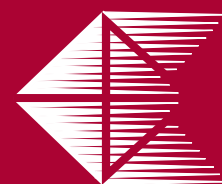


ISSN 0424-7388

Том 60, № 1

Январь – Февраль – Март 2024

ЭКОНОМИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ



НАУКА
— 1727 —

Российская академия наук

ЭКОНОМИКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Том 60 № 1 2024

Журнал основан в январе 1964 г.
Выходит 4 раза в год
ISSN 0424-7388

*Журнал издается под руководством
Отделения общественных наук РАН*

Главный редактор

В.Е. Дементьев

Редакционная коллегия:

А.А. Афанасьев, С.А. Афонцев, А.Р. Бахтизин (зам. главн. ред.), В.А. Волконский,
Н.А. Волчкова, Ю.Н. Гаврилец, И.У. Зилькарнай, В.Л. Квинт, Г.Б. Клейнер, М. Кубонива,
А.М. Либман, В.Н. Лившиц, В.Л. Макаров, В.В. Окрепилов, В.М. Полтерович,
А.В. Савватеев, Н.М. Светлов, Е.В. Устюжанина (зам. главн. ред.),
И.С. Шитова (зам. главн. ред.)

Заведующая редакцией Н.С. Виноградова

Журнал «Экономика и математические методы»
входит в Перечень ВАК, базы данных РИНЦ,
Web of Science (Emerging Sources Citation Index)

Адрес редакции:

117418, г. Москва, Нахимовский просп., 47, ком. 305
Тел.: 8(499) 129-39-33, 8(916) 139-27-26
e-mail: emm@cemi.rssi.ru

Москва

СОДЕРЖАНИЕ

Том 60, № 1, 2024

Теоретические и методологические проблемы

- Рубинштейн А.Я., Чуковская Е.Э. Наука, знание и интеллектуальная собственность: десять лет спустя. Часть 1 5

Мировая экономика

- Неп А.Н., Джураева З.Ф. Стал ли COVID-19 причиной девальвации рубля и валют развивающихся стран? 17
- Федорова Е.А., Мешкова Е.И., Невредин А.Р. Генезис международного банковского регулирования: обзор литературы с применением текстового анализа 31

Народнохозяйственные проблемы

- Куницына Н.Н., Дюдикова Е.И., Лазба Ф.А. Занятость в неформальном секторе: причины негативных тенденций 46

Региональные проблемы

- Потравный И.М., Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю. Сравнительная эффективность проектов развития арктических регионов 59
- Гончарова К.С., Коломыцева А.О., Шеломенцев А.Г., Павлов М.В. Системно-динамическая имитационная модель социально-экономического развития Республики Южная Осетия 72

Отраслевые проблемы

- Касьянова К.А. Сравнение динамики спотовых цен на электричество в европейской и сибирской ценовых зонах в модели стохастической волатильности 85
- Комарова И.П. Коллективная эффективность сетевых структур на примере автомобилестроения 97

Математический анализ экономических моделей

- Орлова Е.В. Гибридный подход к моделированию факторов производительности труда: синтез рандомизированных контролируемых экспериментов и причинных байесовских сетей 108
- Богатов Е.М., Демидова Е.Г. Об одном статистическом методе анализа сбалансированности экономических процессов 121
- Ильинский Д.Г., Измалков С.Б., Савватеев А.В. Survival of the strongest in a sequential true 133

* * *

- В.В. Окрепилову — 80 141
- В.Л. Квинту — 75 143

Russian Academy of Sciences

ECONOMICS AND MATHEMATICAL METHODS

Volume 60 No. 1 2024

Founded in January 1964
4 issues a year
ISSN 0424-7388

*The Journal is run under the supervision
of the Department of Social Sciences at RAS*

Editor-in-Chief

V.E. Dementiev

Editorial Board:

Afanasiev A.A., Afontsev S.A., Bakhtizin A.R. (Deputy Editor-in-Chief),
Gavrilets Yu.N., Kleiner G.B., Kuboniwa M., Kvint V.L., Libman A.M., Livshits V.N.,
Makarov V.L., Okrepilov V.V., Polterovich V.M., Savvateev A.V.,
Shitova I.S. (Deputy Editor-in-Chief), Svetlov N.M.,
Ustyuzhanina E.V. (Deputy Editor-in-Chief), Volchkova N.A., Volkonskiy V.A., Zulkarnay I.U.

Secretary of Editorial Staff N.S. Vinogradova

The journal "Economics and Mathematical Methods"
is included in the list of the Higher Attestation Commission (HAC)
and indexed in Russian Index of Scientific Citation,
Web of Science (Emerging Sources Citation Index)

Editorial Address

Nakhimovskiy Prospect, 47, Office 305, Moscow, Russia, 117418
Tel.: +7(499) 129-39-33; +7(916) 139-27-26;
e-mail: emm@cemi.rssi.ru

Moscow

CONTENTS

Volume 60, no. 1, 2024

Theoretical and methodological problems

- Rubinstein A.Ya., Chukovskaya E.E.** Science, knowledge, and intellectual property:
Ten years later. Part 1 5

World economy

- Nepp A.N., Dzhuraeva Z.F.** Has COVID-19 caused a devaluation of the rouble
and the currencies of developing countries? 17
- Fedorova E.A., Meshkova E.I., Nevredinov A.R.** The genesis of international
banking regulation: A literature review using text analysis 31

Problems of national economy

- Kunitsyna N.N., Dyudikova E.I., Lazba F.A.** Informal sector employment:
Reasons for negative trends 46

Regional problems

- Potravny I.M., Novoselov A.L., Novoselova I. Yu.** Comparative effectiveness
of Arctic region development projects 59
- Goncharova K.S., Kolomytseva A.O., Shelomentsev A.G., Pavlov M.V.** System-dynamic
simulation model of socio-economic development of the Republic of South Ossetia 72

Industrial problems

- Kasianova K.A.** Electricity spot price dynamics comparison in the European
and Siberian price zones using a stochastic volatility model 85
- Komarova I.P.** Collective efficiency of network structures — an example of automobile industry 97

Mathematical analysis of economic models

- Orlova E.V.** Hybrid approach to modeling labor productivity factors: Synthesis of randomized
controlled experiments and causal Bayesian networks 108
- Bogatov E.M., Demidova E.G.** On one statistical method for analyzing economic
processes balancedness 121
- Ilyinskiy D.G., Izmalkov S.B., Savvateev A.V.** Survival of the strongest in a sequential truel 133

* * *

- V.V. Okrepilov — 80** 141
- V.L. Kvint — 75** 143

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Наука, знание и интеллектуальная собственность: десять лет спустя. Часть 1

© 2024 г. А.Я. Рубинштейн, Е.Э. Чуковская

А.Я. Рубинштейн,

Институт экономики РАН, Москва; e-mail: arubin@aha.ru

Е.Э. Чуковская,

*Научно-образовательный центр интеллектуальной собственности и цифровой экономики, Москва;
e-mail: echukovskaya@yandex.ru*

Поступила в редакцию 06.09.2023

Аннотация. В первой части статьи представлены результаты теоретико-методологического исследования, основанные на новом взгляде на процессы производства знания в виде общественного блага и его последующей трансформации в частные, мериторные и нормативно-общественные товары, обладающие индивидуальной и социальной полезностью, с акцентом на одну из ветвей этого превращения — публикацию научных статей. Важная особенность данного процесса, отличающая указанный вид деятельности, обусловлена проблемами интеллектуальной собственности и авторского права. Эта область современной науки определяет институциональные условия превращения знания в продукты рыночного обмена. Осуществляемая законодательством об авторских правах защита интеллектуальной собственности породила множество теоретических и практических проблем, связанных с развитием данного института, ограничивающего распространение знания и сужающего его доступность. Особая роль принадлежит развивающейся договорной практике передачи авторских прав издателям, включая вопросы публикационной этики, и особенностям, возникающим в такой ситуации экономических отношений, целесообразной составляющей которой является выплата авторских гонораров и оплата труда рецензентов.

Ключевые слова: государство, наука, знание, интеллектуальная собственность, авторское право, публикационная этика, журналы, авторский гонорар.

Классификация JEL: A1, D73, H41, O3, Z18.

УДК: 001.891.3

Для цитирования: Рубинштейн А.Я., Чуковская Е.Э. (2024). Наука, знание и интеллектуальная собственность: десять лет спустя. Часть 1 // *Экономика и математические методы*. Т. 60. № 1. С. 5–16. DOI: 10.31857/S0424738824010014

Настоящая статья продолжает исследования в рамках разрабатываемой теории гуманитарного сектора патерналистского государства. Основное внимание в данной работе уделено ряду теоретических и методологических аспектов научной деятельности, обеспечивающей производство знания и его распространение. В центре исследования — процессы создания знания и обсуждение места, которое занимают в экономической теории все участники производства, распространения и воспроизводства знания.

Важная особенность данного процесса, отличающая указанный вид деятельности, обусловлена проблемами интеллектуальной собственности и авторского права. Именно эта область современной экономической науки определяет институциональные условия превращения знания в интеллектуальную собственность и его трансформацию в потребительское благо, т.е. в товары и услуги, участвующие в рыночном обмене.

При этом осуществляемая законодательством об авторских правах защита интеллектуальной собственности породила множество теоретических и практических проблем, связанных с развитием данного института, ограничивающего распространение знания и сужающего его доступность. В этом контексте особая роль принадлежит развивающейся договорной практике передачи авторских прав и особенностям возникающих в такой ситуации экономических отношений.

1. ПРОИЗВОДСТВО И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗНАНИЯ

Так случилось, что экономисты стали чаще рассматривать науку с прагматических позиций получения новых результатов, обеспечивающих развитие различных направлений как самой науки, так и ее приложений, касающихся экономического роста и инноваций в различных секторах экономики (Иванова, 2002; Макаров, 2003; Макаров, Клейнер, 2007; Экономика знаний, 2008; Мильнер, 2003, 2009; Гохберг, 2012). При этом экономическая теория не обошла и проблем производства знания, его воспроизводства, распространения и сохранения (Machlup, 1962, 1984; Maunoury, 1972; Foray, Mairesse, 1998; Foray, 2004). И все же для нового столетия характерным стало усиленное внимание к распространению знания в отрыве от процессов его производства.

1.1. О категории «знание»

Анализируя практику научной деятельности последних десятилетий, подчеркнем, что «патернализм в любой его форме представляет собой навязывание установок “патера”» (Гуманитарный сектор ..., 2023, с. 74). Здесь, по существу, и проявляется феномен государственного патернализма, который, так или иначе, ограничивает свободу индивидуумов. В этом контексте отметим, что гражданское общество не сумело противостоять эскалации патерналистского государства с самовозрастающей бюрократией и ликвидацией ряда институтов самоуправления.

И начать, наверное, следует с Федерального закона «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 27 сентября 2013 г. № 253-ФЗ. Реорганизация РАН с подчинением академических институтов сначала ФАНО, а затем Министерству науки и высшего образования РФ (Минобрнауки), завершилась закреплением вмешательства государства в научную жизнь страны (Рубинштейн, Городецкий, 2018, с. 41).

Усомнившись в эффективности самостоятельной науки, патерналистское государство стало внедрять методы управления, позволяющие, особо не вникая в содержание работ, их новизну и научную ценность, решать на основе разного рода формальных показателей, какие публикации и их авторы важнее для развития науки. Все это трансформировалось в возрастающие требования к публикационной активности и процветанию наукометрии, показатели которой превратились в бюрократические нормы. Их выполнение стало фактически основным содержанием государственных заданий, а введение зависимости оплаты труда от числа публикаций и их цитирования по сути определило *публикационную активность* в качестве главной мотивации научных работников.

Создание знания. С учетом этого попытаемся обсудить публикационную активность вернуть к исходному состоянию, выделив процесс *создания знания*, без которого публикации превращаются в собрание пустых статей в мусорных журналах. Остановимся в связи с этим на самой категории знания, которое создатели «Экономики знаний» рассматривали в качестве общественного блага с его известными свойствами неисключаемости и несоперничества: «Если благо кому-то доступно, то оно должно быть доступно всем, его потребление кем-то одним не может препятствовать потреблению других» (Блауг, 1994, с. 550). В дополнение к этому ряд авторов указывают еще на одну фундаментальную особенность, которая проявляется в возможности многократного использования знания, способствующего его накоплению (Machlup, 1984; Foray, 2004).

Следует отметить также, что одним из главных трендов развития экономики знания с середины XX в. стали теоретические решения, направленные на рыночное использование знания посредством его персонализации и превращения в частные товары и услуги. Методологически эффективным решением этой задачи стало разделение процесса создания знания на несколько подсистем (Maunoury, 1972; Foray, Mairesse, 1998). Речь идет о *производстве* знания в процессе академических исследований (университетов и научных центров), *распространении* знания в результате публикационной активности (журналы и книги), его *воспроизводстве* в системе образования и *сохранении* в архивах и библиотеках. Имея это в виду, остановимся на академических исследованиях, в процессе которых создается знание.

Важное место в этом смысле принадлежит концепции «рассеянного знания» Фридриха Хайека, представленной в статьях «Экономическая теория и знание» (1936) и «Использование знания в обществе» (1945), вошедших в виде отдельных глав в (Хайек, 2001, с. 51–71, 89–101). Особенность данной концепции заключена в главном тезисе автора о том, что знание не существует в *явно выраженном виде*, а рассеяно между людьми и существует только в их сознании и мышлении.

При этом сам Хайек явно сужает возможности применения своей концепции и ограничивает процессы выявления «рассеянного знания» институтом рыночной конкуренции: «Процедуры для открытия

таких фактов, которые без обращения к ней оставались бы никому не известными или, по меньшей мере, не используемыми» (Хайек, 1989, с. 6). Кажется очевидным, что «рассеянное знание» и его выявление имеют более общую природу, относящуюся, по-видимому, ко всем жизненным сферам человека, включая интеллектуальную деятельность и творческий труд. Поэтому нетрудно согласиться и с необходимостью «расширить суть «рассеянного знания», сводившегося Ф. Хайеком к «экономическому знанию рынка» (Бочко, 2010, с. 7).

Особый смысл идеи «рассеянного знания» приобретают в анализе интеллектуальной деятельности, связанной с обобщением категории знания, его погружением в «фоновое пространство значений, существующее вне голов индивидуумов» (Витгенштейн, 1994, 2009). Иллюстрируя теорию Л. Витгенштейна, Ч. Тейлор в работе (Тейлор, 2001, с. 10) отметил: «Мысли подразумевают и требуют фонового пространства значений для того, чтобы быть теми мыслями, которыми они являются». Пр процитируем в связи с этим и Доминика Форэя: «Наиболее характерной особенностью знания являются его включенность в мыслях и поступках, и его невидимость» (Foray, 2004, р. 8).

К этому добавим, что частицы «рассеянного знания» — индивидуальные знания, выступая в форме обособленных элементов совокупного знания социума, принадлежат исключительно своему носителю. «Индивидуальное знание обладает уникальностью в том смысле, что оно недоступно никому другому, кроме самого обладателя» (Бочко, 2010, с. 8). Указанная особенность является естественной предпосылкой для формирования интеллектуальной собственности. При этом важным является следующее замечание: «Знание появляется только тогда, когда оно выражено и записано, и когда становится возможным закрепить за ним право собственности» (Foray, 2004, р. 9). Иначе говоря, чтобы результаты творческого труда исследователей стали знанием, они должны пройти процесс его проявления — экстериоризации, т.е. их вывода из неявного состояния в явное (Nonaka, Takeuchi, 1995).

Речь идет о создании научных текстов, где зафиксировано знание с присущими ему свойствами общественного блага. Как подчеркивает В.Л. Макаров, «знания, подобно другим общественным (публичным) благам, будучи созданными, доступны всем без исключения» (Макаров, 2003). Однако на этом процесс производства знания не заканчивается. Дальнейшая его эволюция обусловлена институциональными решениями, такими, например, как введение законодательства об интеллектуальной собственности, превращающего научные тексты в частные блага и формирующего основу рынка публикаций.

Одним из следствий такой эволюции является различие между индивидуальной и социальной полезностью частных благ — созданных научных текстов, между интересами авторов и общества в распространении знания. В нашем же случае указанное различие в оценке полезности научных текстов обусловлено, как правило, неодинаковым отношением не столько к самому знанию, сколько к его *распространению*. При этом научным журналам, в общем случае — издателям, представляющим важнейший канал его распространения, ориентирующимся на рыночный спрос, кроме индивидуальной полезности публикаций, обуславливающих этот спрос, надо иметь в виду *мериторные* потребности общества и государства, которые непосредственно связаны с интересами более широкого распространения знания (Musgrave, 1959).

Мы полагаем, что в этом проявляется и проблема публикационной активности, решение которой не может пройти мимо социальной полезности научных текстов без соответствующих экспертных заключений даже для статей с самым высоким научным авторитетом их авторов. Следует отметить, что научная деятельность уже давно использует весьма эффективные процедуры оценки качества работ, подготовленных для публикации. Речь идет об обсуждении результатов исследований и произведенного знания на заседаниях ученых советов, научных семинарах и конференциях, а также, подчеркнем это особо, в результате независимого рецензирования рукописей статей, направленных для публикации. В этой ситуации роль журналов трудно переоценить. От выбора квалифицированных рецензентов и их добросовестности зависит, по существу, мера адекватности в оценке качества публикации и полезности распространения знания в виде научного текста.

1.2. Мериторизация знания

Экономическая теория знания и продолжение исследований в этой области могут послужить основой для институциональной модернизации системы распространения знания. Речь идет о публикационной активности, и в частности о научных журналах, задачей которых является распространение знаний и обеспечение информационной коммуникации между учеными. При этом журнальные публикации, как уже отмечалось, принадлежат классу мериторных благ, обладающих индивидуальной и социальной полезностью, — способностью удовлетворять потребности научных работников и общества

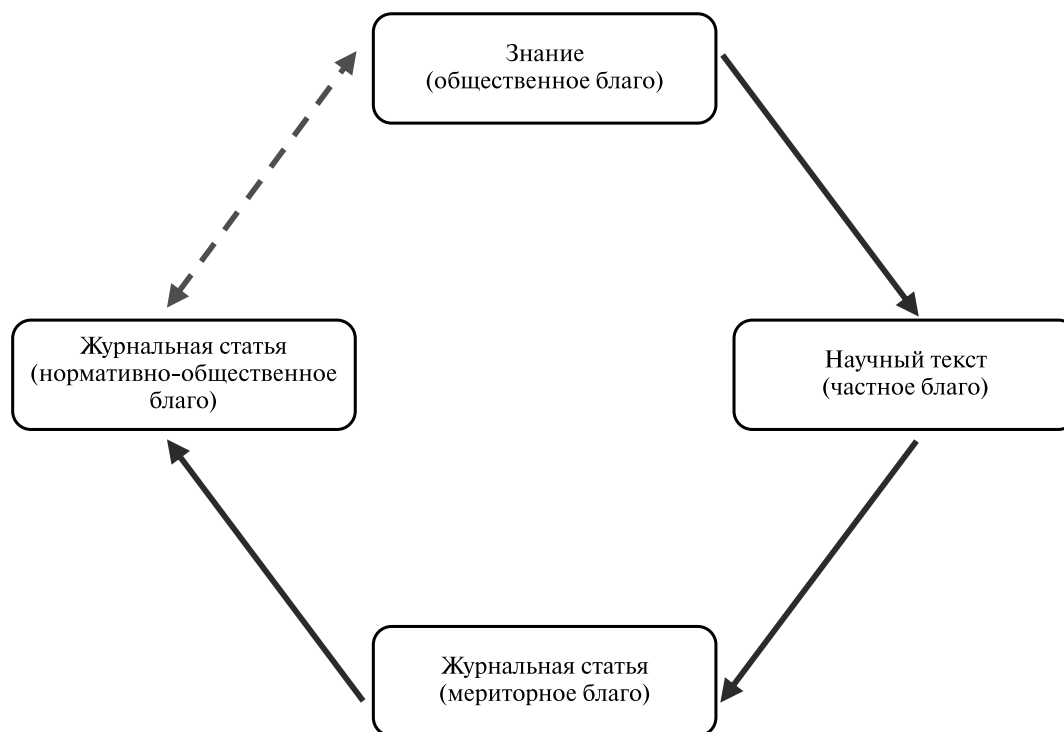


Рисунок. Общая схема эволюции знания

в целом. В зависимости от нормативных установок, обусловленных стремлением расширить доступность журнальных публикаций для научных работников, мериторизация продукции журналов может увеличиваться. Следует особо выделить предельный случай, когда государство стремится максимально расширить распространение знания, создавая условия для неисключаемости и несоперничества в потреблении, обеспечивая тем самым его полную доступность. В этой ситуации журнальная продукция трансформируется в *нормативно-общественное благо* (рисунок).

В отличие от классических общественных товаров (в нашем случае — произведенное знание), неделимых по своей природе и исходно обладающих свойствами неисключаемости и несоперничества в потреблении, нормативно-общественные блага (например, журналы открытого доступа), оставаясь делимыми, приобретают указанные свойства в результате мериторных действий государства, направленных на достижение соответствующих целевых установок общества, формируемых политической системой. В общем виде этот процесс можно представить в виде последовательной цепочки мериторизации изначально частного блага.

Следует обратить внимание и на обратный процесс. Мериторные, нормативно-общественные блага и классические общественные блага в результате специальных действий государства могут превратиться в обычные делимые частные блага. При этом трансформация мериторных и нормативно-общественных благ в частные товары и услуги происходит в результате утраты их социальной полезности и прекращения государственного финансирования. Что же касается индивидуализации классических общественных товаров (в нашем случае — «знания»), то здесь необходимо осуществление специальных мер, в том числе введение института интеллектуальной собственности, превращающего авторские тексты в пучок частных благ.

2. АВТОРСКОЕ ПРАВО И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗНАНИЯ

Термин «интеллектуальная собственность» заявлен в статье 44 Конституции Российской Федерации, определен в статье 128 Гражданского кодекса Российской Федерации (далее — ГК РФ). Наиболее распространенной подсистемой интеллектуальных прав в отношении научных публикаций является авторское право, регулирующее отношения по поводу создания и использования произведений науки,

литературы и искусства, но может действовать и патентное право, и ноу-хау. Все эти правовые институты содержатся сегодня в части четвертой ГК РФ.

Правомочия в отношении результата своего творческого труда беспокоили авторов со времен Античности (Липщик, 2002; Чуковская, 2017), но законодатель обратил внимание на необходимость регулирования создания и использования плодов интеллекта лишь с появлением рынка их экземпляров. Первое время для создания комфортных условий и защиты от конкурентов издатели обходились разовыми привилегиями. С развитием же рынка печатных книг стала очевидной необходимость установления единообразных, а главное — общеобязательных правил. Причем основными заинтересованными лицами были не авторы, и даже не издатели, а общество в целом.

Первый известный закон об авторском праве — Статут королевы Анны 1710 г. — преследовал отнюдь не цель охраны интересов авторов, это было лишь одним из средств «поощрения учености» и стимулирования развития издательского рынка (Алябьева, 2004). Статут устанавливал монополию автора на определенный срок и право на получение вознаграждения от продажи каждого экземпляра (это, собственно, и означает *copyright* — право на копию). И хотя Великобритания — не самая подходящая страна для родоначальницы юридической отрасли в силу правовых традиций, идеи, заложенные в первом авторско-правовом законе, впоследствии были заимствованы иностранными юрисдикциями и доказали свою жизнеспособность. В современном виде конструкция авторских правомочий появилась в декретах Великой французской буржуазной революции 1791 и 1793 г., в которой право автора не ограничивается возможностью получения вознаграждения, а базируется на неотчуждаемых личных правах: авторстве, свободе указывать имя, соблюдении неприкосновенности результата творческой деятельности.

Следует отметить, что в отношении оплаты интеллектуального труда — закон дает автору только возможность требовать от пользователя гонорар, определяемый, как правило, договором, но не запрещает *безвозмездно разрешать* распространение произведения. При этом законодательство устанавливает одновременно зоны использования без согласия автора и выплаты вознаграждения, если усматривает превалирование *общественного интереса* (социальной полезности) над личным: цитирование, иллюстрирование учебных изданий и записей и пр.

2.1. Интеллектуальные права

Законодательство устанавливает власть автора над результатом своего интеллектуального труда, включающую монополию на него и свободу распорядиться его судьбой. Установленные законодательством авторские правомочия делятся на три категории: личные неимущественные права, исключительное право, являющееся правом имущественным, и иные (другие) права (Грибанов, 2020; Дозорцев, 2003; Гаврилов, 2015).

Первая категория — бессрочные и неотчуждаемые личные неимущественные права: право авторства, право на имя и право на неприкосновенность произведения и защиту его от искажений. Кроме этой триады правомочий к личным неимущественным правам относят право на обнародование произведения, т.е. совершение или согласие на совершение действия, которое делает произведение доступным для всеобщего сведения путем его опубликования либо любым другим способом. Следует отметить также, что с правом на обнародование связана серьезная коллизия авторского права со специальным законодательством, регулирующим отношения в сфере науки (Романовская, Артемова, 2021).

Случаи свободного использования в подавляющем большинстве относятся к обнародованным произведениям, когда автор уже дал принципиальное согласие на использование результата своего творческого труда тем или иным способом. В советское время выход произведения на правах рукописи сохранял право автора претендовать на полный гонорар. Отметим, что сегодня такое право распространяется на публикации со статусом «препринт».

Вторая категория — исключительное право, являющееся правом имущественным, составляет, по мнению большинства специалистов (Орехов, 2017; Дозорцев, 2003; Карапетов, 2016), экономическое «оправдание» (обоснование) интеллектуальных прав. До 2008 г. эта категория авторских правомочий не представлялась единым и неделимым конгломератом, а состояла из «букета» самостоятельных прав, соответствующих способам использования произведения. Предложенная четвертой частью ГК РФ конструкция имущественных прав сузила спектр традиционных для российской практики вариантов распоряжения судьбой произведения. При этом в форме правовых обычаев, а с 2014 г. — и законодательных моделей, стали возникать новые способы коммерциализации и безвозмездного продвижения результатов творческой деятельности, в частности, свободные и открытые лицензии, цифровые сделки,

смарт-контракты, что обусловлено смещением распространения результатов творческой деятельности из аналоговой среды в цифровую.

Следует подчеркнуть, что исключительное право состоит в законной возможности автора использовать результат своей творческой деятельности в *любой форме и любым способом*, разрешать такое использование третьим лицам или запрещать его. Неисчерпывающий перечень таких способов содержится в пункте 2 статьи 1270 ГК РФ. В других статьях ГК РФ на практике встречаются и иные способы, например включение произведения в сборники в неизменном виде без переработки, редакторской правки и пр. Законодатель специально устанавливает, что применение *положений*, составляющих *содержание произведения*, в том числе представляющих техническое, экономическое, организационное или иное решение, не является использованием произведения. При этом механизмы защиты сути результата интеллектуальной деятельности, а не средств его выражения при экстерииоризации, давно является предметом специальных научных исследований (Ревинский, 2022; Гаврилов, 2016).

Исключительное право является имущественным, потому что его использование приносит правообладателю доход, либо за выдачу разрешения он может требовать с потенциального пользователя выплаты вознаграждения. Устанавливая имущественные правомочия автора, законодатель обеспечивает ему возможность заработка творческим трудом, без поиска иных источников дохода. Отметим здесь, что современные подходы к исключительному праву отличаются некоторым пренебрежением к вознаграждению автора, в том числе допуская безвозмездную передачу исключительного права или безвозмездную лицензию на использование произведения (за небольшими исключениями).

К сожалению, легальное допущение безвозмездного оборота стало плохим примером для подражания: журналы вместо выплаты гонорара предлагают часто *платные услуги* — размещение статей; издательства печатают книги «за счет средств автора» и т.п. Сторонники таких практик оправдывают их сутью рынка, правила диктует тот, в ком другая сторона больше заинтересована, а правовую форму отношений можно подобрать не только из имеющегося арсенала, но и сконструировать, используя один из фундаментальных принципов гражданского права. «Разрешено все, что прямо не запрещено» и норме статьи 8 ГК РФ, устанавливающую, что гражданские права и обязанности возникают из договоров и иных сделок, предусмотренных законом, а также из договоров, хотя и не предусмотренных законом, но не противоречащих ему. Отметим, однако, что то же самое гражданское законодательство признает ничтожными притворные (т.е. прикрывающие иные правовые намерения) и кабальные сделки.

Третья категория — иные или другие права — объединяет разнородные правомочия авторов в отношении результатов их творческой деятельности, не поместившиеся в две предыдущие категории и не имеющие универсального характера. Из всего многообразия таких полномочий в свете данного исследования определенный интерес представляет лишь право автора-работника на получение вознаграждения за использование результата творческой деятельности, созданного в рамках исполнения трудовых обязанностей.

Обеспечение интересов общества. Сложившаяся за три века существования и непрерывной модернизации систему интеллектуальных прав часто обвиняют в создании препятствий для распространения знания, в том числе для реализации конституционных прав на доступ к информации, культурным ценностям, свободу слова (Чуковская, Засурский, 2019; Трищенко, 2016), и даже в посягательстве на право на медицинскую помощь. При этом авторско-правовое законодательство (как национальное, так и международное) содержит ряд ограничений интересов правообладателя в интересах науки и образования (Исключительное право правообладателя ..., 2019). Возможность свободного использования призвана обеспечить интересы общества в тех случаях, когда они превалируют над интересами автора. Вслед за нормами международных договоров статья 1229 ГК РФ определяет, что ограничения исключительных прав устанавливаются только в определенных законом случаях.

Максимально широкие возможности распространения знания предоставлены режимом свободного цитирования. Так, пунктом 1 статьи 1274 без согласия автора или иного правообладателя и без выплаты кому бы то ни было вознаграждения допускается цитирование в научных, информационных, учебных целях, а также в целях раскрытия творческого замысла автора. Закон устанавливает несколько дополнительных условий. *Во-первых*, цитировать можно только опубликованные произведения, *во-вторых*, не только текстовые произведения, *в-третьих*, цитируя, можно использовать только фрагменты произведения в оригинале или переводе, но не в переработке, *в-четвертых*, цитата будет считаться таковой, если указано имя автора, произведение которого используется, и источник заимствования, *в-пятых*, законодательство не содержит каких-либо *нормативов или ограничений* в объеме цитирования (страниц, знаков, слов и т.п.).

Как видно из приведенных норм, авторское законодательство поощряет цитирование, хотя и относит такой формат использования охраняемых произведений к особым и определенным случаям. Следует подчеркнуть, что законодательство *не устанавливает* никаких авторско-правовых ограничений для *самоцитирования*. В этом контексте многие исследователи-юристы (Гаврилов, 2018; Витко, 2017) отмечают коллизию авторско-правовых дозволений с нормами и обычаями, сложившимися в сфере приемки научных и квалификационных работ к публикации. Более того, в самом названии наиболее распространенного сервиса юристы изначально усматривают «обвинительный уклон»: ведь легальная дефиниция плагиата содержится только в Уголовном кодексе Российской Федерации (часть 1 статьи 146). Похоже, что инициаторы такой практики, очевидно, забыли о презумпции невиновности (статья 49 Конституции Российской Федерации).

Проблемы публикационной этики. Эта тема, строго говоря, находится за пределами законодательства об интеллектуальной собственности и авторского права. Поэтому здесь вполне уместно ставить вопрос, что же составляет ее содержание. Можно допустить, что применительно к публикациям общих этических принципов не существует и каждый издатель вправе устанавливать свои правила. При этом практика управления наукой, как отмечалось выше, вывела на авансцену публикационную активность, выраженную исключительно в количественных показателях. Ее прямым следствием стала трансформация этической политики в лексике многих научных журналов в *проксиэтику цифровых норм*: установление максимального объема текста научной статьи, максимального процента самоцитирования, минимального числа послестатьейных списков литературы, минимального числа ссылок на зарубежных авторов и, что особенно удивительно, — минимальной *нормы оригинальности* работы, которая в числовом выражении существовать просто не может.

Мы не склонны в этом винить процесс глобальной цифровизации, но создание программных продуктов, обеспечивающих сравнительно легкий инструментарий для определения различных числовых характеристик научных текстов: всякого рода индексов цитирования (импакт фактор, индекс Хирша, индекс Херфиндаля и т.п.) — задвинуло на второй план содержательные критерии оценки качества научных исследований и роль ученых советов.

И, пожалуй, главную роль в появлении «арифметической этики» сыграла уже упоминавшаяся коммерческая компьютерная программа «Антиплагиат», которая позволяет за небольшие деньги, но очень многим организациям без особых интеллектуальных усилий выявлять заимствования чужих текстов. Но неожиданно основная практика использования этого компьютерного ресурса оказалась за пределами объявленной цели, что, собственно, и можно назвать причиной *цифровизации публикационной этики* ряда издателей. И хотя нет смысла критиковать soft, созданный для решения других задач, все же полезно выяснить мнение экспертов на этот счет.

Анализ результатов социологического исследования свидетельствует о том, что лишь немногим более 20% респондентов указали на соответствие результатов назначению программы — «...объективно выявлять плагиат в научных работах». В остальном же мнение экспертов оказалось исключительно негативным. Так, 48,6% общего числа респондентов и среди них 62,4% участников Российского экономического конгресса 2023 г. указали, что программа не отличает заимствования чужих текстов (плагиат) от использования фрагментов прежних авторских текстов» (табл. 1).

