее меняются требования к знаниям. Как следствие, возрастает скорость обесценивания базового ЧК. В ряде професий характер распространения цифровых технологий меняется особенно динамично. Прежде всего, речь идет о рабочих местах с большой долей нестандартных ручных задач, ускорившаяся цифровизация которых ведет к устареванию компетенций. Поскольку данный процесс продолжается, рабочая среда, вероятно, будет

Табл. 4. Связь между производственными задачами и устареванием ЧК

Тип задач	Примеры задач	Интенсивность использования дополняющих технологий	Изменение степени использования технологий	Уровень устаревания ЧК
Нестандартные аналитические	Исследования, проектирование	Средняя	Незначительное	Низкий
Нестандартные интерактивные	Управление, развлекательная деятельность	Высокая	Значительное	Высокий
Нестандартные ручные	Ремонт, обслуживание	Низкая	Значительное	Средний
Стандартные когнитивные	Бухгалтерский учет, расчеты	Высокая	Среднее	Средний
Стандартные ручные	Управление машинами	Низкая	Незначительное	Низкий

Источник: составлено авторами на основе (Muro et al., 2017), данные об использовании технологий и группы задач взяты из (Spitz-Oener, 2006).

меняться еще более кардинально, в результате темпы устаревания навыков увеличатся.

Несмотря на то что в случае выполнения стандартных функций амортизация ЧК происходит медленнее, не следует рассматривать этот фактор как позитивный, поскольку, как показывают исследования поляризации труда, работники, выполняющие типовые когнитивные задачи, постепенно замещаются технологиями. Ожидается, что виды деятельности, основанные на подобном функционале, в современном виде постепенно исчезнут, что еще сильнее ускорит обесценивание навыков.

В противовес распространенному мнению, что технологии не способны выполнять нестандартные задачи, наши результаты выявили относительно высокий уровень амортизации работников с таким функционалом, при том что спрос на него растет.

Типичными мерами политики для решения обозначенных проблем видятся повышение квалификации работников и увеличение охвата населения высшим образованием. Впрочем, и это не защищает от устаревания навыков.

Основная задача высшего образования — сформировать общий ЧК, применимый для выполнения разнообразных неспециализированных задач. Однако если в процессе перемен устаревают знания, связанные с профессиональной группой в целом, даже общее высшее образование не гарантирует устойчивости, а значит, простого повышения уровня образованности уже недостаточно. Ценность ЧК, базирующегося на университетском образовании, ежегодно снижается для всех типов производственных задач, причем значительными темпами. Не исключено, что для работников, выполняющих преимущественно нестандартные ручные задачи, соотношение «зарплата–опыт» даже ухудшится по сравнению с другими уровнями образования, менее подверженными амортизации. В отсутствие непрерывного обучения первоначальные инвестиции в высшее образование могут «раствориться». Для предотвраще-

ния серьезных проблем предстоит расширять содержание образования и постоянно инвестировать в него с учетом обесценивания ЧК.

Создание инклюзивного рынка труда подразумевает возможность приобрести цифровые навыки наиболее уязвимым группам населения, что потребует значительных усилий по подготовке кадров. Для других категорий критическую роль играет способность адаптироваться и приобретать новые компетенции для выполнения функций, не подлежащих машинному замещению. Целесообразно проводить комплексную политику в отношении рынка труда и образования, нацеленную на борьбу с устареванием человеческого капитала. Многие страны осознали важность такого подхода, тем не менее в области образования необходимы дополнительные меры в этом направлении.

Выводы настоящего исследования могут оказаться полезными при разработке эффективных программ обучения, предоставляющих персоналу возможности периодически повышать квалификацию и овладевать остро востребованными навыками. Образовательная политика должна предусматривать «апгрейд» компетенций, позволяющий быстро адаптироваться к меняющимся рыночным условиям в ситуации ускоряющегося и все более радикального технологического прогресса. Компаниям, заинтересованным в повышении продуктивности персонала, следует расширять возможности его обучения. Самим работникам рекомендуется отслеживать процесс перемен и периодически планировать повышение квалификации. При концентрации усилий на приобретении новых навыков и развитии существующих дальнейший прогресс технологий обеспечит значительные преимущества.

Исследование выполнено при поддержке гранта Национального исследовательского фонда Кореи (National Research Foundation, NRF) (№ 2017R1A2B4009376), финансируемого правительством Кореи (MSIT). Его предварительные результаты были представлены на 7-й Международной конференции по развитию высшего образования (HEAd'21).

Библиография

- Arrazola M., Hevia J.D. (2004) More on the estimation of the human capital depreciation rate. *Applied Economics Letters*, 11(3), 145–148. <https://doi.org/10.1080/1350485042000203742>
- Autor D., Dorn D. (2013) The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5), 1553–1597. DOI: 10.1257/aer.103.5.1553
- Autor D., Handel M. (2013) Putting tasks to the test: Human capital, job tasks, and wages. *Journal of Labor Economics*, 31(S1), S59–S96. <https://doi.org/10.1086/669332>
- Autor D., Levy F., Murnane R.J. (2003) The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279–1333. <https://doi.org/10.1162/003355303322552801>
- Backes-Gellner U., Janssen S. (2009) Skill obsolescence, vintage effects and changing tasks. *Applied Economics Quarterly*, 55(1), 83–104. DOI: 10.3790/aeq.55.1.83
- Becker G. (1964) *Human Capital*, New York: Columbia University Press.
- Carliner G. (1982) The wages of older men. *Journal of Human Resources*, 17(1), 25–38. <https://doi.org/10.2307/145522>
- De Grip A. (2006) *Evaluating human capital obsolescence*, Paris: OECD. <https://www.oecd.org/els/emp/34932083.pdf>, дата обращения 25.03.2022.
- De Grip A., Van Loo J. (2002) *The economics of skills obsolescence: A review*, Bingley (UK): Emerald Group Publishing Limited.
- Dengler K., Matthes B., Paulus W. (2014) *Occupational tasks in the German labour market* (FDZ-Methodenreport 12/2014), Berlin: Institute for Employment Research. https://doku.iab.de/fdz/reporte/2014/MR_12-14_EN.pdf, дата обращения 24.02.2022.

- Frey C.B., Osborne M.A. (2017) The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254–280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Groot W. (1998) Empirical estimates of the rate of depreciation of education. *Applied Economics Letters*, 5(8), 535–538. <https://doi.org/10.1080/135048598354500>
- Haley W.J. (1976) Estimation of the earnings profile from optimal human capital accumulation. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 44(6), 1223–1238. <https://doi.org/10.2307/1914256>
- Heckman J.J. (1976) A life-cycle model of earnings, learning, and consumption. *Journal of Political Economy*, 84(4, Part 2), S9–S44. <https://www.jstor.org/stable/1831101>
- Holtmann A. (1972) On-the-job training, obsolescence, options, and retraining. *Southern Economic Journal*, 38(3), 414–417. <https://doi.org/10.2307/1056910>
- Johnson T., Hebein F.J. (1974) Investments in human capital and growth in personal income 1956–1966. *The American Economic Review*, 64(4), 604–615. <https://www.jstor.org/stable/1813313>
- Lentini V., Gimenez G. (2019) Depreciation of human capital: A sectoral analysis in OECD countries. *International Journal of Manpower*, 40(7), 1254–1272. <https://doi.org/10.1108/IJM-07-2018-0207>
- Mincer J. (1974) *Schooling, Experience, and Earnings*, Cambridge, MA: NBER.
- Mincer J., Ofek H. (1982) Interrupted work careers: Depreciation and restoration of human capital (NBER Working Paper 0479), Cambridge, MA: NBER. DOI: 10.3386/w0479
- Murillo I.P. (2011) Human capital obsolescence: Some evidence for Spain. *International Journal of Manpower*, 32(4), 426–445. <https://doi.org/10.1108/01437721111148540>
- Muro M., Liu S., Whiton J., Kulkarni S. (2017) Digitalization and the American workforce, Washington, D.C.: Brookings Institution. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2017/11/mpp_2017nov15_digitalization_full_report.pdf, дата обращения 16.01.2022.
- Neuman S., Weiss A. (1995) On the effects of schooling vintage on experience-earnings profiles: Theory and evidence. *European Economic Review*, 39(5), 943–955. [https://doi.org/10.1016/0014-2921\(94\)00019-V](https://doi.org/10.1016/0014-2921(94)00019-V)
- Ramirez J. (2002) Age and schooling vintage effects on earnings profiles in Switzerland. In: *The Economics of Skills Obsolescence* (eds. A. de Grip, J. van Loo, K. Mayhew), Bingley: Emerald Group Publishing Limited, pp. 83–99. [https://doi.org/10.1016/S0147-9121\(02\)21006-7](https://doi.org/10.1016/S0147-9121(02)21006-7)
- Rodrigues M., Fernández-Macías E., Sostero M. (2021) *A unified conceptual framework of tasks, skills and competences*, Brussels: European Commission.
- Rosen S. (1975) *Measuring the obsolescence of knowledge*, Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Spitz-Oener A. (2006) Technical change, job tasks, and rising educational demands: Looking outside the wage structure. *Journal of Labor Economics*, 24(2), 235–270. <https://doi.org/10.1086/499972>
- Weber S. (2014) Human capital depreciation and education level. *International Journal of Manpower*, 35(5), 613–642. <https://doi.org/10.1108/IJM-05-2014-0122>

Настоящее и будущее цифровых методов управления человеческими ресурсами

Елена Завьялова

Профессор, заведующая кафедрой, zavyalova@gsom.spbu.ru

Дмитрий Соколов

Ассистент, d.sokolov@gsom.spbu.ru

Дмитрий Кучеров

Доцент, kucherov@gsom.spbu.ru

Антонина Лисовская

Доцент, a.lisovskaya@gsom.spbu.ru

Высшая школа менеджмента, Санкт-Петербургский государственный университет, 199004, Санкт-Петербург, Волховский пер., 3

Аннотация

Информационные технологии стремительно преобразуют корпоративные принципы управления человеческими ресурсами (УЧР). Эту тенденцию дополнительно усилила пандемия COVID-19, значительно ускорившая темпы распространения цифровых технологий в менеджменте персонала. Компании, способные быстро воспользоваться новыми инструментами УЧР, получают преимущество в сравнении с теми, которые уделяли цифровизации меньше внимания. Вместе с тем многие факторы и последствия этих процессов и их взаимосвязь с различными параметрами бизнеса остаются плохо изученными. Восполнить пробел позволит анализ

ключевых составляющих цифровизации УЧР применительно к значимым характеристикам организаций (размер, структура и текучесть персонала, эффективность деятельности) с использованием данных проведенного нами опроса 449 малых, средних и крупных российских компаний. Полученные результаты позволяют выделить два ключевых компонента цифровизации — количественный и качественный, и если первый связан с охватом, то второй — с эффективностью цифровых практик. Впрочем, сочетание широкого охвата с высокой эффективностью не всегда свидетельствует об успешности и функциональности компаний.

Ключевые слова: управление человеческими ресурсами; информационные и коммуникационные технологии; цифровизация; цифровая трансформация; электронное управление человеческими ресурсами; Россия

Цитирование: Zavyalova E., Sokolov D., Kucherov D., Lisovskaya A. (2022) The Digitalization of Human Resource Management: Present and Future. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 42–51. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.42.51

The Digitalization of Human Resource Management: Present and Future

Elena Zavyalova

Professor and Head of the Chair, zavyalova@gsom.spbu.ru

Dmitry Sokolov

Research Assistant, d.sokolov@gsom.spbu.ru

Dmitry Kucherov

Associate Professor, kucherov@gsom.spbu.ru

Antonina Lisovskaya

Associate Professor, a.lisovskaya@gsom.spbu.ru

School of Management of the St. Petersburg University, 3 Volkhovskiy Lane, St. Petersburg 199004, Russian Federation

Abstract

Information technologies are rapidly transforming the field of human resource management at organizations. The digital transformation of human resource management has become specifically important in the context of the COVID-19 pandemic, which has significantly accelerated the pace of digitalization of HR processes. Companies that are able to quickly take advantage of the opportunities of the implemented digital HRM technologies are in a better position than those in which digitalization was paid less attention. At the same time, the factors and consequences of the digitalization of human resource management, as well as its relationship

with various characteristics of firms, remain unclear today. This article provides an attempt to shed light on the key components of HRM digitalization analyzed against significant characteristics of organizations (size, personnel structure, staff turnover, performance) using the data of 449 small, medium, and large businesses operating on the Russian market. The collected data indicate the presence of two key components of digitalization: quantitative (reach or breadth) and qualitative (effectiveness of digital practices). We found that the combination of wide reach and high efficiency has not always been a sign of more successful and functional companies.

Keywords: human resource management; information technology; digitalization; digital transformation; electronic human resource management; Russia

Citation: Zavyalova E., Sokolov D., Kucherov D., Lisovskaya A. (2022) The Digitalization of Human Resource Management: Present and Future. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 42–51. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.42.51

Цифровая революция, охватившая многие сферы организации бизнеса в последние годы, обошла стороной и управление человеческими ресурсами (УЧР), что выразилось как во внедрении новых технологий в менеджмент персонала, так и в изменении соответствующих механизмов и перераспределении функций (Ulrich, Dulebohn, 2015). Цифровые технологии преобразуют традиционные процессы УЧР, структуру и функции HR-отделов, содержание деятельности профильных специалистов и, как следствие, всю цепочку создания ценности на основе человеческого капитала. Хотя общая динамика этих процессов сравнительно подробно описана в литературе, сохраняются заметные разногласия по поводу их конкретных форм в практике компаний (Ulrich, Dulebohn, 2015; Bondarouk, Brewster, 2016; Kehoe, Collins, 2017; Huselid, Minbaeva, 2018). Связь между отдельными управленческими методами и эффективностью организации пока еще не доказана (Bondarouk et al., 2016)¹, что оборачивается субъективизмом, тенденциозностью и имитационностью принимаемых решений и проводимых трансформаций.

Дополнительная трудность для теоретического осмысления происходящих изменений состоит в том, что почти все подходы в современном УЧР разрабатывались в предсказуемой среде и потому непригодны в условиях волатильности (Parry, Strohmeier, 2014; Stone et al., 2015). Пандемия коронавируса и вызванный ею экономический кризис обострили проблему цифровизации УЧР. Цифровые технологии стали универсальным ответом на возникшие вызовы. Компании, способные быстро освоить новые инструменты, получают сравнительное преимущество перед более консервативными конкурентами. Эффективность цифровых технологий работы с персоналом связывают с адаптивностью к гибким и удаленным формам занятости, однако практическая оценка такой связи пока не предпринималась.

В статье такие ключевые составляющие цифровизации УЧР, как охват и эффективность, рассматриваются с точки зрения значимых характеристик организаций: размеров, структуры и текучести кадров, продуктивности деятельности. Эмпирической основой исследования послужил опрос 449 компаний малого, среднего и крупного бизнеса, работающих на российском рынке. Опрос проводился в ноябре–декабре 2019 г., поэтому отражает докризисную ситуацию.

Цифровизация управления человеческими ресурсами: исследования в академической и консалтинговой сферах

Цифровизация как ключевой аспект цифровой экономики, основанной на использовании данных, состоит в применении цифровых технологий (информационных и коммуникационных (ИКТ), компьютерных) для значительного улучшения бизнес-показателей: повышения производительности труда, качества обслуживания клиента, оптимизации операций или формирования

новой бизнес-модели (Lepak, Snell, 1998; Vial, 2019; Fitzgerald et al., 2014). На большом массиве источников был выделен ряд особенностей этого многомерного по своей структуре и эффектам процесса (Strohmeier, 2020), в частности преобразование аналоговой организационной информации в цифровую для автоматизированной обработки. Подобный социотехнический механизм направлен на раскрытие цифрового потенциала компании для достижения ее операционных и/или стратегических целей.

В зависимости от уровня цифровизации стратегии и бизнес-операций выделяют четыре типа организаций (Strohmeier, 2020). В первом, аналоговом, потенциал цифровизации не покрывает ни стратегическую, ни текущую деятельность компании. Во втором случае — цифровой организации I (операционное применение) — областью приложения цифровизации выступает только управление операционными процессами для повышения их скорости и качества и снижения издержек. Третий тип, цифровая организация II (стратегическое соответствие), предполагает согласование технологических возможностей со стратегическими целями организации, а цифровизация покрывает все бизнес-операции и часть стратегии компании. В последнем типе, цифровой организации III (стратегическая интеграция), технологии напрямую интегрированы в процесс разработки стратегии, а цифровой потенциал используется для поиска новых направлений развития бизнеса (Strohmeier, 2009, 2020).

При описании процессов цифровизации в рассматриваемой сфере изначально использовалось понятие электронного УЧР (*electronic HRM, e-HRM*), включающее разнообразные средства интеграции механизмов менеджмента персонала и ИКТ в целях создания ценности в отдельной организации и между ними для целевых групп линейных и административных сотрудников (Bondarouk, Ruel, 2009). Электронное УЧР служит эффективным инструментом реализации соответствующих корпоративных функций с помощью ресурсов интернета (Parry, Tyson, 2011). Стремительная эволюция искусственного интеллекта и робототехники глубоко трансформировала подходы к организации электронного УЧР, очередным этапом развития которого стал переход к концепции цифрового УЧР (*digital HRM*), впервые теоретически и эмпирически описанной в публикациях 2020 г. Для целей настоящей статьи термины «электронное» и «цифровое» УЧР употребляются как синонимичные.

Большая часть существующих работ описывают цифровое УЧР как одномерный процесс или корпоративную практику (см., например: (Parry, Tyson, 2011)). В результате в количественных исследованиях УЧР рассматривается как обобщающая характеристика уровня распространения цифровых технологий на менеджмент персонала. Однако более комплексный анализ требует различения по меньшей мере двух составляющих цифрового УЧР: охвата и эффективности. Под охватом по-

¹ См. также: <https://www.vedomosti.ru/management/articles/2020/12/15/851115-sovershenni-protsessi>, дата обращения 19.03.2021.

нимается числовой коэффициент внедрения, или охват (*breadth*) цифрового УЧР (Parry, 2011). Так, в компании, в которой цифровыми технологиями обеспечена значительная часть процессов УЧР, включая рекрутинг, обучение и развитие, мотивацию, карьерное продвижение и т. п., охват цифрового УЧР будет выше независимо от его фактического вклада в результативность управления.

Эффективность цифрового УЧР выступает качественной характеристикой цифровизации, отражающей уровень интеграции цифровых практик в профильную деятельность компаний, простоту их применения для решения рутинных задач, «силу» (*strength*) цифровых инструментов (Bowen, Ostroff, 2004; Bondarouk et al., 2015). Например, в компании может быть дигитализирован лишь один аспект менеджмента персонала, но рента от внедрения технологий будет значительной.

Если российский бизнес лишь сравнительно недавно приступил к цифровизации УЧР, которая поэтому имеет пока скорее количественные (охват), чем качественные (эффективность) характеристики, то во многих зарубежных странах уже накоплен гораздо более масштабный опыт. Он позволяет исследователям трансформации УЧР использовать в анализе не примеры отдельных компаний, а сравнивать большие массивы данных, накопленных за несколько десятилетий. В работе (Фоссен, Зоргнер, 2019) отмечаются как деструктивные (замещение человеческих ресурсов машинами), так и трансформирующие (повышение производительности труда) эффекты цифровизации на рынок труда.

В исследованиях цифрового УЧР можно выделить два основных направления. Первое связано с самим внедрением цифровых технологий в менеджмент персонала, второе — с трансформацией соответствующих корпоративных стратегий и практик. Объектом изучения в первом случае выступает процесс цифровизации как таковой, во втором — цифровые технологии как средство трансформации функции УЧР в динамичной среде.

В рамках первого направления анализируются особенности проникновения цифровых технологий в УЧР компаний, в частности их вклад в снижение затрат и повышение эффективности работы с персоналом (Bondarouk et al., 2015). Хотя авторы отдельных исследований отмечают положительные эффекты цифровизации УЧР, ее продуктивное влияние на показатели бизнеса все еще не считается однозначно доказанным (Bondarouk et al., 2016). Сама рассматриваемая проблематика плохо концептуализирована, что выражается в разрозненных подходах к исследованиям и в некорректных оценках их результатов. В числе вопросов, не получивших должного рассмотрения, — факторы и последствия внедрения цифрового УЧР.

По мнению авторов второго подхода, оценить роль цифровых практик в деятельности компаний позволит

учет стратегических аспектов менеджмента персонала при преодолении современных социально-экономических вызовов. Профильным отделам необходимо проявлять одновременно стратегическое мышление, гибкость, эффективность и клиентоориентированность при сохранении полного спектра оказываемых услуг. Потенциал цифровых технологий обеспечивает достижение этой цели и совершенствование УЧР, цифровизация которого может служить средством решения операционных, реляционных и трансформационных задач организации (Lepak, Snell, 1998). Операционный уровень позволяет автоматизировать рутинную деятельность с меньшей добавленной стоимостью и включает процессы документооборота, найма персонала, администрирования систем вознаграждения. На реляционном уровне происходит внутренняя и внешняя коммуникация, обеспечивающая скорость и качество обслуживания сотрудников и клиентов (Brockbank, 1997). На трансформационном уровне осуществляются стратегическая координация и интеграция разрозненных практик и инициатив по УЧР в общекорпоративном масштабе и в отдельных подразделениях. Ключевую роль во внедрении цифровых технологий на всех уровнях играют факторы, связанные с восприятием новых решений со стороны персонала, которые можно разделить на касающиеся качества и полезности проводимых изменений (Kohansal et al., 2016).

Вопросы цифровизации УЧР привлекают консалтинговые и аналитические компании. Так, в отчете PwC она отнесена к приоритетным направлениям концепции Индустрии 4.0, основным ограничением в реализации которой названы низкий уровень развития цифровой культуры и дефицит профильных специалистов в компаниях². Роль персонала и стратегий по работе с ним для успешной цифровизации отмечают в своем отчете и эксперты McKinsey³. Компания Deloitte в ежегодно публикуемом обзоре Human Capital Trends выделяет важнейшие тенденции в сфере корпоративного УЧР в разных странах. Цифровизация остается одним из ключевых трендов в области менеджмента персонала на протяжении многих лет. В 2017 г. авторы исследования отмечали, что рассматриваемая функция должна не только дигитализировать саму себя, но и способствовать этому процессу в других сферах, а потому цифровая трансформация организации должна начинаться именно с УЧР⁴. В указанном обзоре также раскрыто содержание цифровизации УЧР: внедрение актуальных ИКТ-инструментов и специализированных приложений, их автоматизация и обеспечение принятия решений на основе данных.

Если исследования консалтинговых компаний 2016–2017 гг. описывают цифровизацию как приоритетную задачу саму по себе, то в обзорах 2018–2019 гг. она рассматривается как инструмент достижения более стратегических целей, продиктованных изменением социаль-

² https://www.pwc.ru/ru/technology/assets/global_industry-2016_rus.pdf, дата обращения 19.03.2021.

³ <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/the-people-power-of-transformations>, дата обращения 19.03.2021.

⁴ <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/human-capital-trends/2017/digital-transformation-in-hr.html>, дата обращения 19.03.2021.

Табл. 1. Распределение компаний по городам

Город	Число компаний в выборке
Казань	38
Москва	139
Нижний Новгород	8
Пермь	44
Самара	41
Санкт-Петербург	135
Уфа	42

Источник: составлено авторами.

но-экономической среды. В совместном отчете SAP и Deloitte на российском материале показано, что наилучших результатов в исследуемой области достигли компании со штатом свыше 10 000 сотрудников⁵. Именно они предъявляют спрос и располагают возможностями для внедрения соответствующих практик. При этом большинство небольших организаций (до 100 сотрудников) отметили, что могут обходиться без формального УЧР и его автоматизации. Компании были разделены на 4 группы: (1) традиционный «ручной» подход (УЧР на бумаге); (2) частичная автоматизация; (3) зрелая автоматизация; (4) интеллектуальное УЧР.

Согласно выводам экспертов по сравнению с зарубежными игроками цифровизация российских компаний находится на несколько более низком уровне и соответствует стадии фрагментарной автоматизации. Четверть отечественных организаций находятся на стадии «бумажного УЧР», лишь 9% можно считать достигшими зрелой автоматизации, и ни одна не соответствует стадии интеллектуального УЧР. Уровни цифровизации существенно варьируют по отраслям российской экономики. Так, финансовая и банковская сферы, металлургия и горная добыча, IT и телеком остаются лидерами, применяющими лучшие мировые практики в данной сфере. Высокие темпы цифровизации УЧР демонстрируют также ритейл, фармакология, товары повседневного спроса (FMCG), медиа, включая интернет. В группе со средними темпами автоматизации и цифровизации УЧР («догоняющие») — отрасли добычи нефти и газа, профессиональных услуг, производства и логистики.

В целом результаты публичных аналитических отчетов совпадают с выводами академических исследований о высокой значимости происходящих трансформаций в сфере УЧР. Процесс цифровизации российского бизнеса, пройдя ряд начальных этапов, захватывает всё новые сферы. На этом фоне актуальной становится задача выявления ключевых характеристик компаний, вовлеченных в описываемые процессы.

Методология

Для сбора информации о текущем уровне цифровизации российских компаний была проведена серия телефонных структурированных интервью с руководителя-

ми HR-отделов, высшим руководством и менеджерами персонала в организациях, оперирующих в крупных городах (табл. 1).

Случайная выборка компаний из базы данных Amadeus Bureau Van Dijk формировалась исходя из таких первичных критериев, как численность персонала свыше 50 сотрудников и наличие офисов в российских городах с населением более 800 тыс. человек. Рандомизация позволила добиться схожести выборки с генеральной совокупностью российских компаний по ключевым характеристикам, включая их возраст, размеры и отраслевую принадлежность. В итоговую выборку вошли 449 компаний из 16 отраслей (табл. 2).

Задачей исследования было сравнить компании с разной широтой охвата и эффективностью внедренных инструментов цифрового УЧР. Для измерения первого параметра респондентам было предложено оценить деятельность компании по 15 шкалам Лайкерта от 1 (совсем не используется) до 7 (активно используется). Шкалы включали следующие блоки: публикация информации об УЧР онлайн, наличие интранет-сервисов, применение интернет-сервисов в рекрутинге, обучении и развитии, мотивации, оценке персонала и формировании HR-бренда (пример шкалы — «Обучение персо-

Табл. 2. Распределение компаний по отраслям

Отрасль	Число компаний в выборке
Обрабатывающие производства	145
Профессиональные услуги, научная и техническая деятельность	71
Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств и мотоциклов	51
Строительство	49
Транспортировка и хранение	27
Информационная и коммуникационная деятельность	22
Операции с недвижимым имуществом	16
Электро-, газо- и пароснабжение; кондиционирование воздуха; водоснабжение; водоотведение, сбор и утилизация отходов, ликвидация загрязнений	16
Административная деятельность и сопутствующие услуги	14
Гостиничная деятельность и общественное питание	10
Добыча полезных ископаемых	8
Финансовая и страховая деятельность	7
Здравоохранение	5
Образование	3
Спорт, отдых и развлечения	2
Ремонт компьютеров, предметов личного потребления и хозяйственно-бытового назначения	1

Источник: составлено авторами.

⁵ http://obzory.hr-media.ru/cifrovaya_transformaciya_hr_russia, дата обращения 19.03.2021.

Табл. 3. Отраслевая принадлежность компаний с разной степенью цифровизации УЧР

Показатели	Кластер			
	1	2	3	4
Производство, строительство и добыча полезных ископаемых, число компаний (% от общего числа)	83 (19%)	21 (5%)	16 (4%)	98 (22%)
Профессиональные услуги, число компаний (% от общего числа)	73 (16%)	12 (3%)	13 (3%)	53 (12%)
Торговля и транспорт, число компаний (% от общего числа)	31 (7%)	4 (1%)	9 (2%)	34 (8%)

Примечание для таблиц 3–7: кластер 1 — высокая эффективность, большой охват; кластер 2 — высокая эффективность, небольшой охват; кластер 3 — низкая эффективность, большой охват; кластер 4 — низкая эффективность, небольшой охват.

Источник: составлено авторами.

нала происходит с помощью e-learning-инструментов»). Эффективность цифровизации УЧР рассчитывалась сходным образом с использованием 25 шкал, отражающих следующие характеристики: корректность, качество, частота, надежность и гибкость использования ИКТ-решений, их интеграцию с реальными управленческими практиками, удовлетворенность пользователей и заинтересованных лиц, влияние ИКТ на цели компании, задачи HR-службы и вовлеченность персонала (пример шкалы — «Цифровые технологии УЧР надежны в работе (доступны и работают без ошибок)»). Факторный анализ подтвердил высокую робастность обоих показателей ($AVE > 0.5$, $CR > 0.8$, альфа Кронбаха > 0.8).