Таблица 1. Достоинства и недостатки программы «Антиплагиат»

Варианты ответов на вопрос анкеты	I волна	II волна	Всего, %
	Члены НЭА, %	Участники РЭК, %	
Программа не отличает заимствования чужих текстов (плагиат) от использования фрагментов прежних авторских текстов	40,9	62,4	48,6
Программа формально устанавливает текстуальные совпадения	56,2	16,0	41,9
В программе неправомерно используется термин «оригинальность», который указывает лишь на меру технических несовпадений текстов	42,0	35,6	39,7
Программа бесполезна без субъективных оценок человека, интерпретирующего текстуальные совпадения	34,2	40,8	36,6
Это первая программа, позволяющая объективно выявлять плагиат в научных работах	18,0	24,8	20,4
Мне не доводилось сталкиваться с результатами работы этой программой	9,1	34,0	18,0

При этом 36,6% экспертов отмечают, что программа бесполезна без субъективных оценок не всегда квалифицированного человека, интерпретирующего текстуальные совпадения. Но, пожалуй, главный недостаток этой компьютерной программы обусловлен тем, что в ней неправомерно используется термин «оригинальность». На это указали 42,0% членов Новой экономической ассоциации (НЭА) и 45,6% участников Российского экономического конгресса (РЭК). Цифровой вердикт «оригинальности» научного текста, никак не опирающийся на мнение рецензентов, стал, к сожалению, нормой сложившейся практики большинства журналов.

2.2. Договорные отношения

Все, что выходит за рамки допустимого свободного использования, требует договорного регулирования. Именно на этих основаниях научные журналы публикуют статьи и материалы (приобретая, кстати, и дополнительные права и обязанности в силу закона). Договор является основным средством установления гражданско-правовых отношений, которые возникают из договоров и иных сделок, как предусмотренных, так и не предусмотренных законом, но не противоречащих ему. Вопросы создания и распространения знания могут рассматриваться не только в рамках договорных конструкций, предложенных частью четвертой ГК РФ для регулирования отношений по поводу создания и использования результатов интеллектуального труда, но также в рамках иных гражданско-правовых договоров, предусмотренных частью второй ГК РФ, и в частности главы 38 о выполнении научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

Договор считается заключенным, когда стороны в надлежащей форме договорились о существенных условиях. Универсальной формой авторского договора является простая письменная форма, причем допустимо как составление единого документа, завершающегося подписями сторон, так и обмен письмами, в которых изложены существенные условия договора. Лицензионный договор о предоставлении права использования произведения в периодическом печатном издании, в том числе в научных журналах, может быть заключен и в устной форме.

Открытые лицензии в российском законодательстве прописаны напрямую, в соответствии со статьей 1286.1 ГК РФ лицензиар (автор или иной правообладатель) может предложить неопределенному кругу лиц использовать принадлежащее ему произведение на условиях в установленных им пределах, касающихся способов использования, срока и территории, причем ознакомиться с такими условиями потенциальный лицензиат должен до начала использования. Открытые лицензии могут быть только неисключительными и представляют собой договор присоединения, когда только одна сторона — правообладатель — вырабатывает (и диктует) условия использования, а вторая сторона — потенциальный пользователь — лишь присоединяется к ним (или не присоединяется, а пытается установить с автором индивидуальные, более подходящие ему правоотношения).

Обратим внимание, что открытая лицензия предполагает инициативу автора, а не издателя или другого пользователя, поэтому под эту ситуацию не подпадают правила публикаций, вывешенные на сайтах журналов. Их в лучшем случае можно считать офертой (статья 435 ГК РФ), но дополнительное оформление все равно требуется. Закон устанавливает и особенности издательского лицензионного договора (статья 1287 ГК РФ), наделяя пользователя не только правами, но (обратим на это особое внимание) и обязанностями использовать произведение *не позднее срока*, установленного в договоре, либо срока, обычного для определенного вида произведений и способа их использования, к примеру публикации журнальной статьи.

Договорами присоединения также являются пользовательские и лицензионные соглашения различных интернет-ресурсов, платформ и т.п. Многие критики сложившейся практики оборота прав в Интернете сетуют на подмену общеобязательного апробированного государством регулирования правилами, навязываемыми корпорациями; другие отмечают информационную асимметрию и порок воли сторон, можно ли считать осознанным нажатие на кнопку «согласен» под пользовательским соглашением, число слов в котором сравнимо с крупными произведениями Пушкина или Шекспира.

Исходя из принципа «все, что не запрещено — разрешено», закон устанавливает минимальные требования к содержанию авторских договоров (статьи 1233–1238, 1285–1290 ГК РФ). Следует обратить внимание, что в договорах запрещены манипуляции с неимущественными правами. Также пунктом 4 статьи 1233 ГК РФ любые договорные условия, ограничивающие право гражданина создавать результаты интеллектуальной деятельности определенного рода или в определенной области интеллектуальной деятельности либо отчуждать исключительное право на такие результаты

другим лицам, ничтожны, поскольку это расценивается как посягательство на декларированную частью 1 статьи 44 Конституции Российской Федерации свободу творчества.

Основной выбор будущих партнеров состоит в определении предмета договора: отчуждение исключительного права, когда автор передает пользователю исключительное право в полном объеме без ограничения срока, территории и способов использования, либо полная, исключительная или простая лицензия, когда исключительное право сохраняется за автором, а договор определяет пределы использования произведения и может устанавливать различные ограничения по способам использования, сроку и территории. Авторские договоры могут быть как возмездными, так и безвозмездными, но уж точно *ни одна модель авторского договора не допускает выплаты автором пользователю*. В отношениях между коммерческими юридическими лицами безвозмездные договоры отчуждения и полной лицензии запрещены, причем этот запрет распространяется и на случаи, когда автор ради минимизации налогов выступает в качестве индивидуального предпринимателя.

Во всем, что не урегулировано договором, его стороны руководствуются действующим законодательством. Но и в нем нет ответов на все вопросы, именно поэтому так важна роль договоров — они восполняют законодательные пробелы и умолчания в каждом конкретном случае. Все, что стороны считают важным и принципиальным, должно быть включено в договор, в том числе положения, формулируемые журналами в своих локальных актах и стандартах, в частности правила публикационной этики и любые ограничения, налагаемые на авторов и результаты их научной деятельности, иначе эти положения не станут нормой для обеих сторон договора. Автор руководствуется только общеобязательными нормами закона и индивидуально-правовыми нормами подписанного им договора.

Вырабатывая условия договоров, журналы скорее подсматривают нормы друг у друга, чем моделируют необходимую себе конструкцию. Скрупулезный анализ условий публикаций в ведущих российских журналах еще предстоит провести, но даже при беглом прочтении видно, что выбираемые модели (особенно отчуждение прав для разового использования) не во всем оправданы и не обеспечивают интересов ни автора, ни самого издателя, ни потенциальной аудитории.

Российское авторско-правовое законодательство придает издателям особый статус, причем наделяя не только дополнительными обязанностями, но и правами. Так, в соответствии с пунктом 7 статьи 1260 ГК РФ издателю энциклопедий, энциклопедических словарей, периодических и продолжающихся сборников научных трудов, журналов и других периодических изданий принадлежит право использования таких изданий, причем по идее законодателя это право не ущемляет исключительного права автора и не вступает в конфликт с правами самого издателя (исключительным или правом использования), приобретенными издателем по договору.

Кроме того, у издателя возникает квазинемущественное право (подобное праву работодателя) при любом использовании издания указывать свое наименование или требовать его указания. Нет однозначного ответа на вопрос, может ли считаться отдельное включенное произведение (статья, глава, раздел и т.п.) частью такого издания, поскольку в соответствии с пунктом 7 статьи 1259 ГК РФ авторское право распространяется не только на целый объект, но и на его часть, а в этом случае интересы автора и издателя могут вступить в противоречие. Последний абзац пункта 7 статьи 1260 ГК РФ указывает, что авторы или иные обладатели исключительных прав на произведения, включенные в энциклопедии, энциклопедические словари, периодические и продолжающиеся сборники научных трудов, журналы, сохраняют эти права, независимо от права издателя или других лиц на использование таких изданий в целом, за исключением случаев, когда эти исключительные права были переданы издателю или другим лицам, либо перешли к издателю или другим лицам по иным основаниям, предусмотренным законом. Однако вопрос вторичного использования остается весьма острым.

Как следует из вышеизложенного, в отношении результатов научной деятельности российское законодательство дает автору наибольший выбор модели охраны, устанавливает баланс интересов исследователя и общества в целом. Однако не на все вопросы есть однозначные ответы, в том числе и в судебных актах, к тому же помимо интеллектуально-правовых норм, на правоотношения в сфере создания и использования результатов научных исследований воздействуют и иные законы, часто вступающие в коллизию между собой, но это — предмет другого исследования.

В заключение этой части статьи следует коснуться отношений автора с издателем. Повторим еще раз — для того чтобы стать нормой, регулирующей отношения автора и издателя, правила публикационной этики должны быть включены в договор. При этом договор с издателем не является

договором присоединения, обе стороны вправе предлагать условия. Кабальный договор может быть признан недействительным. Договор считается заключенным, когда стороны договорились о существенных условиях в надлежащей форме.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Алябьева Л.А.** (2004). Литературная профессия в Англии в XVI–XIX веках. М.: Новое литературное обозрение. 397 с. [**Alyabyeva L.A.** (2004). *Literary profession in England in the XVI–XIX centuries*. Moscow: New Literary Review. 397 p. (in Russian).]
- Блауг М.** (1994). Экономическая мысль в ретроспективе. М.: Дело Лтд. 549 с. [**Blaug M.** (1994). *Economic thought in retrospect*. Moscow: Delo LTD. 549 p. (in Russian).]
- Бочко В.С.** (2010). Рассеянное знание и проблема скоординированного развития экономики // *Известия УрГЭУ*. Т. 3 (29). С. 5–16. [**Bochko V.S.** (2010). Dispersed knowledge and the problem of coordinated development of the economy. *Journal of the Ural State University of Economics (Journal of New Economy)*, 3 (29), 5–16 (in Russian).]
- Витгенштейн Л.** (1994). Философские работы. Пер. с нем. Ч. I. М.: Гнозис. [**Wittgenstein L.** (1994). *Philosophical Works*. Transl. from German. Part I. Moscow: Gnosis (in Russian).]
- Витгенштейн Л.** (2009). Логико-философский трактат. Пер. с нем. М.: Наука. [**Wittgenstein L.** (2009). *Tractatus Logico-Philosophicus*. Transl. from German. Moscow: Nauka. Originally published in 1958 (in Russian).]
- Витко В.С.** (2017). О признаках понятия «плагиат» в авторском праве. М.: Статут. [**Vitko V.S.** (2017). *On the signs of the concept of “plagiarism” in copyright law*. Moscow: Statut (in Russian).]
- Гаврилов Э.П.** (2015). Право интеллектуальной собственности. Общие положения. XXI век. М.: Юрсервитум. [**Gavrilov E.P.** (2015). *Intellectual property law. General provisions. XXI century*. Moscow: Yurservitum (in Russian).]
- Гаврилов Э.П.** (2016). Право интеллектуальной собственности. Авторское право и смежные права. XXI век. М.: Юрсервитум. [**Gavrilov E.P.** (2016). *Intellectual property law. Copyright and related rights. XXI century*. Moscow: Yurservitum (in Russian).]
- Гаврилов Э.П.** (2018). Право интеллектуальной собственности. XXI век. Комментарий к законодательству и научно-практические материалы. М.: Юрсервитум. [**Gavrilov E.P.** (2018). *Intellectual property law. XXI century. Commentary on the legislation and scientific and practical materials*. Moscow: Yurservitum (in Russian).]
- Гохберг Л.М.** (ред.) (2012). Экономика знаний в терминах статистики: наука, технологии, инновации, образование, информационное общество: словарь. М.: Экономика. 240 с. [**Gokhberg L.M.** (ed.) (2012). *Knowledge economy in statistical terms: Science, techno-technologies, innovations, education, information society: dictionary*. Moscow: Ekonomika. 240 p. (in Russian).]
- Грибанов В.П.** (2020). Осуществление и защита гражданских прав. М.: Статут. [**Gribanov V.P.** (2020). *Implementation and protection of civil rights*. Moscow: Statute (in Russian).]
- Гуманитарный сектор патерналистского государства (2023). Под ред. А.Я. Рубинштейна. СПб.: Алетея. 300 с. [*Humanitarian sector of the paternalistic state* (2023). A.Ya. Rubinstein (ed.). Saint Petersburg: Aleiteia. 300 p. (in Russian).]
- Дозорцев В.А.** (2003). Интеллектуальные права: Понятие. Система. Задачи кодификации. М.: Статут. [**Dozortsev V.A.** (2003). *Intellectual rights: Notion. System. Codification tasks*. Moscow: Statute (in Russian).]
- Иванова Н.И.** (2002). Национальные инновационные системы. М.: Наука. 244 с. [**Ivanova N.I.** (2002). *National innovation systems*. Moscow: Nauka. 244 p. (in Russian).]
- Исключительное право правообладателя и интересы общества: пути достижения баланса (2019). Под ред. С.Б. Кокиной. М.: Юрсервитум. [*Exclusive right of the right holder and the interests of society: Ways to achieve balance* (2019). S.B. Kokina (ed.). Moscow: Jurservitum (in Russian).]
- Карапетов А.Г.** (2016). Экономический анализ права. М.: Статут. [**Karapetov A.G.** (2016). *Economic analysis of law*. Moscow: Statute (in Russian).]
- Липшиц Д.** (2002). Авторское право и смежные права. М.: Ладомир, Издательство ЮНЕСКО. [**Liptsik D.** (2002). *Copyright and related rights*. Moscow: Ladomir, UNESCO Publishing House (in Russian).]
- Макаров В.Л.** (2003). Экономика знаний: уроки для России // *Вестник Российской академии наук*. Т. 73. № 5. С. 450. [**Makarov V.L.** (2003). Knowledge economy: The lessons for Russia. *Herald of the Russian Academy of Sciences*, 73, 5, 450 (in Russian).]
- Макаров В.Л., Клейнер Г.Б.** (2007). Микроэкономика знаний. М.: Экономика. 204 с. [**Makarov V.L., Kleiner G.B.** (2007). *Microeconomics of knowledge*. Moscow: Ekonomika. 204 p. (in Russian).]

- Мильнер Б.З.** (2003). Управление знаниями: Эволюция и революция в организации. М.: Инфра-М. 177 с. [Milner B.Z. (2003). *Knowledge management: Evolution and revolution in organization*. Moscow: Infra-M. 177 p. (in Russian).]
- Мильнер Б.З.** (ред.) (2009). Инновационное развитие. Экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями. М.: ИНФРА-М. [Milner B.Z. (2009). *Innovation development. Economics and knowledge management*. Moscow: Infra-M (in Russian).]
- Орехов А.М.** (2017). Интеллектуальная собственность: эскизы общей теории. М.: Инфра-М. [Orekhov A.M. (2017). *Intellectual property: Sketches of the general theory*. Moscow: Infra-M (in Russian).]
- Ревинский О.В.** (2022). Право на идею? М.: Юрсервитум. [Revinsky O.V. (2022). *Right to the idea?* Moscow: Yurservitum (in Russian).]
- Романовская О.В., Артемова Д.И.** (2021). Правовое регулирование научной деятельности. М.: Проспект. [Romanovskaya O.V., Artemova D.I. (2021). *Legal regulation of scientific activity*. Moscow: Prospect (in Russian).]
- Рубинштейн А.Я., Городецкий А.Е.** (2018). Государственный патернализм и патерналистский провал в теории опекаемых благ // *Журнал институциональных исследований*. Т. 10. № 4. С. 38–57. [Rubinstein A. Ya., Gorodetsky A.E. (2018). State paternalism and paternalistic failure in the theory of patronage benefits. *Journal of Institutional Studies*, 10, 4, 38–57 (in Russian).]
- Тейлор Ч.** (2001). Неразложимо социальные блага // *Неприкосновенный запас. Дебаты о политике и культуре*. № 4 (18). С. 7–18. [Taylor C. (2001). Indivisibly social goods. *NZ. Debates on Politics and Culture*, 4 (18), 7–18 (in Russian).]
- Трищенко Н.Д.** (2016). Открытый доступ к науке: анализ преимуществ и пути перехода к новой модели обмена знаниями. М.: Ассоциация интернет-издателей. Кабинетный ученый. [Trishchenko N.D. (2016). *Open access to science: Analysis of advantages and ways of transition to a new model of knowledge sharing*. Moscow: Association of Internet Publishers. Cabinet Scientist (in Russian).]
- Хайек Ф.А.** (1989). Конкуренция как процедура открытия // *Мировая экономика и международные отношения*. № 12. С. 6–14. [Hayek F.A. (1989). Competition as a procedure of discovery. *World Economy and International Relations*, 12, 6–14 (in Russian).]
- Хайек Ф.А.** (2001). Индивидуализм и экономический порядок. М.: Изограф. [Hayek F.A. (2001). *Individualism and economic order*. Moscow: Izograf (in Russian).]
- Чуковская Е.Э.** (2017). Право творчества. Женева: WIPO. [Chukovskaya E.E. (2017). *The right to creativity*. Geneva: WIPO (in Russian).]
- Чуковская Е.Э., Засурский И.И.** (2019). Реформа. Подходы к расширению доступа к информации, знаниям, произведениям науки, литературы и искусства и объектам смежных прав с учетом соблюдения интеллектуальных прав правообладателей. М.: Ассоциация интернет-издателей. [Chukovskaya E.E., Zasursky I.I. (2019). *Reform. Approaches to expanding access to information, knowledge, works of science, literature and art and objects of related rights, taking into account the observance of intellectual rights of right holders*. Moscow: Association of Internet Publishers (in Russian).]
- Экономика знаний (2008). Отв. ред. В.П. Колесов. М.: Инфра-М. [Knowledge economy (2008). V.P. Kolesov (ed.). Moscow: Infra-M (in Russian).]
- Foray D.** (2004). *The Economics of Knowledge*. Cambridge: The MIT Press.
- Foray D., Mairesse J.** (1998). *Innovations et performances des firms: Approaches interdisciplinaires*. Paris: EHESS. References. 261 p.
- Machlup F.** (1962). *The production and distribution of knowledge in the United States*. Princeton: Princeton University Press.
- Machlup F.** (1984). *Knowledge, its creation, distribution and economic significance*. Princeton (Ill.): Princeton University Press.
- Maunoury J.-L.** (1972). *Economie du savoir*. Vol. 7. Collection U.: Sciences économiques et gestion. Paris: Armand Colin Publisher.
- Musgrave R.A.** (1959). *The theory of public finance: A study in public economy*. New York: McGraw Hill.
- Nonaka I., Takeuchi H.** (1995). *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York: Oxford University Press.

Science, knowledge, and intellectual property: Ten years later. Part 1

© 2024 A.Ya. Rubinstein, E.E. Chukovskaya

A.Ya. Rubinstein,*Institute of Economics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; e-mail: arubin@aha.ru***E.E. Chukovskaya,***Scientific and Educational Center for Intellectual Property and Digital Economy. Moscow, Russia; e-mail: echukovskaya@yandex.ru*

Received 06.09.2023

Abstract. The first part of the paper presents the results of theoretical and methodological research based on a relatively new view of the processes of knowledge production as a public good and its subsequent transformation into private, meritorious and normative-public goods with individual and social utility, with a focus on one of the branches of this transformation — the publication of scientific articles. An important feature of this process, distinguishing this type of activity, is due to the problems of intellectual property and copyright. This area of modern science determines the institutional conditions of transformation of knowledge into products of market exchange. The protection of intellectual property realized by the legislation on copyright gave rise to many theoretical and practical problems related to the known consequences of the development of this institution, which limits the dissemination of knowledge and reduces its availability. A special role here belongs to the developing contractual practice of transferring copyrights to publishers, including issues of publication ethics, and the peculiarities of economic relations arising in such a situation, the expedient component of which is the payment of royalties and labor remuneration to reviewers.

Keywords: state, science, knowledge, intellectual property, copyright, journals, Scientometrics, royalties, subsidies.

JEL Classification: A1, D73, H41, O3, Z18.

UDC: 001.891.3

For reference: **Rubinstein A.Ya., Chukovskaya E.E.** (2024). Science, knowledge, and intellectual property: Ten years later. Part 1. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 1, 5–16. DOI: 10.31857/S0424738824010014 (in Russian).

Стал ли COVID-19 причиной девальвации рубля и валют развивающихся стран?

© 2024 г. А.Н. Непп, З.Ф. Джураева

А.Н. Непп,

УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Уральский институт управления РАНХиГС,
Екатеринбург, e-mail: anep@inbox.ru

З.Ф. Джураева,

УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Екатеринбург; e-mail: Juraevaz96@gmail.com

Поступила в редакцию 29.04.2023

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-04-60158).

Авторы признательны Юлии Егоровой и Федору Карпеко за ценные комментарии.

Аннотация. Во время пандемии курсы валют развивающихся стран испытывали сильные колебания. Для выяснения причин высокой волатильности российского рубля, бразильского реала и индийской рупии мы исследуем воздействие COVID-19, его освещение в социальных сетях и запросы о коронавирусе в Google на курсы рассматриваемых валют по отношению к доллару в период наибольших колебаний с 01.01.2020 до 30.04.2020. Основываясь на трудах по психологии толпы, а также по поведенческим финансам, мы теоретически обосновываем воздействие внимания к коронавирусу и истерии (хайпа, хуре) вокруг него на валютные рынки. Опираясь на разработанные GARCH-модели, мы эмпирически доказываем, что рост числа публикаций на тему коронавируса в национальном сегменте Facebook и Instagram сопровождался ростом волатильности национальных валют. Такие результаты наблюдались для курсов рубля, реала и рупии. Мы доказали наличие эффекта хайпа вокруг COVID-19 для курса рубля к доллару США. В условиях повышенного интереса к коронавирусу воздействие истерии вокруг него проявилось в увеличении степени воздействия освещения COVID-19 в социальных сетях на волатильность курса рубля.

Ключевые слова: COVID-19, хайп, истерия, доллар, рубль, реал, рупия, GARCH.

Классификация JEL: G4, G41, F31.

УДК: 339.743

Для цитирования: Непп А.Н., Джураева З.Ф. (2024). Стал ли COVID-19 причиной девальвации рубля и валют развивающихся стран? // Экономика и математические методы. Т. 60. № 1. С. 17–30. DOI: 10.31857/S0424738824010023

1. ВВЕДЕНИЕ

Валютные курсы считаются важным показателем состояния финансового рынка. Они могут колебаться по многим причинам, включая макроэкономические факторы, которые влияют на поведение участников рынка. Инвесторы могут наблюдать колебания стоимости собственных инвестиций, если они вложены в активы, номинированные в иностранной валюте. Таким образом, повышение курса национальной валюты приводит к снижению доходности, и наоборот. Девальвация национальной валюты может вызвать рост инфляции и, следовательно, повлиять на процентные ставки, тем самым изменяя цены акций. 18 марта 2020 г. курс рубля упал ниже 80 руб. за доллар и впервые с февраля 2016 г. достиг отметки 80,87 руб. Резкие колебания наблюдались и у других валютных курсов (рис. 1). Рост волатильности на валютных рынках происходил на фоне распространения COVID-19.

Первый случай коронавируса был выявлен в Индии 30 января, в России — 31 января, а в Бразилии — 25 марта 2020 г. Россия полностью закрыла свои границы 30 марта 2020 г. и до 11 мая 2020 г. был введен режим нерабочих дней, дополненный масочным режимом и режимом самоизоляции. Пик заболеваемости в России с числом выявленных заболевших за сутки 11 656 человек пришелся на 11 мая 2020 г. (ТАСС, 2022) (рис. 2).

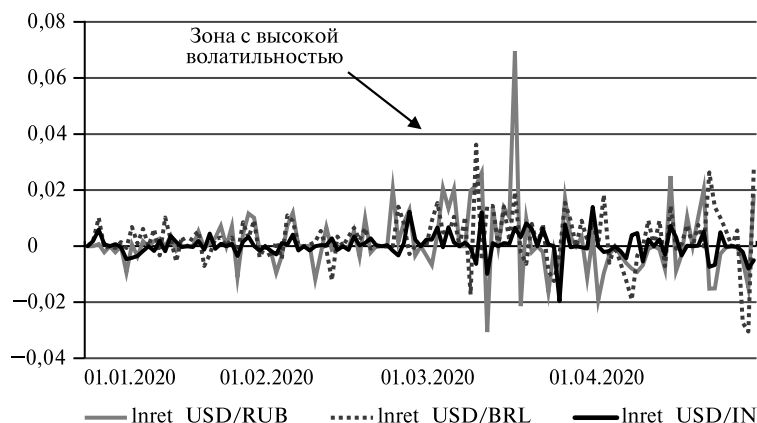


Рис. 1. Волатильность курсов рубля, реала и рупии к доллару США в период пандемии и истерии (хайпа) вокруг COVID-19

Примечание. Волатильность курсов рубля, реала и рупии к доллару США определялась, основываясь на (Feng et al., 2021) по формуле — $Ln_t / Ln_{t-1} \times 100\%$.

Источники: Yahoo Finance, расчеты авторов.

Бразилия закрыла свои границы 28 марта 2020 г., а 8 мая в отдельных штатах — эпицентрах заболеваемости была введена крайняя мера социального дистанцирования — блокировка. Пик заболеваемости пришелся на 13 июля; Бразилия стала второй страной в мире по числу заболевших и общему числу смертей от COVID-19 (Silva, Figueiredo Filho, Fernandes, 2020) (рис. 2).

Закрытие границ в Индии состоялось 13 марта, а режим полной изоляции был введен 22 марта. В отдельных городах была применена блокировка для ограничения распространения вируса. При этом пик числа инфицированных наблюдался в сентябре 2020 г. (Kumari, Toshniwal, 2022).

Был ли коронавирус основной причиной такого поведения валютных рынков? Или же большее воздействие оказал не сам коронавирус, а паника и хайп вокруг него?

Опираясь на исследования влияния СМИ на волатильность валютных курсов, работы, направленные на изучение воздействия освещения коронавируса в масс-медиа на фондовые рынки (Lyocsa et al., 2020; Nepp et al., 2022), а также наблюдая совпадение всплеска волатильности курсов с наибольшим числом постов в социальных сетях, а не с пиком заболеваемости (рис. 2, 3), мы

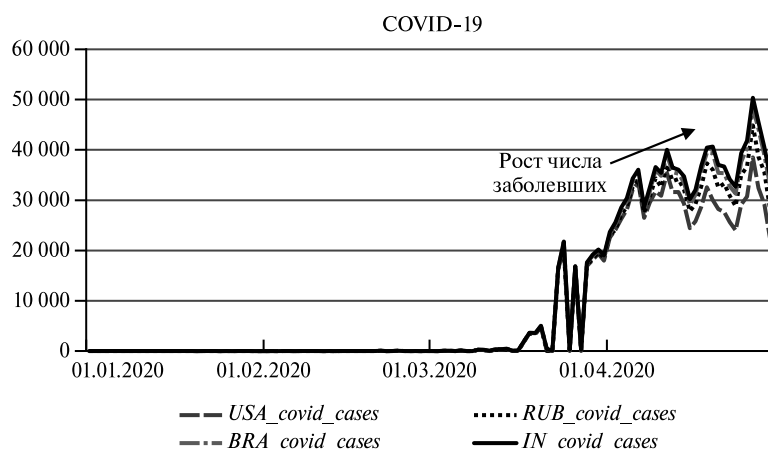


Рис. 2. Число заболеваний COVID-19 в США, России, Бразилии и Индии в период с 01.01.2020 по 30.04.2020

Источники: Всемирная организация здравоохранения, расчеты авторов.

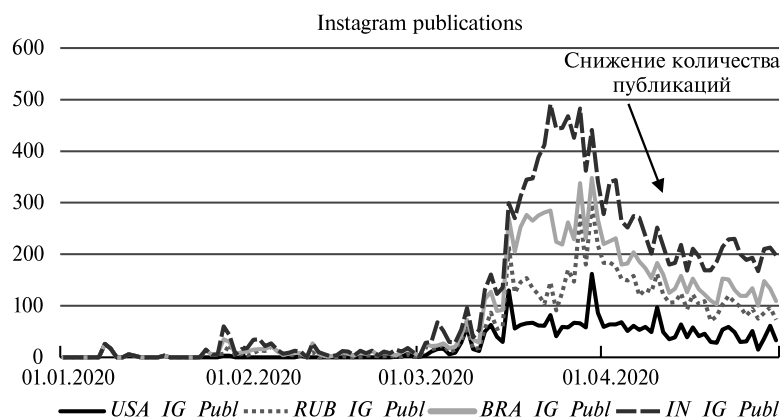


Рис. 3. Число публикаций в Инстаграм на тему коронавируса в США, России, Бразилии и Индии в период с 1.01.2020 по 30.04.2020

Источники: Popsters.ru, расчеты авторов.

обоснованно предполагаем в качестве основной причины волатильности валютного курса истерию и хайп вокруг коронавируса.

Цель нашего исследования заключается в выявлении влияния коронавируса и внимания к нему в масс-медиа на волатильность курсов рубля (далее — rub), бразильского реала (далее — brl) и индийской рупии (далее — in) к доллару США (далее — usd). Для анализа волатильности курсов мы использовали дневную логарифмическую доходность.

Для исследования мы выбрали период с 1.01.2020 по 30.04.2020, поскольку для этого периода характерно повышенное внимание при сравнительно небольшом числе заболеваний (см. рис. 2–3).

Наша работа заполняет существующий пробел в исследовании влияния внимания к шоковому событию, которым, безусловно, является коронавирус. Мы предоставляем теоретическое и эмпирическое обоснование влияния хайпа и истерии на валютные рынки, а также обосновываем механизм воздействия COVID-19 на волатильность валют.

Наша работа структурирована следующим образом. В разд. 2 мы анализируем существующую литературу для поиска теоретико-методологических основ исследования. В разд. 3 — формулируем гипотезы, представляем анализ используемых данных, обосновываем применение выбранного метода исследования и описываем модель. В разд. 4 приводим полученные результаты и обсуждаем их. В разд. 5 формулируются выводы и делается заключение.

2. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

2.1. Классические детерминанты валютных курсов

В качестве прямого влияния COVID-19 на валютный курс мы рассматриваем воздействие пандемии на факторы структурных моделей валютных курсов.

Из теории паритета покупательной способности известно, что курс валют двух стран определяется паритетом цен (Franke, Olsen, Pohlmeier, 2002). Объем производства товаров и услуг, а также денежная масса, оказывающие влияние на цены, будут воздействовать таким образом и на курс валют. Вводимые ограничения и существующие барьеры могут способствовать установлению курса, отдаленного от паритета цен (Rogoff, 1996).

В соответствии с монетарным подходом обменный курс валюты рассматривается в качестве ее стоимости, которая определяется спросом и предложением (Bilson, 1978). К факторам предложения относят, например, процентные ставки и денежную массу. В свою очередь, спрос зависит от уровня дохода. В рамках монетарного подхода в модели Кругмана—Обстфельда выделена зависимость курса валют от денежной массы и процентной ставки (Кругман, Обстфельд, 2003). На курс

валют также существенно воздействуют сальдо платежного баланса (Balassa, 1964), уровень цен и фискальная политика (Mundell, 1963).

Центральные банки могут влиять на курсы валют (например, вводя либо отменяя обязательную продажу валютной выручки, либо изменяя процентные ставки (Balassa, 1964)). На валютный курс воздействуют факторы структурного характера, отражающие состояние экономики данной страны: инфляция (Parveen, Khan, Ismail, 2012), производительность (Четвериков, Карасев, 2005), ВВП (Картаев, 2009) и размер денежной массы (Ali, Mahmood, Bashir, 2015). В работе (Karamelikli, Karimi, 2020) была установлена взаимосвязь между валютными курсами и процентными ставками, а также интервенцией центральных банков (Aguilar, Nydah, 2000) и сальдо платежного баланса (Muller-Plantenberg, 2010). Кроме того, эмпирически подтверждена модель покупательной способности и монетарная модель (Четвериков, Карасев, 2005).

Помимо прямого влияния на факторы структурных моделей валютных курсов, коронавирус также воздействовал на макроэкономические показатели. Рост числа заболеваний вынудил правительства ввести различные ограничения на международные и внутренние поездки, на работу индустрии развлечений, а также объявить локдауны, что негативно сказалось на ВВП (McKibbin, Fernando, 2020). Ограничения резко сократили спрос в мировой экономике, вследствие чего упали объемы международной торговли и цены на мировых рынках (прежде всего, цены на сырье), что привело в странах с сырьевым экспортом (например, в России) к снижению валютных доходов и предложению валюты на валютных биржах. Правительства большинства стран, стремясь компенсировать негативное влияние вводимых ограничений и сжатия внешнего и внутреннего спроса, приняли беспрецедентные меры фискальной поддержки и стимулирующей денежной политики, что способствовало росту инфляционных ожиданий (Binder, 2020).

Ограничительные антиковидные меры, падение валютных доходов, стимулирование спроса посредством фискальной и монетарной политик очевидно оказали сильное влияние на курсы валют, что эмпирически было подтверждено для валютных курсов «eur/usd», «gbp/usd», «usd/aud», «usd/cad», «usd/chf», «usd/cny», «usd/jpy» и «usd/sek» (Chaudhry, 2020).

Связка из пандемии, антиковидных ограничений и программ фискальной и монетарной поддержки создала беспрецедентно высокий уровень неопределенности, что стало важным дополнительным фактором влияния на валютные рынки. Можно выдвинуть предположение о наличии косвенных неучтенных эффектов, которые поведенческая равновесная модель обменного курса называет поведенческими.

2.2. Детерминанты «косвенных» эффектов. Роль поведенческих факторов

Теоретическое обоснование влияния поведенческих факторов на валютные курсы мы находим в теории поведенческих финансов и психологии толпы.

Согласно теории поведенческих финансов (см., например, (Bondt, Thaler, 1985)) появление внешнего шока, в качестве которого, безусловно, стоит рассматривать и коронавирус, способно спровоцировать чрезмерную иррациональную реакцию участников рынков, в условиях которой поведение будет детерминироваться уже не рациональными соображениями, а иррациональными страхом и паникой. Страх инвесторов перед COVID-19 спровоцировал рост волатильности ведущих мировых валют (Hoang, Syed, 2021).