В анализе применялись также сведения из базы Bureau van Dijk (численность персонала за 2019 г., капитализация в евро, рост численности персонала компаний за три года, доходность активов (ROA) и вложенного капитала (ROCE)) и данные, входившие в опросник (структура персонала по возрасту и типу занятости, текучесть кадров, использование аналоговых практик УЧР). Аналоговые механизмы измерялись с помо-

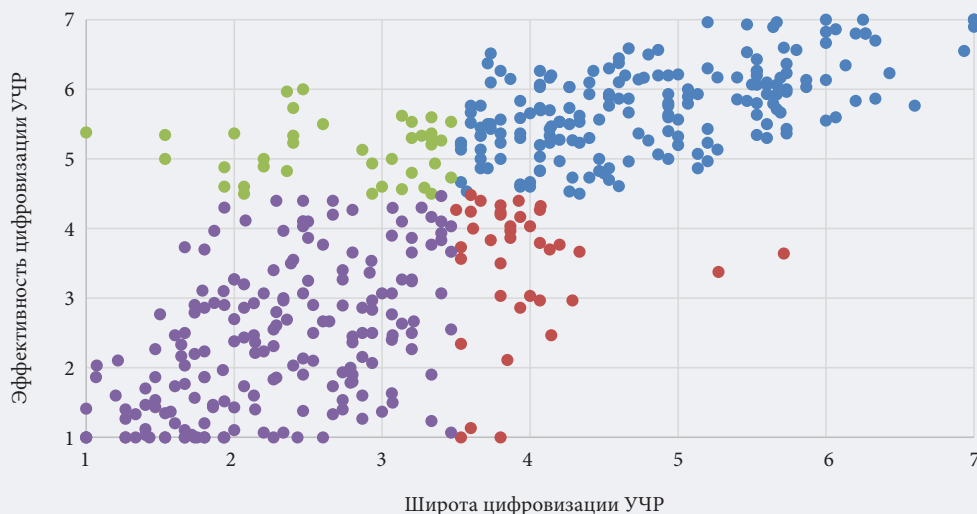
щью популярной модели, предполагающей выделение трех взаимосвязанных типов практик УЧР: развития навыков, повышения мотивации и расширения возможностей (*ability — motivation — opportunity*, АМО) (Gardner et al., 2011; Appelbaum et al., 2000). Так, практики развития навыков охватывают сферы обучения и рекрутинга, практики повышения мотивации — сферы компенсации и оценки, практики расширения возможностей — сферы вовлечения и организации обратной связи. Наличие соответствующих практик оценивалось посредством шкалы Лайкерта от 1 (практика отсутствует) до 7 (широко распространена).

Результаты

Компании были разделены на кластеры по медианным значениям широты (3.5) и эффективности (4.5) цифровизации УЧР. В результате были получены четыре кластера организаций (рис. 1).

В первый кластер вошли компании с высокой эффективностью и большим охватом цифровизации УЧР.

Рис. 1. Кластеризация компаний по охвату и эффективности цифровизации УЧР



Примечание: цвета обозначают принадлежность наблюдений к кластерам цифровизации УЧР.

Источник: составлено авторами.

Табл. 4. Дескриптивная статистика размеров компаний

Показатели		Кластер			
		1	2	3	4
Численность персонала, чел. (средняя)		321.50	362.11	276.71	393.24
Численность персонала, чел. (стандартное отклонение)		506.94	499.99	499.16	688.25
Тип компании по размеру (число компаний)	Крупные (≥250)	58	17	7	60
	Средние (100–250)	68	11	12	65
	Малые (50–100)	61	9	19	60
Капитализация, евро (среднее)		24 167.59	17 076.42	12 753.17	21 264.72
Капитализация, евро (стандартное отклонение)		66 251.77	27 658.61	23 406.06	52 691.58

Источник: составлено авторами.

Второй включал компании с высокой эффективностью, но более скромным охватом, т. е. внедрившие ограниченный набор технологий лишь в некоторые процессы УЧР, но добившиеся их значимой результативности. Третий кластер объединяет компании с широким охватом, но низкой эффективностью цифровых практик УЧР. Здесь многие процессы обеспечены цифровым инструментарием, но он недостаточно эффективно используется. Наконец, четвертый кластер состоит из организаций с невысокой эффективностью и небольшим охватом цифровых практик УЧР.

Отраслевой анализ показывает, что кластер «высокая эффективность, большой охват» характеризуется максимальной долей компаний сферы профессиональных услуг, а в кластере компаний с наименьшей степенью цифровизации представлена самая существенная доля отраслей производства, строительства и добычи полезных ископаемых.

Дальнейший анализ проходил в несколько этапов. На первом были проанализированы ключевые параметры, характеризующие компании четырех кластеров с точки зрения размеров бизнеса. Вторым этапом предполагал рассмотрение структуры персонала по возрасту и формам занятости, а также уровня текучести кадров. Третий этап состоял в анализе традиционных, аналоговых практик

УЧР, в том числе направленных на развитие навыков сотрудников, повышение их мотивации и расширение профессиональных возможностей. На финальном, четвертом этапе оценивалась результативность в компаниях с различными типами цифровизации УЧР.

Размеры компаний

В табл. 4 содержатся данные по ключевым параметрам, связанным с размерами бизнеса (численностью персонала и капитализацией) компаний всех четырех кластеров. Наименьшими оказались размеры организаций третьего кластера (низкая эффективность, большой охват), наибольшими по численности персонала — компании четвертого кластера (низкая эффективность, небольшой охват), а по совокупным активам — первого кластера (высокая эффективность, большой охват). Максимальные стандартные отклонения (разброс) численности персонала и размера активов в компаниях первого и четвертого кластеров могут свидетельствовать об их высокой внутренней гетерогенности.

Полученные данные позволяют констатировать наличие взаимосвязи между размерами компаний и типом реализуемой ими цифровизации УЧР. Причем эта взаимосвязь, по-видимому, носит нелинейный характер и подвержена влиянию других факторов.

Табл. 5. Дескриптивная статистика структуры и текучести персонала

Показатели		Кластер			
		1	2	3	4
Средняя численность персонала, чел.		321.50	362.11	276.71	393.24
Структура персонала по возрастным группам, %	25 лет и моложе	17.83	11.73	10.80	9.82
	От 26 до 40 лет	40.92	38.70	45.79	40.14
	От 41 до 54 лет	29.24	36.97	31.58	34.39
	55 лет и старше	15.06	15.28	19.03	19.33
Структура персонала по типам занятости, %	Удаленная занятость	11.07	1.67	4.44	2.92
	Частичная занятость	11.20	3.91	5	4.43
	Занятость по фрилансу	8.65	0	0	1.42
	Полная занятость	80.80	96.62	97.89	95.30
Текучесть персонала	По инициативе работника	5.51	6.47	5.59	4.76
	По иным причинам	4.19	2.46	1.00	2.53

Источник: составлено авторами.

Структура и текучесть персонала

Табл. 5 характеризует структуру персонала и его текучесть в компаниях четырех кластеров. По возрастной структуре выделяются компании первого кластера (высокая эффективность, большой охват) с наибольшей долей сотрудников до 25 лет и наименьшей — 55 лет и старше. Компании трех других кластеров имеют сходные возрастные структуры с максимальными долями сотрудников от 26 до 30 и от 41 до 54 лет. Компании третьего и четвертого кластеров (низкая эффективность цифровизации УЧР) имеют наибольшие доли сотрудников 55 лет и старше. Такие результаты позволяют допустить отрицательную связь эффективности цифровизации УЧР (безотносительно широты ее охвата) и среднего возраста персонала.

В структуре персонала по типам занятости существенно выделяется первый кластер (высокая эффективность, большой охват), компании которого чаще применяют нестандартные формы занятости (в сумме таковых около 19%). Компании третьего кластера (низкая эффективность, большой охват) характеризуются сравнительно высокой долей сотрудников на удаленной и частичной занятости.

Наибольшую суммарную текучесть персонала по инициативе работника и по иным причинам демонстрируют компании первого кластера. Организации с развитой цифровой инфраструктурой УЧР располагают большим объемом данных и механизмов увольнения сотрудников, что предопределяет их большую мобильность. Наименьшая текучесть по независящим от работника причинам отличает компании третьего кластера (низкая эффективность, большой охват).

Практики УЧР

В табл. 6 представлены усредненные показатели использования различных типов традиционных (аналоговых) практик УЧР: развития навыков, повышения мотивации и расширения возможностей. Максимальный уровень применения практик всех трех типов отличает компании первого кластера (высокая эффективность, большой охват). Сравнительно высокий показатель практик расширения возможностей (5.2) выделяет из общего ряда третий кластер (низкая эффективность, большой охват). Наименее распространены такие прак-

Табл. 6. Дескриптивная статистика типов используемых практик УЧР

Показатели (средние значения)	Кластер			
	1	2	3	4
Использование практик развития навыков	5.43	4.55	4.22	3.63
Использование практик повышения мотивации	5.54	4.42	3.99	3.77
Использование практик расширения возможностей	5.76	4.45	5.20	4.07

Источник: составлено авторами.

Табл. 7. Дескриптивная статистика показателей эффективности компаний

Показатели	Кластер			
	1	2	3	4
Рост компании за 3 года (среднее)	3.06	0.64	0.90	4.48
Рост компании за 3 года (стандартное отклонение)	11.53	1.85	2.24	24.52
ROA (operational revenue / total assets) (среднее)	2.21	2.15	2.09	5.93
ROA (operational revenue / total assets) (стандартное отклонение)	3.13	1.94	1.79	53.10
ROCE (среднее)	40.61	31.10	37.63	48.18
ROCE (стандартное отклонение)	102.21	43.68	34.68	86.89

Источник: составлено авторами.

тики в компаниях с низкой эффективностью и небольшим охватом цифровизации УЧР.

Результативность компании

В табл. 7 обобщены различные показатели эффективности компании: рост за последние три года, ROA и ROCE. Как видно, благотворное влияние цифровых инструментов УЧР для бизнеса, обосновываемое в многочисленных исследованиях, не находит эмпирического подтверждения. Самыми результативными в выборке оказались компании четвертого кластера (низкая эффективность, небольшой охват). Это может объясняться их разнородностью (свидетельство чему — высокие значения стандартных отклонений), обусловленной длительным присутствием многих игроков на рынке, что и обеспечило им конкурентоспособность без применения цифровых инструментов. Другим объяснением может служить общий низкий уровень развития цифрового УЧР в России. Нацеленные на его внедрение компании ищут новые источники конкурентоспособности и формы трансформации технологий в бизнес-результаты. Относительного успеха в этом отношении, связанного как с ростом бизнеса, так и с рентабельностью, достигают компании первого кластера.

«Половинчатые» стратегии цифровизации УЧР оказываются наименее эффективными с точки зрения результативности. Второй (высокая эффективность, небольшой охват) и третий кластеры (низкая эффективность, большой охват) демонстрируют одинаково низкие показатели роста и рентабельности.

Заключение и обсуждение результатов

Предпринятое нами исследование степени цифровизации УЧР 449 компаний малого, среднего и крупного бизнеса в 16 отраслях российской экономики опиралось на существующие академические работы и отчеты ведущих консалтинговых компаний (Deloitte, PwC,

McKinsey) в рассматриваемой области. В противовес преобладающему в литературе подходу предложен комплексный взгляд на цифровизацию УЧР через применение для ее описания по меньшей мере двух характеристик — количественной (охват) и качественной (эффективность). Охват характеризует степень распространения цифровых технологий в УЧР, т.е. цифрового УЧР как такового, а эффективность отражает уровень интеграции цифровых практик в реальную деятельность по УЧР, т.е. то, насколько такие практики легко использовать для решения операционных задач.

С одной стороны, применение указанных характеристик позволяет по-новому взглянуть на сам неравномерный процесс цифровизации УЧР с помощью расширения его охвата или, наоборот, углубления одного из его направлений. С другой стороны, подобный подход помогает четче операционализировать цифровизацию УЧР, учитывая не некую общую степень дигитализации, а ее содержательные параметры.

Собранные эмпирические данные подтверждают существование двух модусов цифровизации УЧР, на основе которых компании выборки можно разделить на четыре кластера в зависимости от: (1) высокой эффективности практик цифрового УЧР и большого охвата цифровизации соответствующих процессов; (2) высокой эффективности таких практик, но небольшого охвата цифровизации; (3) низкой эффективности цифровых практик, но широкого охвата цифровизации; и (4) низкой эффективности и небольшого охвата цифровых практик УЧР. В дополнение к существующим исследованиям взаимосвязи цифровизации УЧР и различных характеристик фирмы (см., например: (Bondarouk et al., 2016)) изучение кластеров позволило обнаружить специфические паттерны и особенности компаний с различным уровнем цифровизации рассматриваемых процессов.

Полученные данные свидетельствуют о том, что более преуспевшие в цифровизации компании обладают большей гибкостью в управлении структурой персонала: они чаще прибегают к нестандартным типам занятости и имеют в среднем более молодой штат. Этому способствует применение ИКТ-инструментов укрепления HR-бренда, которые обеспечивают повышение интереса соискателей к вакансиям. Кроме того, компании с более масштабной и эффективной цифровизацией УЧР демонстрируют высокие показатели текучести персонала, в том числе по инициативе работодателя, что может отражать не столько недостатки HR-менеджмента, сколько его гибкость и динамичность (Siebert, Zubanov, 2009). Подобные результаты добавляют дискуссионности ранее полученным данным о том, что цифровые технологии влияют на рабочий опыт персонала в компании в исключительно положительном ключе (Malik et al., 2020).

Другой подтвержденной гипотезой стало отсутствие прямой зависимости между уровнем цифровизации и результативностью бизнеса, что противоречит традиционным представлениям, однако согласуется с выводами некоторых исследований, ставивших под сомне-

ние связь цифровизации УЧР с быстрой отдачей в виде экономических показателей. Хотя технологии избавляют HR-менеджеров от значительной части рутинных задач (Ruel et al., 2004) и облегчают решение кадровых вопросов для рядовых сотрудников (Malik et al., 2020), их влияние на продуктивность компаний требует дальнейшего изучения. По полученным данным, компании с наименьшим уровнем цифровизации (небольшой охват, низкая эффективность) оказались лидерами по основным показателям результативности, включая темпы роста. Это может означать, что эффекты цифровизации УЧР оказываются положительными не для всех видов бизнеса, и некоторые организации успешно обходятся без ИКТ-инструментов в рассматриваемой сфере. Речь идет о компаниях четвертого кластера, которые также в наименьшей степени задействуют традиционные (аналоговые) практики УЧР. Подобные результаты частично подкрепляют ранее полученные выводы о том, что цифровизация УЧР обеспечивает устойчиво высокие экономические показатели только тогда, когда глубоко интегрирована в бизнес и поддерживает стратегическую функцию УЧР (Njoku, 2016).

Среди практических рекомендаций отметим необходимость тщательно анализировать и очерчивать тот набор функций УЧР, которые требуют применения ИКТ-решений. Организациям следует детально просчитывать ожидаемые результаты внедрения таких инструментов и трезво оценивать экономическую отдачу от инвестиций в них. Менеджменту важно принимать во внимание структурные особенности компании, в том числе связанные с характеристиками штата и масштабами использования практик УЧР при реализации цифровых проектов в этой сфере.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение содержания и факторов цифровизации в российских и зарубежных компаниях. Несмотря на достигнутые успехи в выявлении стимулов и барьеров для внедрения цифровых технологий в сфере УЧР, до сих пор остается непроявленным сам механизм их влияния. Для заполнения этой лакуны могут оказаться полезными качественные исследования компаний с высокой и низкой степенью цифровизации. Сохраняет актуальность и оценка взаимосвязи параметров этих процессов с показателями эффективности отечественных компаний на большем массиве данных и с применением специальных статистических инструментов. Ценным мог бы стать анализ в том числе неэкономических показателей работы фирм. Так, есть основания полагать, что цифровые технологии в УЧР оказываются наиболее действенными при преодолении кризиса и переориентации компаний на удаленный формат работы. Тем самым цифровизация УЧР может рассматриваться как ресурс антикризисного управления, пусть и не гарантирующий краткосрочных экономических результатов.

Исследование выполнено в рамках проекта «Трансформация управления человеческими ресурсами российских компаний в условиях цифровой экономики», выполняемого при финансовой поддержке СПбГУ (проект № АААА-А19-119062890064-2).

Библиография

- Фоссен Ф., Зоргнер А. (2019) Будущее труда: деструктивные и трансформационные эффекты цифровизации. *Форсайт*, 13(2), 10–18. DOI: 10.17323/2500-2597.2019.2.10.18
- Appelbaum E., Bailey T., Berg P., Kallenberg A.L. (2000) *Manufacturing advantage: Why high-performance work systems pay off*, Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Bondarouk T., Brewster C. (2016) Conceptualising the future of HRM and technology research. *International Journal of Human Resource Management*, 27(21), 2652–2671. <https://doi.org/10.1080/09585192.2016.1232296>
- Bondarouk T., Harms R., Lepak D. (2015) Does e-HRM lead to better HRM service? *International Journal of Human Resource Management*, 28(9), 1332–1362. <https://doi.org/10.1080/09585192.2015.1118139>
- Bondarouk T., Parry E., Furtmueller E. (2016) Electronic HRM: Four decades of research on adoption and consequences. *International Journal of Human Resource Management*, 28(1), 98–131. <https://doi.org/10.1080/09585192.2016.1245672>
- Bondarouk T.V., Ruël H.J.M. (2009) Electronic human resource management: Challenges in the digital era. *International Journal of Human Resource Management*, 20, 505–514. <https://doi.org/10.1080/09585190802707235>
- Bowen D.E., Ostroff C. (2004) Understanding HRM-Firm Performance Linkages: The Role of the “Strength” of the HRM System. *Academy of Management Review*, 29(2), 203–221. <https://psycnet.apa.org/doi/10.2307/20159029>
- Brockbank W. (1997) HR's Future on the Way to a Presence. *Human Resource Management*, 36, 65–69. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-050X\(199721\)36:1%3C65::AID-HRM11%3E3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-050X(199721)36:1%3C65::AID-HRM11%3E3.0.CO;2-D)
- Fitzgerald M., Kruschwitz N., Bonnet D., Welch M. (2014) Embracing digital technology: A new strategic imperative. *MIT Sloan Management Review*, 55(2), 1–12. <https://sloanreview.mit.edu/projects/embracing-digital-technology/>, дата обращения 15.11.2021.
- Gardner T.M., Wright P.M., Moynihan L.M. (2011) The impact of motivation, empowerment, and skill-enhancing practices on aggregate voluntary turnover: The mediating effect of collective affective commitment. *Personnel Psychology*, 64(2), 315–350. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2011.01212.x>
- Huselid M., Minbaeva D. (2019) Big Data and Human Resource Management. In: *The SAGE Handbook of Human Resource Management* (eds. A. Wilkinson, N. Bacon, S. Snell, D. Lepak), Thousand Oaks, CA: SAGE Publications Ltd., pp. 494–507. <http://dx.doi.org/10.4135/9781529714852.n29>
- Kehoe R.R., Collins C.J. (2017) Human Resource Management and Unit Performance in Knowledge-Intensive Work. *Journal of Applied Psychology*, 102(8), 1222–1236. <https://doi.apa.org/doi/10.1037/apl0000216>
- Kohansal M.A., Sadegh T., Haghshenas M. (2016) E-HRM: From Acceptance to Value Creation. *Journal of Information Technology Management*, 27(1), 18–27.
- Lepak D.P., Snell S.A. (1998) Virtual HR: Strategic human resource management in the 21st century. *Human Resource Management Review*, 8(3), 215–234. [https://doi.org/10.1016/S1053-4822\(98\)90003-1](https://doi.org/10.1016/S1053-4822(98)90003-1)
- Malik A., Budhwar P., Patel C., Srikanth N.R. (2020) May the bots be with you! Delivering HR cost-effectiveness and individualised employee experiences in an MNE. *International Journal of Human Resource Management*, Ahead-of-print, 1–31. <https://doi.org/10.1080/09585192.2020.1859582>
- Njoku E. (2016) *An analysis of the contribution of e-HRM to sustaining business performance* (doctoral dissertation), Newport: University of South Wales.
- Parry E. (2011) An examination of e-HRM as a means to increase the value of the HR function. *International Journal of Human Resource Management*, 22(5), 1146–1162. <https://doi.org/10.1080/09585192.2011.556791>
- Parry E., Strohmeier S. (2014) HRM in the digital age — digital changes and challenges of the HR profession. *Employee Relations*, 36(4). <https://doi.org/10.1108/ER-03-2014-0032>
- Parry E., Tyson S. (2011) Desired goals and actual outcomes of e-HRM. *Human Resource Management Journal*, 21(3), 335–354. <https://doi.org/10.1111/j.1748-8583.2010.00149.x>
- Ruel H., Bondarouk T., Looise J.K. (2004) E-HRM: Innovation or irritation: An explorative empirical study in five large companies on web-based HRM. *Management Revue*, 15, 364–381.
- Siebert W.S., Zubanov N. (2009) Searching for the optimal level of employee turnover: A study of a large UK retail organization. *Academy of Management Journal*, 52(2), 294–313. <https://doi.org/10.5465/amj.2009.37308149>
- Stone D.L., Deadrick D.L., Lukaszewski K.M., Johnson R. (2015) The influence of technology on the future of human resource management. *Human Resource Management Review*, 25(2), 216–231. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2015.01.002>
- Strohmeier S. (2009) Concepts of e-HRM consequences: A categorisation, review and suggestion. *International Journal of Human Resource Management*, 20, 528–543. <https://doi.org/10.1080/09585190802707292>
- Strohmeier S. (2020) Digital human resource management: A conceptual clarification. *German Journal of Human Resource Management: Zeitschrift für Personalforschung*, 34(3), 345–365.
- Ulrich D., Dulebohn J.H. (2015) Are we there yet? What's next for HR? *Human Resource Management Review*, 25(2), 188–204. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2015.01.004>
- Vial G. (2019) Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>

Факторы удовлетворенности электронным обучением в университетах и намерения участвовать в нем

Иоанна Эйдис

Профессор, j.ejdys@pb.edu.pl

Белостокский технологический университет (Bialystok University of Technology), Wiejska 45A, 15-351 Białystok, Poland

Аннотация

Долгосрочный интерес к электронному образованию, дополнительно усиленный пандемией COVID-19, выразился в росте числа исследований, посвященных анализу и выявлению факторов участия в различных формах такой подготовки. Намерение пройти электронное обучение может быть продиктовано множеством причин, решающая из которых пока не стала предметом консенсуса. В статье проанализированы факторы удовлетворенности студентов Белостокского технологического университета (Польша) электронным образованием и готовности продолжить его в будущем, а также взаимосвязь между ними. Речь, в частности, идет о таких анализируемых в существующей литературе факторах, как компьютерная грамотность, благоприятные условия, удовлетворенность и намерение участвовать в электронном образовании в будущем.

Сбор данных производился посредством структурированных анкет и компьютерного онлайн-опроса. Анкету, ссылка на которую была разослана по внутренней электронной почте университета, полностью заполнили 803 студента. Точность оценки параметров модели верифицировалась с помощью подтверждающего факторного анализа. Для расчета значений измеряемых переменных использовался обобщенный метод наименьших квадратов. Показано, что более высокая компьютерная грамотность и благоприятные условия предопределяют большую удовлетворенность пользователей участием в электронном образовании, причем значение второго фактора выше в сравнении с первым. Полученные результаты подтверждают гипотезу об удовлетворенности как ключевом факторе намерения участвовать в электронном образовании в будущем.

Ключевые слова: электронное образование; удовлетворенность потребителя; будущие намерения; компьютерная грамотность; студенты университетов

Цитирование: Ejdys J. (2022) Factors Influencing Satisfaction and Future Intention to Use E-Learning at the University Level. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 52–64. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.52.64

Factors Influencing Satisfaction and Future Intention to Use E-Learning at the University Level

Joanna Ejdys

Professor, j.ejdys@pb.edu.pl

Białystok University of Technology, Wiejska 45A, 15-351 Białystok, Poland

Abstract

With the growing interest in e-education, particularly in the context of the pandemic, more scientific studies have been undertaken recently to analyze and identify factors influencing e-learning acceptance. Indeed, e-learning acceptance depends on many different factors, but no consensus has been reached on factors that contribute most to the acceptance of e-learning solutions. Consequently, this article ascertains the factors and their relationships behind the satisfaction and the future intention to use e-learning among Polish university students. From among the factors analyzed in the literature, the author examined the relationship between computer self-efficacy (CSE), facilitating conditions (FC), satisfaction (S), and the future intention to use e-learning (FI). Data were gathered using structured questionnaires and computer-assisted web

interviewing (CAWI). Students at Białystok University of Technology (Poland) were sent an electronic link to the questionnaires using the internal e-mail system. A total of 803 forms were returned fully filled out. Aiming to ascertain the extent to which measured variables describe the number of constructs, the author conducted a Confirmatory Factor Analysis (CFA). The Generalized Least Squares (GLS) estimator was used to calculate the values of model parameters.

The results confirmed that higher computer self-efficacy and better facilitation conditions result in greater user satisfaction with e-learning. However, facilitating conditions impact user satisfaction more than computer self-efficacy construct variables. Based on the findings, user satisfaction is a strong antecedent of the future intention to use e-learning.

Keywords: e-learning; consumer satisfaction; future intention to use; computer self-efficacy; university students

Citation: Ejdys J. (2022) Factors Influencing Satisfaction and Future Intention to Use E-Learning at the University Level. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 52–64. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.52.64

Динамичное развитие информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) преобразует все стороны жизни общества, включая образование. Электронные формы вузовской подготовки стирают временные и пространственные ограничения, удовлетворяя растущий спрос на профессиональное обучение. Пандемия COVID-19 дополнительно усилила значение ИКТ в человеческой деятельности (Fritsch et al., 2021). Сбои в работе образовательных учреждений во многих странах способствовали ускорению цифровизации этой сферы. По данным ЮНЕСКО (UNESCO, 2020), этот процесс затронул 72.4% учащихся в 177 странах. Корректная организация эффективного дистанционного обучения стала серьезным вызовом для образовательных учреждений, потребовавшим более сложных подходов, зачастую принципиально отличных от традиционных очных. Несмотря на готовность организаций к внедрению новых ИКТ и предпринимаемые в этом направлении усилия, успешное применение инструментов электронного обучения в основном зависит от открытости к их использованию и удовлетворенности конечных потребителей (Arteaga Sánchez, Duarte Nueros, 2010; Recker, 2016).

Интерес к электронному образованию, особенно в условиях пандемии, выразился и в росте числа исследований, посвященных выявлению и анализу факторов обращения к электронному формату обучения и успешного применения соответствующих технологий (Yi, Hwang, 2003; Emelyanova, Voronina, 2014). Несмотря на активное продвижение, уровень использования таких технологий или полный отказ от них по-прежнему зависит исключительно от решения пользователей (Recker, 2016). Среди исследователей до сих пор не сложилось консенсуса о том, какие факторы являются в этом вопросе решающими (Weerathunga et al., 2021), поэтому изучение мотивации учащихся остается важной задачей (Jung, Lee, 2018; Emelyanova, Voronina, 2014).

В настоящей статье проанализированы факторы, определяющие уровень удовлетворенности электронным образованием студентов Белостокского технологического университета (Польша), их готовность продолжать такое обучение, а также взаимосвязь между этими переменными. Из числа описанных в литературе рассматриваются такие факторы, как компьютерная грамотность (КГ), благоприятные условия (БУ), удовлетворенность пользователей (УП) и намерение участвовать в электронном образовании в будущем (будущее намерение, БН). Переменные для оценки БН были выбраны на основе обзора публикаций о моделях принятия технологий электронного обучения. Первоочередное внимание было уделено влиянию КГ и БУ на УП, а также эффекту УП в отношении БН. Разработанная модель позволила учесть как внутренний (способность учащихся пользоваться инструментами ИКТ), так и внешний (поддержка пользователей администрацией и ИКТ-персоналом университета) факторы.

Обзор литературы

Под электронным образованием понимается совокупность цифровых инструментов поддержки учебного процесса (OECD, 2020). Применение любых новых технологических решений помимо практической плоскости имеет экономические, социальные, этические и правовые аспекты. В период пандемии обычный учебный процесс, включая различные подходы, инструменты и методы проверки результатов, потребовал быстрой трансформации, к которой многие преподаватели и учащиеся оказались не готовы. Эта тенденция наложила на общий рост интереса к электронному образованию, подогревающий спрос на исследования данного формата обучения. По прогнозам, в 2022 г. глобальный рынок таких услуг превысит 243 млрд долл. (Duffin, 2020).

Широкий спектр направлений исследований электронного образования обусловлен разнородным составом участников всего цикла обучения, включая планирование, преподавание, применение технологий, повышение качества и оценку результатов. К кругу заинтересованных сторон можно отнести учащихся, технический персонал, преподавателей, образовательные и аккредитационные учреждения, курирующие министерства, поставщиков технологий и учебного материала, ассоциации преподавателей и студенческие объединения.