Роль иррациональных факторов для коллектива и толпы рассматривается в психологии толпы (см., например, (Bon, 1896)). Внешние шоки и неопределенность могут спровоцировать массовый психоз и истерию (Auhemery, 2012), способные распространяться подобно «истерической заразе» (Bon, 1896). Выводы, полученные в рамках психологии толпы, могут применяться также и для онлайн-сообществ, в качестве которых, как мы полагаем, могут рассматриваться и участники онлайн-площадок валютных бирж.

В условиях развития Интернета распространение шоков способно протекать быстрее. Мнения интернет-пользователей могут формироваться на основе того, что они читают на форумах или в социальных сетях. На принятие решений участниками рынка кардинально влияют новости в СМИ и Интернет, а также публикации в социальных сетях. Социальные сети служат не только каналом, по которому инвесторы получают информацию, формирующую их рациональные ожидания, но и каналом, формирующим их поведение.

Для анализа общественного интереса к активам и их популярности в различных исследованиях использовались число запросов в Википедии (Ciaian, Rajcaniova, Kancs, 2016), число запросов

в Google (Kristoufek, 2015), а также число твитов и ретвитов, репостов в Facebook. Инвесторы, как правило, покупают «привлекающие внимание акции». Внимание инвесторов способно влиять на стоимость акций, волатильность фондовых индексов и валютных рынков. А такое внимание можно измерить числом запросов в социальных сетях.

Исходя из проанализированных нами работ, доказавших значимость поведенческих факторов, а также поведенческой равновесной модели обменного курса, мы можем предположить наличие иррациональных влияний на валютные курсы во время пандемии. Косвенно наши ожидания подтверждаются графиками на рис. 1–3, демонстрирующими совпадение нижней точки падения валют не с пиком заболеваемости COVID-19, а с максимумом интереса к нему. В то же время мы не смогли найти работ, эмпирически подтверждающих наши предположения.

3. МЕТОДОЛОГИЯ

3.1. Гипотезы

Несмотря на наличие многочисленных исследований влияния COVID-19 на финансовые рынки, в том числе фондовые и валютные, нам не удалось найти работ, исследующих воздействие коронавируса на волатильность курса рубля. Для восполнения выявленного дефицита мы формулируем первую гипотезу своего исследования.

Гипотеза 1. *Коронавирус спровоцировал рост волатильности курсов рубля, реала и рупии к доллару США.*

В рамках проверки этой гипотезы мы исследуем прямые эффекты коронавируса, под которыми, как сформулировано выше, понимаем воздействие на валютный курс посредством факторов структурных моделей.

Представляется, что воздействие пандемии не исчерпывалось прямыми эффектами. Основываясь на поведенческой равновесной модели обменного курса, мы можем предположить значимость влияния поведенческих факторов на волатильность курсов во время пандемии.

Поведение участников рынка можно анализировать через количество постов и репостов в социальных сетях (Ciaian, Rajcaniova, Kancs, 2016) или число запросов в Google (Nepp et al., 2022).

При исследовании влияния других эпидемий было доказано воздействие болезней как внешних шоков на настроение участников рынка. Эпидемия гриппа спровоцировала рост активности соответствующих поисковых запросов в Google (Ginsberg et al., 2009), а также увеличение числа соответствующих публикаций в социальных сетях. Очевидно, что распространение коронавируса стало мощнейшим спусковым крючком для масс-медиа, в том числе для сети Интернет и социальных сетей. Однако нам не удалось найти работ, исследовавших влияние внимания к коронавирусу в социальных сетях и сети Интернет на волатильность валютных рынков развивающихся стран. Поэтому мы формулируем вторую и третью гипотезу.

Гипотеза 2. *Воздействие внимания к коронавирусу в социальных сетях, проявившегося в постах и репостах, на курсы рубля, реала и рупии к доллару США превышало или было сопоставимым по силе с прямым эффектом самого коронавируса.*

Гипотеза 3. *Влияние активности поисковых запросов о коронавирусе в Google на курсы рубля, реала и рупии к доллару США превышало или было сопоставимо по силе с прямым эффектом самого коронавируса.*

В условиях внешних шоков и неопределенности влияние эмоций на динамику рынков возрастает. Интернет и СМИ в условиях распространения инфекционных заболеваний могут спровоцировать массовый психоз и истерию (Aukemyer, 2012). Истерия и психоз способны, подобно «истерической заразе», распространяться в толпе (Bon, 1896), что также справедливо и для интернет-сообщества (Pavlovic, 2018). Раздувание и нагнетание в медиапространстве какого-либо события «Кембриджский словарь» трактует как *хайп* (hype — Cambridge Dictionary, 2021).

Мы предполагаем, что COVID-19 мог стать причиной подобной истерии — хайпа, который спровоцировал усиление воздействия внимания к коронавирусу в масс-медиа на волатильность курсов рассматриваемых валют. Для проверки нашего предположения мы формулируем следующую гипотезу.

Гипотеза 4. *Хайп, проявившийся в возрастании интереса интернет-пользователей к коронавирусу, увеличил воздействие внимания в масс-медиа к COVID-19 на курсы рубля, реала и рупии к доллару США.*

Для проверки данных гипотез мы проводим эконометрическое моделирование, описание которого приведено в следующем подразделе.

3.2. Данные и описание переменных

Мы рассматриваем курсы валют развивающихся стран (рубль, реал и рупия) к доллару США в период наибольшей волатильности за время пандемии — с 1 января 2020 г. по 30 апреля 2020 г. Применяя метод GARCH к базе данных за четыре месяца, мы отталкиваемся от работы (Hoang, Syed, 2021), исследовавшей волатильность валют и товаров с применением GARCH-метода к трехмесячному периоду. Наше исследование сфокусировано на валютах развивающихся стран, так как именно в кризисные периоды рынки развивающихся стран больше всего уязвимы и подвержены влиянию.

При исследовании волатильности курсов валют в качестве зависимых переменных мы, отталкиваясь от работы (Feng et al., 2021), используем дневную разницу курсов в форме логарифмической доходности $\ln_usd/rub$, $\ln_usd/brl$ и $\ln_usd/in$ — соответственно для рубля, реала и рупии, из базы данных Yahoo Finance¹.

Вектор исследуемых переменных, характеризующих распространение COVID-19, содержит данные ежедневно фиксируемой заболеваемости в стране исследуемой валюты — *rub_covid cases*, *brl_covid cases*, *in_covid cases* и *usa_covid cases* — в России, Бразилии, Индии и США соответственно — на основе данных ВОЗ².

При исследовании социальных сетей мы остановились на социальных сетях, распространенных во всех рассматриваемых странах, — Facebook и Instagram. Вектор исследуемых переменных, отражающих реакцию общества на распространение коронавирусной инфекции и освещение ее в социальных сетях, содержит: число публикаций в Facebook (*rub_fb_publ*, *brl_fb_publ*, *in_fb_publ*, *usa_fb_publ*), число репостов в Facebook (*rub_fb_reposts*, *brl_fb_reposts*, *in_fb_reposts*, *usa_fb_reposts*) и число публикаций в Instagram (*rub_ig_publ*, *brl_ig_publ*, *in_ig_publ*, *usa_ig_publ*) — в российском, бразильском, индийском и американском сегментах соответственно.

Для формирования показателей по социальным сетям мы производили поиск по ключевым словам, составленным из двух частей. Первая состояла из одного из следующих терминов: «coronavirus», «covid19», «covid-19», «covid 19», «sars-cov-2», «ncov», «quarantine», вторая часть состояла из «CountryName», «Ethnonym», «statistics» или «data», где вместо CountryName вставлялись названия стран рассматриваемых валют, а вместо Ethnonym — этнонимы, т.е. названия национальностей этих стран соответственно. Поиск проводился на английском, а также на родных языках соответствующих стран — русском, хинди и португальском. Для анализа социальных сетей мы применяли ресурс Popsters³.

Рассматривая поисковые запросы, мы сфокусировались на Google, который популярен во всех рассматриваемых странах, и использовали Google trends по запросам о коронавирусе (*rub_ggl*, *brl_ggl*, *in_ggl*, *usa_ggl*) — соответственно, в российском, бразильском, индийском и американском сегментах⁴.

В качестве контрольных переменных мы использовали цены на нефть марки Brent (*brent_usd*) и цены на золото (*xaui_usd*) из базы данных Yahoo finance⁵.

При моделировании мы использовали нестандартизированные данные, что позволило нам анализировать непосредственно выявляемые эффекты.

Описание всех изучаемых переменных приведено в интернет-приложении⁶.

3.3. Выбор метода моделирования

Для нашего исследования мы выбрали метод GARCH, что обусловлено следующими моментами. Во-первых, мы сталкиваемся с динамическим моделированием, а также необходимостью отразить волатильность валют путем интеграции, изменяющейся во времени условной дисперсии, и решить проблему условной гетероскедастичности. Во-вторых, распространение коронавируса стало

¹ <https://finance.yahoo.com/>

² <https://www.who.int/health-topics/coronavirus>

³ <https://popsters.ru/>

⁴ <https://trends.google.com/trends/>

⁵ <https://finance.yahoo.com/>

⁶ Интернет-приложения к статье см. https://gsem.urfu.ru/fileadmin/user_upload/site_15921/staff/science/2023/Prilozhenie-Stal_li_COVID-19_prichinoi_deval_rublja_i_valjut_razviv_stran.pdf

для экономики неожиданным внешним шоком, и, следовательно, его воздействие может рассматриваться как случайный процесс. В-третьих, для исследования гипотезы Н4 о роли истерии (хайпа) как краткосрочного явления нам необходимо рассматривать короткий период данных. В-четвертых, хотя для показателей финансовых рынков свойственны неправильно заданные распределения вероятностей, в то время как GARCH, основываясь на предположении о нормальном распределении (Bollerslev, 1986), лучше позволяет оценивать и прогнозировать волатильность финансового рынка под воздействием фактора (Yaya, Olubusoye, Ojo, 2014), и GARCH (1,1), превосходит другие модели в оценке волатильности валютного курса (Hansen, Lunde, 2005). В-пятых, несмотря на то что в некоторых случаях финансовые временные ряды показывают эффект рычага, проявляющийся в отрицательной корреляции цен на активы с изменениями волатильности, использование теста гетероскедастичности ARCH при поддержании положительной стационарности позволяет применять метод GARCH для отслеживания воздействия шока на волатильность финансовых рынков.

Определив применяемый в исследовании метод, мы сформировали спецификации моделей.

3.4. Разработка спецификации модели

Исходя из (Bollerslev, 1986), общий вид модели GARCH имеет вид

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^r \alpha_i z_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^s \beta_i \sigma_{t-i}^2, \quad (1)$$

где σ_t^2 — условная дисперсия; α — коэффициент лага, или базовая волатильность; s — число предшествующих оценок, влияющих на текущее значение; β — весовые коэффициенты, отражающие степень влияния предыдущих оценок на текущее значение.

Для проверки возможности применения выбранного метода к задаче мы провели тест Дики–Фуллера и тест ARCH–LM на проверку нулевой гипотезы об отсутствии в остатках ARCH-эффекта. Результаты подтвердили целесообразность применения метода GARCH.

Для выявления эффекта истерии (хайпа) мы оттолкнулись от его определения в «Кембриджском словаре»⁷ — как раздувания и нагнетания в медиапространстве какого-либо события, что приводит к резкому увеличению числа публикаций и репостов в социальных сетях, а также запросов в Google и должно проявиться через структурный разрыв в выборке соответствующих переменных. Проведенный тест Грегори–Хансена подтвердил наше предположение и позволил нам определить точку структурного разрыва для деления выборки исследуемых переменных на периоды «до» и «после» хайпа (см. интернет-приложение, п. 2, табл. 1).

Следуя результатам теста Дики–Фуллера и ARCH–M, мы получили следующую базовую модель на периоды во время и после хайпа:

$$\Delta \ln_{\text{exch rate}}^{k,g} = b_0^{k,g} + \sum_{i=1}^3 b_i^{k,g} \Delta x_{t-i}^k + \sum_{j=1}^3 \gamma_j^{k,g} \Delta z_{j,t} + \varepsilon_t^{k,g}, \quad (2)$$

где $\Delta \ln_{\text{exch rate}}^{k,g}$ — логарифмическая доходность ($\ln_t / \ln_{t-1} \times 100\%$): долл./руб., долл./реал, долл./рупия; Δx_{t-i}^k — число заболеваний COVID в день, число запросов в Google Trends, число репостов и публикаций в Facebook, число публикации в Instagram; $\Delta z_{j,t}$ — цены на нефть марки Brent и золото.

Проверка на мультиколлинеарность модели (см. интернет-приложение, п. 2, табл. 2) продемонстрировала наличие возможной связи между исследуемыми переменными, такими как число заболеваний COVID, число запросов в Google Trends, число репостов и публикаций в Facebook, число публикаций в Instagram. Для решения проблемы мультиколлинеарности мы провели сегрегацию моделей и сформировали самостоятельные модели для каждой исследуемой переменной с включением в каждую вектора контрольных переменных.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ДИСКУССИЯ

Полные результаты моделирования представлены в интернет-приложении, п. 3. Малые величины коэффициентов изучаемых переменных связаны, по нашему мнению, с использованием нестандартизированных данных, которые нам необходимы для выявления эффектов.

⁷ Cambridge Dictionary (<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english-russian/hype>): «Hype — a lot of attention that something gets, especially in newspapers, on television, etc., making it seem more important or exciting than it really is. Хайп — повышенное внимание к чему-либо, особенно в газетах, на телевидении и т.д., из-за чего оно кажется более важным или захватывающим, чем есть на самом деле».

Представим результаты⁸ для исследуемых переменных.

В рамках GARCH-моделей значимые результаты уравнения условной дисперсии для исследуемых и контрольных переменных приведены в табл. 1.

Дискуссию результатов проведем в следующей последовательности: вначале мы обсудим влияние контрольных переменных, затем — результаты проверки каждой гипотезы.

Большинство моделей демонстрировало отрицательное влияние контрольных факторов для всех исследуемых валют. Для курса рубля наиболее сильное воздействие цены на нефть было обнаружено на уровне факторов и второго лага (см. табл. 1), что вполне ожидаемо и обусловлено значением нефти для российского экспорта и ВВП, а, следовательно, в соответствии со структурными моделями — и для российской валюты.

Таблица 1. Эффекты исследуемых и контрольных переменных для валютных курсов⁹

Исследуемая переменная	Коэффициент	Контрольная переменная	
		Brent_USD	XAU_USD
Гипотеза 1			
Доллар/рубль			
<i>USA_covid cases</i>	−0,0000292***	−0,0001700***	0,0000763
<i>USA_covid casesL1</i>	−0,0000157*	−0,0000750	0,0000815
<i>USA_covid casesL2</i>	−0,0000197**	−0,0000830	0,0000136**
Доллар/реал	N/A	N/A	N/A
Доллар/рупия	N/A	N/A	N/A
Гипотеза 2			
Доллар/рубль			
<i>USA_FB_publ</i>	−0,0001500*	−0,0001600**	0,0000507
<i>RUB_FB_publL2</i>	−0,0001500**	−0,0000890	0,0000140**
Доллар/реал			
<i>BRL_FB_publL1</i>	−0,0001251***	−0,0002095***	0,0000984
<i>BRL_FB_repostsL2</i>	−0,0000244***	−0,0001397***	0,0000192***
Доллар/рупия			
<i>USA_FB_repostsL1</i>	−0,0000979***	−0,0000740***	−0,0000753***
<i>IN_IG_publL1</i>	−0,0000349***	−0,0001101***	−0,0000093***
Гипотеза 3			
Доллар/рубль			
<i>USA_GglL1</i>	0,0001770***	0,0000740	0,0002150
Доллар/реал	N/A	N/A	N/A
Доллар/рупия	N/A	N/A	N/A
Гипотеза 4			
Доллар/рубль			
<i>RUB_FB_publ_before</i>	0,0005598***	N/A	0,0000508***
<i>RUB_FB_publ_after</i>	N/A	N/A	N/A
<i>RUB_FB_publL1_before</i>	0,0007545***	0,0001168	0,0000690***
<i>RUB_FB_publL1_after</i>	N/A	N/A	N/A
<i>RUB_IG_publ_before</i>	0,0002653**	−0,0000464	0,0000500**

⁸ Остальные результаты см. в интернет-приложении, п. 2.

⁹ Полные результаты см. в интернет-приложении, п. 3.

Окончание таблицы 1

Исследуемая переменная	Коэффициент	Контрольная переменная	
		Brent_USD	XAU_USD
Гипотеза 4			
<i>RUB_IG_publ_after</i>	N/A	N/A	N/A
<i>Ggl_rubL1_before</i>	N/A	N/A	0,0000541**
<i>Ggl_rubL1_after</i>	N/A	N/A	N/A
Доллар/реал	N/A	N/A	N/A
Доллар/рупия	N/A	N/A	N/A

Примечание. В данной таблице мы привели основные результаты модели GARCH (1,1); *before* — результат моделирования до структурного сдвига (хайп); *after* — результат моделирования после структурного сдвига. N/A — модель незначима. Уровни значимости: * — 10%; ** — 5%; *** — 1%.

Источник: расчеты авторов.

Такое воздействие цены на нефть может иметь следующие причины. Для стран со значительной долей нефти в ВВП ее цена является значимым фактором влияния для курсов национальных валют (Непп, Зыков, Егорова, 2023). В России и Бразилии, для валют которых нами были получены значимые результаты, нефте- и газодобывающая отрасли играют значимую роль в ВВП. В условиях распространения пандемии в рассматриваемый период наблюдалось значительное снижение цен на нефть при увеличении волатильности (World Bank, 2020), что при выявленной нами отрицательной взаимосвязи сопровождалось ростом волатильности рубля и реала. Более слабое влияние было обнаружено для реала и рупии на уровне первого и второго лага, что согласуется с выводами (Volkov, Yuhn, 2016).

При исследовании цены на золото мы обнаружили разные влияния на исследуемые валюты. Положительное воздействие цены на золото было выявлено для реала и рубля на уровне их второго лага, что соответствует выводам (Ansari, Sensarma, 2019). Для рупии воздействие золота было негативным и устойчивым на уровне первого лага (табл. 1). Такой результат мы связываем с тем, что в рассматриваемый период курс рупии был менее волатильным по сравнению с рублем и реалом (см. рис. 1), что подтверждает выводы. Однако анализ цен на золото для различных валют не входил в наши исследовательские задачи. Поэтому мы ограничимся констатацией данного факта без исследования его причин.

Систематизируем результаты моделирования в соответствии с нашими гипотезами.

4.1. Во всем ли виноват COVID? Проверка гипотезы H1

Для исследования прямого воздействия коронавируса на курсы валют мы анализировали модели, содержащие в качестве исследуемой переменной число заболевших COVID-19 и содержащие вектор контрольных переменных. Из анализируемых валют прямое влияние коронавируса было обнаружено только для курса рубля к доллару. Модели для реала и рупии такого эффекта не продемонстрировали (см. интернет-приложение, п. 3, табл. 1–4).

Увеличение числа заболевших COVID-19 в США вызвало снижение волатильности рубля по отношению к доллару, что представляется логичным и в отношении рубля подтверждает нашу гипотезу. При этом опровергает гипотезу в отношении реала и рупии.

Такие результаты могут быть обусловлены следующими причинами. Данные по заболеваемости коронавирусом могут быть искажены в связи с неполной или не вполне качественной диагностикой в Бразилии и Индии (см., например, (Paulos, 2020)). Кроме того, влияние пандемии на валютные курсы могло быть связано с вводимыми антиковидными ограничениями и антикризисными мерами, изменением условий торговли, изменением процентных ставок, которые лишь частично определялись текущим уровнем заболеваемости. Наконец, в условиях развития сети Интернет эффект коронавируса может проявляться не только в прямых эффектах, но и в косвенных — посредством влияния на настроение и поведение участников рынков, наличие которых мы сможем выявить в ходе проверки гипотез H2 и H3.

4.2. Не так страшен черт, как его малюют? Результаты проверки гипотез Н2 и Н3

Исследование роли внимания к коронавирусу в социальных сетях и поисковике Google в связи с курсами валют мы провели в рамках проверки гипотез Н2 и Н3.

В ходе моделирования было выявлено значимое влияние внимания к коронавирусу в социальных сетях на волатильность курсов всех рассмотренных валют. Увеличение числа публикаций в российском сегменте Facebook приводило к повышению волатильности рубля по отношению к доллару, и наоборот. Обнаруженный эффект был более сильным, чем прямое влияние коронавируса. При исследовании рупии выводы подтвердились. При увеличении внимания к коронавирусу в американском сегменте Facebook, проявившемся в росте репостов о COVID-19, начинала возрастать волатильность доллара по отношению к рупии. Влияние со стороны репостов Facebook на курс рупии к доллару было более сильным, чем воздействие самого коронавируса.

Результаты моделирования для реала показали, что увеличение числа постов и репостов о COVID-19 в бразильском сегменте Facebook приводило к повышению волатильности реала, что также подтвердило гипотезу Н2 и соответствует выводам (Gomez-Carrasco, Michelin, 2017).

Гипотеза Н2 для курсов рубля, рупии и реала подтверждена и согласуется с результатами (Karabulut, 2013), продемонстрировавшими роль социальных сетей как одного из наиболее важных предикторов финансовых рынков.

Обнаруженные эффекты мы не связываем с воздействием непосредственно социальных сетей или поисковика Google на курсы данных валют. Основываясь на работах, обосновавших взаимосвязь социальных сетей с настроением и поведением (Ciaian, Rajcaniova, Kancs, 2016), мы рассматриваем эти факторы как отражение обеспокоенности участников рынка, а обнаруженные эффекты связываем именно с влиянием неуверенности участников рынка на курсы валют, сдвигающей инвестиционные решения от рациональных в сторону эмоциональных — в соответствии с теорией (Bondt, Thaler, 1985).

Выявленные эффекты социальных сетей на волатильность курсов могут быть описаны следующим механизмом: увеличение публикаций и репостов в социальных сетях отражает уровень обеспокоенности и нервозности населения, которые, в свою очередь, влияют на поведение участников валютного рынка. Решения участников валютного рынка в условиях нервозности отклоняются от рациональных в сторону эмоциональных, что повышает волатильность валютного курса. Описанный механизм может быть проиллюстрирован схемой (рис. 4).

Обнаруженные эффекты социальных сетей могут быть связаны также с рациональным интересом к факторам, оказывающим существенное влияние на будущие экономические условия. Среди таких факторов могут быть, например, антиковидные ограничения, меры поддержки бизнеса во время пандемии, меры поддержки занятости во время COVID, изменение условий торговли, дифференциал процентных ставок и пр. Социальные сети в этом случае выступают каналом, по которому инвесторы получают информацию, формирующую их рациональные ожидания. Реалистичность такого механизма без применения контент- и сентимент-анализа не проверить, что является ограничением нашей модели, но может выступать объектом будущих исследований.

При обосновании гипотезы Н3 мы предполагали, что поисковая активность в Google будет обусловлена обеспокоенностью граждан, в том числе участников валютного рынка, развитием пандемии, что и повлияет на волатильность курсов рассматриваемых валют. Однако моделирование не продемонстрировало ожидаемых результатов: для реала и рупии такого влияния не было обнаружено. Для рубля результаты противоречили ожиданиям. Увеличение числа поисковых запросов о COVID-19 в американском сегменте Google сопровождалось ростом волатильности рубля по отношению к доллару, что противоречило гипотезе Н3 и не соответствовало выводам (Lyocsa

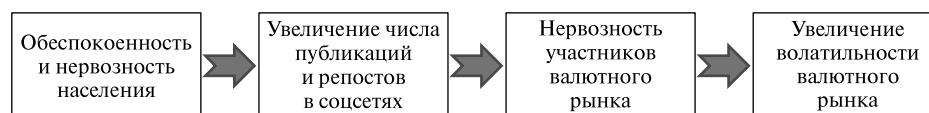


Рис. 4. Механизм влияния масс-медиа через поведение участников валютного рынка на его волатильность

Источник: составлено авторами.

et al., 2020). Это мы связываем с тем, что рост активности поисковых запросов о COVID-19 мог быть вызван не только распространением пандемии, но и возрастающим интересом интернет-пользователей, в том числе участников рынка, к противовирусным мероприятиям, а также мерам правительства, направленным на восстановление экономики.

4.3. Всем рулит хайп? Результаты проверки гипотезы H4

В рамках гипотезы H4 для выявления влияния хайпа мы сопоставляли влияние социальных сетей и запросов в Google «до» и «после» точки структурного сдвига (см. интернет-приложение, п. 2), характеризующей окончание состояния истерии вокруг COVID-19.

Для волатильности курса рубля по отношению к доллару эффект хайпа проявился в следующем. Во-первых, значимое влияние публикаций о COVID-19 в Facebook и Instagram до точки структурного разрыва превышало воздействие как контрольных переменных нефти и золота, так и COVID-19. Во-вторых, со спадом интереса к коронавирусу влияние социальных сетей и Google стало незначимым.

Отметим, что на фоне сильного и значимого эффектов внимания к коронавирусу в масс-медиа прямое влияние COVID-19 в период хайпа было незначимым, в то время как косвенное воздействие коронавируса на волатильность курса рубля проявлялось отчетливо. Увеличение числа публикаций о коронавирусе в российском сегменте Facebook и Instagram сопровождалось ростом девальвации рубля по отношению к доллару. Такие результаты соответствуют выводам (Valle-Cruz et al., 2021) о влиянии освещения коронавируса в социальных сетях на фондовые рынки.

Таким образом, при исследовании курса рубля по отношению к доллару мы подтвердили гипотезу H4.

При анализе запросов в Google о коронавирусе гипотеза H4 не нашла подтверждения, что мы связываем с тем, что именно социальные сети выступают своеобразным камертоном эмоций (Lazzini et al., 2021).

При исследовании влияния хайпа вокруг коронавируса на реал и рупию мы не обнаружили GARCH-эффекта и, соответственно, не смогли сформировать GARCH-модель в период повышенного интереса к коронавирусу. Это может указывать на то, что волатильность реала и рупии изменялась не условно стохастически, а испытала воздействие какого-то внешнего шока.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для выяснения причин высокой волатильности рубля, реала и рупии в период пандемии мы исследовали воздействие COVID-19, его освещение в социальных сетях и запросы о коронавирусе в Google на курсы рассматриваемых валют по отношению к доллару в период наибольших колебаний с 01.01.2020 до 30.04.2020.

Еще в 1985 г. (Bondt, Thaler, 1985) доказали нерациональность принятия решений в условиях эмоций. Эмоции, страх могут быть спровоцированы внешними шоками (Bon, 1896), среди которых одним из наиболее сильных для нашего времени стал COVID-19.

Показано, что увеличение публикаций о коронавирусе в национальном сегменте Facebook и Instagram сопровождалось ростом волатильности национальной валюты. Такие результаты мы наблюдали для курсов рубля, реала и рупии по отношению к доллару.

Выявленное влияние социальных сетей на валютный курс может быть описано следующим механизмом: увеличение публикаций и репостов в социальных сетях отражают уровень обеспокоенности и нервозности населения, что влияет на поведение участников валютного рынка. Решения участников валютного рынка в условиях истерии отклоняются от рациональных в сторону эмоциональных и повышают волатильность валютного курса.

Обнаруженные эффекты социальных сетей могут быть связаны также с рациональным интересом к факторам, существенно влияющим на будущие экономические условия. Социальные сети в этом случае выступают каналом, по которому инвесторы получают информацию, формирующую их рациональные ожидания. Реалистичность такого механизма без применения контент- и сентимент-анализа не проверить, что является ограничением нашей модели и может выступать объектом будущих исследований.

При исследовании курса рубля РФ по отношению к доллару США мы доказали наличие влияния хайпа вокруг COVID-19. В условиях повышенного интереса к коронавирусу это влияние проявилось в увеличении воздействия освещения COVID-19 в социальных сетях на курс рубля. Однако мы не нашли доказательств аналогичного влияния на курс рупии и реала.

Наша работа может быть интересна исследователям поведенческой экономики и роли психологии толпы в экономике, а также представлять практическую ценность для участников валютного рынка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Картаев Ф.С.** (2009). Эконометрическое моделирование взаимосвязи курса рубля и динамики ВВП // *Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика*. № 20. С. 57–67. [Kartaev F.S. (2009). Econometric modelling of the Interconnections between the ruble exchange rate and GDP dynamics. *Moscow University Economics Bulletin. Series 6. Economy*, 20, 57–67 (in Russian).]
- Кругман П., Обстфельд М.** (2003). Международная экономика: теория и политика: учебник. СПб.: Питер. [Krugman P., Obstfeld M. (2003). *International economics: Theory and policy: Textbook*. Saint Petersburg: Piter (in Russian).]
- Непп А.Н., Зыков А.С., Егорова Ю.В.** (2023). Нефть в эпоху коронавируса: истерия или закономерное падение рынка? // *Экономика и математические методы*. Т. 59. № 1. С. 48–64. DOI: 10.31857/S042473880024876-2 [Nepp A.N., Zykov A.S., Egorova Y.V. (2023). Oil in the era of coronavirus: Hysteria or legitimate market decline? *Economics and Mathematical Methods*, 59 (1), 48–64. DOI: 10.31857/S042473880024876-2 (in Russian).]
- ТАСС** (2022). История коронавирусных ограничений в России. Режим доступа: <https://tass.ru/info/15101389> [TASS. (2022). *History of coronavirus restrictions in Russia*. Available at: <https://tass.ru/info/15101389> (in Russian).]
- Четвериков С.Н., Карасев Г.** (2005). Структурные модели обменных курсов рубля. Институт экономики переходного периода. Научные труды. 88 р. [Chetverikov S.N., Karasev G. (2005). *Structural models of ruble exchange rates*. Institute for the Economy in Transition, Scientific Proceedings. 88 p. (in Russian).]
- Aguilar J., Nydahl S.** (2000). Central bank intervention and exchange rates: The case of Sweden. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 10 (3–4), 303–322. DOI: 10.1016/S1042-4431(00)00041-X
- Ali T.M., Mahmood M.T., Bashir T.** (2015). Impact of interest rate, inflation and money supply on exchange rate volatility in Pakistan. *World Applied Sciences Journal*, 33 (4), 620–630. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2015.33.04.82
- Ansari M.G., Sensarma R.** (2019). US monetary policy, oil and gold prices: Which has a greater impact on BRICS stock markets? *Economic Analysis and Policy*, 64, 130–151. DOI: 10.1016/j.eap.2019.08.003
- Auxemery Y.** (2012). Contagious psychosis: Different entities and conditions (La folie contagieuse: Étude de différentes entités et de leurs conditions d'apparition). *Annales Medico-Psychologiques*, 170 (8), 527–532. DOI: 10.1016/j.amp.2011.09.017
- Balassa B.** (1964). The purchasing-power parity doctrine: A reappraisal. *Journal of political Economy*, 72 (6), 584–596.
- Bilson J.F.** (1978). The monetary approach to the exchange rate: Some empirical evidence. *IMF Staff Papers*, 25 (1), 48–75. DOI: 10.2307/3866655
- Binder C.** (2020). Coronavirus fears and macroeconomic expectations. *Review of Economics and Statistics*, 102 (4), 721–730. DOI: 10.1162/rest_a_00931
- Bollerslev T.** (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31 (3), 307–327. DOI: 10.1016/0304-4076(86)90063-1
- Bon G. le** (1896). *The crowd: A study of the popular mind*. New York: Macmillan Co.
- Bondt W.F. de, Thaler R.** (1985). Does the stock market overreact? *Journal of Finance*, 40 (3), 793–805. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1985.tb05004.x
- Chaudhry A.F.** (2020). The Nexus of COVID-19 pandemic, Foreign exchange rates, and short-term returns. *Empirical Economic Review*, 3 (2), 1–9. DOI: 10.29145/eer/32/030201
- Ciaian P., Rajcaniova M., Kancs D.A.** (2016). The digital agenda of virtual currencies: Can BitCoin become a global currency? *Information Systems and e-Business Management*, 14 (4), 883–919. DOI: 10.1007/s10257-016-0304-0
- Feng G.F., Yang H.C., Gong Q., Chang C.P.** (2021). What is the exchange rate volatility response to Covid-19 and government interventions? *Economic Analysis and Policy*, 69, 705–719. DOI: 10.1016/j.eap.2021.01.018
- Franke G., Olsen R., Pohlmeier W.** (2002). Overview of forecasting models. *University of Konstanz*, 1–32.
- Ginsberg J., Mohebbi M.H., Patel R.S., Brammer L., Smolinski M.S., Brilliant L.** (2009). Detecting influenza epidemics using search engine query data. *Nature*, 457 (7232), 1012–1014. DOI: 10.1038/nature07634

- Gomez-Carrasco P., Michelon G.** (2017). The power of stakeholders' voice: The effects of social media activism on stock markets. *Business Strategy and the Environment*, 26 (6), 855–872. DOI: 10.1002/bse.1973
- Hansen P.R., Lunde A.** (2005). A forecast comparison of volatility models: Does anything beat a GARCH (1, 1)? *Journal of Applied Econometrics*, 20 (7), 873–889. DOI: 10.1002/jae.800
- Hoang T.H. van, Syed Q.R.** (2021). Investor sentiment and volatility prediction of currencies and commodities during the COVID-19 pandemic. *Asian Economics Letters*, 1 (4), 1–6.
- Karabulut Y.** (2013). Can Facebook predict stock market activity? In: *AFA 2013 San Diego Meetings Paper*, 1–59. DOI: 10.2139/ssrn.2017099
- Karamelikli H., Karimi M.S.** (2020). Asymmetric relationship between interest rates and exchange rates: Evidence from Turkey. *International Journal of Finance & Economics*, 1–11. DOI: 10.1002/ijfe.2213
- Kristoufek L.** (2015). Power-law correlations in finance-related Google searches, and their cross-correlations with volatility and traded: Evidence from the Dow–Jones Industrial components. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 428, 194–205. DOI: 10.1016/j.physa.2015.02.057
- Kumari P., Toshniwal D.** (2022). Impact of lockdown measures during COVID-19 on air quality — A case study of India. *International Journal of Environmental Health Research*, 32 (3), 503–510. DOI: 10.1080/09603123.2020.1778646
- Lazzini A., Lazzini S., Balluchi F., Mazza M.** (2021). Emotions, moods and hyperreality: Social media and the stock market during the first phase of COVID-19 pandemic. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 1–17. DOI: 10.1108/AAAJ-08-2020-4786
- Lyocsa S., Baumöhl E., Vyrost T., Molnar P.** (2020). Fear of the coronavirus and the stock markets. *Finance Research Letters*, 36, 101735. DOI: 10.1016/j.frl.2020.101735
- McKibbin W.J., Fernando R.** (2020). Global macroeconomic scenarios of the COVID-19 pandemic. *CAMA Working Paper*, 62/2020, 1–55.
- Muller-Plantenberg N.A.** (2010). Balance of payments accounting and exchange rate dynamics. *International Review of Economics & Finance*, 19 (1), 46–63. DOI: 10.1016/j.iref.2009.02.010
- Mundell R.A.** (1963). Capital mobility and stabilization policy under fixed and flexible exchange rates. *Canadian Journal of Economics and Political Science/Revue Canadienne de Economiques et Science Politique*, 29 (4), 475–485. DOI: 10.2307/139336
- Nepp A., Okhrin O., Egorova J., Dzhuraeva Z., Zykov A.** (2022). What threatens stock markets more — The coronavirus or the hype around it? *International Review of Economics & Finance*, 78, 519–539. DOI: 10.1016/j.iref.2021.12.007
- Parveen S., Khan A.Q., Ismail M.** (2012). Analysis of the factors affecting exchange rate variability in Pakistan. *Academic Research International*, 2 (3), 670. DOI: 10.9790/487X-1662115121
- Paulos J.A.** (2020). We're reading the coronavirus numbers wrong. *The New York Times*, February 18. Available at: <https://www.nytimes.com/2020/02/18/opinion/coronavirus-china-numbers.html>
- Pavlovic N.** (2018). Factors affecting herd behaviour in buying decisions influenced by online communities. *AMCIS*, 1–10.
- Rogoff K.** (1996). The purchasing power parity puzzle. *Journal of Economic Literature*, 34 (2), 647–668.
- Silva L., Figueiredo Filho D., Fernandes A.** (2020). The effect of lockdown on the COVID-19 epidemic in Brazil: Evidence from an interrupted time series design. *Cadernos de Saude Publica*, 36, e00213920.
- Valle-Cruz D., Fernandez-Cortez V., Lopez-Chau A., Sandoval-Almazan R.** (2021). Does twitter affect stock market decisions? Financial sentiment analysis during pandemics: A comparative study of the h1n1 and the covid-19 periods. *Cognitive Computation*, 1–16. DOI: 10.1007/s12559-021-09819-8
- Volkov N.I., Yuhn K.H.** (2016). Oil price shocks and exchange rate movements. *Global Finance Journal*, 31, 18–30. DOI: 10.1016/j.gfj.2016.11.001
- World Bank (2020). *Coping with a dual shock: COVID-19 and oil prices*. Available at: <https://www.worldbank.org/en/region/mena/brief/coping-with-a-dual-shock-coronavirus-covid-19-and-oil-prices>
- Yaya O.S., Olubusoye O.E., Ojo O.O.** (2014). Estimates and forecasts of GARCH model under misspecified probability distributions: A Monte Carlo simulation approach. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 13 (2), 28. DOI: 10.22237/jmasm/1414816020

Has COVID-19 caused a devaluation of the ruble and the currencies of developing countries?