В центре внимания исследователей находятся предполагаемые преимущества технологий электронного обучения для потребителей и поставщиков образовательных услуг (Kimiloglu et al., 2017; Milićević et al., 2021; Mathivanan et al., 2021; OECD, 2020; Al-Azawei et al., 2017; Chen, Tseng, 2012; Ozdamli, Uzunboylyu, 2014), недостатки и барьеры, препятствующие распространению такого формата подготовки (Olum et al., 2020; Yang et al., 2018; Buckley, 2003), а также факторы участия в электронном образовании и эффективность соответствующих инструментов (Kurfal et al., 2017; Dečman, 2015; Hsiao, Yang, 2011).

Системы электронного обучения интересуют исследователей также в контексте моделей принятия технологий, анализирующих факторы пользования теми или иными решениями в настоящее время и в будущем. Примерами применения таких моделей к технологиям электронного обучения служат модель успеха информационных систем Делоне и Маклина (DeLone-McLean Information System Success Model, D&M IS), объединенная теория принятия и использования технологий (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology, UTAUT) и модель принятия технологий (Technology Acceptance Model, TAM) (Weerathunga et al., 2021; Ejdys, 2018), а их прототипом выступает концептуальная модель принятия технологий, предложенная Фредом Дэвисом (Fred Davis) (Davis, 1985).

Существуют также модели принятия технологий, разработанные специально для электронного обучения

и учитывающие специфику соответствующих решений, например модель принятия электронного обучения (e-Learning Acceptance Model) (Islam, Selim, 2006), модель принятия электронного обучения на основе пользовательского опыта (UX-Based e-Learning Acceptance Framework) (Zardari et al., 2021) или система оценки успеха электронного обучения (Evaluating e-Learning Systems Success, EESS) (Al-Fraihat et al., 2020). Исследователи расширяют подобные модели на базе TAM за счет новых структурных компонентов и изучают связи между ними (Bharadwaj, Deka, 2021). Теоретические конструкции, включенные в модели принятия технологий электронного обучения, представлены в табл. 1.

В основе практически всех проанализированных TAM электронного обучения лежат различные модификации базовой TAM, а именно такие ее компоненты, как воспринимаемая простота пользования, воспринимаемое удобство пользования (функциональность), отношение к применению технологии, поведенческие намерения и уровень фактического применения системы. Существует несколько моделей, включающих инструменты измерения гедонистических характеристик электронного обучения — удовольствия, радости или веселья. Другими важными элементами моделей выступают такие характеристики, как КГ, недоверие, боязнь и трудоемкость в освоении компьютеров. В недавних исследованиях периода пандемии COVID-19 появились новые переменные TAM: страх перед вакцинацией и ускорением распространения COVID.

Обзор литературы, посвященной применению модели UTAUT для анализа участия в электронном образовании, позволяет сделать вывод, что большинство исследователей включают в исходную модель шесть основных элементов: ожидаемые результаты, ожидаемые трудозатраты, социальный имидж, условия поддержки, намерения пользователей и использование системы. Исходная модель модифицируется за счет дополнительных конструкций в зависимости от интересов конкретного исследователя. В период пандемии 2019–2020 гг. фиксируется рост интереса к роли социальной изоляции или страха заразиться COVID-19 при принятии решения об участии в электронном образовании. Как и в случае TAM, переменные модели UTAUT часто отражают характеристики преподавателей (инструкторов), качество учебной программы и методических материалов или способ проведения занятий.

В базовую модель D&M IS были добавлены переменные пользовательского опыта в отношении оцениваемых технологий и практики работы в интернете. Интересным новым компонентом D&M IS стали характеристики учащихся: упорство (определяемое как стабильный интерес), настойчивость и стремление к достижению долгосрочных целей (Aparicio et al., 2017).

Большинство исследований посвящены реализации решений электронного обучения двумя группами пользователей — преподавателями/инструкторами тренингов/курсов и участниками электронного образования (студентами, учениками, сотрудниками), причем вторая группа привлекает повышенное внимание исследователей. Такие работы фокусируются преимущественно на

выявлении факторов успеха электронных технологий подготовки, анализе взаимосвязи качества специализированных систем, уровня их применения, УП и на оценке вклада индивидуальных характеристик и навыков преподавателей и учащихся в другие переменные моделей.

Существующие исследования выявили две основные категории факторов, определяющих УП: внутренние, связанные с индивидуальными характеристиками пользователей (компетенции, навыки, мотивация и отношение), и внешние (поддержка и помощь пользователям). Важнейшим внутренним фактором, по-видимому, остается КГ как воспринимаемая способность пользователя выполнять те или иные задачи с помощью компьютера. Обзор литературы подтверждает, что КГ и БУ оказываются наиболее распространенными внешними переменными TAM (Jimenez et al., 2021), причем КГ лидирует с заметным отрывом (Salloum et al., 2019; Al-Emran et al., 2018; Abdullah et al., 2016; Williams et al., 2015), поскольку определяет уровень мотивации и стремления к участию в электронном образовании (Baber, 2021). Во время пандемии COVID-19 КГ может играть защитную роль и способствовать формированию более гибкой атмосферы, располагающей к принятию технологий (Al-Marouf et al., 2021). Переменная «поддержка электронного обучения» и ее связь с КГ требуют дальнейшего изучения (Alamri et al., 2020).

Переменная БУ также выступает значимым внешним фактором, отражающим УП технологией/системой и организационной и технической инфраструктурой преодоления барьеров, с которыми сопряжено ее применение. Пандемия COVID-19 вынудила Белостокский технологический университет срочно перейти на дистанционное обучение, на начальном этапе внедрения которого поддержка со стороны администрации была решающим фактором УП.

Модель исследования и гипотезы

Охарактеризуем каждую из четырех выявленных в ходе анализа литературы переменных (КГ, БУ, УП и БН) для включения в предлагаемую модель.

- КГ отражает уверенность пользователя в своей способности выполнять те или иные учебные задачи с помощью системы электронного обучения (Pituch, Lee, 2006) или эффективно взаимодействовать с компьютером (Compreau, Higgins, 1995). Иначе говоря, имеется в виду оценка человеком своей способности пользоваться компьютером и решать возникающие в этой связи проблемы (Venkatesh, Davis, 1996).
- БУ показывают, насколько, по мнению пользователя технологии/системы, существующая организационная и техническая инфраструктура обеспечивает ее эффективное использование и преодоление возникающих препятствий. Эта переменная также включает возможности получения технической помощи и доступ к ресурсам/инфраструктуре, облегчающим применение технологии (Venkatesh et al., 2003).
- УП показывает, насколько пользователь удовлетворен возможностями системы, и определяется

как уровень восприятия им потребностей, целей и ожиданий, связанных с применением данной системы (Sanchez-Franco, 2009).

- *БН* означает заранее принятое решение (Petter, McLean, 2009), т. е. в нашем случае — запланированное продолжительное участие в электронном образовании, а также побуждение к этому других.

Связь между указанными переменными выступает предметом нашего исследования.

Компьютерная грамотность и удовлетворенность

Для целей нашей статьи под КГ понимается способность пользоваться системой электронного обучения для выполнения конкретных учебных задач (Pituch, Lee, 2006) или уверенность пользователя в своей способности эффективно работать с ПК (Compreau, Higgins, 1995). Иначе говоря, речь идет о субъективной оценке пользователем своих навыков взаимодействия с компьютером и решения возникающих в этой связи проблем (Venkatesh, Davis, 1996). Низкий уровень КГ может свидетельствовать о неспособности решать подобные проблемы, особенно в рамках сложных систем, и подорвать желание пользоваться устройством. Многие исследования подтверждают, что эта характеристика учащихся в значительной степени определяет их БН (Zardari et al., 2021; Ahmad et al., 2020; Ameen et al., 2019).

В работе (Al-Fraihat et al., 2020) показано, что КГ выступает одним из ключевых факторов УП. Опыт такого обучения, понимание системы и способность применять ее при решении различных задач коррелируют с положительным отношением к электронному образованию и УП (Al-Fraihat et al., 2020). Если различные форматы обучения считать целевыми информационными системами, то положительный эффект КГ в отношении участия в электронном образовании возрастает (Hsiao, Yang, 2011). Согласно исследованию (Alenezi, Karim 2010) КГ может повысить уровень использования учащимися систем электронного обучения, а развитие этого навыка способствует улучшению восприятия ими систем профессиональной подготовки (Mouakket, Bettayeb, 2015).

Сказанное позволяет сформулировать следующую гипотезу:

Н1. Компьютерная грамотность (КГ) положительно влияет на удовлетворенность электронным образованием (УП).

Благоприятные условия и удовлетворенность

При неизменности содержания эта переменная в разных моделях принятия технологий называется по-разному. В модели UTAUT применяется термин «условия поддержки», в модели D&M IS — «качество сервиса», под которым понимается эффективность поддержки пользователей системы (Wang, Wang, 2009).

УП участников виртуального обучения и полученные ими результаты зависят от технологии, систем поддержки и инфраструктуры, предоставляемых учебным заведением (Passmore, 2000). Благоприятные условия

(БУ) могут влиять на восприятие и поведение пользователей и уровень применения системы в каждом конкретном случае (Venkatesh et al., 2003; Venkatesh et al., 2012; Karaali et al., 2011). «Качество сервиса» в существенной степени обуславливает УП.

На основании изложенного можно сформулировать вторую гипотезу.

Н2. Благоприятные условия (БУ) положительно влияют на удовлетворенность электронным образованием (УП).

Удовлетворенность и намерение участвовать в будущем

Пользователи технологий могут выражать степень своей удовлетворенности качеством информации и системы (Gulc, 2020, 2021), что служит показателем их отношения к электронному образованию (Wu et al., 2010). В модели D&M IS УП выступает ключевым детерминантом применения технологических систем (DeLone, McLean, 2003). Многие авторы именно этот показатель считают ключевым фактором БН (Aldammagh et al., 2021; Ejdays, Gulc, 2020; Arain et al., 2019; Chang, 2013; Hassanzadeh et al., 2012). УП также рассматривается как важный инструмент прогнозирования БН (Rajeh et al., 2021; Yekefallah et al., 2021). В модели, предложенной в работе (Kim et al., 2010), переменные, отражающие УП, входят в конструкцию отношения (например: «С учетом всех обстоятельств, мне нравится пользоваться ИКТ-системой, я вполне удовлетворен»). Результаты данного исследования подтвердили статистическую значимость указанных переменных для БН (Kim et al., 2010).

С учетом сказанного третья гипотеза принимает следующий вид.

Н3. Удовлетворенность пользователей (УП) положительно влияет на намерение участвовать в электронном образовании в будущем (БН).

Теоретическая модель, отражающая связи между рассмотренными переменными, представлена на рис. 1; источники, описывающие каждую переменную, в сводном виде приведены в табл. 2.

Рис. 1. Теоретическая модель



Табл. 1. Конструкции, использованные в моделях принятия технологий электронного обучения: обзор литературы

Авторы	Базовая модель	Инструменты электронного обучения	Выборка (число студентов)	Страна	Теоретические конструкции
Arteaga Sánchez, Duarte Hueros, 2010	TAM	Moodle	226	Испания	Воспринимаемая полезность, воспринимаемая простота пользования, воспринимаемая КГ, техническая поддержка, отношение, применение системы
Al-Marouf et al., 2021	TAM	M-learning	630	ОАЭ	Воспринимаемое удобство пользования, воспринимаемая полезность, воспринимаемая простота пользования, воспринимаемое удовольствие, теория КГ, воспринимаемая критическая масса, страх перед вакцинацией, последующее принятие платформы электронного обучения
Weerathunga et al., 2021	TAM	E-learning	1039	Шри-Ланка	Субъективная норма, актуальность, КГ, боязнь компьютеров, опыт, воспринимаемая полезность, роль COVID, условия, воспринимаемая простота пользования, отношение к электронному образованию, поведенческое намерение участвовать, фактическое участие в электронном образовании
Abdullah et al., 2016	TAM	E-portfolios	242	Великобритания	Воспринимаемая полезность, воспринимаемая простота пользования, КГ, опыт, удовольствие, боязнь компьютеров, субъективная норма, поведенческое намерение участвовать
Ibrahim et al., 2017	TAM	Blackboard e-learning systems	95	Малайзия	КГ, характеристики инструктора, структура курса, воспринимаемая простота пользования, воспринимаемая полезность, намерение участвовать в будущем
Al-Azawei et al., 2017	TAM	Blended e-learning	210	Ирак	Воспринимаемая удовлетворенность, способность к электронному обучению, стили обучения, воспринимаемая полезность, воспринимаемая простота пользования, поведенческое намерение участвовать
Cheng, 2019	TAM	WIKI for group work	174	Гонконг	Субъективные нормы, самооценка, воспринимаемый контроль поведения, воспринимаемая простота пользования, воспринимаемая полезность, отношение к участию, поведенческое намерение участвовать
Raza et al., 2021	UTAUT	E-learning	516	Пакистан	Ожидаемые результаты и трудовозатраты, социальный имидж, БУ, социальная изоляция (COVID), поведенческие намерения, страх перед COVID
Mohan et al., 2020	UTAUT	MOOC	412	Индия	Ожидаемые результаты и трудовозатраты, социальный имидж, условия поддержки, гедонистическая мотивация, привычки, содержание курса, поведенческие намерения
Odegbesan et al., 2019	UTAUT	E-learning	574	Нигерия	Ожидаемые результаты и трудовозатраты, социальный имидж, условия поддержки, поведенческие намерения, применение системы, опыт
Almaiah, Alyoussef, 2019	UTAUT	E-learning	507	Саудовская Аравия	Ожидаемые результаты и трудовозатраты, социальный имидж, условия поддержки, поведенческие намерения, применение системы, характеристики преподавателей, инструменты поддержки курса (чат, мультимедиа, форумы, анимация), инструменты оценки курса, дизайн курса (структура, содержание)
Fianu et al., 2020	UTAUT	MOOC	204	Гана	Ожидаемые результаты и трудовозатраты, социальный имидж, условия поддержки, КГ, качество системы, качество преподавания
Al-Azawei, 2019	D&M IS	Facebook, Moodle	143	Ирак	Качество информации и системы, применение системы, удовлетворенность пользователей, эффект в отношении пользователей и организации, опыт применения технологий, опыт работы в интернете
Yakubu, Dasuki, 2018	D&M IS	E-learning CANVAS system	366	Нигерия	Качество системы, информации и услуг, удовлетворенность пользователей, намерение пользоваться системой, текущий уровень применения системы
Mohammadi, 2015b	D&M IS	E-learning	420	Иран	Качество образования, услуг, технической системы, содержания и информации, воспринимаемая простота пользования, воспринимаемая функциональность, удовлетворенность пользователей, намерение участвовать, текущий уровень применения
Al-Fraihat et al., 2020	D&M IS	Moodle	563	Великобритания	Качество технической системы, информации, услуг, системы обучения и поддержки, качество участников и преподавателей, воспринимаемая удовлетворенность, воспринимаемая функциональность, применение системы, преимущества
Aparicio et al., 2017	D&M IS	E-learning	383	Португалия	Качество информации, системы и услуг, уровень удовлетворенности пользователей, уровень применения системы, эффект в отношении индивидов, стойкость участников

Источник: составлено автором.

Табл. 2. Краткий список литературы о переменных, использованных в теоретической модели

Концепция (переменная)	Литература
Компьютерная грамотность (КГ)	Arteaga Sánchez, Duarte Hueros, 2010; Agudo-Peregrina et al., 2014; Mohammadi, 2015a; Abdullah et al., 2016; Ibrahim et al., 2017; Al-Azawei et al., 2017; Muyesser Eraslan Yalcin, Birgul Kutlu, 2019
Благоприятные условия (БУ)	Mohammadi, 2015a; Asher Irfan Saroia, Shang Gao, 2019; Arteaga Sánchez, Duarte Hueros, 2010; Karaali et al., 2011; Agudo-Peregrina et al., 2014; Dečman, 2015
Удовлетворенность пользователей (УП)	Mohammadi, 2015a, 2015b; Abdullah et al., 2016; Salloum et al., 2019
Намерение участвовать в будущем (БН)	Karaali et al., 2011; Ibrahim et al., 2017; Salloum et al., 2019; Venkatesh et al., 2003

Источник: составлено автором.

Табл. 3. Конструкции и показатели: результаты подтверждающего факторного анализа

№	Конструкции и показатели	Стандартизованные регрессионные веса до и после ПФА		Условное обозначение переменной
		до	после	
Компьютерная грамотность (КГ)				
1	Я могу самостоятельно решить любые проблемы, возникающие в процессе применения инструментов электронного образования	0.799	X	Исключен*
2	Я могу пользоваться инструментами электронного образования без посторонней помощи	0.841	0.810	КГ1
3	Я могу пользоваться инструментами электронного образования даже без специальных инструкций	0.920	0.959	КГ2
4	Я могу пользоваться инструментами электронного образования, даже если не делал этого прежде	0.877	0.878	КГ3
5	У меня достаточно технических возможностей пользоваться инструментами электронного образования	0.668	X	Исключен
Благоприятные условия (БУ)				
6	В ходе электронного образования я могу рассчитывать на техническую поддержку университета	0.843	0.856	БУ1
7	В ходе электронного образования я могу рассчитывать на техническую поддержку коллег	0.393	X	Исключен
8	В случае возникновения проблем, связанных с функционированием инструментов электронного образования, я могу рассчитывать на помощь	0.782	0.808	БУ2
9	Университет предоставляет профессиональную поддержку пользователям инструментов электронного образования в виде размещенных на своем сайте четких и понятных инструкций и справочников	0.829	0.834	БУ3
Удовлетворенность пользователей (УП)				
10	Мне нравится пользоваться инструментами электронного образования	0.897	0.895	УП1
11	Инструменты электронного образования нравятся мне больше, чем традиционные формы обучения	0.916	X	Исключен
12	Инструменты электронного образования развивают мои творческие способности	0.889	0.893	УП2
13	Инструменты электронного образования укрепляют мою уверенность в себе	0.859	0.843	УП3
14	Инструменты электронного образования дают мне ощущение, что я компетентен и способен выполнять важные задачи	0.911	0.896	УП4
Намерение участвовать в будущем (БН)				
15	В будущем я собираюсь активнее участвовать в электронном образовании	0.872	0.888	БН1
16	Я намерен поощрять других к участию в электронном образовании	0.911	0.922	БН2
17	Благодаря участию в электронном образовании я стал более открыт для новых технологических решений	0.846	X	Исключен
18	Я предпочитаю традиционную форму обучения (прямой контакт с преподавателем)	0.694	X	Исключен

* Переменная была исключена, поскольку абсолютное значение ковариации для стандартизованных остатков превышало 2 или коэффициент регрессии составил меньше 0.7

Источник: составлено автором.

Табл. 4. Сводные данные соответствия модели ПФА

Показатель	Соответствие модели	
	до удаления переменных	после удаления переменных
NPAR	42	31
CMIN Chi-square	586.498	145.044
Degrees of freedom (DF)	129	47
P	0.000	0.000
CMIN/DF	4.546	3.086
RMR	0.305	0.134
GFI	0.919	0.970
AGFI	0.892	0.950
PGFI	0.693	0.584
NFI Delta1	0.601	0.878
RFI rho1	0.527	0.829
IFI Delta2	0.659	0.914
TLI rho2	0.588	0.877
CFI	0.652	0.913
RMSEA	0.066	0.051
LO 90	0.061	0.042
HI 90	0.072	0.061
PCLOSE	0.000	0.414
HOELTER 05	215	354
HOELTER 01	232	401

Источник: составлено автором.

Метод исследования

Данные

Сбор эмпирических данных осуществлялся с помощью структурированных анкет и форм компьютерного онлайн-опроса, разосланных в виде ссылки студентам

Белостокского технического университета по внутренней электронной почте в феврале–марте 2021 г. Из 5779 получателей анкету заполнили 803 респондента (отклик 13.9%), 344 (42.8%) из которых — женщины, 459 (57.2%) — мужчины.

Показатели

Ни один из четырех использованных в предлагаемой теоретической модели показателей не поддается непосредственному наблюдению, поэтому их измерение потребовало ввода нескольких наблюдаемых переменных, оцениваемых по семибальной шкале Лайкерта, где 1 — «совершенно не согласен», 7 — «полностью согласен». Обзор литературы изначально позволил очертить круг из 18 показателей: пяти — для измерения КГ, четырех — для оценки БУ, пяти — для переменной УП и четырех — для БН.

С помощью подтверждающего факторного анализа (ПФА) было проверено соответствие измеренных переменных применяемым конструкциям. Для оценки параметров модели был избран обобщенный метод наименьших квадратов как наименее чувствительный к допущениям о нормальном распределении. Из модели были исключены переменные со значением коэффициента регрессии ниже 0.7 и с абсолютными значениями стандартизованных остаточных ковариаций выше 2 (Ejdys, Halicka, 2018). Тем самым набор показателей для дальнейшего анализа сократился до 12 пунктов. Список переменных, полученных по результатам ПФА, представлен в табл. 3; сводные данные о соответствии модели приведены в табл. 4.

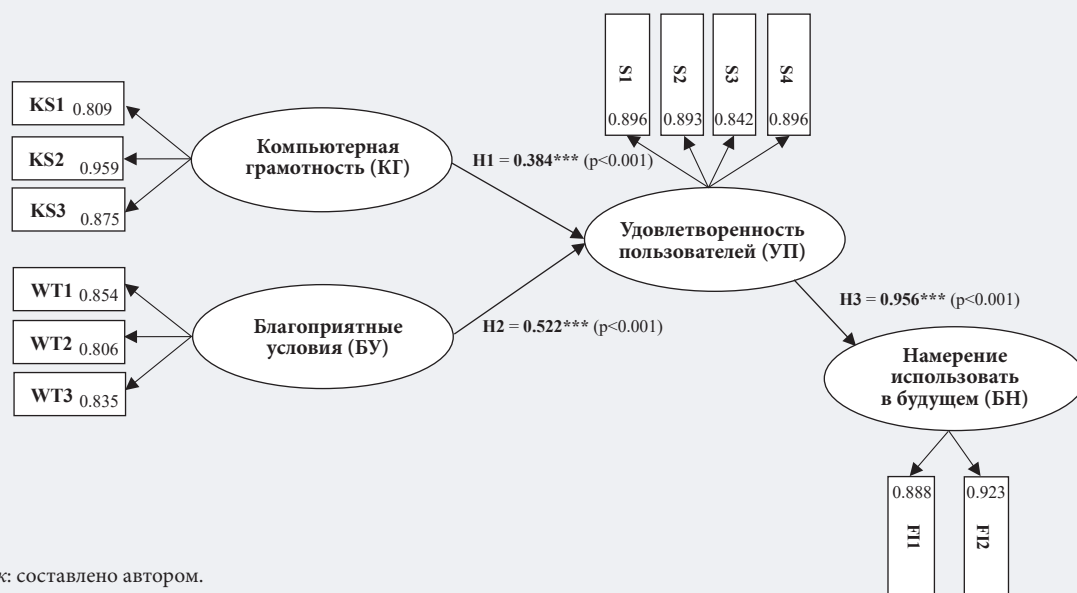
Согласованность шкалы была проверена с помощью коэффициента альфы Кронбаха, значение которого ниже 0.7 требует корректировки показателя. Для оценки

Табл. 5. Описательная статистика, альфа Кронбаха, средняя извлеченная дисперсия и составная надежность

Конструкции и показатели	Среднее (M)	Факторная нагрузка	Альфа Кронбаха	Составная надежность (CR)	Средняя извлеченная дисперсия (AVE)
Благоприятные условия (БУ)					
БУ1	4.56	0.854	0.873	0.872	0.695
БУ2	4.88	0.806			
БУ3	4.65	0.835			
Компьютерная грамотность (КГ)					
КГ1	6.24	0.809	0.911	0.915	0.782
КГ2	6.16	0.959			
КГ3	5.94	0.875			
Удовлетворенность пользователей (УП)					
УП1	4.32	0.896	0.934	0.933	0.778
УП2	3.76	0.893			
УП3	3.85	0.842			
УП4	3.93	0.896			
Намерение участвовать в будущем (БН)					
БН1	4.55	0.888	0.902	0.901	0.819
БН2	4.00	0.923			

Источник: составлено автором.

Рис. 2. Модель измерения



конвергентной валидности применялись два индикатора: средняя извлеченная дисперсия (*average variance extracted*, AVE) (Fornell, Larcker, 1981) и составная надежность (*composite reliability*, CR). Значения AVE выше 0.5 подтверждают, что индикатор корректно отражает характеристики переменных модели; значения CR выше 0.7 свидетельствуют о надежности измерений (Hair et al., 2013).

Надежность измерений в соответствии со значениями альфы Кронбаха варьировала в диапазоне 0.873–0.934. AVE и CR также оказались выше ожидаемого уровня, что подтвердило конвергентную валидность шкалы. Исключение ряда переменных улучшило показатели соответствия модели ПФА (см. табл. 4). Описательная статистика, значения альфы Кронбаха, средней извлеченной дисперсии и совокупной надежности представлены в табл. 5.

Результаты

Корректность модели измерения была оценена с помощью критерия хи-квадрат (χ^2). Его величина оказалось статистически значимой ($\chi^2=136.262$, $p < 0.001$), подтвердив хорошее соответствие модели вводным данным. Другим показателем такого соответствия выступало значение ≤ 3 отношения хи-квадрат к степени свободы (χ^2/df), в нашем случае составившее 2.839. Результаты применения этих и нескольких других индексов для оценки общего соответствия моделей структурных уравнений (*structural equation modelling*, SEM) и их приемлемые значения представлены в табл. 6.

Проверка гипотез с помощью метода обобщенных наименьших квадратов (GLS-SEM) показала статистическую значимость всех проверенных связей, тем самым доказав все три гипотезы (H1, H2 и H3). Результаты их проверки и степени соответствия модели представлены

Табл. 6. Результаты проверки гипотез

Гипотеза	Оценка	S.E.	C.R.	P	Результат проверки
H1. Компьютерная грамотность (КГ) положительно влияет на удовлетворенность электронным образованием (УП)	0.384	0.058	6.608	***	Подтверждена
H2. Благоприятные условия (БУ) положительно влияют на удовлетворенность электронным образованием (УП)	0.511	0.051	9.992	***	Подтверждена
H3. Удовлетворенность пользователей (УП) положительно влияет на намерение участвовать в электронном образовании в будущем (БН)	0.956	0.029	33.153	***	Подтверждена

Примечание: $\chi^2 = 136.262$; d.f. = 48; $\chi^2/d.f. = 2.839$; $p < 0.005$; RMSEA = 0.048; GFI = 0.972; AGFI = 0.954 ***; $p < 0.001$, Hoelter = 384. Уровень статистической значимости составил 0.001.

Источник: составлено автором.

Табл. 7. Индексы соответствия модели

Индексы соответствия модели	Приемлемые значения	Источники
Хи-квадрат / степень свободы (χ^2/df)	желаемое < 3, приемлемое < 5	Hwang, Kim, 2007; Choudhury, Karahanna, 2008; Iacobucci, 2010
Индекс сравнительного соответствия (<i>comparative fit index</i> , CFI)	0,9, 0,95 желаемое	Hwang, Kim, 2007; Choudhury, Karahanna, 2008
Среднеквадратическая ошибка аппроксимации (<i>root mean square error of approximation</i> , RMSEA)	0,05 (0,08)	Konarski, 2010; Choudhury, Karahanna, 2008
Индекс степени соответствия (<i>goodness-of-fit index</i> , GFI)	>0,9	Jöreskog, Sörbom, 1979; Hwang, Kim, 2007
Скорректированный индекс соответствия (<i>adjusted goodness-of-fit index</i> , AGFI)	>0,9	Jöreskog, Sörbom, 1979; Hwang, Kim, 2007

Источник: составлено автором.

в табл. 7. На рис. 2 показаны оценки структурных связей отдельных конструкций и переменных с помощью программного приложения AMOS.

Обсуждение

Полученные результаты позволили подтвердить гипотезы H1 и H2 о связи компьютерной грамотности (КГ), благоприятных условий (БУ) и удовлетворенности пользователей (УП) и статистически значимый эффект первых двух показателей в отношении последнего (при некотором перевесе БУ над КГ). Под КГ понимается способность пользователей самостоятельно применять инструменты электронного обучения даже в отсутствие подобного опыта. Наличие таких навыков может объясняться поколенческим фактором — молодые респонденты принадлежат к «интернет-поколению», т. е. росли в постоянном контакте с компьютерными технологиями.

Хотя отдельные переменные КГ получили высокие оценки, средние результаты оказались следующими:

- КГ1 (утверждение «Я могу пользоваться инструментами электронного образования без посторонней помощи») — 6,24;
- КГ2 (утверждение «Я могу пользоваться инструментами электронного образования даже без специальных инструкций») — 6,16;
- КГ3 (утверждение «Я могу пользоваться инструментами электронного образования, даже если не пользовался ими раньше») — 5,94.