© 2024 A.N. Nepp, Z.F. Dzhuraeva

A.N. Nepp,

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ural Institute of Management, branch of RANEPa, Ekaterinburg, Russia; e-mail: anep@inbox.ru

Z.F. Dzhuraeva,

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia; e-mail: Juraevaz96@gmail.com

Received 29.04.2023

This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (number 20-04-6015).

Authors are grateful to Julia Egorova and Fedor Karpeko for valuable comments.

Abstract. Developing country currencies experienced strong fluctuations during the pandemic. In order to clarify the reasons of the high volatility of the Russian ruble, the Brazilian real and the Indian rupee we investigate the impact of COVID-19, its coverage in the social media and inquire about the coronavirus in Google on the exchange rates of the currencies in the study on the dollar during the period of high volatility from 01.01.2020 to 30.04.2020. Based on the works on crowd psychology, and behavioural finance, we theorise about the effects of coronavirus attention and hysteria (hype) around it on currency markets. Based on the developed GARCH models, we empirically prove that an increase in the number of publications on coronavirus in the national segment of Facebook and Instagram was accompanied by a rise in the volatility of national currencies. Such results were observed for the exchange rates of the rouble, the real and the rupee. We proved the presence of a hype-effect around COVID-19 in case of the USD/RUB exchange rate. With heightened interest in the coronavirus, the effect manifested itself in an increase in the degree to which COVID-19 coverage in social media affected the volatility of the ruble exchange rate.

Keywords: COVID-19, hype, hysteria, dollar, ruble, real, rupee, GARCH.

JEL Classification: G4, G41, F31.

UDC: 339.743

For reference: **Nepp A.N., Dzhuraeva Z.F.** (2024). Has COVID-19 caused a devaluation of the ruble and the currencies of developing countries? *Economics and Mathematical Methods*, 60, 1, 17–30. DOI: 10.31857/S0424738824010023 (in Russian).

Генезис международного банковского регулирования: обзор литературы с применением текстового анализа

© 2024 г. Е.А. Федорова, Е.И. Мешкова, А.Р. Невредин

Е.А. Федорова,

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва; e-mail: ecolena@mail.ru

Е.И. Мешкова,

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва; e-mail: eimeshkova@fa.ru

А.Р. Невредин,

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; e-mail: a.r.nevredinov@gmail.com

Поступила в редакцию 18.04.2023

Аннотация. Целью работы является изучение научной литературы, ее систематизация и на этой основе выявление основных результатов развития международного банковского регулирования. Развитие банковского регулирования рассмотрено комплексно, оценено его влияние на финансовую устойчивость банков, их кредитную активность и эффективность. Исследование основано на анализе обширного круга научных работ за последние 30 лет. Мы проводим оценку в динамике развития Соглашений Базельского комитета по банковскому надзору (Базель I–III). Мы применяем текстовый анализ для выявления и систематизации ключевых направлений исследований, представленных в рассмотренных статьях, а также оценки их результатов. Эта техника позволила выявить наиболее изучаемые проблемы в области банковского регулирования, применение метода SNA и метода главных компонент при анализе текстов аннотаций дало возможность выявить тематические направления исследований. Дополнительно к текстам аннотаций на основе ключевых терминов был применен такой метод анализа данных, как Mutual information (MI). По результатам проведенного анализа выделены и обоснованы ключевые направления исследований и их результаты, в частности: реализация Соглашений БКБН (Базель I–III) способствовала повышению финансовой стабильности и снижению вероятности дефолта банков. Анализ показал в целом негативную оценку исследователями влияния регулирования достаточности капитала на кредитную активность банков и на банковскую процентную маржу и, соответственно, эффективность банковской деятельности. В отдельных исследованиях подтверждается, что повышение рыночной дисциплины и расширение надзорных полномочий органов регулирования (Базель II) приводят к повышению банковской эффективности.

Ключевые слова: регулирование, финансовый рынок, банковское дело, финансовая стабильность, риски, Базель III, банковский капитал, эффективность.

Классификация JEL: G18, G21.

УДК: 336.71

Для цитирования: **Федорова Е.А., Мешкова Е.И., Невредин А.Р.** (2024). Генезис международного банковского регулирования: обзор литературы с применением текстового анализа // *Экономика и математические методы*. Т. 60. № 1. С. 31–45. DOI: 10.31857/S0424738824010033

ВВЕДЕНИЕ

События последних десятилетий демонстрируют поиск оптимальных подходов к обеспечению финансовой стабильности банковского сектора, который до настоящего времени остается основой современного финансового рынка. Международными усилиями в рамках создания и совершенствования Стандартов Базельского комитета по банковскому надзору сформирована общепризнанная система регулирования банковской деятельности, направленная прежде всего на обеспечение достаточности собственного капитала для покрытия основных рисков, поддержание ликвидности, соблюдение рыночной дисциплины и организацию надзорного процесса. В этих условиях актуальной является задача исследования эффективности регулирования банковской деятельности, выявление положительных результатов и проблемных зон. Значимость данного направления

исследования определяет целый ряд факторов: глобальная финансовая нестабильность, падение прибыльности банковской деятельности, концентрация рисков.

Цель нашего исследования — систематизация и анализ научных трудов, посвященных теме эффективности банковского регулирования. По итогу проведенного нами анализа стоит задача выявить основные результаты и перспективные направления исследований с учетом текущей макроэкономической ситуации.

При этом следует отметить, что, несмотря на наличие некоторых обзорных статей, посвященных проблеме банковской деятельности, в том числе банковского регулирования, эти статьи фокусировались на изучении отдельных проблем. Так, (Berger et al., 2020) изучали влияние развития регулирования финансового рынка через роль банков в динамике реальной экономики. Авторы (Ozili, Outa, 2017) сконцентрировались на изучении банковских резервов на возможные потери по ссудам, а (Abreu, Kimura, Sobreiro, 2019) — на проблеме банковской эффективности.

Предлагаемая ниже статья представляет собой систематизацию широкого круга исследований (более чем за 30 лет) и отличается по нескольким направлениям. Во-первых, в нашем исследовании сделана попытка рассмотреть весь комплекс вопросов, связанных с оценкой результатов развития банковского регулирования, а именно его влияние на финансовую устойчивость банков, на их кредитную активность и эффективность деятельности. Во-вторых, отличительной чертой работы является обширный круг рассматриваемой литературы, включающий как часто цитируемые работы, так и исследования последних лет. Мы также оцениваем эти вопросы в динамике: от Базеля I до Базеля III. В-третьих, в нашем исследовании применен текстовый анализ для выявления и систематизации ключевых направлений исследований, представленных в рассмотренных статьях. Эта техника позволила выявить наиболее изучаемые проблемы в области банковского регулирования, применение метода «Анализа социальных сетей» (Social Network Analysis, SNA) и метода главных компонент при анализе текстов аннотаций дало возможность выявить тематические направления исследований. Дополнительно к текстам аннотаций на основе ключевых терминов был применен такой метод анализа данных, как «взаимная информация» (Mutual information, MI). Таким образом, применение текстового анализа позволило обосновать объективность полученных результатов. Достоинством работы является также сочетание текстового анализа и экспертной оценки. Наконец, по результатам содержательного анализа статей авторы выявили основные результаты проведенных исследований, а также определили наиболее перспективное направление исследований на эту тему.

Работа имеет следующую структуру: разд. 1 представляет характеристику методологии исследования; разд. 2 посвящен описанию эмпирической базы работы и порядка ее формирования; разд. 3 представляет результаты исследования, а также определяет актуальные направления исследования в дальнейшем.

1. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обзорные статьи, как правило, рассматривают основные тенденции и проблемы в области исследования, классифицируют их или просто перечисляют возможные решения, которые были предложены в рецензируемых исследованиях. Основным подходом, принятым в таких статьях, является экспертная оценка. Достоинством экспертного подхода является многосторонний анализ, обобщение проблем и результатов исследований, выявление тенденций, определение нерешенных вопросов. В качестве недостатков метода можно назвать: субъективность оценок, зависимость проведенного анализа от уровня квалификации и кругозора исследователя и его научных предпочтений, ограниченный круг исследуемой литературы.

Для преодоления этих трудностей метод экспертной оценки часто сочетают с библиометрическим анализом. В этом случае исследователи выбирают статьи, используя такие определенные библиографические показатели, как цитируемость статей, индекс Хирша, и затем анализируют ключевые характеристики этих статей. Однако такого рода анализ имеет скорее статистический характер и не позволяет исследователю делать принципиально новых выводов.

Чтобы избежать этих ограничений, мы применяем алгоритмический компьютерный анализ, который в последние годы используется все чаще. Этот метод дает возможность автоматически анализировать тексты статей и их особенности путем суммирования или визуализации текстовых

данных. Компьютерный анализ уже широко применяется в ряде сфер (например, в социальной сфере, здравоохранении). Однако в экономических статьях он до сих пор используется нечасто.

Ниже представлены этапы проведенного нами исследования.

1. Сначала мы проводим библиометрический анализ массива данных по числу источников, их содержанию (числу публикаций в конкретных журналах) и определяем период наблюдения.

2. На предварительном этапе текстового анализа мы применяем очистку данных и проводим лингвистическую обработку: удаляем специальные символы, все стоп-слова (предлоги, местоимения и другие слова без актуального значения). Затем мы строим матрицу терминов, как это было сделано в (Moro, Cortez, Rita, 2015). Следует отметить, что мы анализируем не только отдельные слова, но и словосочетания. Кроме того, для визуализации частотности слов используется облако слов. При этом одни ученые исследуют только отдельные слова (Moro, Cortez, Rita, 2015; Lefebvre, Bloom, Loughhead, 2020), другие изучают только совпадение слов (коллокаций) (Bougioukas et al., 2021). В отличие от них мы используем оба подхода.

3. На следующем этапе мы анализируем корреляцию между терминами и другими словами текстов, что также может дать нам некоторые полезные выводы.

4. Затем переходим к более сложным методам. Прежде всего это визуализация отношений между терминами из разных текстов. Аналогичный подход применяется в программном инструменте «VOSviewer», который строит и анализирует библиометрические сети (Lefebvre, Bloom, Loughhead, 2020). Такой вид визуализации называется анализом социальных сетей (SNA). Он используется для выявления ряда тенденций, внутренних отношений и взаимодействий — он превращает объект в сеть, визуальные характеристики которой (например, размер узлов и их цвет) указывают на значимость каждого узла. Этот подход используется в работах (Saqr, Alamro, 2019; Romero-Silva, Leeuw, 2021). Несомненно, эти модели могут быть проанализированы только с помощью математических методов и представлены в виде таблиц. Однако понять их довольно сложно. Вот почему мы визуализируем их в виде графа, состоящего из узлов и соединяющих ребер. Мы ранжируем узлы по числу ссылок, независимо от их степени (степень входа или степень выхода).

5. Для анализа текстов мы используем более продвинутый метод — визуализацию отношений между группами терминов с помощью t-sne (t-distributed, Stochastic Neighbor Embedding, t-sne), кластеризации на основе встраивания слов. Встраивания получены с использованием метода word2vec (Mikolov et al., 2013), который демонстрирует высокую эффективность в обнаружении семантических сходств и помогает строить очень точные модели для NLP. Изображения представляют термины, связанные с ключевым словом, в кластерах. Этот метод отличается от обычного SNE, предложенного (Hinton, Roweis, 2022), поскольку он использует t-распределение Стюдента, а не гауссовское. Кроме того, он показывает симметричное сходство на многомерной карте с более простыми градиентами. В результате этот метод помогает анализировать ряд сходств по их расположению на карте и сводить пространство к двумерной карте (Van der Maaten, Hinton, 2008). Подобные методы используются многими учеными (Gomes et al., 2021; Camacho-Collados, Pilehvar, 2018; Zhang et al., 2021).

6. Чтобы определить основные темы, обсуждаемые в статьях о большом массиве данных, мы используем методы компьютерного анализа, в частности анализ главных компонент. Этот метод помогает определить основные темы, а его результаты могут быть хорошо интерпретированы интуитивно. В большом числе существующих исследований этот вид анализа используется для различных целей (Boukus, Rosenberg, 2006; Williams, 2009).

2. ЭМПИРИЧЕСКАЯ БАЗА

С целью подготовки обзора исследований в области банковского регулирования мы подготовили выборку из англоязычных статей, сформированную с использованием международной базы данных Scopus. Выборка статей производилась при помощи поисковых запросов по теме исследования. Таким образом, для формирования выборки нами было применено сочетание терминов «banking» и «regulation». Дополнительно, чтобы избежать включения в аналитическую базу случайных статей, мы ограничили работы по теме «Economics, Econometrics and Finance». На следующем этапе база данных была дополнительно ограничена фильтрами по типу документа (были отобраны только статьи и обзоры литературы) и языку (только английский язык). Дополнительно мы вручную очистили оцениваемые статьи от тех, которые не полностью соответствовали изучаемой

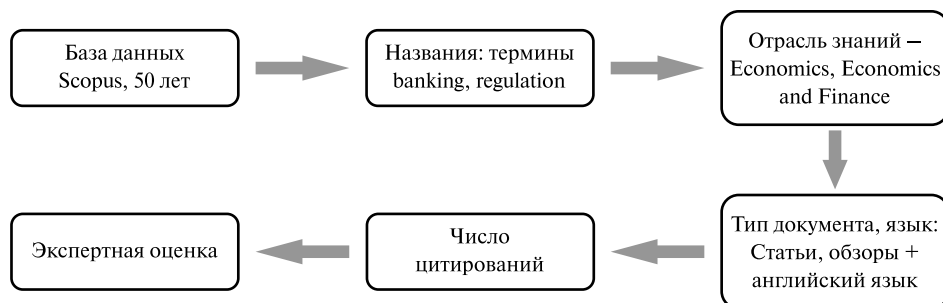


Рис. 1. Схема формирования аналитической базы

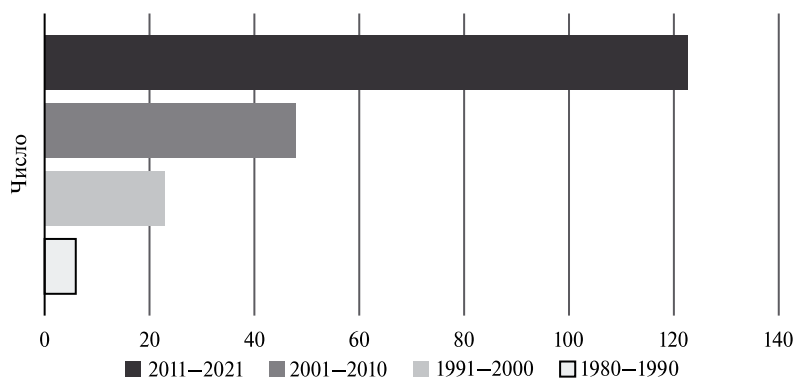


Рис. 2. Распределение статей, вошедших в выборку, по годам

тематике. Затем мы отсортировали статьи по числу цитирований аналогично (Lefebvre Bloom, Loughhead, 2020). В результате в итоговую базу вошло 200 англоязычных статей. Блок-схема, отражающая порядок формирования выборки, представлена на рис. 1. Таким образом, последующий анализ тематических направлений осуществлялся по наиболее цитируемым статьям в международных базах данных.

Первичный библиометрический анализ продемонстрировал, что в итоговую выборку вошли научные статьи и обзоры литературы, опубликованные в широко цитируемых международных журналах высокого класса в 1980–2021 гг. Рис. 2 иллюстрирует распределение вошедших в выборку статей по годам.

Данные, представленные на рис. 2, демонстрируют, что в период 1980–1990 гг. число исследований, посвященных проблеме банковского регулирования, вошедших в выборку, составило всего шесть. В последующие годы число публикаций, посвященных данной проблематике, неуклонно росло. За последнее десятилетие число таких статей превысило 120. Основной причиной этой динамики послужило признание роли банковского сектора в экономическом развитии и важности обеспечения его финансовой стабильности. Отметим также, что эта тенденция в целом соответствует росту внимания международных организаций, в частности Базельского Комитета по банковскому надзору (БКБН), к проблеме обеспечения финансовой стабильности банков и развитию международных подходов к организации банковского регулирования. На последний период времени пришлось также, вероятно, изучение и публикация первых результатов реализации Соглашения БКБН по капиталу Базель III.

3. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ тематического направления статей, вошедших в выборку для анализа, мы начали с изучения наиболее часто встречающихся терминов в названиях статей. Для иллюстрации мы сформировали представленное на рис. 3 облако слов, отражающее частоту употребления терминов. На основании его анализа можно сделать вывод, что наиболее часто употребляемые слова

Таблица 2. Корреляция наиболее употребляемых терминов с другими словами в аннотациях

Capital	Risk	Market
requirements (0,8395)	management (0,7362)	credit (0,6337)
adequacy (0,7969)	liquidity (0,6241)	discipline (0,5987)
liquidity (0,6071)	market (0,6007)	power (0,5014)
bank (0,5346)	systemic (0,5960)	emerging (0,4652)
regulation (0,5162)	bank (0,4894)	money (0,4439)
higher (0,4627)	credit (0,4821)	stock (0,4370)
reserve (0,4423)	maturity (0,4213)	institutions (0,4333)
ratio (0,4404)	governments (0,4033)	risk (0,4281)

увязке с «капиталом», «риском», «требованиями», «кризисом». Перечень наиболее часто употребляемых словосочетаний позволяет уточнить тематику исследований.

На следующем этапе анализа была оценена корреляция наиболее упоминаемых слов из табл. 1 (capital, risk, market) с другими словами, присутствующими в аннотациях отобранных статей. На этом этапе мы более детально исследовали тематику статей, а также подробнее проанализировали применяемую методологию. Наиболее интересные из полученных на данном этапе результатов представлены в табл. 2.

Для визуализации связей между словами мы построили график методом SNA. Мы извлекли и стандартизировали все ключевые слова. В результате был получен набор узлов (список уникальных ключевых слов и соответствующих им идентификаторов) и ребер (список пар идентификаторов, представляющих связи между узлами), которые были сгенерированы по совпадению нескольких ключевых слов в одной публикации. Поскольку авторы склонны использовать широкий набор специфических ключевых слов, мы провели очистку данных и удалили редкие ключевые слова, имеющие только одну связь с другими словами (за исключением некоторых кластеров). Это позволило уменьшить размер графика и сделать его более понятным для анализа. Размер узлов, их названия (ключевые слова) и цвета (от синего до красного) задавались по числу ребер. Наконец, алгоритм локализации узла с некоторыми ручными исправлениями позволил построить граф, представленный в Приложении. Последний показывает, что наиболее часто по исследуемой тематике в научных статьях изучаются проблемы банковского регулирования, финансовой стабильности, финансового развития и банковского дела.

Обобщение результатов оценки наиболее частотных слов и словосочетаний, взаимосвязей между ними с анализом корреляции между терминами и построением сетевого графа позволяет выделить наиболее изучаемые тематические направления исследований, взаимосвязанные с проблемой банковского регулирования. Среди таких ключевых направлений исследования нами были выделены:

- общие вопросы банковского регулирования, в том числе во взаимосвязи с Базельскими соглашениями;
- проблема обеспечения финансовой устойчивости банковского сектора;
- проблемы и поиск способов обеспечения финансового развития банковского сектора;
- общие вопросы банковского дела в контексте регулирования.

В целях уточнения предварительно выявленных ключевых тематических блоков в рамках исследуемых статей их аннотации были дополнительно проанализированы с использованием метода главных компонент. Применив этот метод, мы разделили все слова, формирующие тексты аннотаций, на группы, образующие тематическое единство. Сформированные группы слов представлены в табл. 3.

По результатам проведенного первичного анализа текста нами были выделены предположительные направления исследования, систематизированные в табл. 4.

Применение рассмотренных методов показало не идентичные, но схожие результаты. Таким образом, проведенный нами текстовый анализ позволил выявить основные темы исследований, которые затем были уточнены на основе экспертной оценки. Прежде всего это затронуло последний

Таблица 3. Разбивка текстов аннотаций рассматриваемых статей по тематическим группам

Группа 1. Базельские соглашения и их роль в развитии регулирования	Группа 2. Развитие банковского регулирования и финансовая устойчивость	Группа 3. Влияние банковского регулирования на кредитную активность	Группа 4. Банковское регулирование и эффективность банков	Группа 5. Разное
financial risk capital liquidity market crisis requirements Ba- sel prudential banking lending	financial crisis system institutional bank capital lending requirements risk prudential foreign impact liquidity effect	bank capital requirements lending prudential foreign changes effects growth market government governance	capital regulation super- vision performance efficiency results impact risk system prudential lend- ing policy foreign	regulatory risk management regulators bank supervisory new requirements financial banks growth countries

Таблица 4. Направления исследования публикаций на тему развития банковского регулирования

Метод исследования	Направления исследования
Метод SNA	— общие вопросы банковского регулирования, в том числе во взаимосвязи с Базельскими соглашениями; — проблема обеспечения финансовой устойчивости банковского сектора; — изучение проблемы и поиск способов обеспечения финансового развития банковского сектора; — общие вопросы банковского дела в контексте регулирования
Метод главных компонент	— Базельские соглашения и развитие банковского регулирования; — влияние банковского регулирования на финансовую устойчивость кредитных организаций; — проблема кредитной активности банков во взаимосвязи с развитием банковского регулирования; — проблема банковской эффективности при ужесточении банковского регулирования; — различные аспекты развития банковского регулирования

кластер, анализ которого показал наличие значительного числа работ, анализирующих результаты развития банковского регулирования в контексте регионального аспекта.

Далее проведем детальный анализ статей по выделенным нами направлениям исследований.

3.1. Базельские соглашения и их роль в развитии банковского регулирования

Значительная часть исследований по вопросу банковского регулирования посвящена анализу соглашений Базельского комитета по банковскому надзору и их роли в обеспечении финансовой стабильности.

Основная часть работ изучает результаты реализации соглашений БКБН. Как правило, имеет место положительная оценка взаимосвязи развития регулирования, в основе которого лежат соглашения БКБН, с финансовой стабильностью. Примером таких работ является труд (Oliveira, Raposo, 2020).

При этом имеются работы, ставящие под сомнение однозначную эффективность Базельских соглашений. В теоретической академической литературе, примером которой является исследование (Van Hoose, 2007), широко распространено мнение, что последствиями внедрения новых стандартов капитала будет сокращение общего объема кредитования, повышение рыночных ставок по кредитам и замещение кредитов на альтернативные активы. (Alam, Binti Zainuddin, Rizvi, 2019), несмотря на положительную оценку Базельских соглашений, отмечают и негативную сторону новых пруденциальных мер, которые могут увеличить стоимость посредничества и снизить прибыльность банков. Авторы другой статьи (Li, Lin, Huang, 2019) по результатам проведенного ими моделирования утверждают, что увеличение требований к капиталу в соответствии с Базелем III снижает банковскую процентную маржу, что делает банк более склонным к принятию кредитных рисков, тем самым отрицательно влияя на банковскую стабильность.

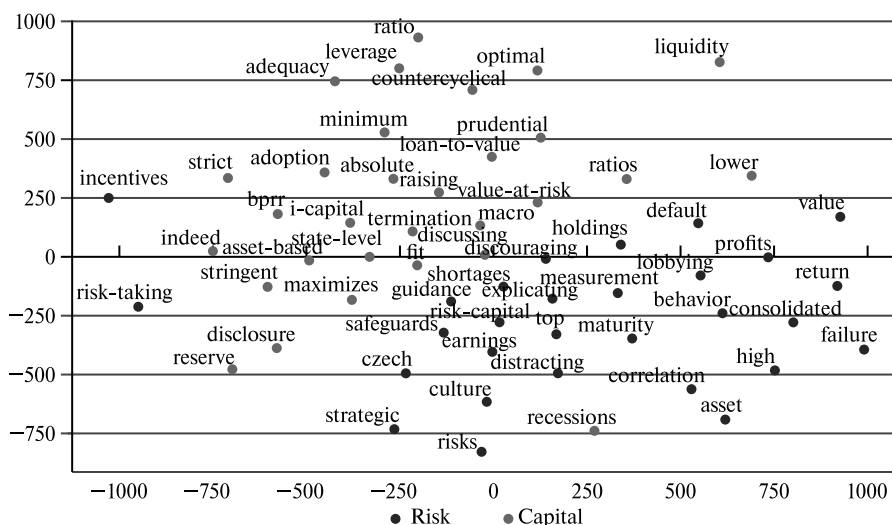


Рис. 4. Граф, отражающий вероятность появления в тексте словосочетаний со словами «capital», «risk»

Следует отметить широкую направленность исследований, связанных с оценкой результативности базельских соглашений. Исследования ведутся как на микро-, так и на макроуровне. Например, авторы (Anagnostopoulos, Kabeega, 2019) внесли вклад в исследование взаимосвязи между управлением риском капитала и ликвидности с принятием управленческих решений в банковской сфере после введения Базеля III для усиления защиты от системного риска. Так, (Scannella, 2016) делает акцент на изучение риска ликвидности, поскольку финансовый кризис однозначно указал на его важность для функционирования банковской и финансовой системы.

В качестве вывода подчеркнем, что исследуемые работы, в целом, дали положительную оценку результатов реализации банковским сектором соглашений БКБН (Базель I–III), отмечая повышение финансовой стабильности и снижение вероятности дефолта банков. В части проблемных вопросов, которые поднимались и аргументировались в работах, прежде всего следует отметить негативное влияние соглашений на процентную маржу и в целом эффективность банков.

С учетом того, что данный кластер является самым широким и затрагивает практически все направления банковского регулирования, основой которого являются Базельские соглашения, нами дополнительно был проведен анализ с применением такой меры, как MI, посредством которой мы оцениваем вероятность появления в тексте словосочетаний с выделенными ключевыми словами в рамках исследуемой тематики. Оценка MI — это показатель устойчивости словосочетаний. Чем выше данный показатель, тем сильнее связь между элементами. Проведенный анализ показывает, что наблюдается устойчивая связь со словами, характеризующими вид регулируемых рисков: «credit» — с терминами «capital requirement», «default», «uncertainty»; «market» — со словами «price», «value», «reducing»; «liquidity» — «capital», «adequacy», «leverage», «value-at-risk». В качестве примера рассмотрим рис. 4, который иллюстрирует взаимосвязь объекта регулирования — риска, а также основного источника покрытия рисков — собственного капитала со следующими терминами и словосочетаниями: «risk» — «risk-capital», «assets», «value», «default»; «capital» — «adequacy», «optimal», «leverage», «value-at-risk». Таким образом, мы можем сделать вывод, что анализируемые статьи изучают как источники основных банковских рисков, так и методы их оценки и регулирования.

3.2. Развитие банковского регулирования и финансовая устойчивость

Практически все работы, опубликованные за последние 30 лет и изучающие различные аспекты развития банковского регулирования, оценивают его положительное влияние на устойчивость банковского сектора и способность поглощать риски. Так, следующие работы (Almenberg et al., 2017; Barth, Miller, 2018; Boissay et al., 2019) доказывают, что регулирование капитала способно снизить вероятность банковских кризисов. Например, авторы (Boissay et al., 2019) с помощью экономического моделирования показывают, что в среднем повышение коэффициента капитала на 1 п.п. приводит к снижению на 1 п.п. вероятности кризиса.

Рассмотрим отдельные аспекты исследований, проведенных за последние годы. Так, (Kim, Santomero, 1988), исследуя роль банковского капитала в управлении рисками, делают вывод об актуальности применения коэффициента достаточности капитала как инструмента регулирования. И при этом они подчеркивают большое значение адекватных коэффициентов риска при взвешивании на риск активов. (Cardot-Martin, Labondance, Refait-Alexandre, 2021) изучали результативность применения двух показателей: 1) отношение нормативного капитала к совокупным активам; 2) активам, взвешенным с учетом риска (RWA), — и нашли подтверждение, что оба ограничения негативно влияют на вероятность кризиса. (Acosta-Smith, Grill, Lang, 2020) по результатам проведенного ими исследования показывают, что, хотя коэффициент левериджа может стимулировать банки наращивать риски в условиях высокой стоимости капитала, в целом регулирование капитала повышает устойчивость банковского сектора. (Berger, Bouwman, 2013) показывают, что более высокий уровень капитала всегда снижает вероятность банкротства мелких банков, а средних и крупных — только во время кризиса. Вместе с тем, есть работы, более скептически относящиеся к эффективности регулирования только достаточности капитала, их авторы рассматривают иные факторы банковской нестабильности (Jorda et al., 2021).

Развитие банковского регулирования имеет целью повышение финансовой устойчивости отдельных кредитных организаций и финансовой стабильности банковского сектора в целом. Практически все научные работы, опубликованные за период с начала международного регулирования банковской деятельности, подтверждают наличие взаимосвязи между развитием банковского регулирования качества и достаточности собственного капитала банков и финансовой устойчивостью банковского сектора.

3.3. Влияние банковского регулирования на кредитную активность

Из отобранного перечня статей, посвященных рассмотрению результатов развития банковского регулирования, ряд работ рассматривает проблемы, связанные с влиянием Стандартов БКБН на банковскую деловую активность. В исследовании (Gavalas, 2015) показано, что более высокие требования к капиталу за счет увеличения стоимости фондирования приводят к более высоким кредитным ставкам для банков, что негативно влияет на объемы банковского кредитования. В исследовании (Roulet, 2018), проведенном на основе данных крупнейших коммерческих банков Европы, утверждается, что коэффициенты достаточности капитала оказывают значительное и негативное влияние на рост кредитования крупных европейских банков. Что касается коэффициентов ликвидности, то они имеют значительное и положительное влияние на рост коммерческого кредитования и отрицательное — на рост розничного и прочего кредитования. Отметим, что в работе (Agoraki, Kouretas, 2021), напротив, сделан вывод о том, что уровень требований к достаточности капитала банков имеет положительное и статистически значимое влияние на повышение капитализации банков, а следовательно, — их способность расширять кредитную активность.

Проведенный нами анализ показал, в целом, негативную оценку исследователями влияния регулирования достаточности капитала на кредитную активность банков: в рамках растущих требований банки должны либо наращивать капитал, либо сокращать высокорисковые операции. В части регулирования ликвидности результаты не являются однозначными и зависят от характеристики банков.

3.4. Банковское регулирование и эффективность банков

Отдельные статьи посвящены влиянию развития банковского регулирования на эффективность банковской деятельности. Примером таких статей является работа (Bac, Fegreira, 2020), результаты которой подтверждают, что регуляторные ограничения деятельности банков значительно и негативно влияют на их эффективность. Данная точка зрения является преобладающей, хотя имеют место работы, утверждающие, что это влияние неоднозначно. Например, (Pasiouras, Tappa, Zorounidis, 2009) утверждают, что банковское регулирование (Базель II), повышающее рыночную дисциплину и наделяющее органы власти надзорными полномочиями, способно положительно влиять на рентабельность банков. Напротив, более строгие требования к капиталу снижают банковскую эффективность, при том что ограничения банковской активности дают противоположный эффект, повышая рентабельность.

Процентная маржа банка часто используется в качестве показателя эффективности банковской деятельности. В изученной нами литературе имеет место общая оценка негативного влияния усиления банковского регулирования на процентную маржу банков (Van Hoose, 2007). При этом речь идет о влиянии требования на покрытие капиталом взвешенных на риск активов. В работе (Chang,

Lin, 2011) показано, что увеличение отношения капитала к депозитам или расширение страхования вкладов снижает процентную маржу или спред банка. Также авторы на основе статистического моделирования доказывают, что увеличение капитала снижает процентную маржу. При этом существуют работы, например (Tsai, 2012), где исследуется не просто позиция банка в отношении отказа от риска, но и ситуации, в которых руководство даже не жалеет об этом. Автор пишет, что усиление требований к капиталу приводит к снижению кредитования и сопровождается ростом процентных ставок (и, таким образом, процентной маржи), когда нежелание нести риск доминирует над страхом принятия неправильного решения в условиях растущего неприятия риска. После реализации соглашения БКБН Базель III появились работы, оценивающие влияние введения новых требований к ликвидности на эффективность банков. Примером является статья (King, 2013), которая изучает введение показателя чистого стабильного фондирования (NSFR) и его влияние на банки 15 стран.

Таким образом, исследуемые работы, в целом, подтвердили отрицательное влияние усиления регулирования качества и достаточности капитала на банковскую процентную маржу, при этом имеют место работы, подтверждающие, что повышение рыночной дисциплины и расширение надзорных полномочий органов власти (Базель II), напротив, способны привести к повышению эффективности работы банков.

3.5. Развитие банковского регулирования и региональный аспект

Ряд работ, опубликованных по теме развития банковского регулирования, рассматривает региональный аспект проблемы. Так, авторы (Cardot-Martin, Labondance, Refait-Alexandre, 2021) рассматривают последствия ужесточения банковского регулирования от Базеля I до Базеля III для банковского сектора европейских стран, для стран OECD — (Barrell et al., 2010), Китая — (Zhang et al., 2016), Канады — (Fratzcher, König, Lambert, 2016), США — (Christopoulos, Quaglia, 2009). Отметим также изучение особенностей банковского регулирования для различных моделей банковской деятельности, в частности для исламского банкинга (Alam, Binti Zainuddin, Rizvi, 2019). Рассматривались особенности также развивающихся стран (Klomp, Naan, 2012).

По результатам проведенного экспертного анализа рассмотренных кластеров нами были выявлены и структурированы детальные направления исследований (рис. 5).

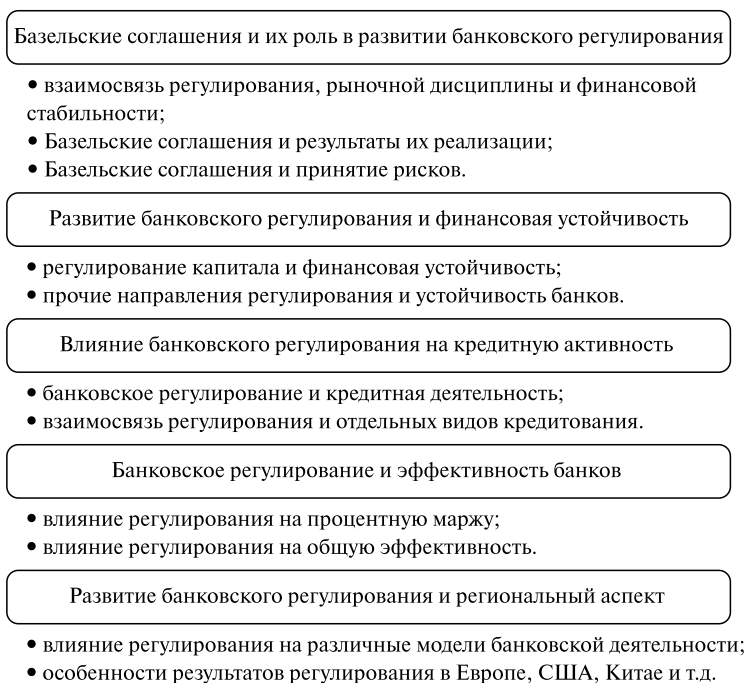


Рис. 5. Структура направлений исследований в статьях по теме банковского регулирования

4. ВЫВОДЫ

Примененная в настоящей работе методология исследования может применяться для анализа научной литературы в любых сферах деятельности. Применительно к банковской сфере она показала хорошие результаты, соответствующие экспертной оценке и дополняющие ее. В отношении предмета исследования можно сделать следующие основные выводы.

В условиях современной финансовой нестабильности, процессов глобализации финансовых рынков все более актуальной становится задача изучения международного опыта, связанного с процессами регулирования деятельности банков, остающихся и в настоящее время основой финансового рынка.

Консультативный документ БКБН «Международная конвергенция измерения капитала и стандартов капитала», получивший название «Базель I» (1988 г.), положил начало регулированию банковской деятельности: собственный капитал банка был разделен на два уровня по его устойчивости; проведена классификация активов по категориям качества и установлен минимальный уровень достаточности капитала на покрытие кредитного риска. Последующие годы характеризовались активным развитием и совершенствованием банковского регулирования, когда его объектами стал рыночный риск, а затем и операционный; сформулированы требования к соблюдению рыночной дисциплины и организации надзорного процесса. Наконец, Базельские стандарты по капиталу Базель III и последующие документы существенно усилили требования к качеству и достаточности собственного капитала банков, а также поддержанию их ликвидности.

Проведенная в рамках настоящей статьи систематизация и изучение научных трудов за последние 30 лет по проблеме результатов банковского регулирования позволили выделить и обосновать, в том числе с применением методологии текстового анализа, основные направления и результаты исследований. По мнению авторов статьи, ключевые выводы многочисленных результатов исследований, которые являются наиболее актуальными с учетом современной макроэкономической ситуации, состоят в следующем:

- реализация Соглашений БКБН (Базель I–III) способствовала повышению финансовой стабильности и снижению вероятности дефолта банков. При этом отмечается положительный результат как на микро-, так и на макроуровне. Практически все научные работы, опубликованные за исследуемый период, подтверждают наличие взаимосвязи между развитием банковского регулирования и качеством и достаточностью собственного капитала банков и финансовой устойчивостью банковского сектора;

- проведенный анализ показал, в целом, негативную оценку исследователями влияния регулирования достаточности капитала на кредитную активность банков, поскольку повышение требований к достаточности капитала приводит либо к необходимости наращивания капитала, либо к сокращению высокорисковых активов. Результаты регулирования ликвидности зависят от характеристики банков;

- исследуемые работы, в целом, показали негативное влияние усиления регулирования капитала на банковскую процентную маржу и, соответственно, эффективность банковской деятельности. Наряду с этим в отдельных случаях подтверждается, что повышение рыночной дисциплины и расширение надзорных полномочий органов власти (Базель II) приводят к повышению банковской эффективности.

Представляется, что основными направлениями дальнейших исследований в области результативности банковского регулирования являются проблемы эффективности регулирования банковских групп. Исследователям прежде всего потребуется ответить на вопросы, как должно измениться регулирование банковских групп в условиях развития экосистем, какие дополнительные риски для экономики и пользователей финансовых услуг несут такие группы и в какой мере эти риски целесообразно регулировать.

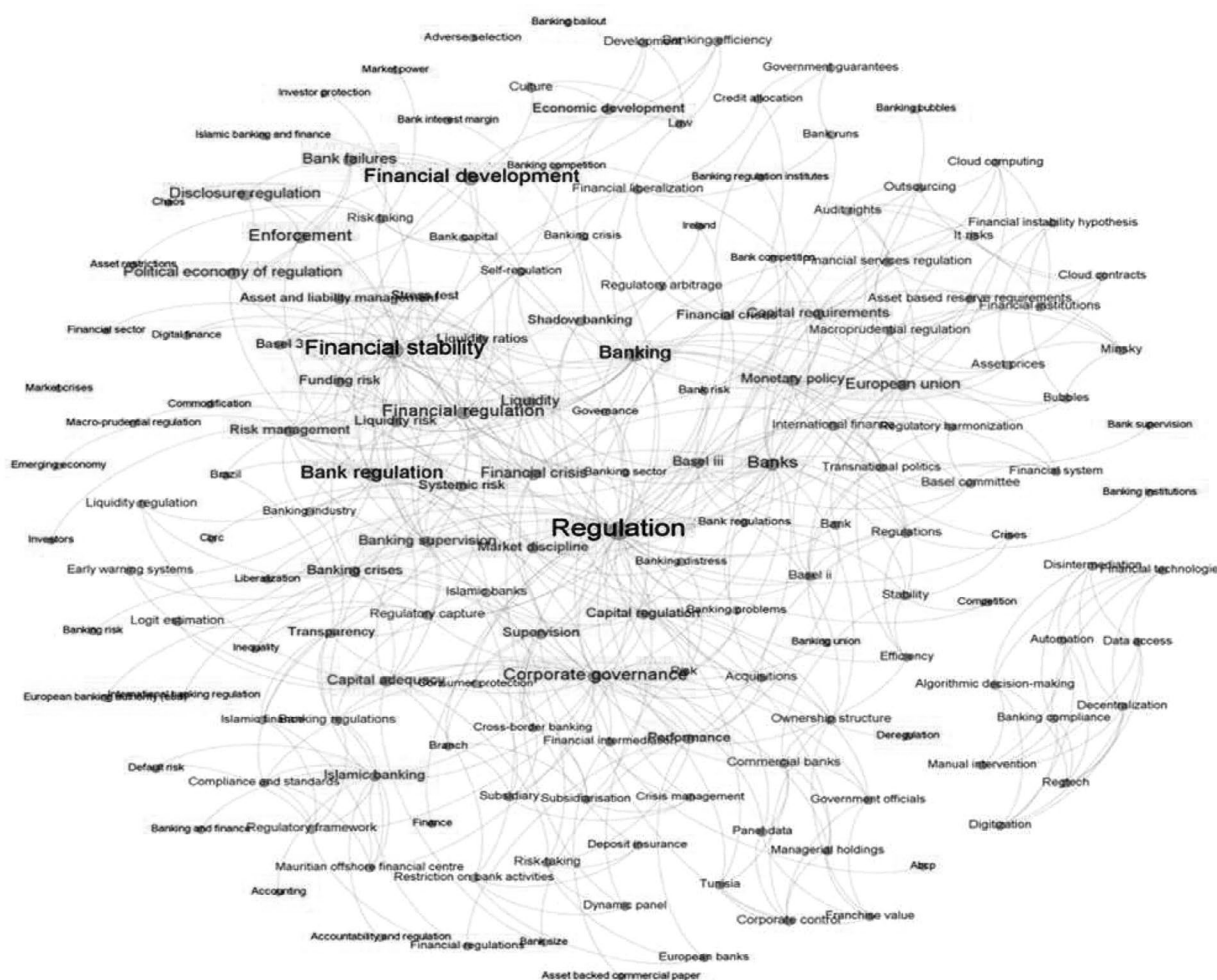


Рис. 6. Сетевой граф ключевых слов исследуемой базы публикаций

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Abreu E.S. de, Kimura H., Sobroiro V.A.** (2019). What is going on with studies on banking efficiency? *Research in International Business and Finance*, 47, 195–219. DOI: 10.1016/j.ribaf.2018.07.010
- Acosta-Smith J., Grill M., Lang J.H.** (2020). The leverage ratio, risk-taking and bank stability. *Journal of Financial Stability*, 100833. DOI: 10.1016/j.jfs.2020.100833
- Agoraki M.E. K., Kouretas G.P.** (2021). Loan growth, ownership, and regulation in the European banking sector: Old versus new banking landscape. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 75, 101450. DOI: 10.1016/j.intfin.2021.101450
- Alam N., Binti Zainuddin S.S., Rizvi S.A.R.** (2019). Ramifications of varying banking regulations on performance of Islamic Banks. *Borsa Istanbul Review*, 19 (1), 49–64. DOI: 10.1016/j.bir.2018.05.005
- Almenberg J., Andersson M., Buncic D., Cella C., Giordani P., Grodecka A., Roszbach K., Soderberg G.** (2017). Appropriate capital ratios in major Swedish banks. *New Perspectives. Sveriges Riksbank Staff Memo*, 170519. Available at: https://www.riksbank.se/globalassets/media/rapporter/staff-memo/engelska/2017/staff_memo_170519_eng.pdf
- Anagnostopoulos Y., Kabeega J.** (2019). Insider perspectives on European banking challenges in the post-crisis regulation environment. *Journal of Banking Regulation*, 20 (2), 136–158. DOI: 10.1057/s41261-018-0076-1
- Bace E., Ferreira A.** (2020). Regulation's influence on EU banking efficiency: An evaluation post crisis. *Cogent Economics and Finance*. 18 (1), 1–20. DOI: 10.1080/23322039.2020.1838735

- Barrell R., Davis E.P., Karim D., Liadze I. (2010). Bank regulation, property prices and early warning systems for banking crises in OECD countries. *Journal of Banking and Finance*, 34 (9), 2255–2264. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2010.02.015
- Barth J.R., Miller S.M. (2018). Benefits and costs of a higher bank “leverage ratio”. *J. Financ. Stabil.*, 38, 37–52.
- Berger A.N., Bouwman C.H. (2013). How does capital affect bank performance during financial crises? *J. Financ. Econ.*, 109 (1), 146–176.
- Berger A.N., Molyneux P., Wilson J.O.S. (2020). Banks and the real economy: An assessment of the research. *Journal of Corporate Finance*, 62, 101513. DOI: 10.1016/j.jcorpfin.2019.101513
- Boissay F., Cantú C., Claessens S., Villegas A. (2019). Impact of financial regulations: Insights from an online repository of studies. *BIS Quarterly Review*, 53–68.
- Bougioukas K.I., Vounzoulaki E., Mantsiou C.D., Papanastasiou G.D., Savvides, E.D., Ntzani E.E., Haidichet A.-B. (2021). Global mapping of overviews of systematic reviews in healthcare published between 2000 and 2020: A bibliometric analysis. *Journal of Clinical Epidemiology*, 137, 58–72. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2021.03.019
- Boukus E., Rosenberg J. (2006). The information content of FOMC minutes. *SSRN Electronic Journal*, 10.2139/ssrn.922312
- Camacho-Collados J., Pilevar M.T. (2018). From word to sense embeddings: A survey on vector representations of meaning. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 63, 743–788. DOI: 10.1613/jair.1.11259
- Cardot-Martin R., Labondance F., Refait-Alexandre C. (2021). Capital ratios and banking crises in the European Union. *International Economics Journal*. DOI: 10.1016/j.inteco.2021.07.003
- Chang C.-P., Lin J.-H. (2011). Optimal bank interest margin with synergy banking under capital regulation and deposit insurance: A swaption approach. *Review of Pacific Basin Financial Markets and Policies*, 14 (2), 327–346.
- Christopoulos D., Quaglia L. (2009). Network constraints in EU banking regulation: The capital requirements directive. *Journal of Public Policy*, 29 (20), 179–200. DOI: 10.1017/S0143814X09001068
- Fratzscher M., König P.J., Lambert C. (2016). Credit provision and banking stability after the Great Financial Crisis: The role of bank regulation and the quality of governance. *Journal of International Money and Finance*, 66, 113–135. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2016.02.015
- Gavalas D. (2015). How do banks perform under Basel III? Tracing lending rates and loan quantity. *Journal of Economics and Business*, 81, 21–37. DOI: 10.1016/j.jeconbus.2015.05.003
- Gomes D.S.M. da, Cordeiro F.C., Consoli B.S., Santos N.L., Moreira V.P., Vieira R., Moraes S., Evsukoff A.G. (2021). Portuguese word embeddings for the oil and gas industry: Development and evaluation. *Computers in Industry*, 124. DOI: 10.1016/j.compind.2020.103347
- Hinton G.E., Roweis S.T. (2022). *Stochastic neighbor embedding, advances in neural information processing systems*. Cambridge: The MIT Press, 833–840.
- Jorda J.R., Richter B., Schularick M., Taylor A.M. (2021). Bank capital redux: Solvency, liquidity, and crisis. *Rev. Econ. Stud.*, 88 (1), 260–286.
- Kim D., Santomero A.M. (1988). Risk in banking and capital regulation. *The Journal of Finance*, 43 (5), 1219–1233.
- King M.R. (2013). The Basel III net stable funding ratio and bank net interest margins. *Journal of Banking & Finance*, 37, 4144–4156. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2013.07.01
- Klomp J., Haan J.D. (2012). Banking risk and regulation: Does one size fit all? *Journal of Banking and Finance*, 36 (12), 3197–3212. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2011.10.006
- Lefebvre J.S., Bloom G.A., Loughhead T.M. (2020). A citation network analysis of career-mentoring across disciplines: A roadmap for mentoring research in sport. *Psychology of Sport and Exercise*, 49. DOI: 10.1016/j.psychsport.2020.101676
- Li X., Lin J.-H., Huang F.-W. (2019). Optimal bank interest margin under capital regulation: Regret aversion and shadow banking. *International Journal of Information and Management Sciences*, 30 (2), 169–184. DOI: 10.6186/IJIMS.201906 30 (2).0005
- Mikolov T., Sutskever I., Chen K., Corrado G.S., Dean J. (2013). Distributed representations of words and phrases and their compositionality *Proceedings of the 26th International Conference on Neural Information Processing Systems*, 2, 3111–3119.
- Moro S., Cortez P., Rita P. (2015). Business intelligence in banking: A literature analysis from 2002 to 2013 using text mining and latent Dirichlet allocation. *Expert Systems with Applications*, 42 (3), 1314–1324. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.09.024
- Oliveira V.B., Raposo C. (2020). How did regulation and market discipline influence banking distress in Europe? Lessons from the global financial crisis. *Studies in Economics and Finance*, 37 (1), 160–198. DOI: 10.1108/SEF-03-2019-0123

- Ozili P.K., Outa E.** (2017). Bank loan loss provisions research: A review. *Borsa Istanbul Review*, 17 (3), 144–163. DOI: 10.1016/j.bir.2017.05.001
- Pasiouras F., Tanna S., Zopounidis S.** (2009). The impact of banking regulations on banks' cost and profit efficiency: Cross-country evidence. *International Review of Financial Analysis*, 18, 294–302. DOI:10.1016/j.irfa.2009.07.003
- Romero-Silva R., Leeuw S. de** (2021). Learning from the past to shape the future: A comprehensive text mining analysis of OR/MS reviews. *Omega*, 100, 1–26. DOI: 10.1016/j.omega.2020.102388
- Roulet C.** (2018). Basel III: Effects of capital and liquidity regulations on European bank lending. *Journal of Economics and Business*, 95, 26–46. DOI: 10.1016/j.jeconbus.2017.10.001
- Sagr M., Alamro A.** (2019). The role of social network analysis as a learning analytics tool in online problem based learning. *BMC Medical Education*, 19. DOI: 10.1186/s12909-019-1599-6
- Scannella E.** (2016). Theory and regulation of liquidity risk management in banking. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 19, 4–12. DOI: 10.1504/IJRAM.2016.074433
- Tsai J.Y.** (2012). Risk and regret aversions on optimal bank interest margin under capital regulation. *Economic Modelling*, 29 (6), 2190–2197. DOI: 10.1016/j.econmod.2012.06.028
- Van der Maaten L., Hinton G.** (2008). Visualizing data using t-SNE. *Journal of Machine Learning Research*, 9, 2579–2605.
- Van Hoose D.** (2007). Theories of bank behavior under capital regulation. *Journal of Banking and Finance*, 31 (12), 3680–3697. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2007.01.015
- Williams R.A.** (2009). Exogenous shocks in subsystem adjustment and policy change: The credit crunch and Canadian banking regulation. *Journal of Public Policy*, 29 (1), 29–53. DOI: 10.1017/S0143814X09001007
- Zhang D., Cai J., Dickinson D.G., Kutan A.M.** (2016). Non-performing loans, moral hazard and regulation of the Chinese commercial banking system. *Journal of Banking and Finance*, 63, 48–60. DOI: 10.1016/j.jbankfin.2015.11.010
- Zhang M., Palade V., Yan W., Zhicheng J.** (2021). Attention-based word embeddings using artificial bee colony algorithm for aspect-level sentiment classification. *Information Sciences*, 545, 713–738. DOI: DOI: 10.1016/j.ins.2020.09.038

The genesis of international banking regulation: A literature review using text analysis

© 2024 E.A. Fedorova, E.I. Meshkova, A.R. Nevredinov

E.A. Fedorova,

Financial University under the Government of the Russian Federation, 125167, Moscow, Russia; e-mail: ecolena@mail.ru

E.I. Meshkova,

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia; e-mail: eimeshkova@fa.ru

A.R. Nevredinov,

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia; e-mail: a.r.nevredinov@gmail.com

Received 18.04.2023

Abstract. This paper reviews the publications on the development of banking regulation and identifies the major topics within this research area. The aim of this study is to summarize the empirical evidence of the academic literature on banking regulation for the last 30 years. For the systematic review we use a range of databases. To reach this aim we combine the elements of technical text analysis and method of expert assessment. To identify the major topics within the research area of banking regulation we develop a complex methodology based on text analysis which includes: principal component analysis, clustering, social network analysis. This approach differentiates our study from the similar ones. The primary result is a systematic review of academic literature that estimates the outcomes of banking regulation from Basel I to Basel III. Using a variety of methods we not only identify the key topics but also systematized the findings according to each topic. The implementation of the BCBS Agreements (Basel I–III) helped to improve financial stability and reduce the probability of banks' default. At the same time, the analysis showed, in general, a negative assessment of the impact of capital adequacy regulation on the lending activity of banks, on the bank interest margin and, accordingly, the efficiency of banking activities. In some cases, it is confirmed that the increase in market discipline and the expansion of the supervisory powers of the authorities (Basel II) leads to an increase in banking efficiency. The study contributes to the existing literature in several aspects. 1. We cover various aspects of estimation of banking regulation development, namely, its impact on the financial stability of banks, on their lending activity and efficiency. 2. The study covers a broad range of publications over the last 30 years including highly-cited papers as well as the recent articles. We examine the issues dynamically: from Basel I to Basel III. 3. We use text analysis to identify and systematize the key topics within the selected research area and to evaluate the empirical evidence.

Keywords: regulation, financial market, banking, financial stability, risks, Basel III, banking capital, efficiency.

JEL Classification: G18, G21.

UDC: 336.71

For reference: **Fedorova E.A., Meshkova E.I., Nevredinov A.R.** (2024). The genesis of international banking regulation: A literature review using text analysis. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 1, 31–45. DOI: 10.31857/S0424738824010033 (in Russian).

НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Занятость в неформальном секторе: причины негативных тенденций

© 2024 г. Н.Н. Куницына, Е.И. Дюдикова, Ф.А. Лазба

Н.Н. Куницына,

*Северо-Кавказский федеральный университет (СКФУ), Ставрополь, Российская Федерация;
e-mail: nkunitsyna@scfu.ru*

Е.И. Дюдикова,

*Северо-Кавказский федеральный университет (СКФУ), Ставрополь, Российская Федерация;
e-mail: dudikova.e@gmail.com*

Ф.А. Лазба,

Институт экономики и права Академии наук Абхазии, Сухум, Республика Абхазия; e-mail: lfa2@mail.ru

Поступила в редакцию 20.09.2022

Статья подготовлена при финансовой поддержке Северо-Кавказского федерального университета.

Аннотация. Проблема занятости в неформальном секторе экономики обострилась в период пандемии, постковидного восстановления и особенно в эпоху нарастания санкционной нагрузки. Образуя междисциплинарную область исследований, в которой пересекаются интересы гуманитарных, социально-экономических, информационно-математических сфер, социальные вопросы находят все больший отклик в современных публикациях. Глобальные рамки предмета исследования зачастую затрудняют формализацию происходящих процессов с учетом масштабов теневой экономики. В работе для оценки динамики занятости в неформальном секторе и причин негативных тенденций в постпандемийный период применена методика анализа панельных данных. Число объясняющих переменных модели за 2010–2021 гг. составило 84 с последующим отсечением и сокращением до 32 параметров. Для составления панели эмпирических данных использована информация Росстата и сведения, полученные авторами в ходе экспертных опросов. В процессе исследования построены модели объединенной регрессии с фиксированными и индивидуальными эффектами. В итоге получена зависимость занятости в неформальном секторе от уровня скрытой экономической деятельности. Важное прикладное значение полученных результатов состоит в возможности выработки управляющих воздействий как на уровне государства, так и на уровне хозяйствующих структур именно в направлении выявленных причин роста занятости в неформальном секторе с целью их нивелирования либо снижения их негативного влияния.

Ключевые слова: неформальная занятость, теневая занятость, скрытая занятость, безработица, рынок труда, панельные данные, модель с фиксированными эффектами, модель с индивидуальными эффектами.

Классификация JEL: C23, C33, E26, O17.

УДК: 331.5

Для цитирования: Куницына Н.Н., Дюдикова Е.И., Лазба Ф.А. (2024). Занятость в неформальном секторе: причины негативных тенденций // *Экономика и математические методы*. Т. 60. № 1. С. 46–58. DOI: 10.31857/S0424738824010047

1. ВВЕДЕНИЕ

Цифровизация и демократизация технологий в период постпандемийного восстановления и усиления санкционного режима обостряют ряд проблем в сфере занятости населения. Стихийная трансформация привычного экономического уклада отрицательно отразилась на состоянии ненаблюдаемого рынка труда, что дополнительно усугубилось продолжительным шоковым периодом ограничительных мер. Так, если в 2010–2019 гг. отмечалось ежегодное снижение численности безработных¹, то в период постковидного восстановления российской экономики данный показатель демонстрирует обратную динамику на фоне роста числа занятых в неформальном секторе².

¹ Трудовые ресурсы, занятость и безработица. Росстат (https://rosstat.gov.ru/labour_force).

² Итоги выборочного обследования рабочей силы. Росстат. (<https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13265>).

При этом неформальная³ занятость способствует расширению границ теневой экономической деятельности, не гарантируя стабильности дохода и социальной защищенности. В условиях кризисов «социально-экономическая нестабильность нарастает, а с ней расширяются масштабы неформальной занятости, создавая “ловушку” устойчивому развитию» (Ulysses, 2018), а массовая работа в теневом секторе приводит к деградации общественных и морально-этических ценностей населения в целом (Нуреев, Ахмадеев, 2019).

Согласно официальной статистике⁴, если доля неформального сектора в общей занятости в 2001 г. составляла 14,1%, в 2010 г. — 16,4%, то по итогам 2021 г. она достигла 20,3%⁵. Особенно широко неформальная занятость распространена в регионах Северного Кавказа и Юга страны⁶.

Острота отмеченных проблем побудила нас исследовать причины (помимо таких очевидных, как пандемия и вынужденная приостановка деятельности ряда предприятий) вовлеченности населения в неформальный образ трудоустройства, чему предшествовал теоретический обзор достигнутых наукой результатов.

Так, многоаспектный анализ существующих проблем современной экономики и особенностей неформальной занятости, оценку влияния государственной социально-экономической политики на институциональные особенности и элементы рынка труда (учитывая корреляцию между явными и скрытыми компонентами), взаимосвязи миграционно-демографических процессов и воспроизводства трудовых ресурсов проводили ведущие отечественные ученые (Макаров и др., 2020; Нуреев, Ахмадеев, 2019; Бобков и др., 2015; Бобков, Локтюхина, 2020; Клейнер, Кораблев, Щепетова, 2018; Гимпельсон, Капелюшников, 2006; Кубишин, 2021 и др.), а также зарубежные специалисты (Packard, Koettl, Montenegro, 2012; Williams, Lansky, 2013; Chen, Carré, 2020) и ряд других.

Например, авторы (Williams, Horodnic, 2019; Gomez-Torres, Santero, Flores, 2019; Bergolo, Cruces, 2021) исследовали взаимосвязь между уровнем бедности и степенью участия населения в неформальном секторе, вместе с тем (Yeung, Yang, 2020) детально раскрыли структуру неформальной занятости.

В работе (Бузгалин, Колганов, 2020) авторы сделали акцент на трансформации базовых социально-экономических отношений в результате системного всемирного кризиса и указали на противоречивый характер государственного регулирования в период экономических катастроф, усиливающих процесс прекариатизации труда. А в статье (Макаров и др., 2022) было подчеркнуто значимое влияние миграции, уровня образования и толерантности на особенности поведения экономических субъектов при поиске нового места трудоустройства, непосредственно влияющие на условно скрытый рынок труда.

Научные работы (Одинцова, 2020; Каримов, Фаткуллина, 2021; Webb, McQuaid, Rand, 2020) посвящены изучению проблем неформальной занятости и ее влияния на трансформацию рынка труда в условиях COVID-19 и в период постковидного восстановления.

Изучение публикаций привело нас к выводу, что результаты анализа социокультурных, демографических и экономических показателей, воздействуя на которые можно корректировать состояние занятости в неформальном секторе, отличающейся сложностью реального измерения границ сектора, требуют переосмысления и дополнительного изучения, поскольку шоковое влияние карантинных мер в пандемию и деформация экономики под давлением санкций кардинально повлияли на состояние рынка труда и трансформацию процессов легального трудоустройства.

В этой связи целью исследования явилось определение причин и факторов разнонаправленного воздействия на рост численности занятых в неформальном секторе экономики, прикладная ценность которого состоит в возможности формулирования рекомендаций, направленных на повышение эффективности прямых и косвенных мер, способных сократить масштабы ненаблюдаемого сегмента рынка труда в средне- и долгосрочной перспективе. Достижение поставленной цели потребовало сформировать панель эмпирических данных для анализа; провести моделирование

³ Анализируя неформальную занятость, мы не отождествляем ее с нелегальной занятостью. Мы также разделяем понятия «неформальная занятость» и «занятость в неформальном секторе экономики».

⁴ Рынок труда, занятость и заработная плата. Росстат (https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries).

⁵ Полагаем, что реальный показатель доли занятых в неформальном секторе значительно превышает ее официальный уровень, по некоторым оценкам он достигает 46%.

⁶ После коронакризиса неформальная занятость в России увеличилась на 1,5 млн человек. Finexpertiza (<https://finexpertiza.ru/press-service/researches/2021/neformal-zanyatost-uvlechilas/>).

неформальной занятости в зависимости от факторов, влияющих на исследуемые компоненты рынка труда; представить кластеризацию российских экономических районов по критерию «занятость в неформальном секторе — уровень скрытой экономической деятельности» с целью выработки типовых управленческих решений для каждого кластера.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Предваряя описание полученных практических результатов исследования, считаем важным сделать ряд замечаний теоретического характера, позволяющих разобраться в существе описываемой проблемы. В современной литературе встречаются различные термины, характеризующие занятость за рамками легального поля: *теневая, скрытая, неформальная, нелегальная, альтернативная и ненаблюдаемая занятость*. Все они нетождественны, и расчет их величин также неидентичен.

Для определения численности занятых в неформальном секторе в качестве базовой принята действующая методология Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстата)⁷.

Неформальный сектор отличается от черного рынка / нелегального сектора экономики существованием рамок правового поля и предоставлением экономических благ, производство и пространство которых имеет законный характер, хотя трудовая деятельность не соответствует процессуальным правовым требованиям. Деятельность предприятий неформального сектора не обязательно связана с преднамеренным нарушением законодательства или уклонением от исполнения налоговых / иных обязательств и нарушением других правил. Нередко ненаблюдаемость их хозяйственно-экономической деятельности, признаваемая общественно полезной и ценной, обусловлена поиском способов снижения издержек, нежеланием сталкиваться с бюрократизмом, уклонением от громоздких законодательных требований к бизнесу. Так, Росстат однозначно определяет нелегальную экономическую деятельность как незаконную, отделяя ее от *скрытой и неформальной*⁸. С последними двумя терминами также связан ряд научных дискуссий, отсутствует четкое их разграничение и/или указание на их взаимную зависимость.

Анализ категорий привел нас к выводу о *неправомерном определении единиц неформального сектора* отсутствием государственной регистрации в качестве юридического лица и абсолютным включением в категорию занятых в неформальном секторе индивидуальных предпринимателей (ИП) и лиц, официально работающих по найму у них, а также лиц, имеющих статус самозанятых и стоящих на учете в ФНС России. Приведенные аргументы подтверждают необоснованность отнесения всех лиц данной категории к единицам неформального сектора, как минимум, по причине регистрации в установленном порядке и наличия формального характера экономической деятельности. Численность занятых в неформальном секторе, согласно методологии Росстата, не учитывает неформальной специализации в набирающем популярность виртуально-цифровом пространстве, что также искажает статистику, снижает качество прогнозов и параметров долгосрочных стратегий развития, сокращает результаты предпринимаемых мер на рынке труда. Вместе с тем мы не отождествляем концепцию неформальной занятости с занятостью в неформальном секторе (рис. 1)⁹.