Данные результаты подтверждают, что студенты чувствуют себя уверенно, а их цифровые навыки позволяют без затруднений и стресса применять новые инструменты электронного обучения. Наличие соответствующего опыта повышает уверенность и усиливает желание пользоваться новыми решениями, зачастую основанными на старых и потому интуитивно понятными. Выводы о связи КГ с УП соответствуют результатам других исследований. Так, в работах (Zardari et al., 2021; Ahmad et al., 2020) показано, что КГ в значительной степени определяет БН, а в исследовании (Al-Fraihat et al., 2020) она характеризуется как ключевой детерминант УП.

Переменная БУ, определяющая степень УП, описывает факторы внешней среды, включая предоставляемую университетом организационную и техническую

поддержку. Некоторые утверждения анкеты в отношении БУ были оценены ниже переменных КГ, а средние результаты оказались следующими:

- БУ1 (утверждение «В ходе электронного образования я могу рассчитывать на техническую поддержку университета») — 4,56;
- БУ2 (утверждение «В случае возникновения проблем, связанных с функционированием инструментов электронного образования, я могу рассчитывать на помощь») — 4,88;
- БУ3 (утверждение «Университет предоставляет профессиональную поддержку пользователям инструментов электронного образования в виде размещенных на сайте четких и понятных инструкций и справочников») — 4,65.

Выводы о связи БУ и УП соответствуют результатам предыдущих исследований. Многие авторы полагают, что инфраструктурная, технологическая и иная поддержка со стороны учебных заведений влияет на УП и успехи участников электронного обучения (Passmore, 2000; Venkatesh et al., 2003; Venkatesh et al., 2012). Выводы, полученные в работе (Al-Fraihat et al., 2020), подтверждают, что обеспечение высокого качества услуг (БУ) может повысить уровень УП. В исследовании (Al-Sabawy et al., 2013) продемонстрирован значительный эффект качества системы в отношении переменной УП как студентов, так и у преподавателей.

Анализ влияния КГ и БУ на переменную УП (стандартизованные коэффициенты регрессии) показал, что в случае БУ (коэффициент 0,511) эффект значительно выше, чем в случае КГ (коэффициент 0,384). Это позволяет заключить, что университету следует работать над совершенствованием тех аспектов БУ, которые получили относительно более низкие оценки, что обязательно отразится на уровне УП.

Результаты анализа связи УП с БН согласуются с результатами предшествующих исследований. Установлено, что УП в значительной степени определяет БН, как отмечено в работе (Zardari et al., 2021). Исследование (Alyoussef, 2021) подтвердило, что УП положительно влияет на применение инструментов электронного образования, обеспечивая продолжение обучения и устойчивую академическую успеваемость студентов.

Заключение

Предметом нашего исследования стали детерминанты УП и БН в сфере электронного образования. На основе анализа литературы были отобраны две конструкции, определяющие УП. Одна из них, а именно КГ, относится к индивидуальным характеристикам пользователей; вторая, БУ, выступает внешним фактором. В попытке выяснить, какие факторы в большей степени способствуют УП, была установлена статистическая значимость всех выявленных связей. Тем самым подтверждены все три гипотезы (H1, H2 и H3): более высокий уровень КГ и БУ повышают УП, причем эффект БУ оказался сильнее.

Выполненный анализ позволил прийти к нескольким методологическим и практическим выводам. Подтвержденная надежность разработанных индикаторов свидетельствует об их практической полезности для будущих исследований. Фактическая ценность полученных результатов для участников электронного обучения состоит в повышении эффективности соответствующих решений и их дальнейшем распространении. Поскольку поддержка таких форматов подготовки существенно влияет на уровень УП, необходим квалифицированный персонал, способный обеспечить работу рассматриваемого инструментария и сопровождение студентов. Поддержка состоит в предоставлении инструкций по пользованию электронными средствами обучения и прямом контакте с учащимися в случае возникновения технических проблем, что положительно скажется на восприятии ими электронного образования и удовлетворении их потребностей. Студенты здесь

выступают клиентами, в удовлетворенности которых заинтересован университет.

К очевидным ограничениям предпринятого исследования относится выборка из студентов единственного университета, за пределами которой остались преподаватели и факторы, определяющие их УП и БН. Для простоты модели и облегчения анализа связей между основными факторами набор исследуемых конструкций был сведен к минимуму при допущении о постоянстве других детерминант принятия технологий электронного обучения. Такое сужение круга используемых конструкций может ограничить сферу применения данной модели в будущем. Другое искажение связано с тем, что при оценке факторов удовлетворенности участием в электронном образовании респонденты оценили личную характеристику (КГ) выше, чем внешнюю (БУ), на которую они не могут повлиять.

Полученные результаты намечают направления дальнейших исследований, в частности, включение преподавателей и ИКТ-персонала университетов в анализ детерминант удовлетворенности системами электронного обучения и намерения пользоваться ими в будущем.

Исследование профинансировано Министерством науки и высшего образования (the Ministry of Science and Higher Education) в рамках программы «Передовые исследования» (Excellent Science) (контракт № DNK/SN/465770/2020). Его результаты изначально были представлены в рамках 11-й Международной конференции по инженерному, проектному и производственному менеджменту (11th International Conference on Engineering, Project, and Production Management — EPPM2021).

Библиография

- Abdullah F., Ward R., Ahmed E. (2016) Investigating the influence of the most commonly used external variables of TAM on students' Perceived Ease of Use (PEOU) and Perceived Usefulness (PU) of e-portfolios. *Computers in Human Behavior*, 63, 75–90. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.014>
- Agudo-Peregrina A.F., Hernández-García A., Pascual-Miguel F.J. (2014) Behavioral intention, use behavior and the acceptance of electronic learning systems: Differences between higher education and lifelong learning. *Computers in Human Behavior*, 34, 301–314. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.10.035>
- Ahmad N., Norazah Umar, Kadar R., Othman J. (2020) Factors Affecting Students' Acceptance of e-Learning System in Higher Education. *Journal of Computing Research and Innovation*, 5(2), 54–65. <https://doi.org/10.24191/jcrinn.v5i2.134>
- Alamri M.M., Almaiah M.A., Al-Rahmi W.M. (2020) The Role of Compatibility and Task-Technology Fit (TTF): On Social Networking Applications (SNAs) Usage as Sustainability in Higher Education. *IEEE Access*, 8, 161668–161681. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3021944>
- Al-Azawei A. (2019) What drives successful social media in education and e-learning? A comparative study on Facebook and Moodle. *Journal of Information Technology Education: Research*, 18, 253–274. <https://doi.org/10.28945/4360>
- Al-Azawei A., Parslow P., Lundqvist K. (2017) Investigating the effect of learning styles in a blended e-learning system: An extension of the technology acceptance model (TAM). *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(2), 11–23. <https://doi.org/10.14742/ajet.2741>
- Aldammagh Z., Abdaljawad R., Obaid T. (2021) Factor Driving E-Learning Adoption in Palestine: An Integration of Technology Acceptance Model and is Success Model. *Financial Internet Quarterly*, 17(1), 41–49. <https://doi.org/10.2478/fiqf-2021-0005>
- Al-Emran M., Mezhuhev V., Kamaludin A. (2018) Technology Acceptance Model in M-learning context: A systematic Review. *Computers & Education*, 125, 389–412. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.008>
- Alenezi A.R., Karim A. (2010) An empirical investigation into the role of enjoyment, computer anxiety, computer self-efficacy and internet experience in influencing the students' intention to use e-learning: A case study from Saudi Arabian governmental universities. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 9(4), 22–34.
- Al-Fraihat D., Joy M., Masa'adeh R., Sinclair J. (2020) Evaluating E-learning systems success: An empirical study. *Computers in Human Behavior*, 102, 67–86. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.08.004>
- Almaiah M.A., Alyoussef I.Y. (2019) Analysis of the Effect of Course Design, Course Content Support, Course Assessment and Instructor Characteristics on the Actual Use of E-Learning System. *IEEE Access*, 7, 171907–171922. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2956349>
- Al-Marouf R.S., Alhumaid K., Akour I., Salloum S. (2021) Factors That Affect E-Learning Platforms after the Spread of COVID-19: Post Acceptance Study. *Data*, 6(5), 49. <https://doi.org/10.3390/data6050049>
- Alsabawy A.Y., Cater-Steel A., Soar J. (2013) IT infrastructure services as a requirement for e-learning system success. *Computers & Education*, 69, 431–451. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.035>
- Alyoussef I.Y. (2021) E-Learning Acceptance: The Role of Task-Technology Fit as Sustainability in Higher Education. *Sustainability*, 13, 6450. <https://doi.org/10.3390/su13116450>

- Ameen N., Willis R., Noori Abdullah M., Shah M. (2019) Towards the successful integration of e-learning systems in higher education in Iraq: A student perspective. *British Journal of Educational Technology*, 50(3), 1434. <https://doi.org/10.1111/bjet.12651>
- Aparicio M., Bacao F., Oliveira T. (2017) Grit in the path to e-learning success. *Computers in Human Behavior*, 66, 388–399. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.10.009>.
- Arain A.A., Hussain Z., Rizvi W.H., Vighio M.S. (2019) Extending UTAUT2 toward acceptance of mobile learning in the context of higher education. *Universal Access in the Information Society*, 18, 659–673. <https://doi.org/10.1007/s10209-019-00685-8>
- Arteaga Sánchez R., Duarte Hueros A. (2010) Motivational factors that influence the acceptance of Moodle using TAM. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1632–1640. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.06.011>
- Asher Irfan Saroia, Shang Gao (2019) Investigating university students' intention to use mobile learning management systems in Sweden. *Innovations in Education and Teaching International*, 56(5), 569–580. <https://doi.org/10.1080/14703297.2018.1557068>
- Baber H. (2021) Modelling the acceptance of e-learning during the pandemic of COVID-19 — A study of South Korea. *The International Journal of Management Education*, 19(2), 100503. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2021.100503>
- Bharadwaj S., Deka S. (2021) Behavioural intention towards investment in cryptocurrency: An integration of Rogers' diffusion of innovation theory and the technology acceptance model. *Forum Scientiae Oeconomia*, 9(4). https://doi.org/10.23762/FSO_VOL9_NO4_7
- Buckley K.M. (2003) Evaluation of classroom-based, Web-enhanced, and Web-based distance learning nutrition courses for undergraduate nursing. *The Journal of Nursing Education*, 42(8), 367–370. <https://doi.org/10.3928/0148-4834-20030801-09>
- Chang C. (2013) Exploring the determinants of e-learning systems continuance intention in academic libraries. *Library Management*, 34(1/2), 40–55. <https://doi.org/10.1108/01435121311298261>
- Chen H.R., Tseng H.F. (2021) Factors that influence acceptance of web-based e-learning system for the in-service education of junior high school teachers in Taiwan. *Evaluation and Program Planning*, 35, 398–406. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2011.11.007>
- Cheng W.W.L. (2019) Choosing between the theory of planned behavior (TPB) and the technology acceptance model (TAM). *Educational Technology Research & Development*, 67(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9598-6>
- Choudhury V., Karahanna E. (2008) The relative advantage of electronic channels: A multidimensional view. *MIS Quarterly*, 32(1), 179–200. <https://doi.org/10.2307/25148833>
- Compeau D.R., Higgins C.A. (1995) Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, 19(2), 189–211. <https://doi.org/10.2307/249688>
- Davis F.D. (1985) *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results*, Cambridge, MA: MIT Sloan School of Management.
- Dečman M. (2015) Modeling the acceptance of e-learning in mandatory environments of higher education: The influence of previous education and gender. *Computers in Human Behavior*, 49, 272–281. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.022>
- DeLone W.H., McLean E.R. (2003) The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update. *Journal of Management Information Systems*, 19(4), 9–30. <https://doi.org/10.1080/07421222.2003.11045748>
- Duffin E. (2020) *E-learning and digital education – Statistics & Facts, 2020*. <https://www.statista.com/topics/3115/e-learning-and-digital-education/>, дата обращения 01.03.2021.
- Ejdys J. (2018) *Zaufanie do technologii w e-administracji*, Białystok: Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej (in Polish).
- Ejdys J. (2021) Factors Affecting the Adoption of e-Learning at University Level. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 18(3), 13–323. <https://doi.org/10.37394/23207.2021.18.32>
- Ejdys J., Gulc A. (2020) Trust in Courier Services and Its Antecedents as a Determinant of Perceived Service Quality and Future Intention to Use Courier Service. *Sustainability*, 12(21), 9088. <https://doi.org/10.3390/su12219088>
- Ejdys J., Halicka K. (2018) Sustainable Adaptation of New Technology — The Case of Humanoids Used for the Care of Older Adults. *Sustainability*, 10(10), 3770. <https://doi.org/10.3390/su10103770>
- Emelyanova N., Voronina E. (2014) Introducing a learning management system at a Russian university: Students' and teachers' perceptions. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, 15(1), 272–289. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v15i1.1701>
- Fianu E., Blewett C., Ampong G.O. (2020) Toward the development of a model of student usage of MOOCs. *Education + Training*, 62(5), 521–541. <https://doi.org/10.1108/ET-11-2019-0262>
- Fornell C., Larcker D. (1981) Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research*, 18(1), 39–50. <https://doi.org/10.2307/3151312>
- Fritsch M., Greve M., Wyrwich M. (2021) The COVID-19 Pandemic and Entrepreneurship in Germany. *Foresight and STI Governance*, 15(4), 42–51. <https://doi.org/10.17323/2500-2597.2021.4.42.51>
- Gulc A. (2020) Determinants of Courier Service Quality in e-Commerce from Customers' Perspective. *Quality Innovation Prosperity*, 24(2), 137–152. <https://doi.org/10.12776/QIP.V24I2.1438>
- Gulc A. (2021) Multi-stakeholder perspective of courier service quality in B2C e-commerce. *PLoS ONE*, 16(5), 0251728. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251728>
- Hair J.F., Black W.C., Babin B.J., Anderson R.E., Tatham R.L. (2013) *Multivariate Data Analysis*. *Technometrics*, 49, 103–104.
- Hassanzadeh A., Kanaani F., Elahi S. (2012) A model for measuring e-learning systems success in universities. *Expert Systems with Applications*, 39(12), 10959–10966. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.03.028>
- Hsiao C.H., Yang C. (2011) The intellectual development of the technology acceptance model: A co-citation analysis. *International Journal of Information Management*, 31(2), 128–136. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2010.07.003>
- Hwang Y., Kim D. J. (2007) Customer self-service systems: The effects of perceived Web quality with service contents on enjoyment, anxiety, and e-trust. *Decision Support Systems*, 43(3), 746–760. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2006.12.008>
- Iacobucci D. (2010) Structural equations modeling: Fit Indices, sample size, and advanced topics. *Journal of Consumer Psychology*, 20, 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.jcps.2009.09.003>.
- Ibrahim R., Leng N.S., Yusoff R.C.M., Samy G.N., Masrom S., Rizman Z.I. (2017) E-learning acceptance based on technology acceptance model (TAM). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 9(4S), 871–889. <https://doi.org/10.4314/jfas.v9i4s.50>
- Islam M.T., Selim A.S.M. (2006) Information and Communication Technologies for the Promotion of Open and Distance Learning in Bangladesh. *Journal of Agriculture & Rural Development*, 4(1), 36–42. <https://doi.org/10.3329/jard.v4i1.765>
- Jimenez I.A.C., García L.C.C., Violante M.G., Marcolin F., Vezzetti E. (2021) Commonly Used External TAM Variables in e-Learning, Agriculture and Virtual Reality Applications. *Future Internet*, 13(1), 7. <https://doi.org/10.3390/fi13010007>
- Jöreskog K.G., Sörbom D. (1979) *Advances in Factor Analysis and Structural Equation Models*, Cambridge: Abt Books.
- Jung Y., Lee J. (2018) Learning engagement and persistence in massive open online courses (MOOCs). *Computers and Education*, 122, 9–22. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.02.013>
- Karaali D., Gumussoy C.A., Calisir F. (2011) Factors affecting the intention to use a web-based learning system among blue-collar workers in the automotive industry. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 343–354. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.08.012>
- Kim T.T., Suh Y.K., Lee G., Choi B. (2010) Modelling roles of task-technology fit and self-efficacy in hotel employees' usage behaviours of hotel information systems. *International Journal of Tourism Research*, 12(6), 709–725. <https://doi.org/10.1002/jtr.787>
- Kimiloglu H., Ozturan M., Kutlu B. (2017) Perceptions about and attitude toward the usage of e-learning in corporate training. *Computers in Human Behavior*, 72, 339–349. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.062>
- Konarski R. (2010) *Modele równań strukturalnych. Teoria i praktyka*, Warszawa: PWN (in Polish).
- Kurfal M., Arifoglu A., Tokdemir G., Paçin Y. (2017) Adoption of e-government services in Turkey. *Computers in Human Behavior*, 66, 168–178. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.09.041>

- Mathivanan S.K., Jayagopal P., Ahmed S., Manivannan S.S., Kumar P.J., Raja K.T., Dharinya S.S., Prasad R.G. (2021) Adoption of E-Learning during Lockdown in India. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. <https://doi.org/10.1007/s13198-021-01072-4>
- Miličević V., Denić N., Miličević Z., Arsić L., Spasić-Stojković M., Petković D., Stojanović J., Krkic M., Milovančević N.S., Jovanović A. (2021) E-learning perspectives in higher education institutions. *Technological Forecasting and Social Change*, 166. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120618>
- Mohammadi H. (2015a) Social and individual antecedents of m-learning adoption in Iran. *Computers in Human Behavior*, 49, 191–207. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.006>
- Mohammadi H. (2015b) Investigating users' perspectives on e-learning: An integration of TAM and IS success model. *Computers in Human Behavior*, 45, 359–374. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.07.044>
- Mohan M.M., Upadhyaya P., Pillai K.R. (2020) Intention and barriers to use MOOCs: An investigation among the post graduate students in India. *Education and Information Technologies*, 25, 5017–5031. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10215-2>
- Mouakket S., Bettayeb A.M. (2015) Investigating the factors influencing continuance usage intention of learning management systems by university instructors: The Blackboard system case. *International Journal of Web Information Systems*, 11(4), 491–509. <https://doi.org/10.1108/IJWIS-03-2015-0008>
- Muyesser Eraslan Yalcin, Birgul Kutlu (2019) Examination of students' acceptance of and intention to use learning management systems using extended TAM. *British Journal of Educational Technology*, 50(5), 2214–2431. <https://doi.org/10.1111/bjet.12798>
- Odegbesan O.A., Ayo Ch., Oni A.A., Tomilayo F.A., Gift O.Ch., Nnaemeka E.U. (2019) The prospects of adopting e-learning in the Nigerian education system: A case study of Covenant University. *Journal of Physics: Conference Series*, 1299. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1299/1/012058>
- OECD (2020) The potential of online learning for adults: Early lessons from the COVID-19 crisis, Paris: OECD. <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/the-potential-of-online-learning-for-adults-early-lessons-from-the-covid-19-crisis-ee040002/>, дата обращения 06.04.2021.
- Olum R., Atulinda L., Kigozi E., Nassozi D.R., Mulekwa A., Bongomin F., Kiguli S. (2020) Medical Education and E-Learning During COVID-19 Pandemic: Awareness, Attitudes, Preferences, and Barriers Among Undergraduate Medicine and Nursing Students at Makerere University, Uganda. *Journal of Medical Education and Curricular Development*, 7, 1–9. <https://doi.org/10.1177/2382120520973212>
- Ozdamli F., Uzunboylu H. (2014) M-learning adequacy and perceptions of students and teachers in secondary schools. *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 159–172. <https://doi.org/10.1111/bjet.12136>
- Passmore D.L. (2000) Impediments to adoption of web-based course delivery among university faculty. *ALN Magazine*, 4(2).
- Petter S., McLean E.R. (2009) A meta-analytic assessment of the DeLone and McLean IS success model: An examination of IS success at the individual level. *Information & Management*, 46(3), 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.im.2008.12.006>
- Pituch K.A., Lee Y.K. (2006) The influence of system characteristics on e-learning use. *Computers & Education*, 47(2), 222–244. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.10.007>
- Rajeh M.T., Abduljabbar F.H., Alqahtani S.M., Waly F.J., Alnaami I., Aljurayyan A., Alzaman N. (2021) Students' satisfaction and continued intention toward e-learning: A theory-based study. *Medical Education Online*, 26, 1961348. <https://doi.org/10.1080/10872981.2021.1961348>
- Raza S.A., Qazi W., Khan K.A., Salam J. (2021) Social Isolation and Acceptance of the Learning Management System (LMS) in the Time of COVID-19 Pandemic: An Expansion of the UTAUT Model. *Journal of Educational Computing Research*, 59(2), 183–208. <https://doi.org/10.1177/0735633120960421>
- Recker J. (2016) Reasoning about discontinuance of information system use. *Journal of Information Technology Theory and Application*, 17(1), 41–66.
- Salloum S.A., Alhamad A.Q.M., Al-Emran M., Monem A.A., Shaalan K. (2019) Exploring Students' Acceptance of E-Learning Through the Development of a Comprehensive Technology Acceptance Model. *IEEE Access*, 7, 128445–128462. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2939467>
- Sanchez-Franco M.J. (2009) The Moderating Effects of Involvement on the Relationships between Satisfaction, Trust and Commitment in e-Banking. *Journal of Interactive Marketing*, 23(3), 247–258. <https://doi.org/10.1016/j.intmar.2009.04.007>
- UNESCO (2020) *School closures caused by Coronavirus (COVID-19)*, Paris: UNESCO. <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>, дата обращения 15.05.2021.
- Venkatesh V., Davis F.D. (1996) A model of the antecedents of perceived ease of use: Development and test. *Decision Sciences*, 27(3), 451–481. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.1996.tb00860.x>
- Venkatesh V., Morris M.G., Davis G.B., Davis F.D. (2003) User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Venkatesh V., Thong J.Y.L., Xu X. (2012) Consumer Acceptance and Use of Information Technology: Extending the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *MIS Quarterly*, 36(1), 157–178. <https://doi.org/10.2307/41410412>
- Wang W.T., Wang C.C. (2009) An empirical study of instructor adoption of web-based learning systems. *Computers & Education*, 53(3), 761–774. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.02.021>
- Weerathunga P.R., Samarathunga W.H.M.S., Rathnayake H.N., Agampodi S.B., Nurunnabi M., Madhunimasha M.M.S.C. (2021) The COVID-19 Pandemic and the Acceptance of E-Learning among University Students: The Role of Precipitating Events. *Education Science*, 11(8), 436. <https://doi.org/10.3390/educsci11080436>
- Williams M.D., Rana N.P., Dwivedi Y.K. (2015) The unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT): A literature review. *Journal of Enterprise Information Management*, 28(3), 443–488. <https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2014-0088>
- Wu J.H., Tennyson R.D., Hsia T.L. (2010) A study of student satisfaction in a blended e-learning system environment. *Computers & Education*, 55(1), 155–164. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.12.012>
- Yakubu M.N., Dasuki S.I. (2018) Assessing eLearning systems success in Nigeria: An application of the DeLone and McLean information systems success model. *Journal of Information Technology Education: Research*, 17, 182–202. <https://doi.org/10.28945/4077>
- Yang H.H., Zhu S., MacLeod J. (2018) Promoting education equity in rural and underdeveloped areas: Cases on computer-supported collaborative teaching in China. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(6), 2393–2405. <https://doi.org/10.29333/ejmst/89841>
- Yekefallah L., Namdar P., Panahi R., Dehghankar L. (2021) Factors related to students' satisfaction with holding e-learning during the COVID-19 pandemic based on the dimensions of e-learning. *Heliyon*, 7, e07628. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07628>
- Yi M., Hwang Y. (2003) Predicting the use of web-based information systems: Self-efficacy, enjoyment, learning goal orientation, and the technology acceptance model. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(4), 431–449. [https://doi.org/10.1016/S1071-5819\(03\)00114-9](https://doi.org/10.1016/S1071-5819(03)00114-9)
- Zardari B.A., Hussain Z., Arain A.A., Rizvi W.H., Vighio M.S. (2021) Development and Validation of User Experience-Based E-Learning Acceptance Model for Sustainable Higher Education. *Sustainability*, 13, 6201. <https://doi.org/10.3390/su13116201>

Взаимовлияние среднего профессионального образования и интеллектуальных услуг в эпоху цифровизации

Микель Альбизу

Аспирант, mikel.albizu@orquestra.deusto.es

Мирен Эстенсоро

Старший научный сотрудник, mestenso@orquestra.deusto.es

Сюзанна Франко

Старший научный сотрудник, susana.franco@orquestra.deusto.es

Бизнес-школа Университета Деусто (Deusto Business School), Испания, Pº Mundaiz, 50, 20012 Donostia-San Sebastián, Spain

Аннотация

Поставщики наукоемких бизнес-услуг играют роль проводников инноваций в производстве. В статье на примере испанской области Баскония изучаются профессиональная структура занятости в таких компаниях, их спрос на навыки персонала, оцениваются роль среднего профессионального образования в их развитии и потенциал обладателей соответствующих квалификаций. Рассматриваются три типа квалификационных несоответствий: вертикальное,

горизонтальное и компетентностное. Используются данные вторичных источников, обследования сервисных компаний и интервью с их руководителями. Установлено, что вклад обладателей дипломов среднего профессионального образования особенно значим для сегмента технологических услуг. Подобные специалисты способны стать ключевым звеном в цифровой трансформации производственных и сервисных предприятий.

Ключевые слова: KIBS; среднее профессиональное образование; профессиональная структура; цифровизация; Индустрия 4.0; инновации

Цитирование: Albizu M., Estensoro M., Franco S. (2022) Vocational Education and Training and Knowledge Intensive Business Services: A Promising Relationship in the Digital Era. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 65–78. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.65.78

Vocational Education and Training and Knowledge Intensive Business Services: A Promising Relationship in the Digital Era

Mikel Albizu

Doctoral Candidate, mikel.albizu@orquestra.deusto.es

Miren Estensoro

Senior Researcher, mestenso@orquestra.deusto.es

Susana Franco

Senior Researcher, susana.franco@orquestra.deusto.es

Deusto Business School, Pº Mundaiz, 50, 20012 Donostia-San Sebastián, Spain

Abstract

Knowledge intensive business services (KIBS) act as bridges of innovation in the productive fabric. Given this growing importance, the occupational structure and demand for skills in KIBS activities need to be reflected upon. This paper examines the occupational structures of KIBS, looks at the role that vocational training profiles can play within them. The focus of this analysis is the case of the Basque Country, to which the mismatch approach was applied. Beyond merely understanding the current role of

vocational education workers, this approach makes it possible to explore the potential of VET graduates in KIBS. Three types of mismatches are studied here: vertical mismatch, horizontal mismatch, and skills mismatch. The results show that the relevance of VET workers varies within the different types of KIBS, being particularly important in T-KIBS. This leads to the conclusion that VET graduates can play a key role in digital transformation processes, both at manufacturing and services companies.

Keywords:

KIBS; vocational education and training; occupational structure; digitalisation; Industry 4.0; innovation

Citation: Albizu M., Estensoro M., Franco S. (2022) Vocational Education and Training and Knowledge Intensive Business Services: A Promising Relationship in the Digital Era. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 65–78. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.65.78

Распространено представление, что наукоемкие бизнес-услуги (*knowledge intensive business services*, KIBS) предоставляются высококвалифицированными профессионалами, однако их образовательный бэкграунд не уточняется, так как предполагается, что большинство из них имеют высшее образование. В результате появления новых производственных технологий растет число вакансий для работников средней квалификации с профессионально-техническим образованием (ПТО) (Autor, 2015). Особенно это касается информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) и Индустрии 4.0 (Becker, Spöttl, 2019; Goller et al., 2021; Spöttl, Windelband, 2021), которые определяют развитие сектора KIBS в ближайшие годы (Vaillant et al., 2021).

В статье рассматривается роль специалистов с ПТО в сфере KIBS на примере Басконии — региона Испании, местная система подготовки которых считается эталонной для Европы (Cedefop, 2019). Оцениваются доля обладателей ПТО, занятых в сфере KIBS, а также степень расхождения их навыков с профессиональными обязанностями по трем измерениям: вертикальному, горизонтальному и компетентностному. Предлагаемый подход позволяет понять возможности скорректировать чрезмерный спрос на выпускников университетов со стороны работодателей — поставщиков KIBS. Исследование опиралось на описательный анализ вторичных данных, проведенные авторами анкетирование и интервью с руководителями сервисных компаний. Устанавливалась степень вертикального, горизонтального и компетентностного несоответствий между спросом на профессионалов в секторе KIBS и их предложением со стороны системы ПТО. За основу взята классификация KIBS, дифференцирующая их на профессиональные (P-KIBS), технологические (T-KIBS) и творческие (C-KIBS) услуги (Miles et al., 2018) (табл. 1).