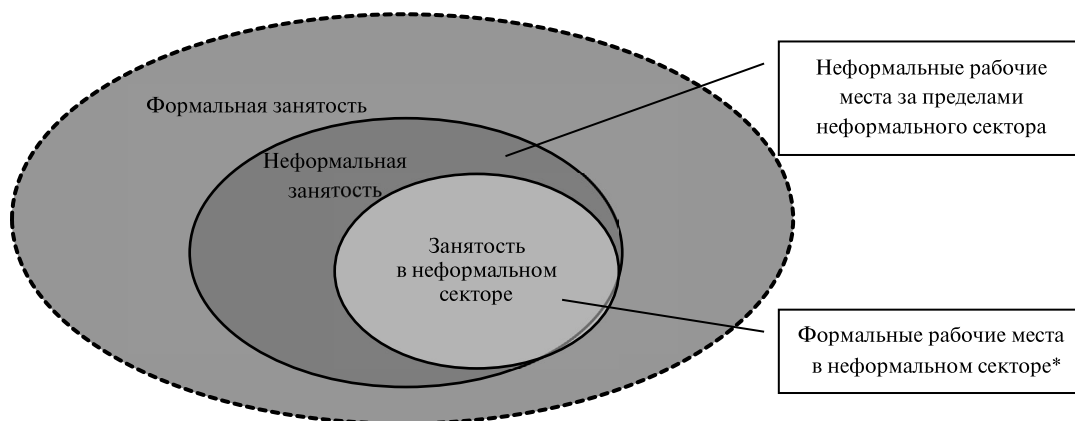
Несмотря на различия в концептуальном определении занятости в неформальном секторе¹⁰, в дальнейших расчетах мы используем информацию Росстата ввиду отсутствия регулярно публикуемых развернутых статистических данных, отражающих масштабы исследуемой проблемы, учитывая достаточность располагаемой эмпирической базы для получения результатов, отражающих причины вовлечения экономических субъектов в неформальный сегмент, и надеемся на перспективный пересмотр методологии ее измерения по инициативе Международной организации труда (МОТ).

⁷ Труд и занятость в России. Росстат (<https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13210>); Рабочая сила, занятость и безработица в России. Росстат (<https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13211/>).

⁸ Понятие скрытой и неформальной экономической деятельности. Росстат (https://www.gks.ru/bgd/free/B99_10/IssWWW.exe/Stg/d010/i010020r.htm).

⁹ Методологические положения по статистике. Росстат (https://gks.ru/bgd/free/B99_10/Main.htm).

¹⁰ Подчеркнем нетождественность понятий «неформальная занятость» и «занятость в неформальном секторе», обсуждаемой МОТ, Межгосударственным статистическим комитетом СНГ, Всемирным банком и высказанными ими рекомендациями по пересмотру методологии ее определения на 17-й (2003 г.), 19-й (2013 г.) и 20-й (2018 г.) Международных конференциях статистиков труда (МКСТ).



Концептуальные рамки занятости в неформальной экономике

Производственные единицы	Неформальные рабочие места	Формальные рабочие места
Предприятия неформального сектора	A	B^*
Прочие производственные единицы	C	D
Занятость в неформальном секторе		$A + B$
Неформальная занятость		$A + C$
Неформальная занятость за пределами неформального сектора		C
Занятость в неформальной экономике		$A + B + C$

Рис. 1. Занятость в неформальной экономике

Примечание. «*» отмечены наемные работники, занимающие формальные рабочие места на предприятиях неформального сектора.

Источник: Измерение занятости ..., 2018.

3. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Согласно цели исследования мы оценили влияние факторов на число занятых в неформальном секторе (y_1), а также число безработных (y_2) по экономическим районам России и их моделирование в условиях шоковых событий, воспользовавшись аналитическими и экспертными методами, приемами панельного и кластерного анализа. В качестве объясняющих переменных первоначально выбраны 84 социокультурных, демографических и экономических показателей в динамике за период 2010–2021 гг.

Для построения модели принято во внимание предположение о независимости объясняемых переменных, проведено отсеечение мультиколлинеарных факторов. Точность расчетов увеличена за счет использования в ходе анализа натуральных логарифмов зависимых переменных «Численность занятых в неформальном секторе» ($\ln_{y_1}$) и «Численность безработных» ($\ln_{y_2}$). В итоге число факторов модели сократилось до 32 (табл. 1).

Таблица 1. Показатели, отобранные для анализа панельных данных

Показатель	Обозначение	Показатель	Обозначение
Объем доходов консолидированного бюджета, скорректированный на индекс бюджетных расходов	x_7	Оборот розничной торговли по итогам года	x_{45}
Налоговые и неналоговые доходы субъекта РФ	x_9	Просроченная задолженность по заработной плате работникам организаций, не относящихся к субъектам малого предпринимательства, по субъектам РФ	x_{49}

Окончание таблицы 1

Показатель	Обозначение	Показатель	Обозначение
Отношение государственного долга субъекта РФ на начало года к налоговым и неналоговым доходам бюджета субъекта РФ за предыдущий год	x_{10}	Интернет-занятость, включающая фриланс, по субъектам РФ	x_{55}
Валовые сбережения	x_{13}	Коэффициент демографической нагрузки	x_{59}
Реальные располагаемые денежные доходы населения по субъектам РФ	x_{15}	Величина прожиточного минимума на душу населения по субъектам РФ	x_{60}
Уровень долговой нагрузки населения в регионах РФ (соотношение среднедушевого долга экономически активного населения по банковским кредитам и годовой заработной плате)	x_{16}	Среднедушевые денежные доходы населения в месяц	x_{62}
Индекс промышленного производства в регионах России	x_{18}	Численность населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума по субъектам РФ	x_{63}
Реальная среднемесячная начисленная заработная плата работников по субъектам РФ	x_{19}	Соотношение среднедушевых денежных доходов и потребительских расходов	x_{64}
Доля безработных в поиске трудоустройства в течение 6 месяцев и более	x_{20}	Денежные доходы населения по субъектам РФ, источниками поступления которых выступают социальные выплаты	x_{65}
Уровень инфляции	x_{22}	Удельный вес социальных выплат в объеме денежных доходов населения	x_{66}
Доля продаж через Интернет в общем объеме оборота розничной торговли	x_{29}	Численность пользователей сети Интернет в регионах	x_{70}
Доля безработных в поиске трудоустройства путем обращения в СМИ, Интернет, к друзьям, родственникам и знакомым	x_{31}	Бедность работающего населения	x_{74}
Отсутствие связи основной работы с полученной профессией (специальностью) у выпускников, окончивших организации профессионального образования	x_{33}	Удельный вес пособий и материальной помощи по безработице в общем объеме выплаченных пособий и социальной помощи	x_{76}
Численность квалифицированных и высококвалифицированных работников	x_{35}	Число преступлений коррупционной направленности и в сфере налогообложения	x_{78}
Доля экономически активного населения со средним и начальным образованием	x_{38}	Число закрывшихся юридических лиц и прекративших деятельность ИП	x_{81}
Число зарегистрированных браков	x_{42}	Межрегиональная трудовая миграция в РФ	x_{83}

Источник: составлено авторами.

Проведенный нами анализ на основании 219 наблюдений позволил оценить влияние факторов на число занятых в неформальном секторе путем построения трех типов моделей. Первая — модель объединенной регрессии (табл. 2) — представлена уравнением:

$$\ln y_1 = \underset{(0,502)}{3,001} - \underset{(0,879 \times 10^{-5})}{3,151 \times 10^{-5}} x_{13} + \underset{(0,241)}{1,750} x_{19} - \underset{(9,224 \times 10^{-5})}{0,001} x_{20} + \underset{(0,464)}{1,758} x_{35} - \underset{(0,683)}{3,383} x_{49} + \underset{(0,304)}{2,632} x_{59} + \underset{(0,00011)}{0,001} x_{70} + \underset{(4,852 \times 10^{-7})}{2,258 \times 10^{-6}} x_{74} + \underset{(0,002)}{0,007} x_{81}. \quad (1)$$

Интерпретация результатов моделирования свидетельствует, что согласно значению F-критерия нулевую гипотезу о незначимости регрессии можно отвергнуть ($F_{\text{расч.}} = 47,362$); р-значение меньше α , что также подтверждает адекватность модели в целом. Вместе с тем, величина коэффициента детерминации ($R^2 = 0,671$) подтверждает невысокую долю вариации результативного признака под воздействием включенных факторов. В итоге проверки модели объединенной регрессии на состоятельность очевидно, что в целом модель адекватна, коэффициенты регрессии значимы (по р-значению, F-критерию Фишера и критерию Стьюдента). Однако экономическая интерпретация результатов моделирования не позволяет взять ее за основу для дальнейшего прогнозирования и принятия решений: положительная динамика показателя x_{49} не может создавать отрицательных последствий для роста численности занятых в неформальном секторе (y_1). В то же время показатель x_{19} также противоречив, поскольку его возрастание логически не способствует увеличению масштабов неформального рынка труда.

Таблица 2. Результаты моделирования 1: оценка влияния факторов на число занятых в неформальном секторе на основе модели объединенной регрессии

Параметр	Коэффициент	t-статистика
const	3,001*** (0,000)	5,979
x_{13}	$-3,151 \times 10^{-5}***$ (0,000)	-3,585
x_{19}	1,750*** (0,003)	7,251
x_{20}	-0,001*** (0,000)	-15,581
x_{35}	1,758*** (0,000)	3,789
x_{49}	-3,383** (0,013)	4,952
x_{59}	2,632*** (0,000)	8,661
x_{70}	0,001*** (0,000)	5,407
x_{74}	$2,258 \times 10^{-6}**$ (0,015)	4,653
x_{81}	0,007** (0,032)	3,469
R^2		0,671
$F_{\text{расч.}}$		47,362
p-значение (F)		0,000
Стандартная ошибка модели		1,356

Примечание. Здесь и далее символами «*», «**», «***» обозначены оценки, значимые на уровне 10, 5 и 1% соответственно. В скобках указаны p-значения. Критическое значение F-критерия Фишера принято на уровне значимости 5% (при среднем объеме выборки в 219 наблюдений рекомендуемое значение $\alpha = 0,05$). В уравнениях здесь и далее в скобках под коэффициентами указаны их стандартные ошибки, что позволяет оценить точность результатов и представить доверительные интервалы.

Источник: составлено авторами.

Второй этап анализа панельных данных позволил получить математическую интерпретацию модели с фиксированными эффектами (табл. 3):

$$\ln_{y1} = \underset{(1,247)}{-5,839} - \underset{(5,634 \times 10^{-10})}{2,149 \times 10^{-9}} x_{13} + \underset{(0,002)}{0,014} x_{22} + \underset{(0,445)}{2,228} x_{31} + \underset{(5,401 \times 10^{-4})}{0,002} x_{38} - \underset{(2,846 \times 10^{-11})}{-0,001 \times 10^{-7}} x_{42} + \underset{(0,529)}{6,014} x_{59} + \underset{(0,002)}{0,007} x_{60} + \underset{(1,583)}{8,422} x_{74}. \quad (2)$$

Представленная модель отражает специфику российского районирования¹¹ за счет ввода дамми-переменных¹².

Результаты моделирования на втором этапе исследования позволили сделать вывод о статистической значимости регрессии ($F_{\text{расч.}} = 190,692$, p-значение = 0,000) и качестве полученной модели. Коэффициент детерминации (R^2) имеет высокое значение (0,879), независимые переменные объясняют весомую долю дисперсии зависимой переменной. Превосходство модели с фиксированными эффектами над моделью объединенной регрессии демонстрирует результат тестирования на значимость детерминированных индивидуальных эффектов, который на 1%-ном уровне значимости отвергает нулевую гипотезу (индивидуальные эффекты не различаются) по тесту Вальда: $F_{\text{расч.}} = 31,999 > F_{\text{табл.}}$, p-значение = 0,000 < 0,01. Остатки не имеют нормального распределения (p-значение = 0,021 < 0,05).

¹¹ Общероссийский классификатор экономических регионов. ОК 024–95 (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_115583/0ea00b4142e612de60c5290a5a547b654573e76d/).

¹² Экономические районы России: du_1 — Северо-Кавказский; du_2 — Волго-Вятский; du_3 — Центральный; du_4 — Дальневосточный; du_5 — Северо-Западный; du_6 — Уральский; du_7 — Калининградский; du_8 — Западно-Сибирский; du_9 — Северный; du_10 — Центрально-Черноземный; du_11 — Поволжский; du_12 — Восточно-Сибирский.

Таблица 3. Результаты моделирования 2: оценка влияния факторов на численность занятых в неформальном секторе на основе модели с фиксированными эффектами

Параметр	Коэффициент	t-статистика
const	−5,839*** (0,000)	−4,682
du_1	−54,691*** (0,000)	−11,927
du_2	−3,753** (0,030)	−5,834
du_3	0,875*** (0,007)	4,795
du_4	−5,704*** (0,010)	−10,314
du_6	1,291** (0,024)	2,840
du_7	−22,460*** (0,000)	−12,061
du_8	11,444*** (0,000)	8,057
du_9	7,693*** (0,002)	4,232
du_10	−0,573*** (0,000)	−5,024
du_11	−13,479*** (0,009)	−9,768
du_12	−3,026** (0,013)	−6,453
x ₁₃	−2,149×10 ^{−9} *** (0,000)	−3,814
x ₂₂	0,014*** (0,002)	6,354
x ₃₁	2,228*** (0,000)	5,002
x ₃₈	0,002*** (0,000)	2,948
x ₄₂	−0,001×10 ^{−7} *** (0,001)	−3,374
x ₅₉	6,014*** (0,000)	11,361
x ₆₀	0,007** (0,023)	2,755
x ₇₄	8,422*** (0,000)	5,320
R ²	0,879	
F _{расч.}	190,692	
p-значение (F)	0,000	
Стандартная ошибка модели	0,721	

Примечание. В ходе оценивания из модели исключена переменная *du_5* по причине коллинеарности и в силу идентичности влияния факторов в Северо-Западном и Центральном экономических районах и наибольшего приближения рейтинга социально-экономического положения данных регионов страны (значения *du_5* при включении *du_3* при прочих равных условиях имеют величину коэффициента регрессии 1,013 (значимость оценки 10% — см. табл. выше); p-значения — 0,063; t-статистики — 3,146). Данное предположение подтверждают результаты кластерного анализа, представленные ниже.

Источник: составлено авторами.

Построенная модель свидетельствует, что росту численности занятых в неформальном секторе в большей степени способствует положительная динамика коэффициента бедности населения (соотношение номинальной и реальной заработной платы), обусловленного несовершенной конкуренцией на рынке труда. Наряду с этим также значимо влияет изменение доли безработных, ищущих трудоустройства путем обращения в СМИ и Интернет, к друзьям, родственникам и знакомым: его увеличение на 1% обуславливает рост занятых в неформальном секторе на 2,228 тыс. человек. Прирост коэффициента демографической нагрузки¹³ напрямую коррелирует с изменением изучаемой переменной, поскольку на фоне значительного снижения валовых сбережений, обесценивания накоплений, инфляционных ожиданий и ежегодного увеличения прожиточного минимума на душу населения увеличивается иждивенческая нагрузка на трудоспособное население, которая является дополнительным источником расходов, ограничением возможностей трудовой активности, что, как следствие, инициирует переход к «скрытому» трудоустройству. Подчеркнем, что согласно официальному учету ежегодно возрастает численность населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума, а также их доля среди россиян¹⁴. Отдельно отметим экономическую значимость включенных в модель параметров x_{13} и x_{42} , несмотря на их несущественность с позиции математической интерпретации полученных результатов. Данные показатели представляются ключевыми рычагами воздействия на заинтересованность участия экономических субъектов в неформальных трудовых отношениях, что подтверждается и стоящими перед обществом задачами социально-экономического и демографического развития в комплексе.

Действие скрытых факторов, имеющих одинаковое воздействие в течение всех временных промежутков, но разное в каждом экономическом районе страны, проявляется в индивидуальном эффекте анализируемого пространственного объекта, заменяющем константу (столбец «Коэффициент» в табл. 3). Так, на уровень занятости в неформальном секторе индивидуальные эффекты положительно влияют в Западно-Сибирском, Центральном, Северо-Западном, Уральском и Северном экономических районах. Во всех остальных экономических районах наблюдается их отрицательное воздействие.

На третьем этапе исследования построена модель со случайными индивидуальными эффектами (табл. 4), уравнение которой выглядит следующим образом:

$$\ln_{y1} = -0,264 - 3,246 x_{13} - 0,018 \times 10^{-5} x_{42} + 7,777 x_{59} + 9,048 x_{63} + 0,008 x_{78}. \quad (3)$$

(0,038) (0,501) (0,003×10⁻⁵) (0,804) (1,836) (0,003)

Таблица 4. Результаты моделирования 3: оценка влияния факторов на число занятых в неформальном секторе на основе модели со случайными индивидуальными эффектами

Параметр	Коэффициент	t-статистика
const	-0,264* (0,098)	-6,891
x_{13}	-3,246*** (0,004)	-6,480
x_{42}	-0,018×10 ⁻⁵ *** (0,000)	-5,987
x_{59}	7,777*** (0,000)	9,669
x_{63}	9,048*** (0,000)	4,928
x_{78}	0,008** (0,040)	2,847
R^2		0,380
$F_{\text{расч.}}$		26,110
p-значение (F)		0,000
Стандартная ошибка модели		1,940

Источник: составлено авторами.

¹³ Коэффициент демографической нагрузки определяется соотношением числа лиц нетрудоспособного возраста и числа лиц трудоспособного возраста и показывает долю трудоспособного населения.

¹⁴ Аналитики назвали регионы с наибольшим неравенством доходов населения. Finexpertiza (<https://finexpertiza.ru/press-service/researches/2022/nerav-dokhodov/>).

Аналогично модели с фиксированными эффектами наибольшее влияние на число занятых в неформальном секторе оказывают валовые сбережения и коэффициент демографической нагрузки. Следует заметить, что снижение числа зарегистрированных браков способствует популяризации скрытой деятельности. Вместе с этим установлено наличие прямой связи зависимой переменной, динамики численности населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума с числом преступлений коррупционной направленности и в сфере налогообложения. Данный факт побудил нас ввести в анализ дополнительный параметр «число налоговых преступлений», поскольку налоговый менталитет россиян, имеющий свои особенности, сохраняется на протяжении длительного периода: российское общество с точки зрения нравственной оценки убеждено, что применяемая система налогообложения несправедлива. Стремление россиян возместить «недополученное от государства» через уклонение от налогов обосновано «механизмом подравнивания вкладов и отдач»: чем больше население недовольно экономической ситуацией с позиции потребителя, тем меньше доверяет налоговой системе и чаще считает налоги средствами для государственной кормушки (Карнышев, Бурменко, Иванова, 2006, с. 311–312; Дейнека, 1999). Следовательно, масштаб неформальной занятости зависит от налогового менталитета общества, который обусловлен низким уровнем доверия россиян к государству и их скептическим взглядом в будущее (Phillips, 2014).

Сравнивая модель со случайными эффектами и модель объединенной регрессии на основании результата теста Бреуша–Пэгана (асимптотическая тестовая статистика: $\chi^2(1) = 408,797$, p -значение = 0,000 < 0,01), на 1%-ном уровне значимости отвергнута нулевая гипотеза о том, что дисперсия специфических ошибок равна нулю. Выбор сделан в пользу первой.

Выбор между моделью с фиксированными эффектами и моделью со случайными эффектами основывался на результате теста Хаусмана, который на 1%-ном уровне значимости отклоняет нулевую гипотезу о том, что корреляция между ошибками и регрессорами отсутствует (асимптотическая тестовая статистика: $\chi^2(5) = 27,991$ и p -значение = 0,000 < 0,01). В результате выбор сделан в пользу модели с фиксированными эффектами. Подчеркнем, что модель со случайными эффектами имеет место только в случае отсутствия корреляции случайного эффекта с регрессорами и, как правило, не подходит для работы с TSCS-данными (Time Series Cross-Section)¹⁵ (в частности, с показателями конкретных экономических районов, состав которых не менялся от года к году, в одном диапазоне временных периодов).

Итак, индивидуальные эффекты в исследуемой модели обусловлены уровнем скрытой экономической деятельности, развитием экономического района, присвоенным интегральным рейтингом социально-экономического положения субъектов, доходами населения и социальной поддержкой, особенностями распределения миграционных потоков в региональном аспекте, численностью безработных и числом официальных рабочих мест, поддержкой и развитием бизнеса и индивидуального предпринимательства, которые в целом влияют на уровень неформальной занятости и стремление скрыть экономическую активность. На рис. 2 представлен результат кластерного анализа¹⁶, коррелирующий с индивидуальными эффектами полученной выше модели: кластер российских экономических районов с «высокой занятостью в неформальном секторе» — высоким уровнем скрытой экономической деятельности» составляют Северо-Кавказский, Калининградский и Поволжский районы. Во вторую группу районов с более низким уровнем скрытой экономической деятельности и заметно меньшей занятостью в неформальном секторе вошло четыре экономических района страны — Дальневосточный, Волго-Вятский, Восточно-Сибирский, Центрально-Черноземный. Третий кластер включает пять экономических районов с самым низким уровнем скрытой экономической деятельности и сравнительно наименьшей занятостью в неформальном секторе — Центральный, Северо-Западный, Уральский, Западно-Сибирский, Северный. Типичные условия развития рынка труда для различных кластеров способствуют выработке типовых управленческих решений на уровне отдельных субъектов федерации.

Следует подчеркнуть, что число занятых в неформальном секторе имеет тесную связь с числом безработных (особенность проявляется в однонаправленности действия: увеличение числа безработных влечет за собой расширение границ ненаблюдаемой занятости,

¹⁵ Данные по экономическим регионам России за 2010–2021 гг.

¹⁶ При проведении кластерного анализа использована процедура k -средних и иерархический метод Уорда, позволившие минимизировать дисперсию внутри кластеров. Выполнена z -стандартизация для всех характеристик и проведено их взвешивание с помощью t -значения регрессии. В итоге, кластеры построены по взвешенным стандартизированным данным.

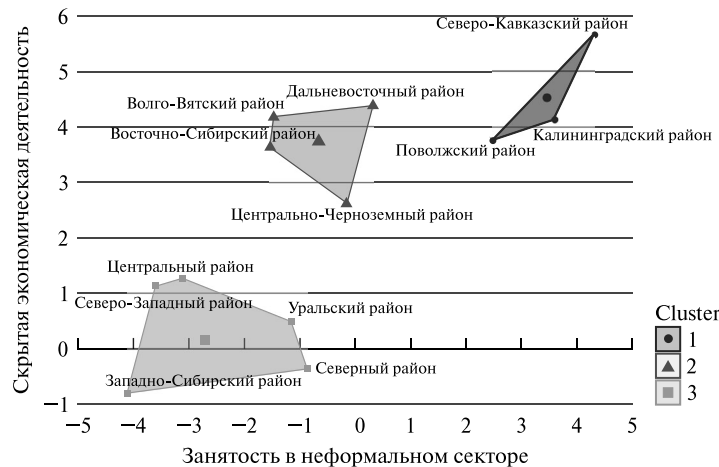


Рис. 2. Кластеризация российских экономических районов по критерию «занятость в неформальном секторе — уровень скрытой экономической деятельности», 2020 г.

Источник: расчеты авторов.

а снижение — не способствует сокращению масштабов последнего), что обусловило выявление взаимосвязанных факторов и их учет для полноты отражения реальной обстановки в стране.

В тексте данной работы считаем целесообразным опустить детали панельного анализа численности безработных, схожего с анализом занятых в неформальном секторе. В итоге, наибольшее влияние на численность безработных (y_2) и, как следствие, — на масштабы занятости в неформальном секторе оказывает число закрывшихся юридических лиц и прекративших деятельность ИП (x_{81}), увеличение которого на 1 тысячу влечет рост численности безработных на 9,54 тыс. человек. Примечательно, что изменение на 1 п.п. доли пособий и материальной помощи по безработице в общем объеме выплаченных пособий и социальной помощи (x_{76}) коррелирует с масштабом безработицы, изменяя ее на 4,06 тыс. человек. Положительная динамика численности населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума (x_{63}) и объема доходов консолидированного бюджета, скорректированного на индекс бюджетных расходов (x_7), также способствуют росту переменной y_2 . Вместе с тем, ее снижение напрямую связано с увеличением уровня долговой нагрузки населения в регионах России¹⁷ (x_{16}) и соотношением среднедушевых денежных доходов и потребительских расходов (x_{64}), что и подтверждает описанную выше особенность (уровень безработицы не увеличивается за счет наличия альтернативных ненаблюдаемых источников доходов).

Следует отметить, что вынужденные ограничительные меры во время пандемии, в частности затянувшийся период самоизоляции и дистанционной работы, обострили проблему принятия решений гражданами в пользу занятости в неформальном секторе, усугубив неравенство на рынке труда и повысив лояльность общества к девиантному поведению.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реалии современного мира, особенности экономического и социокультурного развития человечества требуют адекватного и незамедлительного ответа и мер, адаптированных к цифровой действительности и шокowym периодам. Пандемия новой коронавирусной инфекции запомнилась не только парализацией многих отраслей экономики, жесткими ограничениями территориального передвижения и абсолютным дистанцированием общества с принудительным переходом к онлайн-формату взаимодействия во всех областях деятельности, но и ростом неформальной занятости, усугубляющей экономический кризис, и в постковидный период восстановления. Результаты панельного анализа позволили оценить влияние взаимодействующих факторов на численность

¹⁷ Долговая нагрузка населения рассчитывается отношением среднедушевого долга экономически активного населения по банковским кредитам к величине годовой заработной платы.

занятых в неформальном секторе. Так, в значительной степени на нее воздействуют число закрывшихся предприятий, доля пособий и материальной помощи по безработице в общем объеме выплаченных пособий и социальной помощи, размер прожиточного минимума, число граждан с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума, уровень долговой нагрузки населения, интегральный рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ, соотношение среднедушевых денежных доходов с потребительскими расходами.

Для сокращения иждивенческой нагрузки, уровня бедности, доли занятых в неформальном секторе государством разработан и реализуется ряд мер социально-экономической направленности¹⁸: временное трудоустройство работников предприятий, приостановивших деятельность; переобучение безработных; помощь в поиске работы; гранты молодым предпринимателям, кредитные каникулы для граждан и субъектов малого предпринимательства, льготная ипотека, компенсация части расходов малым и средним предприятиям (МСП), повышение доступности социальной поддержки для семей с детьми и незащищенных слоев общества и др. Помимо данных мер, каждое муниципальное образование осуществляет работу с гражданами, потерявшими работу или работающими вне правового поля.

Названные меры отвечают вызовам времени, подтверждая полученные в ходе проведенного исследования ориентиры оказания помощи работающим в неформальном секторе экономики.

Вместе с тем, масштабируемости неформальной занятости способствует бедственное положение формального сектора рынка труда, усугубляемое теневым характером регистрационно-контролирующих мероприятий состояния трудовых ресурсов и достойных рабочих мест, не позволяющих отразить реального положения дел на рынке труда. В связи с этим авторский коллектив предлагает ряд дополнительных направлений развития рынка труда в контексте задач кадрового обеспечения социально-экономического развития страны и снижения занятости в неформальном секторе. Среди них: использование практики автоматизированной системы онлайн-опросов и обобщения полученной информации при анализе рынка труда и трудоустройства выпускников образовательных организаций; использование технологии распределенных реестров для усиления контроля над выявлением безработных и неформально занятых граждан, что позволит восстановить трудовые права, улучшить социальное обеспечение; интеграция баз данных о существующих вакансиях и людях, находящихся в поиске работы, в открытый единый ресурс с повышением уровня межведомственного взаимодействия. Кроме того, целесообразно создание цепочки «место учебы — место работы», обеспечивающей связь между получением образования и дальнейшим трудоустройством по специальности, а также развитие системы дуального образования на базе работодателей-партнеров для оперативного принятия объективно адекватных мер развития и совершенствования в области трудоустройства и подготовки / переподготовки кадров; стимулирование продуктивной и действенной миграции, например переезда (в том числе временного) для трудоустройства в регионы, в которых требуется привлечение массовой рабочей силы для реализации инвестиционных проектов. Популярным направлением реформ может также стать создание новых рабочих мест в рамках реализации инвестиционных проектов: субсидирование работодателей и ИП; разработка и реализация программ бизнес-акселерации и инновационных симуляторов; привлечение крупного бизнеса к программам развития предпринимательства на основе импакт-инвестиций и поддержки социальных предпринимателей; развитие социального партнерства по направлениям подготовки кадров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Бобков В.Н., Локтюхина Н.В.** (2020). О направлениях социально-экономической политики в связи с развитием нестандартных форм занятости в Российской Федерации // *Уровень жизни населения регионов России*. Т. 16. № 1. С. 21–32. DOI: 10.19181/lsprr.2020.16.1.2 [Bobkov V.N., Loktyukhina N.V. (2020). On the directions of socio-economic policy in connection with the development of non-standard forms of employment in the Russian Federation. *Living Standards of the Population in the Regions of Russia*, 16, 1, 21–32. DOI: 10.19181/lsprr.2020.16.1.2 (in Russian).]
- Бобков В.Н., Локтюхина Н.В., Рожков В.Д., Чернышова М.И.** (2015). Неформальная занятость: направления снижения и приоритеты исследования // *Управление мегаполисом*. № 1. С. 29–43. [Bobkov V.N.,

¹⁸ Указ Президента РФ от 16.03.2022 № 121 «О мерах по обеспечению социально-экономической стабильности и защиты населения в Российской Федерации» (http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_411742).

- Loktyukhina N.V., Rozhkov V.D., Chernyshova M.I. (2015). Informal employment: Reduction directions and research priorities. *Megapolis Management*, 1, 29–43 (in Russian).]
- Бузгалин А.В., Колганов А.И. (2020). Рынок и собственность: социально-экономические уроки пандемии // *Социологические исследования*. № 8. С. 145–157. DOI: 10.31857/S013216250009711-5 [Buzgalin A.V., Kolganov A.I. (2020). Market and property: Socio-economic lessons of the pandemic. *Sociological Studies*, 8, 145–157. DOI: 10.31857/S013216250009711-5 (in Russian).]
- Гимпельсон В.Е., Капелюшников Р.И. (2006). Нестандартная занятость и российский рынок труда // *Вопросы экономики*. № 1. С. 122–143. DOI: 10.32609/0042-8736-2006-1-122-143 [Gimpel'son V.E., Kapelyushnikov R.I. (2006). Non-standard employment and the Russian labor market. *Voprosy Ekonomiki*, 1, 122–143. DOI: 10.32609/0042-8736-2006-1-122-143 (in Russian).]
- Дейнека О.С. (1999). Экономическая психология. Социально-политические проблемы. Санкт-Петербург: СПбГУ. С. 86–87. [Dejneka O.S. (1999). *Economic psychology. Socio-political problems*. Saint Petersburg: St. Petersburg State University, 86–87 (in Russian).]
- Измерение занятости в неформальной экономике (2018). Рекомендации по применению в статистической практике методологических положений по измерению неформальной занятости и занятости в неформальном секторе. Межгосударственный статистический комитет СНГ и Всемирный Банк. 161 с. [Measurement of employment in the informal economy (2018). *Recommendations on the application in statistical practice of methodological provisions for measuring informal employment and employment in the informal sector*. CIS Interstate Statistical Committee and the World Bank. 161 p. (in Russian).]
- Каримов А.Г., Фаткуллина Г.Р. (2021). Неформальная занятость как фактор бедности работающего населения // *Фундаментальные исследования*. № 1. С. 61–65. DOI: 10.17513/fr.42950 [Karimov A.G., Fatkullina G.R. (2021). Informal employment as a factor of poverty of the working population. *Fundamental Research*, 1, 61–65. DOI: 10.17513/fr.42950 (in Russian).]
- Карнышев А.Д., Бурменко Т.Д., Иванова Е.А. (2006). Человек и собственность. Иркутск: БГУЭП. [Karnyshev A.D., Burmenko T.D., Ivanova E.A. (2006). *Man and property*. Irkutsk: BSUEP (in Russian).]
- Клейнер Г.Б., Кораблев Ю.А., Щепетова С.Е. (2018). Человек в цифровой экономике // *Экономическая наука современной России*. № 2. С. 169–175. [Kleyner G.B., Korablev Yu.A., Shchepetova S.E. (2018). Man in the digital economy. *Economics of Contemporary Russia*, 2, 169–175 (in Russian).]
- Кубишин Е.С. (2021). Неформальная занятость в России: влияние и уроки пандемии // *Вопросы политической экономики*. № 3 (27). С. 53–69. [Kubishin E.S. (2021). Informal employment in Russia: Impact and lessons of the pandemic. *Questions of Political Economy*, 3 (27), 53–69 (in Russian).]
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бекларян Г.Л., Акопов А.С., Ровенская Е.А., Стрелковский Н.В. (2020). Агентное моделирование популяционной динамики двух взаимодействующих сообществ: мигрантов и коренных жителей // *Экономика и математические методы*. Т. 56. № 2. С. 5–19. DOI: 10.31857/S042473880009217-7 [Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Beklaryan G.L., Akopov A.C., Rovenskaya E.A., Strelkovskii N.V. (2020). Agent-based modelling of population dynamics of two interacting social communities: Migrants and natives. *Economics and Mathematical Methods*, 56, 2, 5–19. DOI: 10.31857/S042473880009217-7 (in Russian).]
- Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Бекларян Г.Л., Акопов А.С., Ровенская Е.А., Стрелковский Н.В. (2022). Агентное моделирование социально-экономических последствий миграции при государственном регулировании занятости // *Экономика и математические методы*. Т. 58. № 1. С. 113–130. DOI: 10.31857/S042473880018960-5 [Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Beklaryan G.L., Akopov A.C., Rovenskaya E.A., Strelkovskii N.V. (2022). Agent-based modeling of social and economic impacts of migration under the government regulated employment. *Economics and Mathematical Methods*, 58, 1, 113–130. DOI: 10.31857/S042473880018960-5 (in Russian).]
- Нуреев Р.М., Ахмадеев Д.Р. (2019). Неформальная занятость: истоки, современное состояние и перспективы развития (опыт институционального анализа). М.: Кнорус. 248 с. [Nureev R.M., Akhmadeev D.R. (2019). *Informal employment: Origins, current state and prospects of development (experience of institutional analysis)*. Moscow: Knorus. 248 p. (in Russian).]
- Одинцова Е.В. (2020). Легализация неформальной занятости в России: основные итоги и нерешенные проблемы // *Уровень жизни населения регионов России*. Т. 16. № 1. С. 33–42. DOI: 10.19181/lsprr.2020.16.1.3 [Odintsova E.V. (2020). Legalization of informal employment in Russia: The main results and unresolved problems. *Living Standards of the Population in the Regions of Russia*, 16, 1, 33–42. DOI: 10.19181/lsprr.2020.16.1.3 (in Russian).]
- Bergolo M., Cruces G. (2021). The anatomy of behavioral responses to social assistance when informal employment is high. *Journal of Public Economics*, 193, 104313.
- Chen M., Carré F. (2020). *The informal economy revisited: Examining the past, envisioning the future*. London: Routledge. 326 p. DOI: 10.4324/9780429200724

- Gomez-Torres M.J., Santero J.R., Flores J.G.** (2019). Job-search strategies of individuals at risk of poverty and social exclusion in Spain. *PLoS ONE*, 14 (1), 10–23. DOI: 10.1371/journal.pone.0210605
- Packard T., Koettl J., Montenegro C.** (2012). *In from the shadow. Integrating Europe's informal labor. Directions in development: Human development*. Washington: The World Bank. 174 p.
- Phillips M.** (2014). Deterrence vs. Gamesmanship: Taxpayer response to targeted audits and endogenous detection. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 100, 81–98.
- Ulysses G.** (2018). Firms, informality, and development: Theory and evidence from Brazil. *American Economic Review*, 108 (8), 2015–2047. DOI: 10.1257/aer.20141745
- Webb A., McQuaid R., Rand S.** (2020). Employment in the informal economy: Implications of the COVID-19 pandemic. *International Journal of Sociology and Social Policy*, 40 (9/10), 1005–1019. DOI: 10.1108/IJSSP-08-2020-0371
- Williams C., Lansky M.** (2013). Informal employment in developed and developing economies: Perspectives and policy responses. *International Labour Review*, 152, 3–4, 355–380. DOI: 10.1111/j.1564-913X.2013.00196.x
- Williams C.C., Horodnic A.V.** (2019). Why is informal employment more common in some countries? An exploratory analysis of 112 countries. *Employee Relations*, 41 (6), 1434–1450.
- Yeung W.J.J., Yang Y.** (2020). Labor market uncertainties for youth and young adults: An international perspective. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 688 (1), 7–19. DOI: 10.1177/0002716220913487

Informal sector employment: Reasons for negative trends

© 2024 N.N. Kunitsyna, E.I. Dyudikova, F.A. Lazba

N.N. Kunitsyna,

North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia; e-mail: nkunitcyna@ncfu.ru

E.I. Dyudikova,

North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia; e-mail: dudikova.e@gmail.com

F.A. Lazba,

Institute of Economics and Law, Academy of Sciences of Abkhazia, Sukhum, Republic of Abkhazia; e-mail: lfa2@mail.ru

Received 20.09.2022

This work was supported by the North-Caucasus Federal University.

Abstract. The problem of employment in the informal sector of the economy escalated during the pandemic, post-covid recovery and, especially, in the period of sanctions. As an interdisciplinary field of research in the humanitarian, socio-economic, information and mathematical spheres, issues of employment, unemployment, social benefits are increasingly resonating in modern publications. The global framework of the research subject often makes difficult to formalize the processes, especially in the shadow economy. The authors used the panel data analysis to assess the dynamics of employment in the informal sector and the causes of negative trends in the post-pandemic period. The number of model explanatory variables for the period 2010–2021 was 84 with subsequent cutoff and reduction to 32 parameters. To compile a panel data the authors used the official information from Rosstat and information obtained by expert surveys. During the study the scientists create the models of combined regression, model with fixed effects, and model with individual, including random, effects. As a result the authors obtained the ratio “employment in the informal sector — the level of hidden economic activity”. The important applied relevance of the research is the possibility to generate control, both at the state and economic level, in terms of the identified reasons for the growth of employment in the informal sector in order to reduce their negative impact.

Keywords: informal employment, shadow employment, hidden employment, unemployment, labor market, panel data, fixed effects model, individual effects model.

JEL Classification: C23, C33, E26, O17.

UDC: 331.5

For reference: **Kunitsyna N.N., Dyudikova E.I., Lazba F.A.** (2024). Informal sector employment: Reasons for negative trends. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 1, 46–58. DOI: 10.31857/S0424738824010047 (in Russian).

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Сравнительная эффективность проектов развития арктических регионов

© 2024 г. И.М. Потравный, А.Л. Новоселов, И.Ю. Новоселова

И.М. Потравный,

РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва; e-mail: esoaudit@bk.ru

А.Л. Новоселов,

РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва; e-mail: alnov2004@yandex.ru

И.Ю. Новоселова,

*Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва;
e-mail: iunov2010@yandex.ru*

Поступила в редакцию 22.03.2023

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки и развития научного инструментария для оценки инвестиционных проектов в арктической зоне России с учетом специфических особенностей их реализации в регионе. Обосновывается необходимость и предлагается механизм комплексной оценки эффективности инвестиционных проектов, реализуемых в арктической зоне, для выбора наиболее приоритетных проектов, который базируется на учете специфических показателей, позволяющих провести их анализ с учетом особенностей освоения арктических регионов. Предлагается система составляющих показателей для оценки эффективности проектов, основывающихся на федеральных методиках и дополненных специальными показателями, характеризующими регионы арктической зоны, что позволяет охарактеризовать экономическую, социальную, экологическую составляющие эффективности, обеспечение дохода государства, развитие региона, вклад в национальный проект и обороноспособность страны. Рекомендуемый комплекс показателей может быть скорректирован, что не повлияет на разработанный алгоритм оценки приоритетности проектов. Разработан механизм определения сравнительной эффективности проектов, основанный на их стоимостных характеристиках и экспертных оценках. Для расчетов используются оценки экспертов в виде интервальных чисел. Предложен алгоритм такой оценки эффективности проектов развития арктических регионов, включая расчет показателей, которые составляют оценку сравнительной эффективности проектов, определение интегральной оценки таких проектов, а также вычисление сравнительной эффективности анализируемых проектов. Приводится численный пример, позволяющий реализовать в практике управления разработанный механизм расчета сравнительной эффективности проектов в арктической зоне страны с учетом экологических, социальных и других факторов. Научные результаты исследования включают развитие экономико-математического инструментария для ранжирования и выбора проектов при оценке сравнительной эффективности при промышленном освоении Арктики. Предложен подход к учету этнологических аспектов при определении эффективности проектов в Арктике.

Ключевые слова: Арктика, социально-экономическое развитие, составляющие эффективности, экономическая эффективность, сравнительная эффективность, коренные народы Севера, экономическая оценка ущерба, доход государства, приоритеты проектов, интервальные оценки.

Классификация JEL: A13, CO2, Q56.

УДК: 338.2

Для цитирования: Потравный И.М., Новоселов А.Л., Новоселова И.Ю. (2024). Сравнительная эффективность проектов развития арктических регионов // *Экономика и математические методы*. Т. 60. № 1. С. 59–71. DOI: 10.31857/S0424738824010056

ВВЕДЕНИЕ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Освоение арктических регионов включает реализацию широкого комплекса проектов, направленных на социально-экономическое развитие Арктики (Исаев, Фомина, 2018, с. 98). Такие проекты охватывают различные социальные, экономические, экологические, климатические и другие аспекты развития арктических территорий, которые приводят, в свою очередь, к различным результатам (Duhaime et al., 2021, p. 14–18).

При этом суть предлагаемого подхода к оценке сравнительной эффективности проектов развития арктических регионов относится к учету всего многообразия и особенностей развития арктической зоны России. Как отмечается в работе (Лексин, Порфирьев, 2022, с. 36–38), отличие российской Арктики от других территорий России не исчерпывается экстремальным климатом, низкой плотностью населения и слабыми транспортными связями. К таким особенностям Арктики авторы относят ее выделение в единый объект федерального регулирования — арктическую зону России, не имеющий аналогов ни в России, ни в мире. К таким отличительным характеристикам арктических территорий от данных других территорий являются угрозы, вызовы и риски всем видам деятельности (Loginov, Balashenko, 2016, p. 103–104).

При оценке эффективности реализации арктических проектов особо следует учитывать ранимость и уязвимость данных территорий с точки зрения экологической безопасности таких проектов, их влияния на исконную среду обитания коренных малочисленных народов Севера (Burtseva et al., 2022, p. 105). Обоснование и реализация проектов разведки и добычи полезных ископаемых в арктической зоне страны часто затрагивают территории традиционного природопользования, где проживают и осуществляют свою деятельность коренные малочисленные народы (Слепцов, 2021, с. 577–578), что предполагает оценку возможных убытков, причиняемых коренным народам в зоне влияния таких проектов (Nosov et al., 2019, p. 143). До последнего времени такие издержки этнологического характера не находят должного отражения в практике оценки эффективности арктических проектов.

В исследовании (Ларичкин и др., 2014, с. 126–133) анализируется влияние нефтегазовых проектов на состояние окружающей среды, выявлены особенности оценки экологических рисков при освоении шельфовых месторождений Арктики в системе управления морским природопользованием.

Развитие зеленой и низкоуглеродной экономики также относится к приоритетным задачам реализации арктических проектов, что связано в том числе с возрастающей конкуренцией за доступ к природным ресурсам и возникновением конфликтов между государствами¹. Так, к примеру, проект строительства микрогидроэлектростанций в Мурманской области позволяет обеспечить электроэнергией удаленные районы для развития экотуризма. При этом снижаются выбросы парниковых газов за счет экономики дизельного топлива (Бежан, Коновалова, 2022, с. 289, 293). Проект создания рыбоводного предприятия в поселке Певек в Чукотском автономном округе с использованием энергии плавучей атомной теплоэлектростанции «Академик Ломоносов» позволяет выращивать товарную рыбу (арктический голец) и получать другие мультипликативные эффекты (создание новых рабочих мест, повышение доходов населения и налоговых отчислений в местный бюджет) (Тарасова, Русяев, 2022, с. 218).

В исследовании (Михайловский, Мелехин, Новоселова, 2019, с. 85) проводится оценка приоритетности проектов уранодобывающего предприятия с учетом роста рабочих мест в регионе, обеспечения экологической безопасности, возмещения убытков и упущенной выгоды местному населению и ликвидации накопленного экологического ущерба (НЭУ). Учет и оценку социально-экономических и экологических эффектов при реализации проектов ликвидации накопленного экологического ущерба также следует учитывать при оценке эффективности инвестиций в развитие арктических территорий. В настоящее время такой проект по ликвидации НЭУ реализуется на месторождении Кулар (хвостохранилище² «Куларской золотоизвлекательной фабрики» в Булунском улусе (районе) Республики Саха (Якутия).

Вопросы эффективности проектов по добыче полезных ископаемых имеют приоритетное значение как с точки зрения промышленного освоения территории, отдачи вложенных средств, получения полезной продукции, дохода, так и с точки зрения гармонизации интересов добывающих компаний и коренных малочисленных народов Севера, что предусмотрено законодательными требованиями проведения этнологической экспертизы таких проектов, если они затрагивают территории традиционного природопользования (Novoselov et al., 2020, p. 7963; Novoselov et al., 2022a, p. 933; Novoselov et al., 2022b, p. 1009). В работе (Бурцева И.Г., Тихонова, Бурцев И.Н., 2022, с. 89) экономическая оценка минерально-сырьевого потенциала региона и получаемые эффекты от использования полезных ископаемых тесно увязываются с ущербом от потери экосистемных

¹ Указ Президента Российской Федерации от 02.07.2021 № 400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» (https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_389271/).

² Хвостохранилище — комплекс специальных сооружений, предназначенный для хранения жидких отходов производства горнодобывающих предприятий («хвостов»). Данные сооружения являются неизменными спутниками обогатительных фабрик.

услуг природного капитала (способность поглощения парниковых газов, услуги рекреации, регулирование речного стока, сохранение биоразнообразия), которые могут быть утрачены или повреждены в зависимости от применяемой технологии добычи полезных ископаемых.

В рамках управления климатическими изменениями и перехода к низкоуглеродной экономике в настоящее время рассматриваются технологии захоронения выбросов парниковых газов в подземных геологических пространствах и эколого-экономическая эффективность их внедрения. Такие технологии также могут найти применение и в арктической зоне России, например при разработке нефтегазовых месторождений.

В исследовании (Potravny et al., 2022, p. 16039) выполнена сравнительная оценка вариантов перевозки руды редкоземельных металлов с месторождения Томтор в Оленекском эвенкийском национальном районе Республики Саха (Якутия) на дальнейшую переработку с учетом экономических (затраты на перевозку, расстояние), экологических (ущерб окружающей среде, убытки традиционным промыслам от изъятия территории) и социальных факторов (риск возникновения конфликтных ситуаций, влияние на здоровье населения).

При этом следует учитывать хрупкий экологический баланс арктических территорий, а также особенности традиционной жизнедеятельности коренного населения в зонах разведки и добычи полезных ископаемых. Основная задача управления процессом развития арктических территорий состоит в обосновании и выделении наиболее востребованных инвестиционных проектов среди множества предлагаемых, определение их приоритетности и эффективности. Необходимо обратить внимание на то, что многие вопросы оценки сравнительной экономической эффективности инвестиционных проектов с учетом экологических, социальных и климатических факторов еще не решены и требуют обоснования.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В теоретических разработках выделяют различные подходы к оценке эффективности проектов: коммерческие, природоохранные, социальные, бюджетные. В качестве основы оценки приоритетности проектов обычно выступает их эффективность, которая строится на соотношении результата и затрат. Следует различать абсолютную и сравнительную эффективность проектов. Для оценки приоритетности проектов, реализуемых в Арктическом регионе, следует рассчитывать сравнительную эффективность. Однако такое разграничение проектов является условным, поскольку в практике управления многие проекты, в том числе реализуемые в арктических регионах, приносят комплексный результат — коммерческий, экологический, социальный и др. Результат таких проектов необходимо оценивать с точки зрения экономической эффективности, востребованности коренным населением региона социального, экологического результатов и др.

Действительно, в качестве результата коммерческих проектов прежде всего необходимо оценивать прибыль. Результатом природоохранных проектов может выступать ликвидация прошлого или текущего экологических ущербов, рекультивация нарушенных земель, снижение негативного воздействия на окружающую среду (выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы загрязняющих веществ в водные объекты, размещение отходов). Однако если проекты добычи и переработки полезных ископаемых базируются на наилучших доступных технологиях, то их результаты складываются из экономической и экологической составляющих. При этом поскольку эти проекты обеспечивают создание новых рабочих мест, обучение и привлечение к работе в компании коренного населения, то в результат следует включить и социальную составляющую. Следовательно, оценка эффективности проектов по одному критерию является односторонней, ее целесообразно проводить на основе системы показателей — составляющих эффективности.

В настоящее время оценка эффективности инвестиционных проектов обычно производится с использованием традиционных критериев, основанных на сопоставлении денежных притоков и оттоков, включая чистый дисконтированный доход, дисконтированный срок окупаемости, внутреннюю норму доходности и др. В статье (Цветков, Дудин, Ермилина, 2019, с. 65–67) рассматриваются вопросы оценки коммерческой, бюджетной и социально-экономической эффективности проектов в Арктике, основываясь на использовании вышеперечисленных традиционных показателей, что связано с анализом и отбором таких проектов добычи полезных ископаемых с ориентиром, главным образом, на экономические результаты. Использование таких критериев часто рассматривает проект в отрыве от Арктического региона, в котором он реализуется, не учитываются

в полной мере интересы государства. Такой подход ориентирует только на короткие сроки окупаемости и получение максимальной прибыли, не учитывается и не оценивается степень участия проекта в реализации стратегий и национальных проектов. Проблемы возникают и при оценке эффективности природоохранных проектов в связи с особенностями их реализации, необходимостью стоимостной оценки результата, учетом объекта и задач, на решение которых направлен природоохранный проект, и др.

Предлагаемый авторами подход к оценке сравнительной эффективности арктических проектов базируется на комплексном учете и оценке таких проектов, включая обеспечение дохода государства, вклад в развитие арктического региона, экологические, социальные, этнологические и другие аспекты. Анализ особенностей арктических регионов России позволяет сделать вывод о необходимости комплексной оценки эффективности инвестиционных проектов по ряду ее составляющих: экономической; социальной; экологической; обеспечения дохода государства; развития арктического региона; вклад в национальный проект, а также в обороноспособность страны. Выделение такого аспекта при оценке эффективности арктических проектов, как вклад в обороноспособность страны, связано с реализацией «Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» в части необходимости учета и характеристик военных опасностей и угроз стране в Арктике³.

Оценка эффективности проектов определяется прежде всего результатами, которые предполагается достигнуть. В зависимости от хозяйственной направленности целесообразно выделить проекты, направленные на:

- 1) обустройство месторождений (участков), строительство перерабатывающих предприятий, высокотехнологических производств, энергетических, транспортных объектов, инфраструктуры и т.д.;
- 2) оздоровление окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов, сокращение загрязнения окружающей среды (снижение выбросов и сбросов загрязняющих веществ, сокращение загрязнения почв, ликвидация накопленного экологического ущерба, рекультивация нарушенных земель);
- 3) социально-экономическое развитие (обеспечение нужд коренного населения, развитие местного производства, поддержка традиционных промыслов, строительство современного жилья, медицинских учреждений и средств связи).

Отдельные авторы выделяют также этнологические проекты в рамках промышленного освоения Арктики, направленные на сохранение этноса и традиционной культуры коренных малочисленных народов (Потравная, Кривошапкина, 2022). Реализуемые в Арктическом регионе проекты в разной степени удовлетворяют составляющим эффективности: экономический результат; социальный результат; экологический результат; вклад в доход государства; вклад в развитие региона; вклад в национальный проект; вклад в обороноспособность. Для оценки приоритетности проектов справедливо предлагается использовать систему критериев, в которые входят число рабочих мест, налоговые поступления государства, процент ВВП и ряд других (Фадеев и др., 2018, с. 39–42). Предложенная оценка приоритетности может быть использована на практике, однако, в системе критериев отсутствуют критерии экономической эффективности и другие критерии, которые традиционно используются при оценке проектов.

Система критериев для оценки приоритетности эксплуатационного объекта должна быть связана с существующими методическими рекомендациями для оценок такого рода проектов. Рассмотрим показатели, которые могут быть использованы в качестве критериев для оценки сравнительной эффективности проектов добычи полезных ископаемых, более подробно. Эффективность проекта оценивается по критерию чистого дисконтированного дохода либо на основе приоритета — с помощью экспертной оценки. Экологическая эффективность проекта базируется на результате, который целесообразно определять на основе стоимостной оценки суммарного предотвращаемого экологического ущерба или с помощью приоритета, найденного на основе экспертной оценки. Для проведения стоимостной оценки суммарного предотвращаемого экологического

³ Указ Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года» (<http://www.kremlin.ru/acts/news/64274>).

ущерба необходимо его просуммировать по видам: загрязнения атмосферного воздуха⁴, водной среды⁵, почвы⁶. В этом случае дисконтированный доход государства (ДДГ) от реализации проекта оценивается как сумма отчислений в бюджет за период эксплуатации проекта с учетом дисконтирования. В случае отсутствия необходимой информации экспертный подход может быть применен и к оценке экономической, экологической эффективности, а также для оценки размера дохода государства. При оценке эффективности такого рода инвестиционных проектов следует использовать также отраслевые разработки⁷. Например, Минприроды России с начала 2000-х годов разрабатывало механизм оценки и выбора проектов добычи полезных ископаемых, в частности проектов освоения нефтегазовых месторождений. Указанные методические материалы включают приложения, в которых раскрывается механизм расчета интегрального критерия для выбора эксплуатационного объекта, например, «Правила подготовки технических проектов разработки месторождений УВС (2019)» содержат такую информацию в Приложении 5 «Определение рекомендуемого варианта разработки эксплуатационного объекта». Отдельными авторами предлагается включить в систему критериев оценки эффективности проектов наряду с традиционными критериями такие показатели, как дисконтированный доход государства и полнота извлечения из недр разведанных запасов (Благова и др., 2017, с. 297).

Исходя из необходимости учета наиболее полного извлечения из недр разведанных запасов нефти, обеспечения высокой экономической эффективности обустройства и эксплуатации месторождения, обеспечения доходов бюджетов, на федеральном и региональном уровнях предлагается построить *интегральный показатель сравнительной эффективности* проектов. Такой интегральный показатель представляет сумму отношений трех показателей: чистый дисконтированный доход (ЧДД) рассматриваемого проекта к максимальному значению данного показателя всех рассматриваемых проектов, ДДГ рассматриваемого проекта к максимальному значению этого показателя для всех рассматриваемых проектов, коэффициента извлечения нефти рассматриваемого проекта к максимальному значению этого показателя среди всех рассматриваемых проектов. Последний показатель является специфическим для нефтегазовых проектов и при оценке эффективности проектов добычи других видов полезных ископаемых не может быть принят для сравнительного анализа.

Из оцениваемых проектов рекомендуется выбирать такой, у которого значение интегрального показателя наиболее высокое. Данный подход, несмотря на комплексный охват составляющих эффективности анализируемых проектов, имеет недостатки. Так, в работе (Зубарева и др., 2019, с. 77) такой подход критикуется за использование одинакового веса критериев при расчете показателя эффективности. Имеющиеся исследования указывают на некорректность использования простой суммы для оценки эффективности, поскольку такой показатель может быть высоким за счет одного из входящих в него показателей, т.е. при высоком доходе государства и низком ЧДД проекта, или наоборот. Поэтому для определения оценки эффективности проекта на основе нескольких критериев рекомендуется использовать один из методов многокритериального выбора (ранжирования) проектов (Kou et al., 2016, p. 746; Gisselquist, 2014, p. 482–483). Приведенные выше составляющие эффективности рекомендуется использовать для оценки эффективности проектов. Эти критерии могут быть оценены экспертным методом. При этом допускается стоимостная оценка для критерия экономического результата, сокращения ущерба окружающей среде и дохода государства.

Для оценки проекта экспертами по соответствующим критериям предлагается шкала, основанная на часто применяемой шкале Т. Саати (Gülin, Pelin, 2018; Dragan, Darko, Dejan, 2016, p. 973, 982). В данной шкале рассматривается пять основных вариантов ответа экспертов и четыре промежуточных, применяемых в случае затруднения эксперта при выборе одного из ответов (табл. 1).

⁴ Методика исчисления размера вреда, причиненного атмосферному воздуху как компоненту природной среды. Утверждена приказом Минприроды России от 28.01.2021 № 59 (<https://docs.cntd.ru/document/573536168>).

⁵ Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства. Утверждена Приказом Минприроды России № 87 от 13.04.2009 (в ред. Приказов Минприроды России от 31.01.2014 № 47 и от 26.08.2015 № 365) (<https://base.garant.ru/12167365/>).

⁶ Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды. Утверждена Приказом Минприроды России от 08.07.2010 № 238 (в ред. Приказа Минприроды России от 18.11.2021 № 867) (<https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/npa-files/2010/07/08/prikaz238.pdf>).

⁷ Методика оценки эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения. Утверждена Приказом Министерства экономического развития РФ от 24.02.2009 № 58.

Таблица 1. Шкала вербальной оценки для экспертов при оценке составляющих эффективности проектов

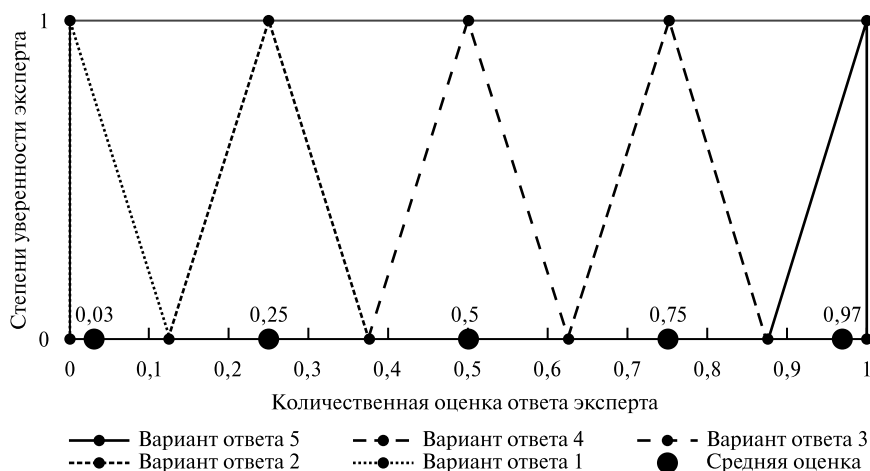
Составляющие оценки эффективности проекта		
Экономический, социальный и экологический результаты		Вклад в доход государства, в развитие региона, в национальный проект, обороноспособность
Вариант оценки эксперта	1. Ничтожный результат	Вариант оценки эксперта
	2. Незначительный результат	
	3. Средний результат	
	4. Значительный результат	
	5. Высокий результат	
		1. Ничтожный вклад
		2. Незначительный вклад
		3. Средний вклад
		4. Значительный вклад
		5. Высокий вклад

Источник: составлено авторами.

В табл. 1 приведены ответы для оценки проектов по семи используемым критериям. Например, если эксперт затрудняется в выборе между 2 и 3 вариантами ответа при оценке социального результата от реализации проекта, то используется промежуточный вариант — «между незначительным и средним результатами». Каждому из основных вариантов ответов ставится в соответствие количественная оценка, которая в дальнейшем используется при обработке результатов. В современных процедурах экспертной оценки корректным признается использование интервальной количественной оценки, т.е. минимальной, ожидаемой и максимальной оценок (Ramík, 2020, p. 37–39; Yilmaz, Ozkir, 2018, p. 126). На рис. 1 приведена шкала перевода пяти вариантов ответов эксперта с учетом его уверенности. Каждый вариант ответа представляется минимальной α^{min} , ожидаемой α^{av} и максимальной α^{max} оценками. Например, варианту экспертного ответа 2 («Незначительный результат» или «Незначительный вклад») соответствует $\alpha^{min} = 0,125$; $\alpha^{av} = 0,25$; $\alpha^{max} = 0,375$. Полученные оценки представляют треугольные числа, для сравнения которых целесообразно провести операцию дефаззификации, т.е. перевод в четкое число (Voskoglou, 2015, p. 209; Mhaske, 2021, p. 227). Вариантов операций дефаззификации разработано достаточно много (Ухоботов, Стабулит, Кудрявцев, 2019, с. 209). Средняя оценка рассчитана по формуле: $0,25(\alpha^{min} + 2\alpha^{av} + \alpha^{max})$. Для варианта ответа 2 средняя оценка равна $0,25(0,125 + 2 \times 0,25 + 0,375) = 0,25$.

Полученная средняя оценка принимается в качестве λ_{ji} -приоритета проекта i ($i = 1, \dots, n$) по соответствующему критерию j ($j = 1, \dots, 7$). Таким образом, при разработке механизма сравнительной оценки проектов промышленного освоения арктических территорий был учтен опыт федеральных и отраслевых методик.

Механизм оценки сравнительной эффективности инвестиционных проектов развития арктических регионов требует следующих шагов: расчета показателей, составляющих оценку сравнительной эффективности на основе интервальной экспертной оценки или стоимостной оценки;

**Рис. 1.** Перевод вариантов ответов эксперта в количественные оценки

Источник: составлено авторами.

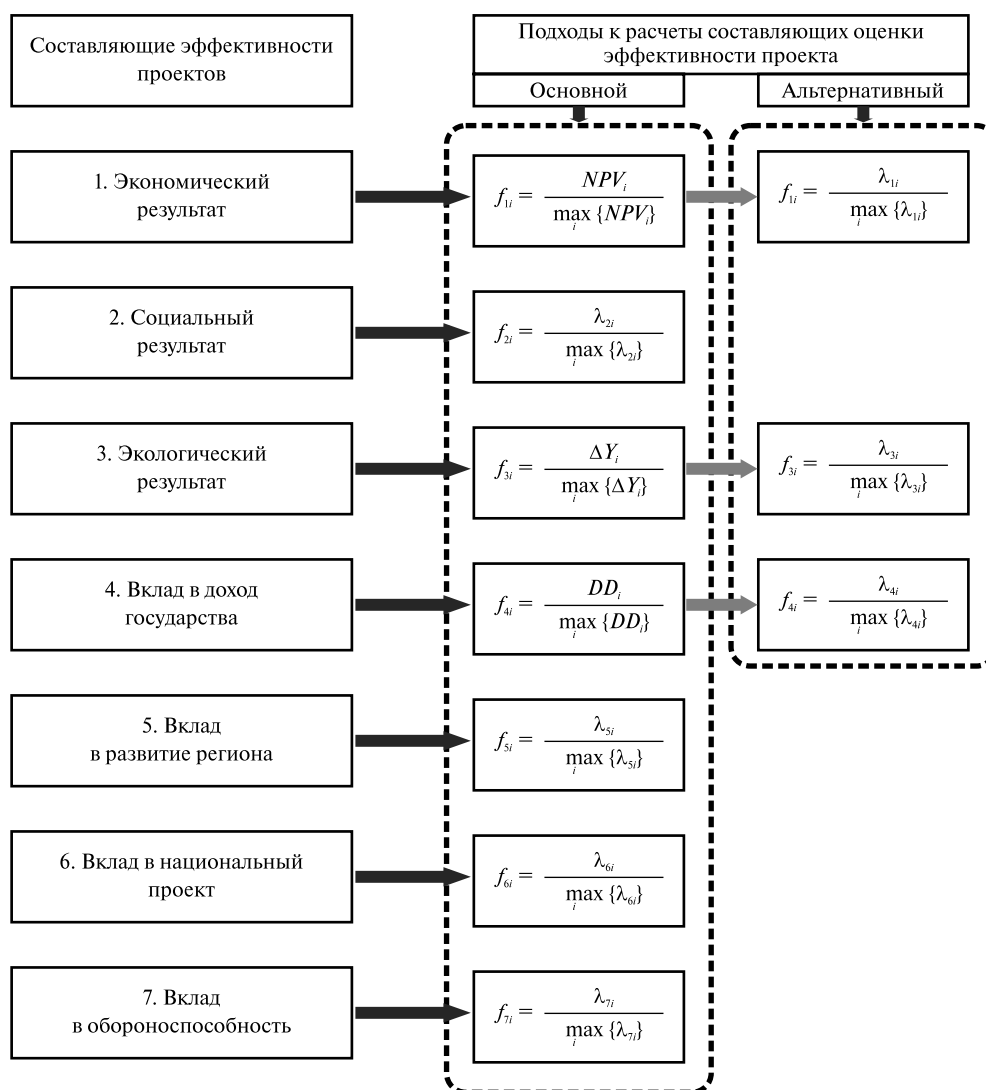


Рис. 2. Возможности оценки составляющих эффективности проекта

Источник: составлено авторами.

сравнения проектов по данным показателям и получение интегральных оценок проектов; расчета сравнительной оценки эффективности проектов.

Шаг 1. Расчет показателей, составляющих оценки сравнительной эффективности, основывается на формулах, приведенных на рис. 2.

При этом для трех составляющих эффективности допускается использование как стоимостной оценки, так и альтернативной (в случае отсутствия возможности расчета стоимостных оценок — на основе экспертного подхода). При использовании стоимостных оценок определяется чистый дисконтированный доход (NPV_i) — для экономической оценки; предотвращенный ущерб окружающей среде (ΔY_i) — для экологической оценки и дисконтированного дохода государства (DD_i). Приведенные формулы унифицированы, т.е. оценка эффективности каждой составляющей проекта i определяется как отношение ожидаемого результата к максимальному результату среди всех проектов, предполагаемых для реализации в регионе.

Шаг 2. Для расчета интегральных оценок проектов проводится попарное сравнение проектов по семи показателям оценки составляющих эффективности, выполняется расчет веса рассматриваемого проекта (i) по сравнению с другим проектом (k) по каждому критерию (j) в отдельности,

т.е. находится отношение значения анализируемого показателя к сумме его значений для рассматриваемого и сравниваемого проектов. Полученные отношения суммируются по всем показателям и рассматриваемым проектам по формуле

$$\beta_i = \sum_{j=1}^7 \sum_{k=1}^n \left[f_{ji} / (f_{ji} + f_{jk}) \right], \quad i = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Шаг 3. Сравнительная оценка эффективности находится в пределах от нуля до единицы. При этом расчет сравнительных оценок эффективности проводится на основе полученных на втором шаге, а оценки сравнительной эффективности проектов определяются по формуле

$$\gamma_i = \beta_i / \sum_{i=1}^n \beta_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (2)$$

Полученные оценки сравнительной эффективности позволяют выявить наиболее приоритетные проекты, причем лучший проект будет иметь оценку, равную единице.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЗМА ОЦЕНКИ

Рассмотрим пример оценки сравнительной эффективности шести проектов добычи нефти, предполагаемых в арктической зоне страны.

Шаг 1. Оценка экономического результата была проведена на основе расчета чистого дисконтированного дохода. Экологический результат определен как сокращение ущерба в стоимостном выражении от загрязнения атмосферного воздуха, водной среды и почв. Доход государства найден как дисконтированная сумма отчислений в федеральный бюджет за период функционирования проекта. Остальные составляющие эффективности оценены экспертами в соответствии со шкалой (табл. 2).

Таблица 2. Оценки составляющих эффективности проектов

Составляющая эффективности	Оценка проекта					
	1	2	3	4	5	6
1. Экономическая — чистый дисконтированный доход, млн руб.	570	265	0	120	400	600
2. Социальная — результат	Ничтожный или незначительный	Незначительный	Значительный	Высокий	Средний	Ничтожный
3. Экологическая экономическая оценка предотвращаемого ущерба, млн руб. / год	20	50	10	0	50	0
4. Доход государства, млн руб. / год	40	25	0	10	18	36
5. Развитие региона — вклад	Незначительный	Значительный	Значительный или высокий	Средний	Ничтожный или незначительный	Незначительный или средний
6. Вклад в национальный проект	Значительный или высокий	средний или значительный	Средний	Незначительный или средний	Ничтожный или незначительный	Незначительный или средний
7. Вклад в оборону страны	Ничтожный или незначительный	Незначительный	Средний	Значительный	Незначительный или средний	Ничтожный

Источник: составлено авторами.