Новизна представленных результатов связана с изучением профессиональной структуры занятости и внутренней природы сектора KIBS (Consoli, Elche, 2010, 2013; Miles et al., 2019). В фокусе — неизученный ранее вклад ПТО в развитие компетенций сотрудников сервисных компаний. Рассматриваются новые профили среднего уровня квалификации, востребованность которых растет вследствие развития технологий цифровизации и Индустрии 4.0 (Becker, Spöttl, 2019; Spöttl, Windelband, 2021).

Теоретическая и аналитическая структура

KIBS как фактор инновационной деятельности в цифровую эпоху

Тема взаимосвязи KIBS и инновационной деятельности, впервые обозначенная в работе (Miles et al., 1995), продолжает привлекать внимание исследователей. По мере развития экономики растет спрос на специальные знания и услуги частных компаний, способных их предложить, включая поставщиков KIBS (Consoli, Elche, 2013; Den Hertog, 2000; Muller, Zenker, 2001). Индустрию KIBS часто называют «мостом для инноваций» (Wood, 2009), поскольку она снабжает компании

Табл. 1. Типология KIBS в соответствии с классификацией NACE

Тип KIBS	Код NACE	Виды деятельности
P-KIBS	69	Юридическая и бухгалтерская деятельность
	70	Консультации по организации работы головного офиса и управлению бизнесом
T-KIBS	62	Компьютерное программирование и консультирование и смежные виды деятельности
	71	Архитектурная и инженерная деятельность; технические испытания и анализ
	72	Научные исследования и разработки
C-KIBS	73	Реклама и маркетинговые исследования
	74	Прочая профессиональная, научная и техническая деятельность

Источник: (Miles et al., 2018).

знаниями, повышающими конкурентоспособность (Antonelli, 1998; Corrocher, Cusmano, 2014; Czarnitzki, Spielkamp, 2003; Muller, Doloreux, 2009). Тесно контактируя с клиентами, поставщики KIBS разрабатывают для них индивидуальные решения (Bettencourt et al., 2002; Cabigiosu, Campagnolo, 2019; Landry et al., 2012; Miles, 2008). При том что процессы могут осуществляться дистанционно, личные контакты все же предпочтительнее (Chichkanov et al., 2021). Результат такого взаимодействия — технологические и нетехнологические нововведения — существенно влияет на производительность клиентов, благоприятствуя инновационной деятельности в промышленных регионах (Amara et al., 2009; Muller, Zenker, 2001; Corrocher, Cusmano, 2014; Savic, 2016; Wyrwich, 2018).

Большинство региональных стратегий, ориентированных на развитие «умного» производства, предполагают стимулирование сектора KIBS (De Propris, Bailey, 2020), потенциал которого, впрочем, не ограничивается обрабатывающей промышленностью. Компании этой индустрии могут привносить инновации (связанные прежде всего с ИКТ) и в сферу услуг, в том числе для внутреннего пользования, т. е. развития новых KIBS (Cabigiosu, 2019; Kamp, Sisti, 2018). Изучение профессиональной структуры рассматриваемой сферы позволяет выявить характерные для нее тенденции занятости (Miles et al., 2019) и востребованные компетенции (Consoli, Elche, 2013). Переосмысление функциональных ролей, профессий и навыков повысит эффективность использования новых технологических возможностей (Cabigiosu, 2019). Эти роли в значительной степени будут определяться характером выполняемой работы и вряд ли окажутся гомогенными.

Профессионально-техническое образование, инновации и KIBS

О потребности сферы KIBS в квалифицированных специалистах с высшим образованием свидетельству-

ет значительный объем публикаций, связывающих ее с университетами (Freel, 2006; Den Hertog, 2000; Jacobs et al., 2014; Lee, Miozzo, 2019; Pinto et al., 2015). Последние готовят основную часть кадров для бизнеса, выступают партнерами по региональным инновационным системам, предлагают новые знания как основу для создания бизнес-моделей, «взрачивают» спиноффы (Koschatzky, Stahlecker, 2006). Учитывая значимость поставщиков KIBS как катализаторов инновационной деятельности компаний-клиентов, тот факт, что связь рассматриваемой сферы с ПТО ранее не анализировалась, можно объяснить «редукционистским» подходом к научно-технологической политике. В существующей литературе по региональным инновационным системам роль ПТО все еще игнорируется (Navarro, 2014; Porto, Doloreux, 2018; Moso-Díez, 2020). Не учитывается тот факт, что способность компаний использовать знания и технологии зависит как от высоко-, так и от среднеквалифицированных работников (Retegi, Navarro, 2018). На практике в таких областях, как дизайн, разработка продуктов и совершенствование производственных процессов, многие вспомогательные функции выполняются техническим персоналом с ПТО (Tether et al., 2005; Toner, Woolley, 2016). В странах, где развит институт наставничества, высококвалифицированных профессионалов дополняют технические работники со средней квалификацией, что повышает производительность и инновационный потенциал (Cedefop, 2014). Динамичному технологическому развитию способствует и кадровая структура, в которой высшее образование служит основой для внедрения инноваций, а на ПТО возложена поддерживающая функция (Manca, 2012). В первую очередь это касается развертывания Индустрии 4.0 и ИКТ (Becker, Spöttl, 2019; Spöttl, Windelband, 2021; Goller et al., 2021).

Однако работы, в которых анализируются взаимоотношения поставщиков KIBS с организациями ПТО, пока немногочисленны. На значимость носителей средней квалификации в создании продукции KIBS первым указал Еврофонд (Eurofund, 2006). Предполагается, что спрос компаний KIBS на обладателей ПТО будет расти ввиду необходимости осваивать новые технологии (Consoli, Elche, 2010). Анализ профессиональных структур KIBS на основе Международной стандартной классификации профессий (International Standards Classification of Occupations, ISCO) позволил проследить их эволюцию и выявить тенденции в деятельности вспомогательного технического персонала (группы ISCO-3 и ISCO-4, принадлежность к которым предполагает наличие ПТО) (ILO, 2012; Miles et al., 2019). Отмечено сокращение доли этих групп в KIBS на фоне категории «специалисты» (ISCO-2). Исследование, проведенное в Финляндии, выявило, что основными клиентами политехнических школ выступают малые и средние компании, инновационная деятельность которых направлена скорее на поиск практических решений, чем на развитие науки (Marttila et al., 2008). Однако ни в одной из этих работ занятость обладателей ПТО

в компаниях KIBS не изучается. Выявить возможный дисбаланс компетенций и оценить роль таких кадров в деятельности компании позволит анализ связей между профессиональной структурой поставщиков KIBS и образованием их сотрудников.

Выявление дисбаланса компетенций

Матрица корректировки несоответствия позволяет определить, какие функции работники с ПТО реально выполняют в компаниях KIBS и какие — должны, чтобы избежать дисбаланса в пользу владельцев университетских дипломов. Согласованность квалификации с фактической профессией, оптимальное использование полученных знаний и навыков повышают производительность бизнеса (Somers et al., 2019). Выделяют три основных типа нестыковок (Green, 2016; McGuinness et al., 2018).

1. **Вертикальная.** Возникает, когда компетенции превышают необходимую планку (избыточная квалификация) либо не достигают ее (недостаточный профессиональный уровень) (Chevalier, 2003; McGuinness, 2006; Quintini, 2011).
2. **Горизонтальная.** Означает, что род занятий не связан со специальностью по образованию. Подобный дисбаланс также называют «несоответствием образования» (*field-of-study mismatch*) (Somers et al., 2019; Robst, 2007).
3. **Компетентностная** (*skills mismatch, skills gap*). Касается ситуаций, когда набор компетенций персонала расходится с требуемыми для выполнения конкретных функций. Из всех видов нестыковки навыков литература в данной категории наименее представительна (McGuinness, Ortiz, 2016).

Методология

Один из наиболее экономически развитых регионов в Европе — Баскония — представляет интерес для анализа промышленной политики (Navarro, Sabalza, 2016)¹. Региональная «Стратегия умной специализации» (Smart Specialisation Strategy) определяет развитие «умного» производства и сектора KIBS в качестве приоритетов для повышения конкурентоспособности региона. Местное обследование выпускников ПТО дает ценную информацию для всестороннего анализа компетенций занятых в сфере KIBS.

Наш методологический подход сочетал количественные и качественные методы исследования. На основе описываемых далее вторичных источников анализировались образование, профессиональная структура, степень вертикального и горизонтального расхождения компетенций в испанских компаниях KIBS. Несовпадение навыков и актуальность ПТО дополнительно оценивались в ходе интервью с руководителями предприятий. Для оценки вклада лиц с ПТО сравнивались уровни образования персонала компаний KIBS и представителей других секторов. Основной

¹ См. также: http://en.eustat.eus/estadisticas/tema_473/opt_0/temas.html, дата обращения 14.01.2022.

Табл. 2. Матрица соответствия профессий и уровня образования

Категории ISCO	Категории ISCED										
	0	1	2	3-1	3-2	4	5-1	5-2	6	7	8
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											

Коды ISCO

ISCO-1: Менеджеры

ISCO-2: Специалисты

ISCO-3: Техники и помощники специалистов

ISCO-4: Офисные работники

ISCO-5: Работники сферы услуг и торговли

ISCO-6: Квалифицированные сельскохозяйственные рабочие

ISCO-7: Ремесленники и рабочие смежных профессий

ISCO-8: Операторы станков, сборщики

ISCO-9: Неквалифицированные работники

Коды ISCED

ISCED 0: Дошкольное образование

ISCED 1: Начальное образование

ISCED 2: Неполное среднее образование

ISCED 3-1: Среднее ПТО

ISCED 3-2: Другие квалификации полного среднего образования

ISCED 4: Дополнительное среднее, незаконченное высшее образование

ISCED 5-1: Высшее ПТО

ISCED 5-2: Другое краткосрочное образование

ISCED 6: Степень бакалавра или эквивалентная

ISCED 7: Степень магистра или эквивалентная

ISCED 8: Степень доктора или эквивалентная

Необходимые навыки и уровень образования

Соответствие

Недостаточная квалификация

Избыточная квалификация

Источник: составлено авторами на основе (ILO, 2012). См. также: <https://dev-ilstat.pantheonsite.io/258-million-workers-in-the-world-are-over-educated-for-their-jobs/>, дата обращения 15.03.2020.

служили данные обследования рабочей силы Испании (Spanish Labour Force Survey, LFS) за 2019 г., которые также использовались для изучения профессиональной структуры KIBS и ее сравнения с другими видами экономической деятельности на основе ISCO. LFS Испании оперирует Национальной классификацией профессий (National Classification of Occupations, CNO) (вариант ISCO, адаптированный для Испании). В обоих случаях применяются одни и те же однозначные коды, тогда как двузначные немного различаются. Полученные результаты опираются на известные коды ISCO, обеспечивающие межрегиональное сравнение. Основное внимание уделено приоритетным для KIBS профессиям. Первые три уровня ISCO включают профессии, предполагающие выполнение преимущественно наукоемких задач (Miles et al., 2019):

- ISCO-1 — управленческие профессии;
- ISCO-2 — техники и специалисты (научные сотрудники и работники умственного труда);
- ISCO-3 — вспомогательный персонал (техники и специалисты).

Профессии, отнесенные к категории ISCO-4, — бухгалтерские, административные и офисные — также могут включать подобные задачи, но в меньшей степени.

Для анализа вертикальной несогласованности построена матрица, представленная в табл. 2. Профессиональные и образовательные уровни сопоставлены по Международной стандартной классификации образования (International Standard Classification of Education, ISCED). Для уточнения роли носителей ПТО релевантные профессиональные категории разделены на две части. Согласно матрице соответствия категория ISCO-2 предполагает наличие высшего университетского образования, а ISCO-3 и ISCO-4, считающиеся более техническими, относятся к ПТО. ISCO-3 охватывает высшее ПТО, а ISCO-4 — среднее ПТО и «другое образование». На позициях ISCO-1 работают специалисты с университетским высшим профессиональным образованием (категории ISCED 5–8). Степень вертикального несоответствия рассчитывается для каждой профессии, исходя из доли работников с тем или иным уровнем образования. Занятость выпускников вузов на должностях ISCO-3 и ISCO-4 указывает на нестыковки ввиду избыточной квалификации.

Анализ горизонтального рассогласования выполнялся на основе классификации, разработанной Испанским институтом квалификаций (Spanish Qualifications Institute, INCUAL) (INCUAL, 2014), в которой дисциплины национальной системы ПТО (их также называют группами профессий²) соотнесены с релевантными кодами NACE (табл. 3). Изучались данные по всем носителям ПТО, ежегодно собираемые Баскской

² Испанская национальная система квалификаций и профессионального образования и обучения предусматривает 26 дисциплин: физкультурно-спортивная деятельность; администрация и управление; сельское хозяйство; графические искусства; искусства и ремесла; торговля и маркетинг; строительство и строительные работы; электричество и электроника; энерго- и водоснабжение; машиностроение; гостиничный бизнес и туризм; личный имидж; изображения и звук; пищевая промышленность; добывающая промышленность; информационные и коммуникационные технологии; установка и обслуживание оборудования; деревообработка, мебель, обработка пробки; морская и рыбная промышленность; химия; здравоохранение; безопасность и окружающая среда; социально-культурные и общественные услуги; текстильная, швейная и кожаная промышленность; транспорт и обслуживание транспортных средств; стекло и керамика.

Табл. 3. Соответствие типов KIBS, кодов NACE и профессиональных групп ПТО

Вид KIBS	Код NACE	Профессиональная группа ПТО
P-KIBS	69	Администрация и управление
	70	Администрация и управление
T-KIBS	62	Информационные и коммуникационные технологии
	71	Строительство и строительные работы; машиностроение
	72	Химия
C-KIBS	73	Администрация и управление; торговля и маркетинг
	74	Администрация и управление; изображения и звук; текстиль, швейная промышленность и обработка кожи

Источник: составлено авторами на основе (INCUAL, 2014).

службой занятости (Basque Employment Service)³. Информация о деятельности их работодателей аккумулируется по двузначным кодам NACE, что позволяет выявить сферы деятельности и профессии обладателей ПТО, занятых в секторе KIBS (двузначные коды ISCO). Изучены данные за 2015–2019 гг. по 1805 молодым специалистам. Выявлены направления их деятельности и профессии, оценена величина горизонтального несоответствия — расхождения квалификации и занимаемых вакансий с ожиданиями персонала.

Для полного представления о важности задач, выполняемых работниками с ПТО, проанализирован компетентностный дисбаланс на основе комбинации описательного анализа с результатами полуструктурированных интервью. Обследованы 36 компаний KIBS. Опрос проводился в рамках научного проекта, реализуемого совместно с городским советом Бильбао, который считает сектор KIBS приоритетом «Стратегии умной специализации». Вопросы сгруппированы в семь разделов (бокс 1). Дополнительно проведены 10 полуструктурированных интервью⁴ с руководителями компаний KIBS.

Результаты

Анализ профессиональной и образовательной структур

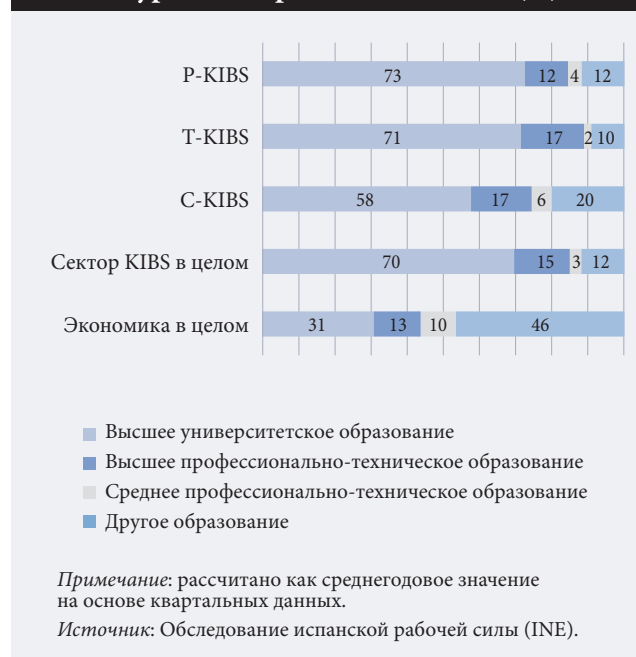
На компании KIBS приходится 7% работающих в Басконии, что соответствует аналогичным показателям для Испании и среднему значению по 27 странам ЕС⁵. Установлено, что обладатели университетских дипломов составляют большинство занятых для всех типов KIBS, причем их удельный вес выше, чем для экономики в целом. В первую очередь это относится к P-KIBS (73%) и T-KIBS (71%) (рис. 1). Для сравнения: общеэкономи-

ческий показатель по лицам с высшим образованием составляет всего 31%.

На первый взгляд, можно сделать вывод, что большинство работников KIBS имеют университетский диплом. Тем не менее из рис. 1 видно, что доля лиц с ПТО в этом секторе весьма существенна: 16% для P-KIBS, 19% — для T-KIBS и 23% — для C-KIBS. Эти показатели ниже, чем для экономики в целом, что объясняется меньшим количеством кадров со средним ПТО. Тем самым подтверждается наблюдение, согласно которому даже при выборе среди обладателей ПТО работодатели предпочитают кадры с повышенной квалификацией. Численность персонала с образованием более низкого уровня гораздо меньше, чем в экономике в целом. Согласно рис. 2 доминирует профессиональная категория ISCO-2 (специалисты).

Несмотря на это, значительны доли сотрудников уровней ISCO-3 (техники и помощники специалистов) и ISCO-4 (офисные работники), в основном предполагающих наличие ПТО: 39% для P-KIBS и T-KIBS и 43% для C-KIBS. В T-KIBS и C-KIBS удельный вес техников (ISCO-3) выше, чем офисного персонала (ISCO-4), который, напротив, преобладает в P-KIBS. Представители ISCO-3 имеют высшее образование, а ISCO-4 — среднее. Таким образом, результаты, отраженные на рис. 2, заставляют усомниться в утверждении, что KIBS представляются исключительно выпускниками универ-

Рис. 1. Образовательная структура испанского сектора KIBS по уровню образования, 2019 г. (%)



³ Обследование ежегодно проводится среди лиц, получивших ПТО, через год по окончании учебы. Собираются сведения о статусе занятости, поле, регионе проживания, отрасли и роде занятий. В настоящей статье использованы микроданные. Подробнее по ссылке: https://www.lanbide.euskadi.eus/estudios-estadisticas/#stats5_clStats, дата обращения 27.02.2022.

⁴ Как правило, полуструктурированные интервью начинаются с закрытых вопросов, подразумевающих фиксированные варианты ответа, но затем могут трансформироваться в свободный разговор (Singh, 2008).

⁵ Максимальная доля занятости в секторе KIBS среди стран ЕС выявлена в Швеции (11%), далее идут Люксембург и Финляндия (по 10%). Минимальные показатели отмечены в Румынии (3% рабочей силы), Венгрии и Болгарии (по 5%).

Бокс 1. Опрос руководителей компаний KIBS и сценарий полуструктурированных интервью**1. Характеристика компании/организации**

- Форма собственности
- Численность персонала (включая руководителя)
- Вид деятельности¹

2. Образование персонала

- Сколько сотрудников компании имеют университетское образование (диплом, степень, степень магистра и т. д.)?
- Сколько сотрудников имеют высшее ПТО?
- Сколько сотрудников имеют среднее ПТО?
- Сколько сотрудников имеют другое образование?
- Сколько разных должностей в компании занимают сотрудники с ПТО?

3. Должности ПТО^{II}

- Специальность сотрудника с ПТО по образованию
- Какую должность он занимает? (специалист по маркетингу, специалист по клиническому анализу, ИКТ-специалист...)
- Считаете ли вы, что знания и навыки, полученные в ходе ПТО, достаточны для работы в данной должности? (оцените по шкале от 0 до 10, где 0 означает «совершенно недостаточны», а 10 — «вполне достаточны»)*
- Есть ли какие-либо конкретные навыки или знания, которые, по вашему мнению, ПТО должно давать, но которых у работника нет?
- Есть ли какие-либо конкретные навыки или знания, которые будут ключевыми в следующие десять лет, но им сейчас не учат?
- Существуют ли какие-либо технологии, программное обеспечение, которые будут ключевыми в следующие десять лет и владению которыми следует обучать в ходе ПТО?
- Каковы перспективы развития карьеры для сотрудников, занимающих эту должность? (продвижение по службе, зарплата и т.д.) (0 — «таких перспектив почти нет», 10 — «очень хорошие»)*.
- Насколько эта должность важна для роста компании? (0 — «никак не влияет на перспективы роста компании», 10 — «необходима для роста компании»)*
- Есть ли в вашей компании другие рабочие места для людей с ПТО?

4. Причины отсутствия в компании сотрудников с ПТО^{III}

- Почему в компании нет сотрудников с ПТО?
- Может ли человек с ПТО занять какую-либо должность в вашей компании?
- Какую должность он мог бы занять?

5. ПТО

- Участвуют ли сотрудники в целом в учебных курсах?
- Какое обучение для них предусмотрено?
- Какой вид обучения считается самым важным?
- Кто проводит обучение?

6. Двойное ПТО^{IV}

- Знаете ли вы, что такое двойное ПТО?
- Есть ли у вас ученики — участники двойного ПТО?*
- Считаете ли вы, что они создают добавленную стоимость для компании? В какой степени?*

7. Экосистема ПТО

- Были ли у вас профессиональные контакты с учреждениями ПТО?
- С какой целью вы с ними контактировали?

Примечания:

¹ В анкете для полуструктурированного интервью этого вопроса не было.

^{II} В анкете обследования этот раздел заполнялся для каждой должности, занятой работником с ПТО. Для вопросов, отмеченных *, часть вопроса, заключенная в скобки, в анкету для полуструктурированного интервью не включалась.

^{III} В анкете для полуструктурированного интервью этого раздела не было.

^{IV} Вопросы, отмеченные **, были добавлены в анкету для полуструктурированного интервью.

Источник: составлено авторами.

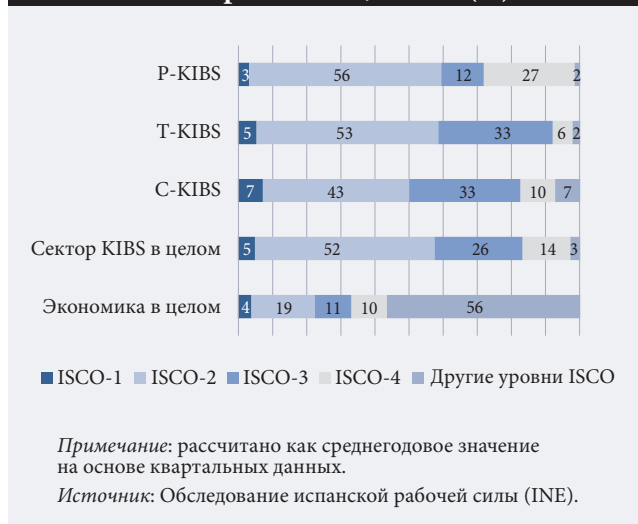
ситетов. В других видах экономической деятельности совокупная доля профессий, приобретаемых в рамках ПТО (техники и офисные работники), намного ниже.

Вертикальное несоответствие

С помощью адаптированной матрицы соответствия (Gammanaro, 2020; ILO, 2012) (см. табл. 2) рассчитаны удельные веса занятости по уровню образования для профессиональных категорий ISCO-3 и ISCO-4 (табл. 4). В случае техников (ISCO-3) степень согласованности во всех сегментах KIBS выше, чем по экономике в целом (36 против 28%), в то время как по офисным работникам (ISCO-4) ситуация противоположная. Тем не менее

в отношении этих профессий доля сотрудников с избыточной квалификацией во всех подгруппах KIBS на 5 процентных пунктов выше, чем средние показатели по экономике. Иными словами, в данном секторе избыточная квалификация встречается чаще, чем в других. В случае с P-KIBS для техников (ISCO-3) ее распространенность близка к общему показателю для всего сектора. Техников с квалификацией, отвечающей должности, также меньше ввиду широкого распространения недостаточного профессионального уровня (35% в P-KIBS против 25% для всего сектора KIBS), что близко к средним экономическим показателям (37%). Распределение занятых в этой профессии в P-KIBS (12%) и в целом по

Рис. 2. Образовательная структура испанского сектора KIBS по профессиональным категориям ISCO, 2019 г. (%)



экономике (11%) примерно одинаково (см. рис. 2). В нашем случае существенных различий между P-KIBS и остальными сегментами не наблюдается. На офисных работников (ISCO-4) приходится 27% кадрового состава компаний P-KIBS, что превышает значение не только для экономики в целом, но и для всего сектора KIBS. В их случае удельный вес избыточной квалификации также превышает средний для KIBS (66%). К ним относятся 30% лиц с высшим ПТО. В T-KIBS вторая по величине доля занятости после специалистов (ISCO-2) приходится на техников (ISCO-3) (см. рис. 2). Из них 38% имеют избыточную квалификацию и лишь 19% — недостаточную.

Таким образом, T-KIBS оказался сегментом с максимальным (42%) уровнем сбалансированности подготовки для данного типа профессий. Применительно к офисным работникам доля избыточной квалификации (62%) близка к показателю для всех KIBS, но только 18% с высшим образованием (по сравнению с 26% для KIBS в целом и 22% для всей экономики). Наконец, в C-KIBS, где 33% занятых относятся к техникам (см. рис. 2), этот показатель наиболее высок для всех видов деятельности (45%), а степень соответствия для кадров с высшим образованием составляет всего 23% (см. табл. 4). Напротив, для офисных работников лица с избыточной квалификацией (48%, из них 18% имеют университетские дипломы) самые малочисленные среди всех видов деятельности. Именно здесь выявлена максимальная доля кадров, чья квалификация отвечает занимаемой должности. Вертикальный дисбаланс в отношении профессий, предполагающих наличие ПТО, характерен для всех типов KIBS. Следовательно, возможности ПТО по обеспечению рассматриваемой сферы трудовыми ресурсами превышают текущие потребности. В случае с P-KIBS это в первую очередь относится к офисному персоналу, составляющему 27% всех занятых. Примечательно, что 2/3 таких позиций заполнены кадрами с высшим образованием, хотя здесь было бы достаточно среднего ПТО или даже низшей квалификации.

В T-KIBS и C-KIBS нестыковка характерна прежде всего для технических должностей. Процент избыточной квалификации для таких профессий в T-KIBS (38%) ближе к среднему по экономике (35%), но его величина существенна, поскольку здесь больше технических работников (33% в T-KIBS против 11% в экономике в целом). В C-KIBS для техников (33% всего персонала, см. рис. 2) выявлена самая избыточная квалификация (46%).

Табл. 4. Вертикальное несоответствие для профессиональных категорий ISCO-3 и ISCO-4 в Испании, 2019 г. (%)

Коды ISCO	Виды KIBS	Коды ISCED										Уровень несоответствия навыков		
		ISCED-1	ISCED-2	ISCED-3-1	ISCED-3-2	ISCED-4	ISCED-5-1	ISCED-5-2	ISCED-6	ISCED-7	ISCED-8	Недостаточная квалификация	Соответствие	Избыточная квалификация
ISCO-3	P-KIBS	1	5	4	26	0	26	0	14	25	0	35	26	39
	T-KIBS	0	3	4	13	0	42	0	17	20	1	19	42	38
	C-KIBS	0	7	6	18	0	23	0	21	24	0	32	23	46
	Все KIBS	0	4	6	15	0	35	0	18	20	1	25	36	40
	Экономика в целом	1	12	6	18	0	28	0	15	20	0	37	28	35
ISCO-4	P-KIBS	1	5	11	17	0	30	0	17	19	0	1	33	66
	T-KIBS	0	11	7	19	0	18	1	18	24	0	0	38	62
	C-KIBS	2	12	14	24	0	18	0	11	19	0	2	50	48
	Все KIBS	1	7	11	18	0	26	0	16	20	0	1	36	62
	Экономика в целом	1	13	10	20	0	22	0	16	18	0	1	42	57

Примечание: Условные обозначения для кодов ISCO и ISCED и цветовых кодов см. в табл. 2.

Источник: Обследование испанской рабочей силы (INE).

Для офисных служащих показатель минимален (48%). В С-KIBS 45% работников имеют избыточную квалификацию и лишь 23% обладателей вузовских дипломов выполняют функции согласно уровню образования (см. табл. 4). Сходный показатель выявлен для офисных сотрудников (48%); 18% — с высшим образованием, 14% — со средним, и половина работников в целом занимают должности, отвечающие их подготовленности.

Ранее мы исследовали вертикальное несоответствие и профессии, считающиеся релевантными для носителей ПТО. Целесообразно также выяснить, насколько часто они по факту оказываются на таких вакансиях. Результаты анализа приведены в табл. 5. Компетенции специалистов со средним ПТО в Р-KIBS (как и для экономики в целом) преимущественно гармонизированы с выполняемыми функциями, тогда как в Т-KIBS и С-KIBS велико распространение недостаточной квалификации, в основном для профессий ISCO-3. Что касается высшего ПТО, то в Т-KIBS уровень согласованности гораздо заметнее, чем в других зонах KIBS и по экономике. Напротив, в Р-KIBS преобладает избыточная квалификация получателей высшего образования, реализующих преимущественно офисные функции. Возникает вопрос: действительно ли подобные кадры решают задачи, не требующие в полной мере их квалификации и более уместные для носителей среднего ПТО, или же функционал выполняемых работ предполагает повышенную компетентность и по факту должен относиться к ISCO-3, но ошибочно классифицируется как ISCO-4? В случае С-KIBS заметна распространенность недостаточной квалификации: 33% обладателей высшего ПТО работают на позициях специалистов (ISCO-2).

Горизонтальное несоответствие

Сравним дисциплины, которые изучали недавние выпускники учреждений ПТО в Басконии, поступившие на работу в компании KIBS, с их профессиональными обязанностями. На основе матрицы соответствия, предложенной в (INCUAL, 2014), составлена табл. 6. Заштрихованные ячейки показывают горизонтально гармонизированные виды деятельности, дезагрегированные по профессиональному уровню (однозначные коды NACE).

Более подробные данные (по двузначным кодам ISCO) представлены в Приложении 1⁶, из которого видно, что степень соответствия знаний и профессиональных навыков существенно варьирует в зависимости от типа KIBS. В Р-KIBS доля навыков специалистов с ПТО, отвечающих содержанию их работы, в юридической и бухгалтерской деятельности (NACE 69) достигает 77%. Такие сотрудники заняты преимущественно на офисных должностях (ISCO 43, 41, 42, 34, 44, 33 и 24) — более 90%. В консалтинговых компаниях (NACE 70) горизонтальный дисбаланс ниже (38%). Тем не менее даже с учетом компетентностных расхождений большинство лиц с ПТО изучали дисциплины, которые можно

считать актуальными для занимаемых ими позиций или универсальными (например, ИКТ, коммуникации, торговля или маркетинг). Если учитывать эти виды деятельности как релевантные, то общий уровень сбалансированности превысит 75%. В них выпускники ПТО занимают более широкий круг вакансий. Максимальная их численность зафиксирована в группе ISCO-35 (техники информационных технологий и связи). Однако преобладают офисные профессии — 49% обладателей ПТО (ISCO 41, 43, 42, 33 и 24).

В Т-KIBS должности, связанные с компьютерным программированием, консультированием и смежными видами деятельности (NACE 62), занимают преимущественно выпускники, профилировавшиеся в области ИКТ (77%), что означает горизонтальный баланс. В период с 2014 по 2019 г. на такие вакансии трудоустроилось больше носителей ПТО (754, или 42% от общего числа), чем в любом другом сегменте KIBS. Из них 72% работают техниками (ISCO-35) либо специалистами по ИКТ (ISCO-25), что составляет 9% всех носителей таких специальностей. Большинство «горизонтально несоответствующих» профилировались в смежной области «электротехника и электроника» и за некоторыми связанными с ней исключениями (ISCO-74) реализуют функции, относящиеся к группам ISCO-35, ISCO-25 и ISCO-4.

В архитектурно-инженерной деятельности (NACE 71) горизонтальный баланс выявлен для 40% выпускников ПТО, которые, впрочем, как и в Р-KIBS, получили смежные или универсальные навыки и знания. Некоторые из них связаны с машиностроением (например, электротехника и электроника), производством и обслуживанием транспортных средств. Выпускники ПТО в основном работают в качестве помощников научно-технических специалистов (ISCO-31), удельный вес таких должностей составляет 50%. За ними следуют ассистенты специалистов здравоохранения (ISCO-32), работники металлургии, машиностроения и смежных профессий (ISCO-72) (7%). Научно-технический персонал составляет 6%.

В сегменте услуг ИиР (NACE 72) лишь 28% обладателей ПТО имеют надлежащую квалификацию (химия), но существует смежная область знаний (здравоохранение), по которой профилируется значительный процент молодых специалистов. Здравоохранение как профессиональная группа подразделяется на две базовые области: персональный уход и помощь, а также техническая и лабораторная работа. Последняя тесно связана с научными исследованиями. Основные профессии носят технический характер (группы ISCO 31 и 33), включая профессионалов ИКТ (ISCO-35) и офисные кадры (ISCO-43). Наконец, доля занятых в С-KIBS, образование которых сбалансировано с должностными характеристиками, значительно ниже (21%). Для вида деятельности NACE 73 этот показатель составляет 29%, а для NACE 74 — всего 18%. Квалификационный

⁶ Ввиду ограничений на объем печатной версии статьи Приложение 1 доступно только в онлайн-версии (<https://foresight-journal.hse.ru/2022-16-2/623228827.html>). — Прим. ред.

Табл. 5. Вертикальное несоответствие выпускников ПТО в Испании, 2019 (%)

Коды ISCO	ISCED 3-1 Среднее ПТО					ISCED 5-1 Высшее ПТО				
	P-KIBS	T-KIBS	C-KIBS	Все KIBS	Вся экономика	P-KIBS	T-KIBS	C-KIBS	Все KIBS	Вся экономика
ISCO-1	3	2	2	2	1	1	1	4	2	3
ISCO-2	0	1	16	5	1	4	8	33	11	5
ISCO-3	12	62	34	33	7	27	81	44	59	23
ISCO-4	79	21	25	47	10	67	6	11	24	18
ISCO-5	0	1	7	2	38	0	0	3	1	21
ISCO-6	0	2	0	0	2	0	0	0	0	1
ISCO-7	0	8	5	4	18	0	3	4	2	15
ISCO-8	0	0	4	1	10	0	0	0	0	7
ISCO-9	6	4	7	6	12	1	0	2	0	6
Недостаточная квалификация	15	65	53	40	9	4	8	33	11	5
Соответствие	79	31	41	54	78	28	82	48	61	26
Избыточная квалификация	6	4	7	6	12	68	9	19	28	68

Примечание: условные обозначения для кодов ISCO и ISCED и цветовых кодов см. в табл. 2.
Источник: Обследование испанской рабочей силы (INE).

профиль занятых в C-KIBS охватывает широкий круг дисциплин. Некоторые вакансии в компаниях с видом деятельности NACE 74, занимаемые лицами с ПТО, например ISCO-92 (уборщики) или ISCO-59 (охрана), далеки от основных видов C-KIBS.

Несмотря на вариативность горизонтальных нестыковок между разными типами KIBS, полученные результаты заставляют усомниться в корректности самой матрицы соответствия. Так, некоторые области знаний, в частности ИКТ, можно рассматривать как универсальные, а некоторые занятия, например творческие, могут выиграть от вовлечения представителей самых разных дисциплин.

Несоответствие навыков

Данные обследования и полуструктурированные интервью проливают свет на функции и задачи выпускников ПТО и их важность для основной деятельности компаний. Определены профили таких работников (должность, специализация, уровень образования). Профессии сгруппированы в три категории: офисные, ИКТ и научно-производственные⁷.

Максимальная нестыковка навыков выявлена для офисных профессий и ИКТ (рис. 3). Наибольшая согласованность ожиданий работодателей в отношении компетенций выпускников ПТО характерна для научных и производственных видов деятельности (монтаж, техническое обслуживание оборудования и составление чертежей). Опрашиваемые указали на особую сложность сохранения высокой планки квалификации в области

ИКТ, прежде всего в программировании и управлении компьютерными системами, включая разработку полного стека, облачные вычисления, большие данные, кибербезопасность. Постоянное развитие языков программирования и адаптация к новым реалиям и требованиям клиентов заставляют регулярно обновлять знания. Ключевым фактором производительности в быстро меняющемся контексте также было названо отношение к работе. Работодатели отметили особую актуальность для сектора KIBS таких навыков, как способность адаптироваться к переменам и приобретать новые компетенции. Очевидным пробелом признан низкий уровень владения английским языком — в этом отношении носители ПТО, судя по всему, уступают коллегам с университетским образованием.

Роль работников с ПТО в секторе KIBS

Для измерения важности персонала с ПТО ставился вопрос: «Как вы оцениваете значимость данной профессии для развития компании?»⁸ Результаты, представленные на рис. 4, свидетельствуют, что ИКТ, научные и производственные профессии в равной мере играют ключевую роль для основной деятельности компаний KIBS. Добавленная стоимость, создаваемая офисными работниками, явно ниже, поскольку они напрямую не участвуют в основной производственной деятельности, что согласуется с их принадлежностью к категории ISCO-4 (см. рис. 2). Здесь предполагается выполнение более простых когнитивных задач, чем в других категориях, включая ISCO-3 (техники) (Miles et al., 2019).

⁷ Для оценки соответствия компетенций был сформулирован вопрос: «Считаете ли вы, что знания и навыки, полученные сотрудниками в ходе ПТО, достаточны для работы, которую они выполняют?». Ответы оценивались по шкале от 0 до 10, где 0 означает «Совершенно недостаточны», а 10 — «Вполне достаточны».

⁸ Ответы оценивались по шкале от 0 до 10, где 0 означает «Совершенно неважна для роста компании», а 10 — «Абсолютно необходима».

Табл. 6. Горизонтальное несоответствие для недавних выпускников ПТО Басконии (2014–2019 гг.), занятых в секторе KIBS, по профессиям (уровень однозначных кодов ISCO)

Код NACE	Код ISCO	Профессия																						Выпускники ПТО			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Все-го	По профес-сии для видов деятельности (%)	Соответ-ствие (%)
69	ISCO-3	0	10	0	0	4	0	1	0	1	1	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	24	11	42
	ISCO-4	0	156	0	0	7	0	0	0	0	3	0	0	0	6	2	0	0	0	3	0	6	0	183	83	85	
	Другие коды ISCO	1	4	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	13	6	31	
	BCEGO	1	170	0	0	13	1	1	0	1	4	0	0	0	15	4	0	0	0	4	0	6	0	220	100	77	
70	ISCO-3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	2	0	0	0	14	38	21	
	ISCO-4	0	10	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	15	41	67	
	Другие коды ISCO	0	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	8	22	13	
	BCEGO	0	14	0	0	4	0	1	0	0	1	1	0	0	12	0	0	0	0	4	0	0	0	37	100	38	
	P-KIBS	1	184	0	0	17	1	2	0	1	5	1	0	0	27	4	0	0	0	8	0	6	0	257	100	72	
62	ISCO-3	0	7	0	6	1	0	53	1	5	2	0	12	0	476	3	0	1	0	1	0	1	0	569	75	84	
	ISCO-4	0	19	0	0	1	0	4	0	0	1	0	0	0	4	0	0	1	0	1	0	0	0	31	4	13	
	Другие коды ISCO	0	2	0	2	1	0	30	0	3	0	0	11	0	103	0	1	0	0	0	0	0	0	153	20	67	
	BCEGO	0	28	0	8	3	0	87	1	8	3	0	23	0	583	3	1	2	0	2	0	1	0	754	100	77	
71	ISCO-3	0	9	4	1	1	30	26	1	50	0	0	0	1	9	15	0	0	20	7	5	0	0	194	63	52	
	ISCO-4	0	33	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	40	13	8	
	Другие коды ISCO	0	2	2	2	1	5	20	3	12	2	0	1	0	4	6	0	0	2	1	1	1	0	73	24	26	
	BCEGO	0	44	6	3	3	35	46	4	65	2	0	1	1	14	21	0	0	22	8	7	2	0	307	100	40	
72	ISCO-3	0	1	0	0	0	0	7	0	7	1	0	0	0	8	1	0	0	38	38	3	0	0	105	77	36	
	ISCO-4	0	10	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	10	0	
	Другие коды ISCO	0	0	0	1	2	0	2	1	3	0	1	2	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	17	13	0	
	BCEGO	0	11	0	1	5	0	10	1	10	1	1	2	0	11	1	0	0	38	40	3	0	0	136	100	28	
	T-KIBS	0	83	6	12	11	35	143	6	83	6	1	26	1	608	25	1	2	60	50	10	3	0	25	1197	100	62
73	ISCO-3	0	0	0	1	11	0	2	0	0	0	0	4	0	21	1	1	0	0	1	0	1	0	43	40	26	
	ISCO-4	0	4	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	13	12	38	
	Другие коды ISCO	0	2	0	11	13	0	2	0	0	2	1	4	0	5	2	2	0	1	3	0	2	1	1	52	48	29
	BCEGO	0	6	0	13	25	1	4	0	0	3	1	9	0	26	3	3	0	1	5	0	6	1	108	100	29	
74	ISCO-3	0	0	1	6	0	1	2	0	6	0	0	3	0	4	11	0	0	2	3	2	0	0	41	17	7	
	ISCO-4	0	21	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	25	10	88
	Другие коды ISCO	7	12	6	10	3	1	17	0	16	4	5	5	1	11	16	4	1	0	33	1	21	1	2	177	73	10
	BCEGO	7	33	7	16	3	2	19	0	24	4	5	8	1	15	27	4	1	2	36	3	22	2	2	243	100	18
	C-KIBS	7	39	7	29	28	3	23	0	24	7	6	17	1	41	30	7	1	3	41	3	28	3	3	351	100	17
	KIBS в целом	8	306	13	41	56	39	168	6	108	18	8	43	2	676	59	8	3	63	99	13	37	3	28	1805	100	56

Примечание: условные обозначения для кодов ISCO и ISCED см. в табл. 2.

Профессии: 1 — физкультурно-спортивная деятельность; 2 — администрация и управление; 3 — сельское хозяйство; 4 — графические искусства; 5 — торговля и маркетинг; 6 — строительство и строительные работы; 7 — электричество и электроника; 8 — энерго- и водоснабжение; 9 — машиностроение; 10 — гостиничный бизнес и туризм; 11 — личный имидж; 12 — изображения и звук; 13 — пищевая промышленность; 14 — информационные и коммуникационные технологии; 15 — установка и обслуживание оборудования; 16 — деревообработка, мебель, обработка пробки; 17 — морская и рыбная промышленность; 18 — химия; 19 — здравоохранение; 20 — безопасность и окружающая среда; 21 — социально-культурные и общественные услуги; 22 — текстильная, швейная и кожаная промышленность; 23 — транспорт и обслуживание транспортных средств.

Источник: Обследование выпускников ПТО Lanbide (2014–2019). https://www.lanbide.euskadi.eus/estudios-estadisticas/#stats5_clStats, дата обращения 19.04.2021.

В настоящее время наибольшую добавленную стоимость создают кадры с техническим образованием, растет их значимость для некоторых компаний. Часть работодателей наняли обладателей ПТО на должности техников по ИКТ из-за нехватки выпускников университетов, которых трудно найти из-за высокого спроса на рынке труда. Обнаружилось, что знания и навыки, приобретенные в рамках ПТО, достаточны для того,

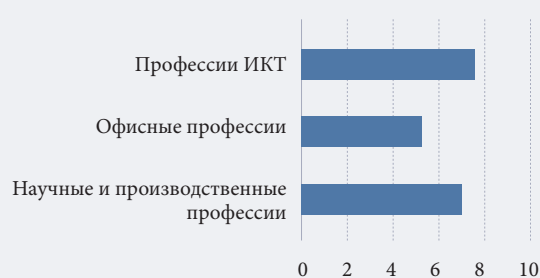
чтобы они выполняли задачи, ранее возлагавшиеся на дипломированных специалистов, и в перспективе могли занять те же позиции, например, в области работы с большими данными. Результаты подтверждают тот факт, что в секторе KIBS выполнение некоторых задач может быть оптимизировано за счет использования кадров с разным уровнем образования, которые будут дополнять друг друга.

Рис. 3. Средний уровень адекватности навыков, полученных в ходе ПТО, для выполняемой работы (по профессиональным категориям)



Источник: авторское обследование работодателей сектора KIBS.

Рис. 4. Средние оценки важности профессий, по которым работают выпускники ПТО, по профессиональным категориям



Источник: авторское обследование работодателей сектора KIBS.

Выводы

Принято считать, что KIBS предоставляются преимущественно высококвалифицированными профессионалами с университетским образованием. Однако, как показано в настоящей статье, роль выпускников ПТО в этом секторе остается недооцененной. Несмотря на значительное количество персонала с ПТО, оно, тем не менее, недостаточно из-за компетентностных нестыковок. Вертикальное несоответствие обнаружено в двух профессиональных категориях, предполагающих наличие ПТО: техники (ISCO-3) и офисные служащие (ISCO-4). Нестыковка может касаться всего испанского рынка труда, но для рассматриваемой сферы особенно заметна в P-KIBS и T-KIBS. Избыточность квалификации означает, что часть владельцев университетских дипломов работают на позициях, которые целесообразно отдать обладателям ПТО. Нередки случаи, когда лица с высшим образованием занимаются офисной работой, скорее уместной для носителей среднего образования. При этом, если последние занимают технические должности, избыточная квалификация в одних аспектах может сочетаться с недостаточной в других. Ситуация различается по сегментам: компании P-KIBS нанимают офисных работников, тогда как поставщики T-KIBS и C-KIBS привлекают в первую очередь техников. Это согласуется с результатами других исследований, в которых подчеркивается гетерогенность сектора KIBS (Consoli, Elche, 2010, 2013; Pina, Tether, 2016). В отношении горизонтального дисбаланса в P-KIBS и T-KIBS отметим, что компетенции в целом согласуются с профессиональными обязанностями, особенно если сотрудник обладает еще и смежными, универсальными навыками. Высокий уровень горизонтальной стыковки наблюдается в компьютерном программировании, консультировании и смежных областях (NACE 62), юридической и бухгалтерской деятельности (NACE 69). Обратная ситуация характерна для C-KIBS. Диапазон профессий, по которым работают носители ПТО, шире, а в некоторых случаях их образование и профессиональные обязанности не связаны между собой. Дальнейшие исследования

позволят уточнить области знаний, в полной мере отвечающие всем видам KIBS.

Наши результаты указывают на максимальную сбалансированность навыков обладателей ПТО с профессиями, относящимися к ИКТ и научно-производственной деятельности, тогда как самое значительное расхождение обнаружено для офисных профессий. Наиболее ценными оказались специалисты ИКТ и исполнители научно-промышленных задач, напрямую участвующие в основной деятельности компаний KIBS. Вклад офисных служащих оценен невысоко как самими занятыми, так и работодателями. По словам последних, профилирующиеся в области ИКТ и научно-промышленных профессий играют критическую роль, поскольку дополняют лиц с университетским образованием в разработке и внедрении технологических решений и даже могут заменить их. Аналогично возросла потребность в компетенциях, позволяющих носителям ПТО адаптироваться к изменениям условий деятельности. Таким образом, их вклад варьирует в зависимости от типа KIBS, но особенно значим для T-KIBS. Прежде всего, востребованы навыки работников с ПТО из ИКТ и научно-производственной деятельности.

На основе полученных выводов открываются темы дальнейших исследований роли выпускников ПТО в меняющемся контексте. Технологические навыки в сфере ИКТ играют особую роль при внедрении наукоемких решений в промышленности и секторе услуг, включая KIBS, в таких областях, как кибербезопасность, большие данные и облачные вычисления. В связи с растущим спросом на таких профессионалов (Castellaci et al., 2020) осведомленность о потенциале кадров с ПТО может повысить производительность компаний, которые до сих пор делают ставку на университетское образование. Одновременно расширяется потенциал учреждений ПТО в подготовке специалистов для новых областей и апгрейда существующих навыков.

Выявленные нами тенденции подтверждают прогноз о появлении в ближайшие десятилетия значительного количества рабочих мест средней квалификации, для которых, помимо определенных профессиональ-

ных навыков, необходимы такие универсальные компетенции, как адаптивность, умение решать проблемы и критическое мышление (Autor, 2015). Стремительное развитие и распространение ИКТ не только открывают большие возможности для поставщиков KIBS, но и создают вызовы для компаний, желающих эффективно использовать эти технологии (Cabigiosu, 2019). Команды, состоящие одновременно из обладателей ПТО и выпускников университетов, способны найти ответы на подобные вызовы.

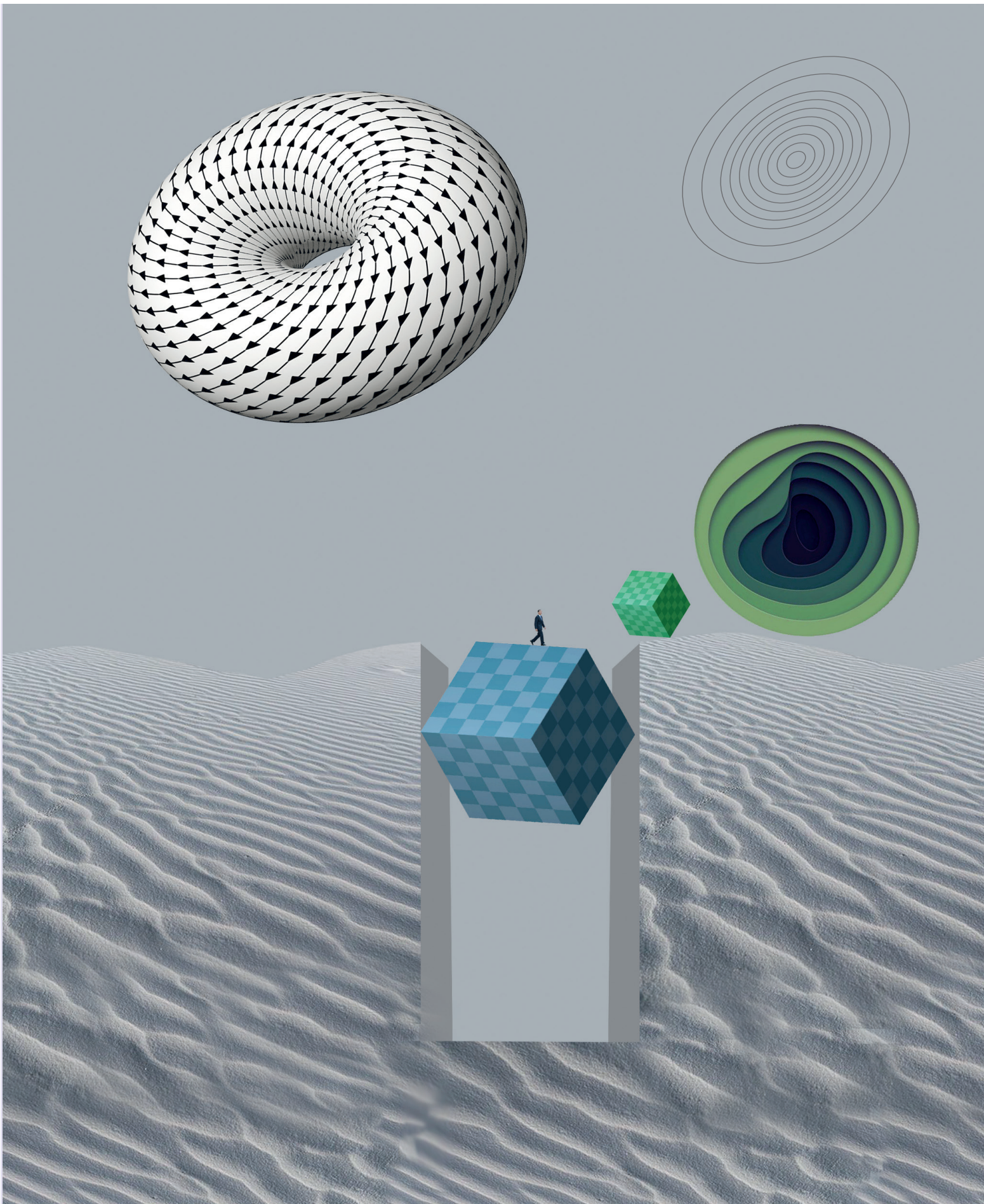
Наше исследование фокусировалось на кейсе Басконии. Учитывая, что системы ПТО существенно

различаются по странам и регионам Европы, в дальнейшем предстоит изучить другие примеры. Методологическое ограничение связано с использованием поискового и описательного подхода ввиду новизны темы и сложности обнаружения надежных источников данных для углубленного анализа природы KIBS с точки зрения образования персонала. Тем не менее собранные сведения позволили установить растущую значимость ПТО для KIBS в таких областях, как ИКТ и Индустрия 4.0, что открывает новые возможности для дальнейшего исследования данной интересной взаимосвязи.

Библиография

- Amara N., Landry R., Doloreux D. (2009) Patterns of innovation in knowledge-intensive business services. *The Service Industries Journal*, 29(4), 407–430. <https://doi.org/10.1080/02642060802307847>
- Antonelli C. (1998) Localized technological change, new information technology and the knowledge-based economy: The European evidence. *Journal of Evolutionary Economics*, 8(2), 177–198. <https://doi.org/10.1007/s001910050061>
- Autor D.H. (2015) Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3–30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Barzotto M., De Propriis L. (2019) Skill up: Smart work, occupational mix and regional productivity. *Journal of Economic Geography*, 19(5), 1049–1075. <https://doi.org/10.1093/jeg/lby050>
- Becker M., Spöttl G. (2019) Auswirkungen der Digitalisierung auf die berufliche Bildung am Beispiel der Metall- und Elektroindustrie. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 22(3), 567–592. <https://doi.org/10.1007/s11618-019-00869-1> (in German).
- Bettencourt L.A., Ostrom A.L., Brown S.W., Roundtree R.I. (2002) Client co-production in knowledge-intensive business services. *California Management Review*, 44(4), 100–128. <https://doi.org/10.2307%2F41166145>
- Cabigiosu A. (2019) *Innovation in Knowledge Intensive Business Services: The Digital Era*. Oxon and New York: Routledge.
- Cabigiosu A., Campagnolo D. (2019) Innovation and growth in KIBS: The role of clients' collaboration and service customisation. *Industry and Innovation*, 26(5), 592–618. <https://doi.org/10.1080/13662716.2018.1483823>
- Castellacci F., Consoli D., Santoalha A. (2020) The role of e-skills in technological diversification in European regions. *Regional Studies*, 54(8), 1123–1135. <https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1681585>
- Cedefop (2014) *Macroeconomic benefits of vocational education and training* (Research Paper No. 40), Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Cedefop (2019) *Mapping of centres of vocational excellence (CoVEs)* (European Commission Report, Education and Training 2020 Working Group on Vocational Education and Training), Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Chevalier A. (2003) Measuring over-education. *Economica*, 70(279), 509–531. <https://doi.org/10.1111/1468-0335.t01-1-00296>
- Chichkanov N., Miles I.D., Belousova V. (2021) Drivers for innovation in KIBS: Evidence from Russia. *The Services Industries Journal*, 41(7–8), 489–511. <https://doi.org/10.1080/02642069.2019.1570151>
- Consoli D., Elche D. (2010) Variety in the Knowledge Base of Knowledge Intensive Business Services. *Research Policy*, 39(10), 1303–1310. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.08.005>
- Consoli D., Elche D. (2013) The evolving knowledge base of professional service sectors. *Journal of Evolutionary Economics*, 23(2), 477–501. <https://doi.org/10.1007/s00191-012-0277-1>
- Corrocher N., Cusmano L. (2014) The 'KIBS engine' of regional innovation systems: Empirical evidence from European regions. *Regional Studies*, 48(7), 1212–1226. <https://doi.org/10.1080/00343404.2012.731045>
- Czarnitzki D., Spielkamp A. (2003) Business services in Germany: Bridges for innovation. *The Service Industries Journal*, 23(2), 1–30. <https://doi.org/10.1080/02642060412331300862>
- Den Hertog P. (2000) Knowledge-Intensive Business Services as co-producers of innovation. *International Journal of Innovation Management*, 4(4), 491–528. <https://doi.org/10.1142/S136391960000024X>
- De Propriis L., Bailey D. (2020) *Industry 4.0 and Regional Transformations* (1st ed.), New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429057984>
- Eurofund (2006) *Trends and drivers of change in the European knowledge-intensive business services sector: Mapping report*. Dublin: Eurofund (European Foundation for the Improvement of Living and Working Condition and EMCC-European Monitoring Centre for Change). https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef0640en.pdf, дата обращения 18.12.2021.
- Freel M. (2006) Patterns of technological innovation in knowledge-intensive business services. *Industry and Innovation*, 13(3), 335–358. <https://doi.org/10.1080/13662710600859157>
- Goller M., Caruso C., Harteis C. (2021) Digitalisation in agriculture: Knowledge and learning requirements of German dairy farmers. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 8(2), 208–223. <https://doi.org/10.13152/IJR/VET.8.2.4>
- Green F. (2016) *Skills demand, training and skills mismatch: A review of key concepts, theory and evidence*, London: Government Office for Science.
- ILO (2012) *International Standard Classification of Occupations. Structure, group definitions and correspondence tables. ISCO-08* (vol. 1), Geneva: International Labour Office.
- INCUAL (2014) *Informe Sectorial. Variación Datos. Familias Profesionales. Profesionales en activo, diciembre 2014*. ('Observatorio Profesional' Series No. 9), Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Instituto Nacional de las Cualificaciones (INCUAL) (in Spanish).
- Jacobs W., Koster H.R.A., Van Oort F. (2014) Co-agglomeration of knowledge-intensive business services and multinational enterprises. *Journal of Economic Geography*, 14(2), 443–475. <https://doi.org/10.1093/jeg/lbs055>
- Kamp B., Sisti E. (2018) Evolutions among Basque manufacturing industry in terms of service-based turnover. *Boletín de Estudios Económicos*, 73(225), 597–610.

- Koschatzky K., Stahlecker T. (2006) Structural couplings of young knowledge-intensive business service firms in a public-driven regional innovation system. In: *Entrepreneurship in the Region* (eds. M. Fritsch, J. Schmude), Boston, MA: Springer US, pp. 171–193. https://doi.org/10.1007/0-387-28376-5_9
- Landry R., Amara N., Doloreux D. (2012). Knowledge-exchange strategies between KIBS firms and their clients. *The Service Industries Journal*, 32(2), 291–320. <https://doi.org/10.1080/02642069.2010.529131>
- Lee H., Miozzo M. (2019) Which types of knowledge-intensive business services firms collaborate with universities for innovation? *Research Policy*, 48(7), 1633–1646. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.014>
- Manca F. (2012) Human capital composition and economic growth at the regional level. *Regional Studies*, 46(10), 1367–1388. <https://doi.org/10.1080/00343404.2011.598503>
- Marshall A. (1920) *Principles of Economics* (8th ed.), London: Macmillan.
- Marttila L., Lyytinen A., Kautonen M. (2008) Finnish polytechnics as providers of knowledge-intensive services. *The Service Industries Journal*, 28(3), 415–427. <https://doi.org/10.1080/02642060701856316>
- McGuinness S. (2006) Overeducation in the labour market. *Journal of Economic Surveys*, 20(3), 387–418. <https://doi.org/10.1111/j.0950-0804.2006.00284.x>
- McGuinness S., Ortiz L. (2016) Skill gaps in the workplace: Measurement, determinants and impacts. *Industrial Relations Journal*, 47(3), 253–278. <https://dx.doi.org/10.1111/irj.12136>
- McGuinness S., Pouliakas K., Redmond P. (2018) Skills mismatch: Concepts, measurement and policy approaches. *Journal of Economic Surveys*, 32(4), 985–1015. <https://doi.org/10.1111/joes.12254>
- Miles I. (2008) Patterns of innovation in service industries. *IBM Systems Journal*, 47(1), 115–128. <https://doi.org/10.1147/sj.471.0115>
- Miles I., Belousova V., Chichkanov N. (2018) Knowledge intensive business services: Ambiguities and continuities. *Foresight*, 20(1), 1–26. <https://doi.org/10.1108/FS-10-2017-0058>
- Miles I., Belousova V., Chichkanov N. (2019) Knowledge intensive business services: Innovation and occupations. *Foresight*, 21(3), 377–408. <https://doi.org/10.1108/FS-11-2018-0091>
- Miles I., Kastrinos N., Flanagan K., Bilderbeek R., Den Hertog P., Huntink W., Bouman M. (1995) *Knowledge-intensive business services. Users, carriers and sources of innovation* (European Innovation Monitoring System-EIMS Report), Brussels: European Commission.
- Moso-Díez M. (2020) VET and regional innovation strategies in Spain: An analysis of the public agenda. In: *Trends in vocational education and training research. Proceedings of the European Conference on Educational Research (ECER)* (Vol. III) (eds. C. Nägele, B.E. Stalder, N. Kersh), Glasgow: European Research Network on Vocational Education and Training (VETNET), pp. 220–229. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4008027>
- Muller E., Doloreux D. (2009) What we should know about knowledge-intensive business services. *Technology in Society*, 31(1), 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2008.10.001>
- Muller E., Zenker A. (2001) Business services as actors of knowledge transformation: The role of KIBS in regional and national innovation systems. *Research Policy*, 30(9), 1501–1516. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(01\)00164-0](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(01)00164-0)
- Navarro M. (2014) *El papel de los centros de formación profesional en los sistemas de innovación regionales y locales. La experiencia del País Vasco* (Cuaderno de Orkestra No. 2014/7), Bilbao: Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad (in Spanish).
- Navarro M., Sabalza X. (2016) Reflexiones sobre la Industria 4.0 desde el caso vasco. *Ekonomiaz*, 89, 142–173 (in Spanish).
- Pina K., Tether B.S. (2016) Towards understanding variety in knowledge intensive business services by distinguishing their knowledge bases. *Research Policy*, 45(2), 401–413. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.10.005>
- Pinto H., Fernandez-Esquinas M., Uyarra E. (2015) Universities and knowledge-intensive business services (KIBS) as sources of knowledge for innovative firms in peripheral regions. *Regional Studies*, 49(11), 1873–1891. <https://doi.org/10.1080/00343404.2013.857396>
- Porto I., Doloreux D. (2018) Knowledge stakeholders in RIS' literature: To be or not to be. *Ekonomiaz*, 94(2), 78–107.
- Quintini G. (2011) *Over-Qualified or Under-Skilled: A Review of Existing Literature* (OECD Social, Employment and Migration Working Paper No. 121), Paris: OECD. <https://doi.org/10.1787/5kg58j9d7b6d-en>
- Retegi J., Navarro M. (2018) Los centros de Formación Profesional ante los retos de las RIS3. El caso de Navarra. *Ekonomiaz*, 94, 56–77 (in Spanish).
- Robst J. (2007) Education and job match: The relatedness of college major and work. *Economics of Education Review*, 26(4), 397–407. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2006.08.003>
- Savic M. (2016) What role for knowledge-intensive business services (KIBS) in de-industrialized regions? *Regional Studies, Regional Science*, 3(1), 445–454. <https://doi.org/10.1080/21681376.2016.1243455>
- Sevinc D., Green A., Bryson J.R., Collinson S., Riley R., Adderley S. (2020) Ensuring skills are available in the right locations: Are we there yet? A regional analysis of qualification gaps. *Regional Studies*, 54(8), 1149–1159. <https://doi.org/10.1080/00343404.2020.1740190>
- Singh P. (2008). Oral and written reflection in practice management: An action research approach. *Systemic Practice and Action Research*, 21(2), 171–185. <https://doi.org/10.1007/s11213-008-9089-5>
- Somers M.A., Cabus S.J., Groot W., Maassen van den Brink H. (2019) Horizontal mismatch between employment and field of education: Evidence from a systematic literature review. *Journal of Economic Surveys*, 33(2), 567–603. <https://doi.org/10.1111/joes.12271>
- Spöttl G., Windelband L. (2021) The 4th industrial revolution – its impact on vocational skills. *Journal of Education and Work*, 34(1), 29–52. <https://doi.org/10.1080/13639080.2020.1858230>
- Tether B.S., Mina A., Consoli D., Gagliardi D. (2005) *A literature review on skills and innovation. How does successful innovation impact on the demand for skills and how do skills drive innovation?* (Commissioned Report), London: Department of Trade and Industry.
- Toner P., Woolley R. (2016) Perspectives and debates on vocational education and training, skills and the prospects for innovation. *Revista Española de Sociología*, 25(3), 319–342.
- Vaillant Y., Lafuente E., Horváth K., Vendrell-Herrero F. (2021) Regions on course for the Fourth Industrial Revolution: The role of a strong indigenous T-KIBS sector. *Regional Studies* (ahead-of-print). <https://doi.org/10.1080/00343404.2021.1899157>
- Wood P. (2009) Service competitiveness and urban innovation policies in the UK: The implications of the ‘London paradox’. *Regional Studies*, 43(8), 1047–1059. <https://doi.org/10.1080/00343400801968437>
- Wyrwich M. (2018) New KIBS on the bloc: The role of local manufacturing for start-up activity in knowledge-intensive business services. *Regional Studies*, 53(3), 320–329. <https://doi.org/10.1080/00343404.2018.1478076>



Эпидемиологическое информирование населения в городах: модели и их применение

Василий Осипов^a

Директор СПИИРАН, osipov_vasily@mail.ru

Марина Осипова^b

Генеральный директор, m_osipova@mail.ru

Сергей Кулешов^a

Главный научный сотрудник, kuleshov@iias.spb.su

Александра Зайцева^a

Старший научный сотрудник, cher@iias.spb.su

Алексей Аксёнов^a

Старший научный сотрудник, a_aksenov@iias.spb.su

^a Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН), 199178, Санкт-Петербург, 14-я линия, 39

^b Стоматологическая клиника «NEWMO CLINIC perio», 192007, Санкт-Петербург, Лиговский просп., 271

Аннотация

Рост плотности населения и интенсивности контактов между людьми повышает вероятность вспышек эпидемий в результате появления новых биологических вирусов. Противостоять таким угрозам позволяют масштабные профилактические, лечебные и иные меры до начала или во время эпидемий. Важную роль в комплексном противодействии эпидемиям играет информирование населения. Современные модели эпидемиологического информирования городского населения зачастую оказываются неэффективны, ставя под удар жизни и здоровье людей. Рассматриваемые в статье модели облегчают понимание проблем общественного здравоохранения и влияния эпидемий на экономику и бизнес. Для количественного обоснования программ (сценариев) эпидемиологического информирования предлагается метод на базе новых моделей распространения эпидемий в связанных городах. Суть метода состоит в сопряжении экономических показателей с состоянием здоровья населения в условиях эпидемии, а к преимуществам моделей относятся как

диапазон состояний исследуемых процессов, так и связи между ними.

Проанализированы семь программ эпидемиологического информирования населения связанных городов и определена наиболее оптимальная из них для конкретных условий. Установлены новые корреляции между параметрами реализуемых программ и результатами воздействия на здоровье и работоспособность населения. Показаны сценарии развития эпидемий в городах, объединенных разной интенсивности пассажиропотоками. Предложенный метод позволяет быстро подбирать наилучшие программы эпидемиологического информирования населения на основе моделей прогнозирования общественного здоровья и влияния эпидемий на экономику и бизнес в зависимости от мер противодействия им. Рассматриваемые модели могут также применяться для определения источников инфекции и момента ее распространения. Авторская методология эффективна для поддержки долгосрочной эпидемиологической политики.

Ключевые слова: эпидемиологическое информирование; программы; прогнозирование; здоровье; экономические потери; модели развития эпидемий

Цитирование: Osipov V., Osipova M., Kuleshov S., Zaytseva A., Aksenov A. (2022) Epidemiological Informing of the Population in Cities: Models and Their Application. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 80–89. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.80.89

Epidemiological Informing of the Population in Cities: Models and Their Application

Vasily Osipov^a

Director, SPIIRAS, osipov_vasily@mail.ru

Marina Osipova^b

General Director, m_osipova@mail.ru

Sergey Kuleshov^a

Chief Researcher, kuleshov@iiias.spb.su

Alexandra Zaytseva^a

Senior Researcher, cher@iiias.spb.su

Aleksey Aksenov^a

Senior Researcher, a_aksenov@iiias.spb.su

^a St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), 39, 14 Line, Saint Petersburg 199178, Russian Federation

^b Dental clinic 'NEWMO CLINIC perio', Ligovsky prospekt, 271, St. Petersburg, 192007, Russian Federation

Abstract

With an increase of population density and contacts between people, the emergence of new biological viruses, the threat of various epidemics is growing. Countering these threats involves the implementation of large-scale preventive, therapeutic, and other measures, both before the start and during an epidemic. Epidemiological informing of the population plays an important role in such counteraction. The currently used models of epidemiological informing of the population of cities largely do not meet the needs of practice. This negatively affects the effectiveness of the response to epidemics. The purpose of the study is to develop new models and justify their applicability for understanding the processes in public health, the impact of epidemics on the economy and business. For the quantitative substantiation of programs (scenarios), such epidemiological informing, a method based on new models of epidemic development in related cities is proposed. The method is characterized by a new objective function that links economic efficiency with the state of health of the population in an epidemic. The models differ from the known solutions both in the space

of the selected states of the processes under study and in the connections between them.

Using the developed method, seven possible programs of epidemiological informing of the population of related cities were analyzed and the best of them were found for specific conditions. New regularities have been established between the parameters of the programs being implemented and the results of the impact on the health and performance capability of the population. It is shown how an epidemic can develop in cities that are differently connected to each other by vehicles. The proposed method allows one to quickly find the best epidemiological informing programs for the population. The models underlying this method make it possible to predict public health and the impact of epidemics on the economy and business, depending on the planned measures to counteract epidemics. They are also applicable to determine the sources and time of infections' onset. The obtained simulation results are in good agreement with the known facts. The method can be applied in advanced information systems to support the adoption of far-sighted decisions to counteract epidemics.

Keywords:

epidemiological informing; programmes; forecasting; health; economic losses; epidemic development models

Citation: Osipov V., Osipova M., Kuleshov S., Zaytseva A., Aksenov A. (2022) Epidemiological Informing of the Population in Cities: Models and Their Application. *Foresight and STI Governance*, 16(2), 80–89. DOI: 10.17323/2500-2597.2022.2.80.89

Одним из ключевых аспектов прогнозирования общественного здоровья и оценки влияния эпидемий на экономику и бизнес выступают меры эпидемиологического информирования населения в городах, связанных интенсивными пассажиропотоками (далее — связанных городах). Успех комплексного реагирования на эпидемии во многом зависит от эффективности соответствующих программ и лежащих в их основе моделей и методов, которые позволяют просчитывать альтернативные сценарии (Papa et al., 2020; Abdulai et al., 2021).

Общие вопросы информирования населения о возможных угрозах жизни и здоровью исследованы достаточно подробно (Liu et al., 2020; Лукьянович, Афлятунов, 2015). Предпринимались попытки оценить влияние источников информации на ситуационную осведомленность граждан и социальную дистанцию (Wu et al., 2012; Qazi et al., 2020; Tiwari et al., 2021), в том числе в контексте освещения пандемии COVID-19 в СМИ и динамики раннего распространения инфекции в Китае (Liu et al., 2020; Zhou et al., 2020). Ряд существующих моделей, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки в конкретных условиях (Chubb, Jacobsen, 2009; Nadella et al., 2020), обеспечивают прогнозирование развития эпидемий (Newbold, Granger, 1974; Holko et al., 2016; da Silva et al., 2020; Hu et al., 2020; Levashkin et al., 2021; Medrek, Pastuszak, 2021; Katris, 2021; Osipov et al., 2021)¹. Для определения параметров и начальных состояний этих моделей применяются различные формы мониторинга ситуации и обработки статистических данных, однако оценке возможного влияния эпидемиологической информации на здоровье населения уделяется мало внимания. Недостаточно проработаны и методы расчета возможных экономических рисков такого информирования. Несовершенство существующих подходов затрудняет подбор эффективных программ информирования населения об эпидемиях, что отрицательно сказывается на мерах противодействия им.

Предлагаемые новые метод и модели обоснования программ (сценариев) эпидемиологического информирования населения в связанных городах призваны повысить эффективность борьбы с пандемиями благодаря учету информационного аспекта развития эпидемий и экономических потерь. Подобные модели позволяют более объективно оценивать усилия по противодействию эпидемиям через призму информационной политики и реакции населения, меняющих естественную динамику распространения заболеваний.

Материалы и методы

Метод

В основе программ эпидемиологического информирования лежит анализ данных о состоянии общественного здоровья, экономики и бизнеса, особенностях течения эпидемии в связанных городах и возможных мерах противодействия. В зависимости от сложившихся

условий такое информирование носит регулярный характер. Обоснование, учитывающее возможные эффекты для здоровья населения и экономические издержки, нацелено на поиск оптимальной программы эпидемиологического информирования. Не соответствующая требованиям программа по результатам оценки исключается, а на рассмотрение выносятся ее альтернатива. Все программы, отвечающие критериям допустимого уровня общественного здоровья, оцениваются по экономическим показателям; из них в свою очередь отбирается наиболее эффективная. После определения оптимальной программы она трансформируется в конкретные действия. Обоснованная программа через СМИ доводится до населения в виде предписаний по борьбе с эпидемией.

Итак, предстоит найти программу эпидемиологического информирования (PRG_o), при реализации которой достигается максимальный экономический эффект ($W_o(PRG_o, \Delta T)$) на заданном интервале времени ΔT и выполняются требования по обеспечению здоровья населения и затратам на ее реализацию.

Эффекты ($W_s(PRG_s, \Delta T)$) от применения программ (PRG_s) на интервале $\Delta T = T_k - T_0$ могут быть определены как:

$$W_s(PRG_s, \Delta T) = \sum_{k=0}^K \int_{T_k}^{T_{k+1}} \sum_{i=1}^L V_{ki}(PRG_s, \Delta T_k) \cdot P_{ki}(PRG_s, T_k \leq t < T_{k+1}) dt,$$

где:

$V_{ki}(PRG_s, \Delta T_k) = V_{io} / (1 + \Delta t_{ki} (I_{ks} \in PRG_s) / \tau)$ — экономическая эффективность населения в единицу времени в i -м состоянии, на k -м интервале $\Delta T_k = T_{k+1} - T_k$ при проведении s -й программы эпидемиологического информирования;

V_{io} — средняя экономическая эффективность населения в i -м состоянии без учета ограничительных мер;

τ — интервал времени для оценки V_{io} ;

$\Delta t_{ki} (I_{ks} \in PRG_s)$ — дополнительное время, затраченное на достижение такого же результата, но с учетом ограничительных мер;

I_{ks} — элементы программы PRG_s , внедренные на k -м интервале.

$P_{ki}(PRG_s, T_k \leq t < T_{k+1})$ — вероятность того, что население находится в состоянии i на k -м интервале при проведении s -й программы эпидемиологического информирования.

Искомая программа $PRG_s = PRG_s(I_{ks}; k = 0, 1, \dots, K)$ может включать K информационных блоков, I_{ks} и должна принадлежать множеству эффективных программ, которые не противоречат заданным требованиям.

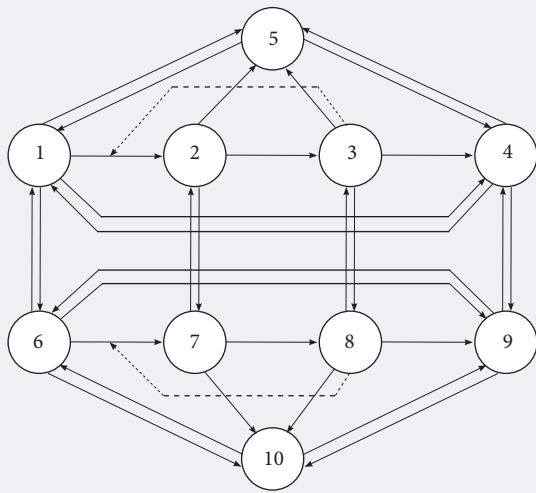
Алгоритм решения этой проблемы предусматривает:

1) оценку исходного состояния общественного здоровья, текущую динамику эпидемии, занятость населения в производстве и сфере услуг, возможности его информирования;

2) синтез эффективных программ эпидемиологического информирования населения, отвечающих заданным требованиям;

¹ См. также: <https://docs.idmod.org/projects/emod-environmental/en/latest/model-seir.html>, дата обращения 22.01.2022.

Рис. 1. Граф состояний процесса развития эпидемии в двух связанных городах



Примечание: Вершины 1, 6 — население здоровое, но восприимчивое к инфекции; 2, 7 — население с бессимптомным течением болезни (носители инфекции); 3, 8 — инфицированное население с симптомами болезни; 4, 9 — здоровое население с иммунитетом; 5, 10 — умершее население. Каждое состояние ассоциируется с относительным количеством людей в этом состоянии. Нормализация производится по отношению ко всему населению обоих городов.

Источник: составлено авторами.

3) оценку влияния каждой программы на итоговый показатель эффективности и поиск наиболее оптимальной из них.

Для такой оценки на каждом выделенном временном интервале необходимо определить влияние программы PRG_s на параметры модели развития и течение эпидемии. Затем, используя эту модель с учетом ее начальных состояний, можно рассчитать вероятности $P_{ki}(PRG_s, t)$. Зная эти вероятности и $V_{ki}(PRG_s, t)$, можно оценить предотвращенный ущерб за рассматриваемый интервал времени. Значения $V_{ki}(PRG_s, t)$ могут существенно

различаться для разных состояний популяции и сильно зависят от параметров PRG_s . Чтобы аналогичным образом оценить предотвращенный ущерб на следующем $k + 1$ временном интервале, следует учесть предыдущий расчет $P_{ki}(PRG_s, t)$.

Модели развития эпидемии в связанных городах

Для определения $P_{ki}(PRG_s, t)$ предлагаются новые модели с расширенным учетом возможных факторов развития эпидемии. Одна из таких моделей представляет собой граф состояний процесса развития эпидемии в двух связанных городах (рис. 1). Вершины графа на рис. 1 соответствуют состояниям населения первого (1–5) и второго (6–10) городов. Дуги графа на рис. 1 отражают переходы процесса развития эпидемии из одних состояний в другие. Описание переходов представлено в табл. 1. От известных решений (Browne et al., 2015) модель отличается прежде всего учетом дополнительных значимых связей.

Исходя из предельной теоремы теории вероятностей для потоков событий, графу на рис. 1 может соответствовать система из 10 дифференциальных уравнений, связывающих вероятности выбранных состояний (бокс 1). Параметрами этих уравнений выступают интенсивности λ_{ij} переходов процесса из одного состояния в другое, которые зависят от характеристик реализуемых программ эпидемиологического информирования. Данная зависимость проявляется в виде отрицательных и положительных поправок для λ_{ij} , отражающих изменение характера переходов между состояниями модели, свойственных каждому из управляющих воздействий.

В связи с эпидемиологическим информированием населения первого города в соответствии с реализуемой программой параметры переходов 1→2, 3→4, 1→6, 2→7, 3→8, 4→9 могут изменяться. Для второго города — 6→7, 8→9, 6→1, 7→2, 8→3, 9→4.

Масштабировать развитие эпидемии одновременно на многие города или страны можно, укрупнив состояния, выделенные на рис. 1. Так, состояния 2, 3 и 1, 5 могут быть объединены, поскольку рождаемость ком-

Табл. 1. Переходы процесса развития эпидемии из одних состояний в другие

Переходы	Описание
1→2, 6→7	Население здоровое, но восприимчивое к инфекции (состояния 1, 6) с течением времени может перейти в состояния 2, 7 (население с бессимптомным течением болезни). Значения интенсивностей переходов зависят от вероятностей нахождения процесса в состояниях 3, 8. Эта зависимость на рис. 1 отражена штрихпунктирными стрелками
2→3, 7→8	Население городов с бессимптомным течением болезни (состояния 2, 7) переходит в состояния 3, 8 — инфицированное население с симптомами болезни
3→4, 8→9	Инфицированное население с симптомами болезни (состояния 3, 8) после лечения переходит в состояния 4, 9 — здоровое население с иммунитетом
1→4, 6→9	Население здоровое, но восприимчивое к инфекции (состояния 1, 6) после вакцинации переходит в состояния 4, 9
4→1, 9→6	Население городов, находящееся в состояниях 4, 9, после пропадания у него иммунитета переходит в состояния 1, 6
1→6, 6→1, 2→7, 7→2, 3→8, 8→3, 4→9, 9→4	Переходы, связанные с перемещением людей между городами с использованием различных видов транспорта
1→5, 2→5, 3→5, 4→5, 6→10, 7→10, 8→10, 9→10	Переходы, связанные со смертями населения
5→1, 4→4, 10→6, 10→9	Переходы, обусловленные рождаемостью населения

Источник: составлено авторами.

Бокс 1. Система дифференциальных уравнений модели

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dP_1(t)}{dt} &= \lambda_{51}P_5(t) + \lambda_{61}P_6(t) - (\lambda_{12}P_3(t) + \lambda_{16} + \lambda_{15} + \lambda_{14})P_1(t) + \lambda_{41}P_4(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} &= \lambda_{12}P_3(t)P_1(t) + \lambda_{72}P_7(t) - (\lambda_{23} + \lambda_{25} + \lambda_{27})P_2(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= \lambda_{23}P_2(t) + \lambda_{83}P_8(t) - (\lambda_{34} + \lambda_{35} + \lambda_{38})P_3(t) \\ \frac{dP_4(t)}{dt} &= \lambda_{14}P_1(t) + \lambda_{34}P_3(t) + \lambda_{94}P_9(t) - (\lambda_{45} + \lambda_{49} + \lambda_{41})P_4(t) + \lambda_{54}P_5(t) \\ \frac{dP_5(t)}{dt} &= \lambda_{15}P_1(t) + \lambda_{25}P_2(t) + \lambda_{35}P_3(t) + \lambda_{45}P_4(t) - \lambda_{51}P_5(t) - \lambda_{54}P_5(t) \\ \frac{dP_6(t)}{dt} &= \lambda_{16}P_1(t) + \lambda_{10,6}P_{10}(t) - (\lambda_{67}P_8(t) + \lambda_{61} + \lambda_{6,10} + \lambda_{69})P_6(t) + \lambda_{96}P_9(t) \\ \frac{dP_7(t)}{dt} &= \lambda_{67}P_8(t)P_6(t) + \lambda_{27}P_2(t) - (\lambda_{72} + \lambda_{78} + \lambda_{7,10})P_7(t) \\ \frac{dP_8(t)}{dt} &= \lambda_{78}P_7(t) + \lambda_{38}P_3(t) - (\lambda_{83} + \lambda_{89} + \lambda_{8,10})P_8(t) \\ \frac{dP_9(t)}{dt} &= \lambda_{69}P_6(t) + \lambda_{89}P_8(t) + \lambda_{49}P_4(t) - (\lambda_{94} + \lambda_{9,10} + \lambda_{96})P_9(t) + \lambda_{10,9}P_{10}(t) \\ \frac{dP_{10}(t)}{dt} &= \lambda_{6,10}P_6(t) + \lambda_{7,10}P_7(t) + \lambda_{8,10}P_8(t) + \lambda_{9,10}P_9(t) - \lambda_{10,6}P_{10}(t) - \lambda_{10,9}P_{10}(t) \end{aligned} \right.$$

Источник: составлено авторами.

пенсрует убыль населения. Состояние 4 сохраняет свой первоначальный вид. Тем самым эпидемиологическая модель каждого отдельного города в обобщенном виде может быть формализована тремя связанными состояниями населения. Объединив отдельные модели городов через состояние инфицированности населения, можно получить модели развития эпидемии более высокого уровня (рис. 2).

Модели, представленные на рис. 2а,б, могут быть включены в системы дифференциальных уравнений для анализа динамики процесса относительно начальных состояний. Подобные модели позволяют прогнозировать распространение эпидемий по территории многих городов в зависимости от различных реализуемых эпидемиологических информационных программ. Прогнозирование требует данных о параметрах модели и об исходных состояниях процесса, которые определяются вероятностями $P_i(t=0)$ того, что процесс находится в i -х состояниях на момент $t=0$. С учетом членения времени на интервалы это моменты $T_k=0$. Каждая из вероятностей $P_i(t=0)$ может быть определена как относительное число людей в i -м состоянии в рассматриваемый момент времени.

Поскольку такие параметры моделей, как интенсивности λ_{ij} переходов процесса из одних состояний в другие, зависят от мер противодействия эпидемиям, влияние программы эпидемиологического информирования PRG_s на изменения λ_{ij} можно осуществлять по правилу:

$$\lambda_{ij} = \lambda_{ij}^* \pm \beta_{ij} g_{ij}(PRG_s),$$

где:

β_{ij} — максимально возможное изменение интенсивности перехода ij в зависимости от принятых эпидемиологических мер;

$g_{ij}(PRG_s)$ — вероятность того, что реализация программы PRG_s позволит достичь изменений λ_{ij} , равных β_{ij} .

Таким образом, знание исходных состояний процесса и параметров применяемой модели позволяет при разрешении соответствующей системы дифференциальных уравнений известными методами достигать прогнозных значений вероятностей $P_{ki}(PRG_s, T_k \leq t < T_{k+1}) = P_{ki}(\lambda_{ij}^* \pm \beta_{ij} g_{ij}(PRG_s), T_k \leq t < T_{k+1})$ того, что население находится в i -х состояниях на k -м интервале времени при проведении s -й программы эпидемиологического информирования. С учетом этих вероятностей прогнозирование экономических эффектов $W_s(PRG_s, \Delta T)$ от применения программ PRG_s на интервале $\Delta T = T_k - T_0$ становится осуществимым.

По результатам моделирования формируется распределение заболеваемости в городах во времени. Изменение исходных условий модели и реализация различных административных мер в виде программ PRG_s дает возможность формировать альтернативные сценарии развития эпидемии и прогнозировать влияние этих программ на общественное здоровье и экономику. Самостоятельное значение описанных моделей (см. рис. 2а,б) может быть связано с определением места и момента начала заражения, т. е. с реверсивным анализом развития эпидемии в связанных городах.

Исходные данные

Отправными данными для моделирования влияния эпидемиологических информационных программ служит статистика распространения COVID-19 в регионах и городах федерального значения России (табл. 2) за период с 6 марта по 30 декабря 2020 г. При анализе влияния эпидемиологического информирования населения посредством системы уравнений для модели на рис. 2 в качестве начальных интенсивностей перехода были взяты значения, приведенные в табл. 3. Значения средней эффективности населения в i -м состоянии без ограничительных мер задавались в относительных еди-

ницах, исходя из известных примеров (Bellman, 1983) — (1; 0.75; 0.3; 1; 0; 0; 0; 0; 0; 0).

Результаты и обсуждение

Решение задач (1) — (5) проводилось с помощью программного пакета MatLab. Для начала рассмотрим пример взаимодействия двух городов с большим пассажиропотоком в обоих направлениях, в которых, несмотря на различную численность населения, ведется примерно одинаковое эпидемиологическое информирование и реализуются типовые для «безопасного периода» профилактические меры. В одном из городов возникает источник инфекции и начинает распространяться эпидемия. Как быстро будет развиваться ситуация в первом и втором городах без изменения программ эпидемиологического информирования населения?

Для того чтобы ответить на этот вопрос было смоделировано развитие эпидемии в течение 150 недель (рис. 3). Начальные состояния в системе уравнений для модели на рис. 2 были заданы как (0.39888; 0.001; 0.00; 0.00; 0.00; 0.00012; 0.59982; 0.0; 0.0; 0.0; 0.00018). Для задания интенсивностей переходов применялась табл. 3. На рис. 3а показано изменение во времени относительного числа здоровых людей, восприимчивых к инфекции, в первом и втором городах. На рис. 3б,с,д,е отражены вероятности того, что население двух городов находится в состояниях 2, 7 — с бессимптомным течением болезни; 3, 8 — инфицированные с проявляющимися симптомами болезни; 4, 9 — здоровые с иммунитетом; 5, 10 — умершие. На рис. 3ф представлены зависимости и экономическая эффективность населения анализируемых городов при реализованной программе исходного эпидемиологического информирования:

$$V_{\Sigma 1}(PRG_s, t) = \sum_{i \in \{1,2,3,4\}} V_i(PRG_s, t) \cdot P_i(PRG_s, t),$$

$$V_{\Sigma 2}(PRG_s, t) = \sum_{i \in \{6,7,8,9\}} V_i(PRG_s, t) \cdot P_i(PRG_s, t).$$

Ожидаемый общий экономический эффект $W_z(PRG_s, \Delta T)$ для рассматриваемого случая за интервал

Табл. 2. Онлайн-ресурсы для мониторинга распространения пандемии COVID-19	
Наименование	Адрес
An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time.	https://www.thelancet.com/journals/laninf/article/PIIS1473-3099(20)30120-1/fulltext , дата обращения 20.01.2022.
Our World in Data. Coronavirus Pandemic (COVID-19)	https://ourworldindata.org/coronavirus , дата обращения 20.01.2022.
Карта коронавируса COVID -19 онлайн	https://coronavirus-monitor.info/ , дата обращения 20.01.2022.
Источник: составлено авторами.	

в 150 недель составил 143.5 условных экономических единиц (УЭЕ), из которых на первый город пришлось 57.5 УЭЕ, а на второй — 86.0.

Как показано на рис. 3, с течением времени численность здоровых людей, восприимчивых к инфекции, быстро сокращается, а инфицированных — увеличивается. При этом максимальное число инфицированных с симптомами заболевания в первом городе приходится на 70-ю неделю, а во втором — на 80-ю. Заражение населения во втором городе происходит через лиц, пересекающих границу между городами воздушным, наземным и морским транспортом. Относительная смертность во втором городе на пике достигает 0.00036, что в 1.94 раза выше начальной. Наибольший экономический спад для введенных исходных данных происходит на 80-й неделе.

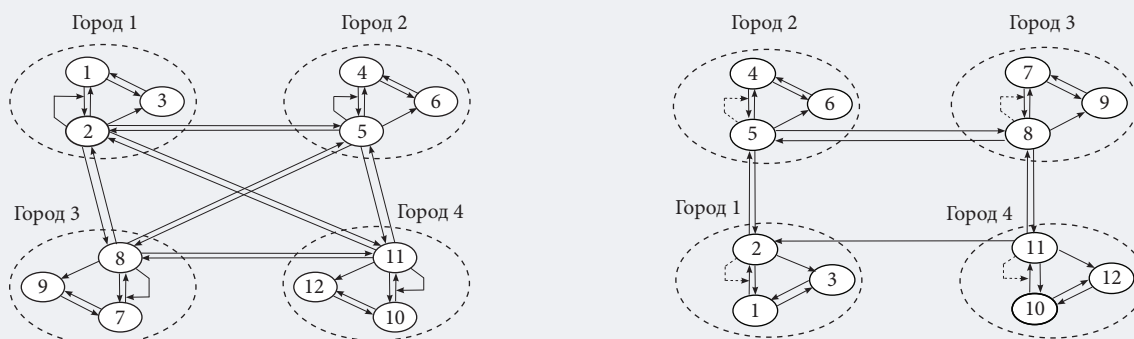
Отметим, что в момент $t = 0$ в первом городе было 0.1% инфицированных от общей численности населения обоих городов. Пикового уровня численность инфицированных с симптомами заболевания в этом городе достигла только через год и 2 месяца, а во втором городе — через год и 4.5 месяца.

Обобщенное влияние рассматриваемой программы эпидемиологического информирования (PRG I) на здоровье и экономические показатели населения в связан-

Рис. 2. Модели эпидемии в связанных городах

а) развитие эпидемии в полностью связанных городах

б) последовательное циклическое распространение эпидемии



Примечание: выделенные состояния населения отдельных городов показаны пунктирными кругами; 1, 4, 7, 10 — здоровое, но восприимчивое к инфекции население; 2, 5, 8, 11 — инфицированное население; 3, 6, 9, 12 — здоровое население с иммунитетом. Переходы 3→1, 6→4, 9→7, 12→10 обусловлены прежде всего временем существования иммунитета. После исчезновения иммунитета население городов из состояний 3, 6, 9, 12 переходит в состояния 1, 4, 7 и 10.

Источник: составлено авторами.

Табл. 3. Начальные интенсивности переходов

Переходы	Значения интенсивностей переходов	Переходы	Значения интенсивностей переходов
1→2	0.750·P ₃ (t)	9→6	0.0007
6→7	0.750·P ₈ (t)	4→5	0.000235
1→4	0.0007	9→10	0.39
6→9		5→1	
2→3	0.21	10→6	0.39
7→8		5→4	
3→4	0.1	10→9	0.00084
8→9		1→6	
1→5	0.000235	6→1	0.00056
6→10		2→7	0.00084
2→5	0.000235	7→2	0.00056
7→10		3→8	0.00084
3→5	0.0011	8→3	0.00056
8→10		4→9	0.00084
4→1	0.0007	9→4	0.00056

Источник: составлено авторами.

ных городах представлено в табл. 4. В ней также показан расчетный эффект других альтернативных программ эпидемиологического информирования, обозначенных как PRG 2–7. В табл. 5 приведены краткие пояснения по этим программам без отражения конкретных форм их влияния на параметры моделей.

Когда, в отличие от PRG 1, в программе PRG 2 население первого города информируется о необходимости

носить защитные маски и соблюдать социальную дистанцию, интенсивность перехода 1→2 в модели снижается. Вместе с этим здесь возникают дополнительные временные затраты Δt_{ki} ($I_{ks(Z)} \in PRG_{s(Z)}$), которые в рассматриваемом примере составляют 0.1 от τ . Программа PRG 3 отличается от PRG 2 тем, что одновременно с первым городом аналогичные защитные мероприятия проводятся и во втором. При проведении защитных мероприятий только в первом городе (PRG 2) суммарный экономический эффект составил 138.8 УЭЕ, а при проведении мероприятий сразу в двух городах (PRG 3) — 131.5 УЭЕ. Согласно этим оценкам экономическая эффективность стала ниже в сравнении с PRG 1, тогда как пиковые уровни инфицированности для населения обоих городов сместились вправо и уменьшились вместе с сокращением смертности. В случаях, когда реализуемые программы PRG 4,5 предусматривают вакцинацию населения, как в первом (PRG 4), так и в обоих городах (PRG 5) результаты моделирования показали достижение более высоких значений показателей общественного здоровья и его экономической эффективности в период эпидемии.

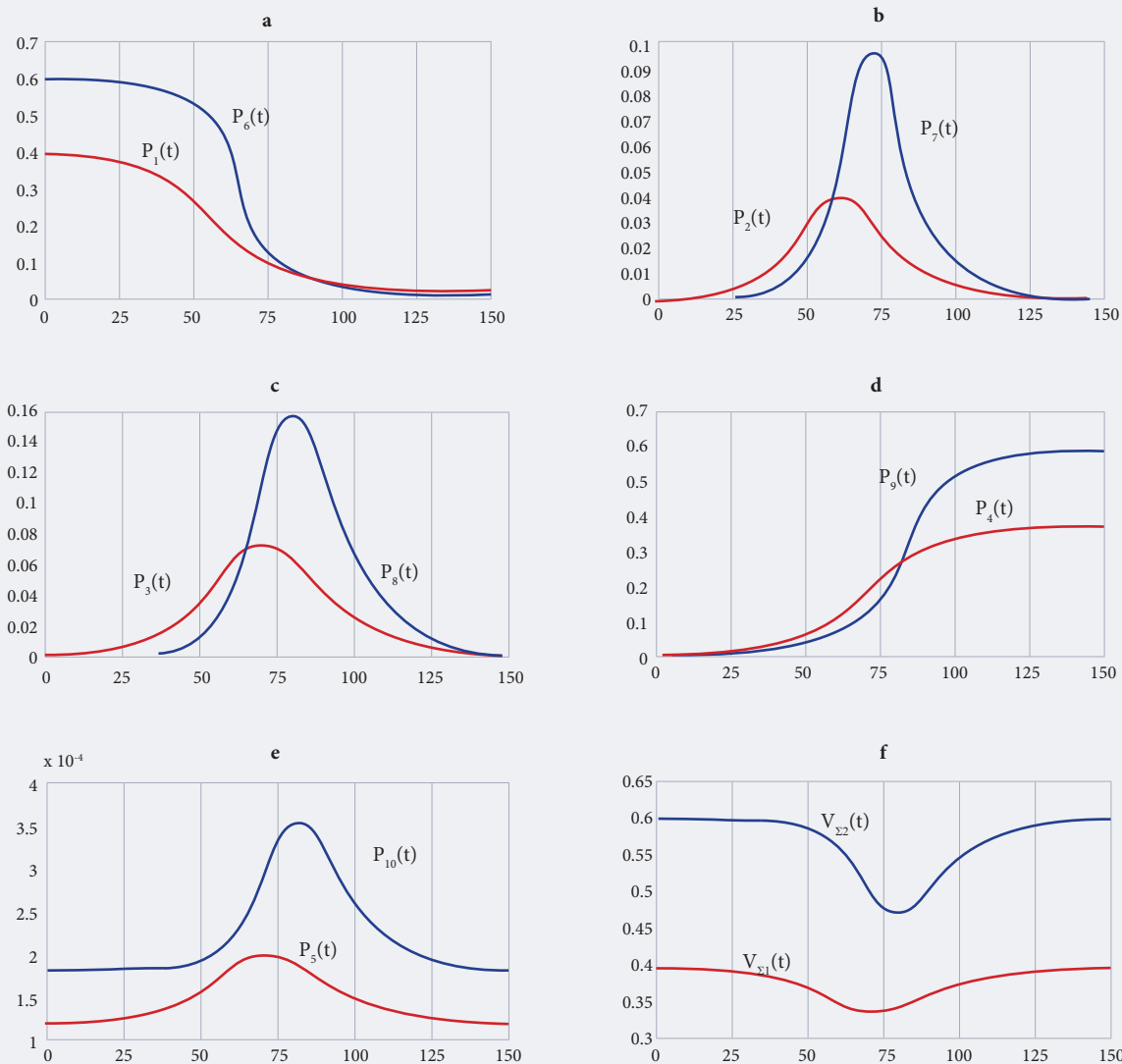
В случае предусмотренного программами эпидемиологического информирования ограничения связей между городами показатели инфицированности отличаются от предыдущих примеров. PRG 6 предусматривает оповещение населения о сокращении перемещений между первым и вторым городами начиная с 50-й недели. Согласно PRG 7, информирование об ограничениях и их введение осуществляются с момента $t = 0$. Анализ табл. 5 показывает, что введение рассматриваемых мер со сдвигом в 50 недель не дает заметных результатов. Значимый эффект в виде сдвига пиков заболеваемости вправо наблюдается только при введении ограничений с момента $t = 0$.

Табл. 4. Результаты влияния программ эпидемиологического информирования на здоровье и экономическую эффективность населения в двух связанных городах

Программа эпидемиологического информирования	Город 1			Город 2			Города 1, 2
	$\frac{P_3(t^*)}{t^*}$	$\frac{P_5(t^*)}{t^*}$	$\frac{V_{\Sigma 1}(0)/V_{\Sigma 1}(t^*)}{t^*}$	$\frac{P_8(t^*)}{t^*}$	$\frac{P_{10}(t^*)}{t^*}$	$\frac{V_{\Sigma 2}(0)/V_{\Sigma 2}(t^*)}{t^*}$	
PRG 1	$\frac{0.073}{70}$	$\frac{2.00 \times 10^{-4}}{70}$	$\frac{0.40/0.34}{70}$	$\frac{0.158}{80}$	$\frac{3.60 \times 10^{-4}}{80}$	$\frac{0.60/0.47}{80}$	143.5
PRG 2	$\frac{0.044}{94}$	$\frac{1.70 \times 10^{-4}}{94}$	$\frac{0.37/0.33}{94}$	$\frac{0.158}{83}$	$\frac{3.50 \times 10^{-4}}{83}$	$\frac{0.60/0.47}{83}$	138.8
PRG 3	$\frac{0.040}{96}$	$\frac{1.65 \times 10^{-4}}{96}$	$\frac{0.37/0.33}{96}$	$\frac{0.114}{105}$	$\frac{3.05 \times 10^{-4}}{105}$	$\frac{0.55/0.46}{105}$	131.5
PRG 4	$\frac{0.015}{70}$	$\frac{1.35 \times 10^{-4}}{70}$	$\frac{0.40/0.38}{70}$	$\frac{0.15}{82}$	$\frac{3.50 \times 10^{-4}}{82}$	$\frac{0.60/0.47}{80}$	145.6
PRG 5	$\frac{0.0142}{70}$	$\frac{1.35 \times 10^{-4}}{70}$	$\frac{0.40/0.38}{70}$	$\frac{0.0155}{100}$	$\frac{1.98 \times 10^{-4}}{100}$	$\frac{0.60/0.58}{100}$	149.3
PRG 6	$\frac{0.073}{70}$	$\frac{2.00 \times 10^{-4}}{70}$	$\frac{0.40/0.34}{70}$	$\frac{0.0156}{80}$	$\frac{3.50 \times 10^{-4}}{80}$	$\frac{3.50 \times 10^{-4}}{80}$	131.5
PRG 7	$\frac{0.073}{70}$	$\frac{2.00 \times 10^{-4}}{70}$	$\frac{0.40/0.34}{70}$	$\frac{0.0156}{95}$	$\frac{3.50 \times 10^{-4}}{95}$	$\frac{0.60/0.45}{95}$	130.6

Источник: составлено авторами.

Рис. 3. Оценка развития эпидемии в связанных городах без принятия дополнительных мер по эпидемиологическому информированию населения



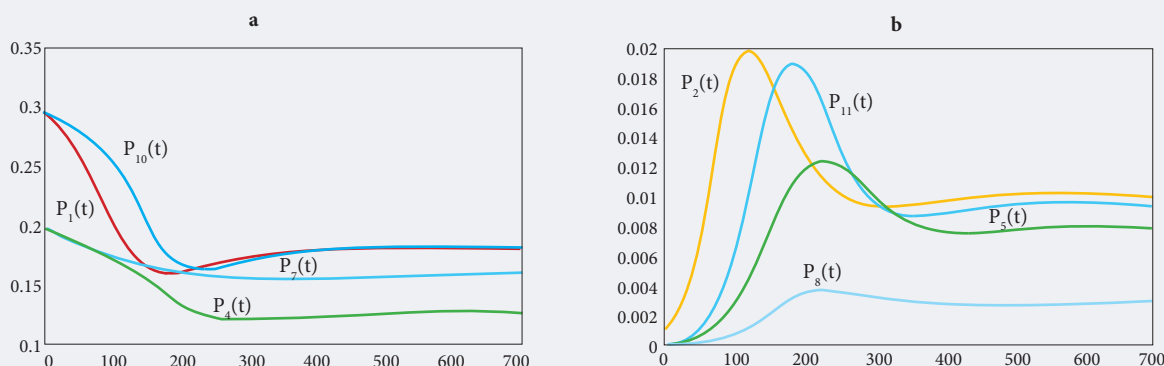
Источник: составлено авторами.

Табл. 5. Варианты программ информирования населения

Код программы	Описание
PRG 1	Повседневная (опорная) программа информирования населения без значимого учета фактов проявления эпидемии
PRG 2	Программа, предусматривающая дополнительное информирование населения первого города о необходимости носить защитные маски и соблюдать социальную дистанцию. Вторым городом информируется в обычном режиме
PRG 3	Программа информирования населения обоих городов о необходимости носить защитные маски и соблюдать социальную дистанцию
PRG 4	Программа информирования населения первого города о необходимости вакцинирования
PRG 5	Программа информирования населения обоих городов о необходимости вакцинирования
PRG 6	Программа информирования об ограничениях на перемещение населения между первым и вторым городами начиная с 50-й недели
PRG 7	Программа информирования об ограничениях на перемещение населения между первым и вторым городами начиная с момента $t = 0$

Источник: составлено авторами.

Рис. 4. Результаты оценки развития эпидемии в связанных городах в соответствии с моделью на рис. 3а



Источник: составлено авторами.

По результатам моделирования влияния программ эпидемиологического информирования на экономическую эффективность населения лучшей оказывается PRG 5, эффект от реализации которой в части информирования населения обоих городов о необходимости вакцинирования составляет 149.3 УЭЕ. Самой неэффективной в этом отношении остается PRG 7, предусматривающая жесткие ограничения на перемещение.

Рассмотрим особенности развития эпидемии в четырех городах (рис. 2а) с учетом контрмер. Согласно модели в каждом городе население может находиться в трех состояниях: 1, 4, 7, 10 — здоровое население, восприимчивое к инфекции; 2, 5, 8, 11 — инфицированное население; 3, 6, 9, 12 — выздоровевшее население. Допустим, что иммунитет населения после выздоровления, как и после вакцинации, равен двум годам. Инфекция возникла в первом городе. Распределение населения по

городам составляет (0.3, 0.2, 0.2, 0.3). Условия для обеспечения борьбы с пандемией путем эпидемиологического информирования первого, третьего и четвертого городов одинаковы. Во втором городе возможности лечения заболевшего населения несколько снижаются. Результаты моделирования развития эпидемии в рамках данной модели представлены на рис. 4.

На рис. 4а показаны временные зависимости вероятностей того, что города находятся в состояниях 1, 4, 7, 10 (здоровое население, восприимчивое к инфекции). Аналогичные зависимости для состояний 2, 5, 8, 11 (инфицированное население) показаны на рис. 4б. При таком развитии эпидемии и ограниченном иммунитете у населения, как видно из рис. 4а,б, наблюдаются явные волны процесса на интервале 700 недель. Из анализа рис. 4 следует, что без специальных мер инфекция может сохраняться в городах многие годы. Длительность зависит от структуры транспортных потоков между ними, их удаленности и населенности, реализуемых эпидемиологических мер, мутации вирусов, ослабления иммунитета со временем и других факторов. Поскольку темпы развития эпидемий в крупных городах существенно выше, чем в малых, одно лишь это может породить волновую динамику.

При реализации дополнительных эпидемиологических мер модель, представленная на рис. 2а, может быть сведена к таковой на рис. 2б, где распространение инфекции происходит последовательно от первого до четвертого города и вновь возвращается в первый. Результаты моделирования (рис. 5) по этой модели в сравнении с рис. 4 более волнообразны. В результате принятых мер по противодействию эпидемии показатели заболеваемости во втором, третьем и четвертом городах (рис. 5б) снизились в сравнении с рис. 4б, а пики заболеваемости значительно сместились во времени.

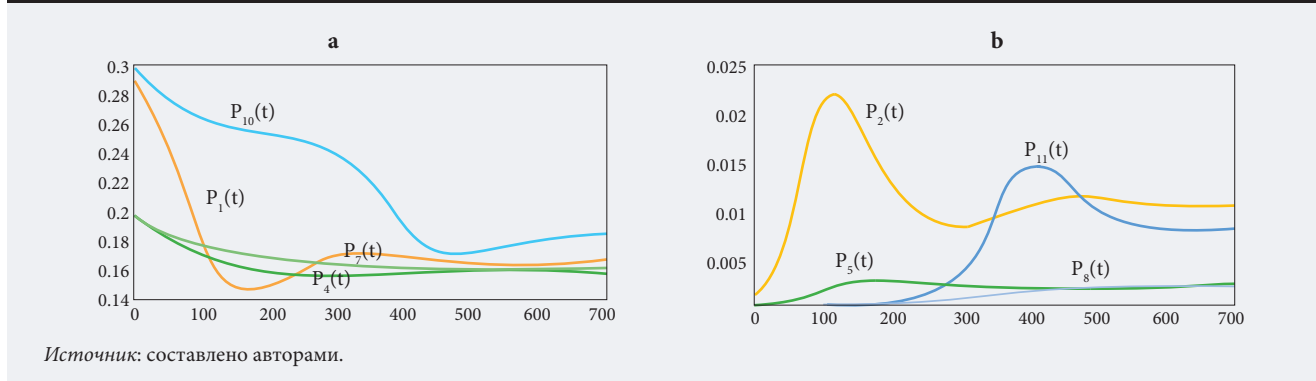
Для сравнения полученных результатов моделирования с существующими статистическими данными (см. табл. 2) была составлена табл. 6, в которой отражены даты достижения рядом российских регионов уровня зараженности населения COVID-19 в 1%. Анализ данных табл. 6 показывает, что полученные результаты моделирования не противоречат доступной статистике.

Табл. 6. Даты достижения рядом российских регионов уровня инфицированности населения в 1%

Города и регионы Российской Федерации	Дата в 2020 г.
Москва	14 мая
Мурманск	13 июля
Нижний Новгород	26 сентября
Хабаровский край	11 октября
Санкт-Петербург	21 октября
Воронежская область	26 октября
Красноярский край	5 ноября
Приморский край	15 ноября
Свердловская область	20 ноября
Ростовская область	5 декабря
Новосибирск	30 декабря
Челябинская область	30 декабря

Источник: составлено авторами.

Рис. 5. Результаты оценки развития эпидемии в связанных городах в соответствии с моделью на рис. 3б



Заключение

В исследовании представлены метод количественной оценки программ эпидемиологического информирования в связанных городах, новые модели развития и противодействия эпидемии. Выявлены новые взаимосвязи между показателями информирования населения об эпидемии, его здоровья и экономической эффективности. Полученные результаты позволили подтвердить существенную зависимость между тремя рассмотренными элементами. Экономические издержки от эпидемий, которые можно учитывать при прогнозировании, включают затраты на лечебно-профилактические мероприятия, информирование о противодействии эпидемиям, компенсацию временной нетрудоспособности населения и др.

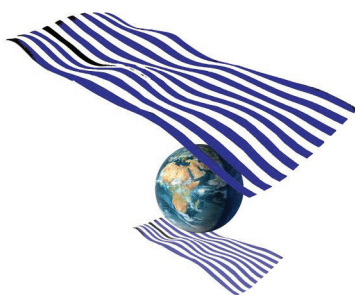
Предложенный метод позволяет находить обоснованные решения по борьбе с эпидемиями на основе прогнозирования эффективности планируемых мер. Разработанные модели могут быть востребованы для оценки текущих и будущих волн эпидемий и их влияния на состояние экономики и бизнеса. Кроме того, модели, лежащие в основе представленного метода, эффективны для определения места и момента начала распространения инфекции. Метод применим в перспективных информационных системах поддержки принятия решений в рамках эпидемиологической политики.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, номер проекта 20-04-60455.

Библиография

- Лукьянович А.В., Афлятунов Т.И. (2015) Анализ возможностей активного информационного воздействия средств массовой информации на население в условиях чрезвычайных ситуаций. *Технологии гражданской безопасности*, 12(4), 62–68.
- Abdulai A.-F., Tiffere A.-H., Adam F., Kabanunye M.M. (2021) COVID-19 information-related digital literacy among online health consumers in a low-income country. *International Journal of Medical Informatics*, 145, 104322. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2020.104322>
- Bellman R. (1983) *Mathematical methods in medicine*, Singapore: World Scientific.
- Browne C., Gulbudak H., Webb G. (2015) Modeling contact tracing in outbreaks with application to Ebola. *Journal of Theoretical Biology*, 384, 33–49. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2015.08.004>
- Chubb M.C., Jacobsen K.H. (2009) Mathematical modeling and the epidemiological research process. *European Journal of Epidemiology*, 25(1), 13–19. DOI: 10.1007/s10654-009-9397-9
- Da Silva R.G., Ribeiro M.H.D.M., Mariani V.C., Coelho L. (2020) Forecasting Brazilian and American COVID-19 cases based on artificial intelligence coupled with climatic exogenous variables. *Chaos, Solitons and Fractals*, 139, 110027. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110027>
- Holko A., Mędrek M., Pastuszek Z., Phusavat K. (2016) Epidemiological modeling with a population density map-based cellular automata simulation system. *Expert Systems with Applications*, 48, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.08.018>
- Hu Z., Ge Q., Li S., Boerwinkle E., Jin L., Xiong M. (2020) Forecasting and Evaluating Multiple Interventions for COVID-19 Worldwide. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 3. <https://doi.org/10.3389/frai.2020.00041>
- Katris C. (2021) A time series-based statistical approach for outbreak spread forecasting: Application of COVID-19 in Greece. *Expert Systems with Applications*, 166, 114077. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114077>
- Levashkin S.P., Zakharova O.I., Kulshov S.V., Zaytseva A.A. (2021) Adaptive-compartmental model of coronavirus epidemic and its optimization by the methods of artificial intelligence. *Journal of Physics: Conference Series*, 1864(1), 012108. DOI: 10.1088/1742-6596/1864/1/012108
- Liu N., Chen Z., Bao G. (2020) Role of Media Coverage in Mitigating COVID-19 Transmission: Evidence from China. *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120435. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120435>
- Mędrek M., Pastuszek Z. (2021) Numerical simulation of the novel coronavirus spreading. *Expert Systems with Applications*, 166, 114109. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114109>
- Nadella P., Swaminathan A., Subramanian S.V. (2020) Forecasting efforts from prior epidemics and COVID-19 predictions. *European Journal of Epidemiology*, 35(8), 727–729. <https://doi.org/10.1007/s10654-020-00661-0>
- Newbold P., Granger C.W.J. (1974) Experience with Forecasting Univariate Time Series and the Combination of Forecasts. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 137(2), 131–165. <https://doi.org/10.2307/2344546>
- Osipov V., Kulshov S., Zaytseva A., Levonevskiy D., Miloserdov D. (2021) Neural network forecasting of news feeds. *Expert Systems with Applications*, 169, 114521. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114521>
- Papa A., Mital M., Pisano P., Del Giudice M. (2020) E-health and wellbeing monitoring using smart healthcare devices: An empirical investigation. *Technological Forecasting and Social Change*, 153, 119226. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.02.018>
- Qazi A., Qazi J., Naseer K., Zeeshan M., Hardaker G., Maitama J.Z., Haruna K. (2020) Analyzing situational awareness through public opinion to predict adoption of social distancing amid pandemic COVID-19. *Journal of Medical Virology*, 92(7), 849–855. <https://doi.org/10.1002/jmv.25840>
- Tiwari P.K., Rai R.K., Khajanchi S., Gupta R.K., Misra A.K. (2021) Dynamics of coronavirus pandemic: Effects of community awareness and global information campaigns. *The European Physical Journal Plus*, 136(10), 994. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-021-01997-6>
- Wu Q., Fu X., Small M., Xu X.-J. (2012) The impact of awareness on epidemic spreading in networks. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 22(1), 013101. <https://doi.org/10.1063/1.3673573>
- Zhou W., Wang A., Xia F., Xiao Y., Tang S. (2020) Effects of media reporting on mitigating spread of COVID-19 in the early phase of the outbreak. *Mathematical Biosciences and Engineering*, 17(3), 2693–2707. DOI: 10.3934/mbe.2020147

ISSN 1995-459X
9 771995 459777



Вебсайт



Website

Загрузите в
App Store



Download on the
App Store

ДОСТУПНО В
Google Play



GET IT ON
Google Play