Таблица 3. Результаты расчетов оценок по составляющим эффективности проекта

Составляющая эффективности j	Нормированная оценка f_{ji} проекта i в долях					
	1	2	3	4	5	6
Экономическая	0,950	0,442	0,000	0,200	0,667	1,000
Социальная	0,145	0,258	0,774	1,000	0,516	0,032
Экологическая	0,400	1,000	0,200	0,000	1,000	0,000
Доход государства	1,000	0,625	0,000	0,250	0,450	0,900
Развитие региона	0,291	0,873	1,000	0,582	0,164	0,436
Вклад в национальный проект	1,000	0,727	0,582	0,436	0,164	0,291
Вклад в оборону страны	0,042	0,333	0,667	1,000	0,500	0,042

Источник: составлено авторами.

Основываясь на приведенных данных, необходимо перевести экспертные лексические оценки в количественные. Например, первый проект, по мнению экспертов, вносит значительный или высокий вклад в национальный проект.

Лексическая оценка «высокий» (по шкале перевода соответствует количественному значению 0,750) или «значительный» (по принятой шкале составляет 0,969). Тогда итоговое значение количественной оценки вклада первого проекта в национальный проект составляет $0,5(0,750 + 0,969) = 0,859$. Для третьего проекта, вклад которого в реализацию национального проекта характеризуется «средним», в соответствии со шкалой количественная оценка будет равна 0,500. Количественные оценки экспертных мнений влияния анализируемых проектов $i = 1, \dots, 6$ на составляющую эффективности $j = 6$ «Вклад в национальный проект» λ_{6i} имеют вид: 1 – 0,859; 2 – 0,625; 3 – 0,500; 4 – 0,375; 5 – 0,141; 6 – 0,250.

На основе приведенных данных необходимо определить значения составляющих эффективности путем деления полученных оценок проектов по рассматриваемой составляющей эффективности на максимальное значение. Например, для вклада в национальный проект максимальное значение равно 0,859. Тогда значение составляющей «Вклад в национальный проект» для первого из анализируемых проектов составит $0,859 / 0,859 = 1,000$, а для второго проекта — $0,625 / 0,859 = 0,727$. Итоговые результаты расчета составляющих эффективности по всем проектам приведены в табл. 3.

Шаг 2. Воспользовавшись формулой (1), следует определить оценки парного сравнения для каждого анализируемого проекта со всеми остальными. Например, при сопоставлении первого проекта (оцениваемый проект) со вторым (сравниваемый проект) сравнительная оценка будет равна:

$$\frac{0,950}{0,950 + 0,442} + \frac{0,145}{0,145 + 0,258} + \frac{0,400}{0,400 + 1,000} + \frac{0,291}{0,291 + 0,873} + \frac{1,000}{1,000 + 0,727} + \frac{0,042}{0,042 + 0,333} = 2,884.$$

Аналогичным образом определяются оценки проектов по другим составляющим эффективности (табл. 4, столбцы по проектам 1–6).

Таблица 4. Расчет сравнительной эффективности проектов

Оцениваемый проект	Оценка по отношению к сравниваемым проектам						Сумма оценок	Сравнительная эффективность проектов
	1	2	3	4	5	6		
1	0,000	2,884	3,741	3,822	3,359	4,506	18,312	0,856
2	4,116	0,000	4,438	4,083	3,872	4,875	21,384	1,000
3	3,259	2,562	0,000	3,040	2,978	4,264	16,103	0,753
4	3,178	2,917	3,960	0,000	3,422	3,984	17,461	0,817
5	3,641	3,128	4,022	3,578	0,000	4,230	18,600	0,870
6	2,494	2,125	2,736	3,016	2,770	0,000	13,140	0,614

Источник: составлено авторами.

Шаг 3. После получения сравнительных оценок они построчно суммируются и определяется сравнительная эффективность анализируемых проектов (табл. 4, два последних столбца).

В рассмотренном примере наилучшее значение эффективности получил второй проект. На базе оценок сравнительной эффективности инвестиционных проектов осуществляется их ранжирование с учетом важности и приоритетности. В условиях ограниченности финансирования при реализации проектов следует ориентироваться прежде всего на проекты 2, 5, 1 и 4, которые имеют наибольшие оценки сравнительной эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В статье предложен механизм оценки сравнительной эффективности проектов в арктических регионах, который базируется на системе показателей, составляющих сравнительную эффективность. Для практического применения механизма оценки сравнительной эффективности разработан пошаговый алгоритм оценки сравнительной эффективности инвестиционных проектов в арктических регионах.

Принципиальное отличие настоящей разработки определения приоритетности проектов от ранее предложенных подходов состоит в синтезе утвержденных на федеральном уровне показателей для сравнительной оценки проектов с показателями, характеризующими социальные и экологические аспекты. В предложенном механизме допускается альтернатива проведения расчета показателей в стоимостном или балльном виде, а также возможность корректировки комплекса показателей. Разработанный механизм оценки сравнительной эффективности является открытым, т.е. число составляющих эффективности можно корректировать без изменения алгоритма решения поставленной задачи. В рассмотренном методе число анализируемых проектов не ограничено. В зависимости от особенностей сравниваемых проектов набор таких показателей может быть скорректирован. В случае необходимости сопоставления проектов, направленных на добычу различных видов полезных ископаемых, целесообразно применять показатели, позволяющие проводить корректное сравнение (в том числе путем использования балльных оценок). Такой подход даст возможность сопоставлять проекты добычи твердых полезных ископаемых, нефти и природного газа. При проведении оценки сравнительной эффективности проектов можно учитывать особенности оценки эффективности инвестиционных проектов в условиях их долевого финансирования с учетом распределения получаемых эффектов заинтересованным сторонам (Новоселов и др., 2018, с. 1485).

Предложенный алгоритм и научный инструментарий сравнительной оценки эффективности проектов применим в практике оценки инвестиционной деятельности в условиях промышленного освоения Арктики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Бежан А.В., Коновалова О.Е. (2022). Оценка эффективности внедрения микро-гидроэлектростанций для развития экотуризма в удаленных районах Арктической зоны Российской Федерации (на примере Мурманской области) // *Арктика: экология и экономика*. Т. 12. № 2. С. 288–297. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-288-297 [Bezhan A.V., Kononova O.E. (2022). The effectiveness evaluation of implementing micro-hydroelectric power plants for the ecotourism development in remote areas of the Arctic zone of the Russian Federation (on the example of the Murmansk region). *Arctic: Ecology and Economy*, 12 (2), 288–297. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-288-297 (in Russian).]
- Благова Л.А., Десяцкова А.И., Дорохова К.В., Чернышова Е.С. (2017). Экономические критерии выбора рекомендуемого варианта разработки месторождений углеводородного сырья // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. Т. 2. № 1. С. 295–299. [Blagova L.A., Desyatskova A.I., Dorokhova K.V., Chernyshova E.S. (2017). Economic criteria for choosing the recommended option for the development of hydrocarbon deposits. *Interexpo Geo-Siberia*, 2 (1), 295–299 (in Russian).]
- Бурцева И.Г., Тихонова Т.В., Бурцев И.Н. (2022). Экономическая оценка минерально-сырьевого потенциала арктических территорий Республики Коми // *Арктика: экология и экономика*. Т. 12. № 1. С. 87–98. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-1-87-98 [Burtseva I.G., Tikhonova T.V., Burtsev I.N. (2022). Economic assessment of mineral resource potential of the Komi Republic Arctic territories. *Arctic: Ecology and Economy*, 12, 1, 87–98. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-1-87-98 (in Russian).]

- Зубарева В.Д., Саркисова А.С., Хатьков В.Ю., Субрий А.А., Оздоева А.Х. (2019). Экономические критерии выбора вариантов разработки нефтяных месторождений // *Нефтяное хозяйство*. № 8. С. 76–79. [Zubareva V.D., Sarkisova A.S., Khatkov V. Yu., Subri A.A., Ozdoeva A.H. (2019). Economic criteria for choosing options for the development of oil fields. *Oil Economy*, 8, 76–79 (in Russian).]
- Исаев А.П., Фомина И.А. (2018). Приоритетные проекты развития зоны Арктики. Восстановление Северного морского пути // *Управленческое консультирование*. № 8. С. 96–105. DOI: 10.22394/1726-1139-2018-8-96-105 [Isaev A.P., Fomina I.A. (2018). Priority projects for the development of the Arctic zone. Restoration of the Northern Sea Route. *Administrative Consulting*, 8, 96–105. DOI: 10.22394/1726-1139-2018-8-96-105 (in Russian).]
- Ларичкин Ф.Д., Фадеев А.М., Череповицын А.Е., Шишкин А.И. (2014). Экологический менеджмент при освоении морских месторождений углеводородов в Арктике // *Север и рынок: формирование экономического порядка*. № 1 (38). С. 126–133. [Larichkin F.D., Fadeev A.M., Cherepovitsyn A.E., Shishkin A.I. (2014). Environmental management in developing offshore fields in the Arctic. *The North and the Market: Forming the Economic Order*, 1 (38), 126–133 (in Russian).]
- Лексин В.Н., Порфирьев Б.Н. (2022). Другая Арктика: опыт системной диагностики // *Проблемы прогнозирования*. Т. 1. № 190. С. 34–44. DOI: 10.47711/0868-6351-190-34-44 [Leksin V.N., Porfiriev B.N. (2022). The other Arctic: Experience in system diagnostics. *Studies on Russian Economic Development*, 33, 1, 22–28. DOI: 10.1134/S1075700722010105 (in Russian).]
- Михайловский А.А., Мелехин Е.С., Новоселова И.Ю. (2019). Комплексная оценка приоритетности инвестиционных проектов развития уранодобывающих предприятий // *Горный журнал*. № 9. С. 83–88. DOI: 10.17580/gzh.2019.09.11 [Mikhailovsky A.A., Melekhin E.S., Novoselova I. Yu. (2019). Comprehensive assessment of the priority of investment projects for the development of uranium mining enterprises. *Gornyi Zhurnal*, 9, 83–88. DOI: 10.17580/gzh.2019.09 (in Russian).]
- Новоселов А.Л., Потравный И.М., Новоселова И.Ю., Чавез Феррейра К.Й. (2018). Механизм реализации инвестиционных проектов экологической направленности на основе долевого финансирования // *Экономика региона*. № 4. С. 1488–1497. DOI: 10.17059/2018-4-33 [Novoselov A.L., Potravny I.M., Novoselova I. Yu., Chávez Ferreyra K.Y. (2018). The mechanism to implement environmental investment projects on the basis of equity financing, *Economy of Region*, 14 (4), 1488–1497. DOI: 10.17059/2018-4-33 (in Russian).]
- Потравная Е.В., Кривошапкина О.А. (2022). Оценка приоритетности компенсационных проектов различными группами населения при промышленном освоении Арктики // *Вестник университета. Теоретический и научно-методический журнал*. № 1. С. 176–188. DOI: 10.26425/1816-4277-2022-1-175-187 [Potravnaya E.V., Krivoshapkina O.A. (2022). Compensation projects priority assessment by various population groups in the arctic industrial development. *Vestnik Universiteta. Scientific and Methodological Journal*, 1, 176–188. DOI: 10.26425/1816-4277-2022-1-175-187 (in Russian).]
- Слепцов А.Н. (2021). Родовая община коренных малочисленных народов Севера в системе управления традиционным природопользованием // *Арктика: экология и экономика*. Т. 11. № 4. С. 568–581. DOI: 10.25283/2223-4594-2021-4-568-581 [Sleptsov A.N. (2021). The tribal community of the indigenous peoples of the North in the system of traditional nature management. *Arctic: Ecology and Economy*, 11, 4, 568–581. DOI: 10.25283/2223-4594-2021-4-568-58 (in Russian).]
- Тарасова О.В., Русяев С.М. (2022). Мультипликативные экономические эффекты в арктических рыбохозяйственных проектах // *Арктика: экология и экономика*. Т. 12. № 2. С. 211–223. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-211-223 [Tarasova O.V., Rusyaev S.M. (2022). Multiplicative economic effects of the Arctic fish projects. *Arctic: Ecology and Economy*, 12, 2, 211–223. DOI: 10.25283/2223-4594-2022-2-211-223 (in Russian).]
- Ухоботов В.И., Стабулит И.С., Кудрявцев К.Н. (2019). Сравнение нечетких чисел треугольного вида // *Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки*. Т. 29. № 2. С. 197–210. DOI: 10.20537/vm190205 [Ukhobotov V.I., Stabulit I.S., Kudryavtsev K.N. (2019). Comparison of triangular fuzzy numbers citation. *Bulletin of Udmurt University. 'Mathematics. Mechanics. Computer Science'*, 29, 2, 197–210. DOI: 10.20537/vm190205 (in Russian).]
- Фадеев А.М., Череповицын А.Е., Ларичкин Ф.Д., Федосеев С.В. (2018). Оценка приоритетности разработки месторождений российской Арктики как инструмент эффективного природопользования в современных макроэкономических условиях // *Энергетическая политика*. № 4. С. 34–47. [Fadeev A.M., Cherepovitsyn A.E., Larichkin F.D., Fedoseev S.V. (2018). Priority assessment of the development of deposits in the Russian Arctic as a tool for efficient nature management in modern macroeconomic conditions. *Energy Policy*, 4, 34–47 (in Russian).]
- Цветков В.А., Дудин М.Н., Ермилина Д.А. (2019). Управление развитием Арктики: финансовое обеспечение региона и выбор критериев оценки эффективности инвестиционных проектов для его освоения // *Управленческие науки*. Т. 9. № 2. С. 62–77. DOI: 10.26794/2404-022X-2019-9-2-62-77 [Tsvetkov V.A., Dudin M.N., Ermilina D.A. (2019). Managing of the Arctic development: Financial support of the region and the criteria choice for evaluating the effectiveness of investment projects. *Management Sciences in Russia*, 9 (2), 62–77. DOI: 10.26794/2404-022X-2019-9-2-62-77 (in Russian).]

- Burtseva E., Sleptsov A., Bysyina A., Fedorova A., Dyachkovski G., Pavlova A.** (2022). Mining Industry of the Republic of Sakha (Yakutia) and problems of environmental and social security of Indigenous Peoples. *Land*, 11, 105. DOI: 10.3390/land11010105
- Dragan S.P., Darko I.B., Dejan V.K.** (2016). Fuzzification of the Saaty's scale and a presentation of the hybrid fuzzy AHP-TOPSIS model: An example of the selection of a brigade artillery group firing position in a defensive operation Vojnotehnički glasnik. *Military Technical Courier*, 64, 4, 966–986.
- Duhaime G., Everett K., Lévesque S., Wei T., Baribeau M., Caron A.** (2021). Social and economic conditions and inequalities in the circumpolar Arctic. *The Economy of the North. ECONOR*, 20, 13–33.
- Gisselquist R.M.** (2014). Paired comparison and theory development: Considerations for case selection. *PS: Political Science & Politics*, 47, 2, 477–484. DOI: 10.1017/S1049096514000419
- Gülin F.C., Pelin T.** (2018). A novel fuzzy risk matrix based risk assessment approach. *Kybernetes*, 47, 9. DOI: 10.1108/K-12-2017-0497
- Kou G., Ergu D., Chen Y., Lin C.** (2016). Pairwise comparison matrix in multiple criteria decision making. *Technological and Economic Development of Economy*, 22, 738–765. DOI: 10.3846/20294913.2016.1210694
- Loginov V.G., Balashenko V.V.** (2016). Assessment of potential and problems of the Arctic development. *Journal of New Economy*, 6, 68, 99–108.
- Mhaske A.S.** (2021). Ranking triangular fuzzy numbers using area of rectangle at different level of α -cut for fuzzy transportation problem. *JETIR*, 8, 3, 2202–2209.
- Nosov S.I., Bondarev B.E., Gladkov A.A., Gassiy V.** (2019). Land resources evaluation for damage compensation to indigenous peoples in the Arctic (case-study of Anabar region in Yakutia). *Resources*, 8, 143. DOI: 10.3390/resources8030143
- Novoselov A., Potravny I., Novoselova I., Gassiy V.** (2020). Sustainable development of the Arctic indigenous communities: The approach to projects optimization of mining company. *Sustainability*, 12, 19, 7963. DOI: 10.3390/su12197963
- Novoselov A., Potravny I., Novoselova I., Gassiy V.** (2022a). Social investing modeling for sustainable development of the Russian Arctic. *Sustainability*, 14, 933. DOI: 10.3390/su14020933
- Novoselov A., Potravny I., Novoselova I., Gassiy V., Sharkova A.** (2022b). Harmonization of interests during Arctic industrial development: The case of mining corporation and indigenous peoples in Russia. *Polar Science*, 35, 100915. DOI: 10.1016/j.polar.2022.100915
- Potravny I., Novoselov A., Novoselova I., Chávez Ferreyra K.Y., Gassiy V.** (2022). Route selection for minerals' transportation to ensure sustainability of the Arctic. *Sustainability*, 14 (23), 16039. DOI: 10.3390/su142316039-01
- Ramík J.** (2020). Pairwise Comparison Matrices in Decision-Making. Pairwise Comparisons Method. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 690, 17–65. DOI: 10.1007/978-3-030-39891-0_2
- Voskoglou M.G.** (2015). Defuzzification of fuzzy numbers for student assessment. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 3, 5, 206–210. DOI: 10.12691/ajams-3-5-5
- Yilmaz K., Ozkir V.** (2018). Extended consistency analysis for pairwise comparison method. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 10, 1, 117–134. DOI: 10.13033/ijahp.v10i1.506

Comparative effectiveness of Arctic region development projects

© 2024 I. M. Potravny, A. L. Novoselov, I. Yu. Novoselova

I. M. Potravny,

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia; e-mail: ecoaudit@bk.ru

A. L. Novoselov,

National University of Oil and Gas "Gubkin University", Moscow, Russia; e-mail: alnov2004@yandex.ru

I. Yu. Novoselova,

Financial University under the Government of the Russian Federation Moscow, Russia; e-mail: iunov2010@yandex.ru

Received 22.03.2023

Abstract. The article deals with the design and development of scientific tools for evaluating investment projects in the Arctic zone of Russia, taking into account the specific features of their application in the region. The necessity is substantiated and a mechanism is proposed for a comprehensive assessment of the effectiveness of investment projects implemented in the Arctic zone to select the highest priority projects, which is based on specific indicators that allow taking into account the peculiarities of the development of the Arctic regions. The system of component indicators for evaluating the effectiveness of projects is proposed. It is based on federal methods and supplemented with special indicators characterizing the regions of the Arctic zone, which allows describing the economic, social, environmental components of efficiency, ensuring state income, regional development, contribution to the national project and the country's defence capability. The recommended set of indicators can be adjusted, which will not affect the developed algorithm for assessing the priority of projects. The authors developed a mechanism for determining the comparative effectiveness of projects based on their cost characteristics and expert assessments that allow determining the developed set of indicators. Experts' assessments in the form of interval numbers are used for calculations. An algorithm for such an assessment of the effectiveness of development projects in the Arctic regions is proposed, including calculation of indicators that make up the assessment of the comparative effectiveness of the projects, determination of the integral assessment of such projects, as well as calculation of the comparative effectiveness of the analyzed projects. A numerical example is given, which makes possible to implement the developed mechanism for calculating the comparative effectiveness of projects in the Arctic zone of the country, taking into account environmental, social, ecological and other factors. The scientific results of the study include the development of economic and mathematical tools for ranking and selecting projects in assessing comparative efficiency in the industrial development of the Arctic. An approach to accounting and evaluating ethnological aspects in determining the effectiveness of projects in the Arctic is proposed.

Keywords: Arctic, socio-economic development, efficiency components, economic efficiency, comparative efficiency, indigenous peoples of the North, economic assessment of damage, state income, project priorities, interval estimates.

JEL Classification: A13, CO2, Q56.

UDC: 338.2

For reference: **Potravny I. M., Novoselov A. L., Novoselova I. Yu.** (2024). Comparative effectiveness of Arctic region development projects. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 1, 59–71. DOI: 10.31857/S0424738824010056 (in Russian).

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Системно-динамическая имитационная модель социально-экономического развития Республики Южная Осетия

© 2024 г. К.С. Гончарова, А.О. Коломыцева, А.Г. Шеломенцев, М.В. Павлов

К.С. Гончарова,

ИЭ УрО РАН, Екатеринбург; e-mail: ksenia.gon4arowa@gmail.com

А.О. Коломыцева,

УрФУ, Екатеринбург; e-mail: anniris21@rambler.ru

А.Г. Шеломенцев,

УрФУ, Екатеринбург; e-mail: a.shelom@yandex.ru

М.В. Павлов,

УрФУ, Екатеринбург; e-mail: pavlovmark24@gmail.com

Поступила в редакцию 17.08.2023

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований и Министерства образования и науки Республики Южная Осетия № 20-514-07001 «Факторы и механизмы саморазвития молодого государства в условиях экономической изоляции (на примере Республики Южная Осетия)».

Аннотация. В основе стратегии социально-экономического развития государства, а также опирающиеся на ее направления и методы реализации государственной политики лежит разработка долгосрочных прогнозов, охватывающих основные жизненно важные сферы. Однако до настоящего времени вопрос о наиболее приемлемом с точки зрения конечного результата (наступление предсказанных событий и/или достижения плановых значений социально-экономической динамики государства) методе прогнозирования остается дискуссионным. В настоящей работе для разработки прогноза социально-экономического развития частично признанной Республики Южная Осетия, учитывая существенную ограниченность ее статистических данных периодом 14 лет (с 2008 по 2022 г.), а также наличие структурных диспропорций, обосновывается использование метода системно-динамического имитационного моделирования, позволяющего преодолеть ограничения, связанные с применением эконометрических моделей. В результате авторами было рассчитано четыре прогнозных сценария развития Республики. Авторы приходят к выводу, что в стратегическом плане необходима разработка комплекса долгосрочных мероприятий, одновременно сочетающих, с одной стороны, сокращение бюджетных расходов по наиболее ёмким статьям; с другой, — выход части предпринимательской деятельности из «тени», а также ее активизацию в перспективных направлениях. Разработанная системно-динамическая имитационная модель социально-экономического развития Республики Южная Осетия позволяет в целом повысить качество рассчитываемых исследователями долгосрочных прогнозов, а также обеспечить высокий уровень обоснованности принимаемых органами государственной власти решений.

Ключевые слова: экономико-математическое моделирование, динамические системы, системно-динамическое моделирование, прогнозирование, прогнозные сценарии, социально-экономическое развитие, Республика Южная Осетия, частично признанные государства.

Классификация JEL: C02, C61, E17, O21, F5.

УДК: 330.46

Для цитирования: Гончарова К.С., Коломыцева А.О., Шеломенцев А.Г., Павлов М.В. (2024). Системно-динамическая имитационная модель социально-экономического развития Республики Южная Осетия // Экономика и математические методы. Т. 60. № 1. С. 71–84. DOI: 10.31857/S0424738824010065

ВВЕДЕНИЕ

Традиционно прогнозирование социально-экономической динамики как элемента стратегического планирования относят к ключевой функции государственного управления (Ванчикова, Архипова, 2015; Дынкин, Миловидов, 2023). При этом от обоснованности прогнозов зависит, с одной стороны, степень достижения целей политики национального и регионального развития (Ивантер,

2020), а с другой — последствия ее реализации (Ивантер и др., 2005). Так, А.Г. Аганбегян, рассматривая пример прогнозирования уровня смертности в период 2020–2021 гг., отмечал: «Минэкономразвития обнародовало свой прогноз на 2020 г. о том, что население России сократится на 152 тыс. чел. Через два месяца <...> они обнародовали новый прогноз — на 350 тыс. чел. Когда кончился год, и легко было посчитать <...> они опубликовали новую цифру снижения населения — на 510 тыс. чел. А в итоге Росстат насчитал 583 тыс. чел. <...>. Между тем <...> когда естественная убыль населения страны набирала силу, был принят Указ Президента РФ В.В. Путина о национальных целях развития на период до 2030 г.,¹ где первой высшей целью страны был объявлен естественный прирост населения, повышение здоровья людей и уровня жизни» (Аганбегян, 2021, с. 36). Помимо этого, как показывает практика, прогнозы, публикуемые международными организациями, правительствами некоторых стран, рейтинговыми агентствами и пр., зачастую выступают в качестве инструмента манипуляции общественным мнением. Это подтверждается результатами проведенного Bloomberg анализа прогнозов МВФ, сделанных за последние 20 лет (с 1999 по 2019 г.): «в 56% случаев прогнозы МВФ занижали рост ВВП, а в 44% завышали его, при этом для США МВФ переоценивает рост в 80% случаях, а для Китая — только в 20%» (Бахтизин, 2023, с. 54).

Таким образом, при разработке стратегии государства и принятии органами власти обоснованных решений исключительно важным является качественное прогнозирование его развития. При этом для непризнанных (признанных частично) государств последнее становится стратегической необходимостью, обеспечивающей условия их выживания. Целью настоящего исследования было построение на основе системно-динамической имитационной модели комплекса долгосрочных прогнозов социально-экономического развития Республики Южная Осетия.

ПРОБЛЕМАТИКА ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАН И РЕГИОНОВ В СОВРЕМЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

До настоящего времени в научной литературе остается дискуссионным вопрос о методах, позволяющих получать наиболее качественные прогнозы социально-экономической динамики государств. В большинстве исследований авторы обращаются к количественным методам, реже — к качественным (например, в работе (Дынкин, Миловидов, 2023) используется метод построения карты знаний).

В аспекте количественных методов наиболее часто в отечественной и зарубежной литературе используются эконометрические, преимущественно авторегрессионные, модели типа — векторной авторегрессии (VAR), в том числе байесовской векторной авторегрессии (BVAR), интегрированной авторегрессии (ARIMA) (Светульников, 2021; Sbrana, Silvestrini, 2023). В сочетании с авторегрессионными моделями в прогностической практике широкое применение также находят DSGE-модели (Колюжнов, Ляхнова, 2022). В настоящее время DSGE-модель Сметса—Вутерса (Smets—Wouters model) (Smets, Wouters, 2002, 2007) активно используется экспертами центральных банков для исследования тенденций денежно-кредитной и налогово-бюджетной политики — пример ФРС (Edge, Kiley, Laforé, 2010), ЕЦБ (Christoffel, Coenen, Warne, 2010), ЦБ РФ (Крепцев, Селезнев, 2016)).

Однако, несмотря на многообразие в современных исследованиях эконометрических моделей, ученые признают ограниченность их применения в сфере народнохозяйственного прогнозирования (Пролубников, 2014): во-первых, из-за относительного постоянства текущей структуры исследуемой социально-экономической системы; во-вторых, однозначности и устойчивости причинно-следственных связей между анализируемыми элементами; в-третьих, ограниченности числа учитываемых факторов, увеличение которых снижает точность (качество) модели. Так, авторы (Крупко, Фетисов, Рогозина, 2020, с. 301) отмечают, что «статистические модели далеко не всегда можно использовать в условиях нестабильности социально-экономического развития». По мнению авторов, обозначенная нестабильность определяется значительными различиями динамики процессов внутри и между используемых для моделирования временных рядов. Также представленный в работе (Heim, 2017) анализ моделей VAR и DSGE демонстрирует ограниченность их объяснительного и предсказательного потенциала. По мнению Дж. Хайма, активное использование данных моделей послужило одной из основных причин того, что «крупномасштабные эконометрические модели в последние десятилетия утратили доверие» (Heim, 2017, с. 39). Поэтому в качестве альтернативы,

¹ Указ Президента РФ В.В. Путина «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» 21.07.2020. См.: <http://kremlin.ru/events/president/news/63728>

апеллируя к точке зрения Р. Солоу, Дж. Хайм предлагает обратиться к структурным моделям, основанным на подходе Я. Тинбергена (Tinbergen, 1939) и разработанным в рамках исследовательской программы Фонда экономических исследований Коулза (The Cowles Foundation for Research in Economics) Т. Купмансом (1940), Л. Клейном (Klein, 1950) (в последующем доработанной в соавторстве с А. Голдбергером (Klein, Goldberger, 1964)), О. Экштейном (Eckstein, 1983) и другими исследователями (Dimand, 2019). В современной отечественной практике к группе структурных моделей можно отнести систему межотраслевого эконометрического моделирования RIM, используемую Институтом народнохозяйственного прогнозирования (ИНП) РАН (Ивантер и др., 2005; Шилов, Янговский, 2017). Учитывая обозначенные ограничения, можно наблюдать рост интереса к использованию альтернативных количественных методов (Аверин, Звягинцева, Швецова, 2018; Крупко, Фетисов, Рогозина, 2020). Одним из наиболее перспективных обозначается метод имитационного моделирования (Кугаенко, 1991; Schweiger et al., 2020; Zhou, Huang, Mardani, 2023).

К настоящему времени данный метод положительно зарекомендовал себя благодаря высокой степени приближенного к реальности описанию функционирования и развития (в том числе сценарного прогнозирования (Гафарова, 2013)) сложных социально-экономических систем — уровня страны (Резчиков и др., 2015; Яндыбаева, Кондратов, 2020; Jo, Kim, Lee, 2023), региона внутри государства (Сушко, 2012; Балуков, Яндыбаева, 2019; Яндыбаева, 2019), муниципального образования (Копырин, 2008; Масленникова, 2020). В (Yuan, Wang, 2014) авторы отмечают, что большинство ученых сходятся во мнении, «что системно динамический подход позволяет лучше анализировать динамическое поведение систем с целостной точки зрения, уделяя особое внимание вопросам взаимодействия между элементами в системах» (Yuan, Wang, 2014, p. 989). Такой анализ в полной мере соответствует цели и объекту работы.

Так, в настоящей работе было принято решение использовать модели системной динамики, основывающиеся на сбалансированном подходе к прогнозированию вклада ресурсов каждой из выделенных архитектурных компонент. Выбранный методический подход позволил обойти ряд исследовательских ограничений. Во-первых, ограниченность длины временного ряда — в 14 лет (с 2008 по 2022 г.)². Во-вторых, положение о том, что в анализируемый период Республика Южная Осетия находилась в процессе восстановления после военных действий (август 2008 г.). В-третьих, наличие сложных, зачастую имеющих неявный характер, взаимосвязей между основными секторами экономики, а также структурных диспропорций в динамике социально-экономического развития (в том числе в численности населения, объемах производства, доходов бюджета и т.д.), для построения комплекса долгосрочных прогнозов Республики.

Предлагаемый в работе метод позволяет рассматривать объект исследования — Республику Южная Осетия как сложную социально-экономическую систему, структура которой постоянно изменяется и находится под влиянием широкого круга факторов. При этом аналитическим объектом моделирования были выбраны взаимосвязанные потоки трудовых, финансовых, материальных и других ресурсов, на изменение которых влияет комплекс внешних обстоятельств. Достоинства выбранного подхода заключаются в возможности, во-первых, выполнять расчеты по сценариям, учитывающим различные варианты распределения ресурсов и характеристик потоков внутри анализируемой системы. Во-вторых, он позволяет учитывать существование нелинейных прямых и обратных связей между элементами системы, меняющихся в течение прогнозируемого периода. И, наконец, в третьих, — он дает возможность учитывать количественные и качественные характеристики анализируемых параметров, обуславливающих динамику социально-экономической системы. Таким образом, выбранный метод является гибким инструментом анализа данных, применение которого (за счет формируемой аналитической системы) позволит наиболее полно обосновать рассчитываемые прогнозные сценарии.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ ЮЖНАЯ ОСЕТИЯ НА ОСНОВЕ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМНО-ДИНАМИЧЕСКОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

При разработке и последующей работе с системно-динамической имитационной моделью был выполнен ряд этапов, перечисленных ниже.

² Период, за который представлены данные на официальном сайте Управления Государственной службы статистики Республики Южная Осетия.

На этапе 1 проведена формализация и оптимизация модели, а также спроектирована ее архитектура. Так, были подобраны наиболее полно описывающие различные сферы социально-экономического развития Республики Южная Осетия количественные показатели и определены основные допущения, на основе которых предполагалось дальнейшее построение имитационной модели. При этом мы исходили из следующих положений.

1. Для моделирования баланса между доходами и расходами Республики нами была введена переменная «бюджетная обеспеченность», равная разности между доходами и расходами. Мы также исходили из стремления органов власти сохранить сбалансированность бюджета (данная тенденция наблюдалась весь период, за который мы располагаем данными).

2. Для формального описания объема производства Республики Южная Осетия нами была использована производственная функция Кобба–Дугласа.

3. «Рабочая сила» определялась нами как численность занятого и безработного населения, в совокупности составляющая все трудоспособное население Республики Южная Осетия. Уровень безработицы рассчитывался нами как отношение безработных к общему числу трудоспособного населения.

4. В модель не закладывалась половозрастная структура населения; все население Республики Южная Осетия учитывалось как единая переменная.

На этапе 2, используя данные Государственной службы статистики Республики Южная Осетия, опубликованные в соответствующих сборниках³, были собраны статистические данные — временные ряды показателей, характеризующих ключевые сферы социально-экономического развития РЮО: бюджетную, фискальную, экономическую, социальную и демографическую. Итоговый набор данных включал около 2 тыс. показателей.

На этапе 3 проведен анализ причинно-следственных связей между комплексом детерминант, обуславливающих динамику основных тенденции социально-экономического развития Республики Южная Осетия.

В результате выполнения данного этапа была получена когнитивная модель управления данными — диаграмма причинно-следственных зависимостей для системы взаимодействия архитектурных компонент — рассматриваемых сфер (рис. 1). Стрелками указаны направления влияния одного фактора на другой, а знаками «+» и «-» — его (влияния) характер, установленный посредством

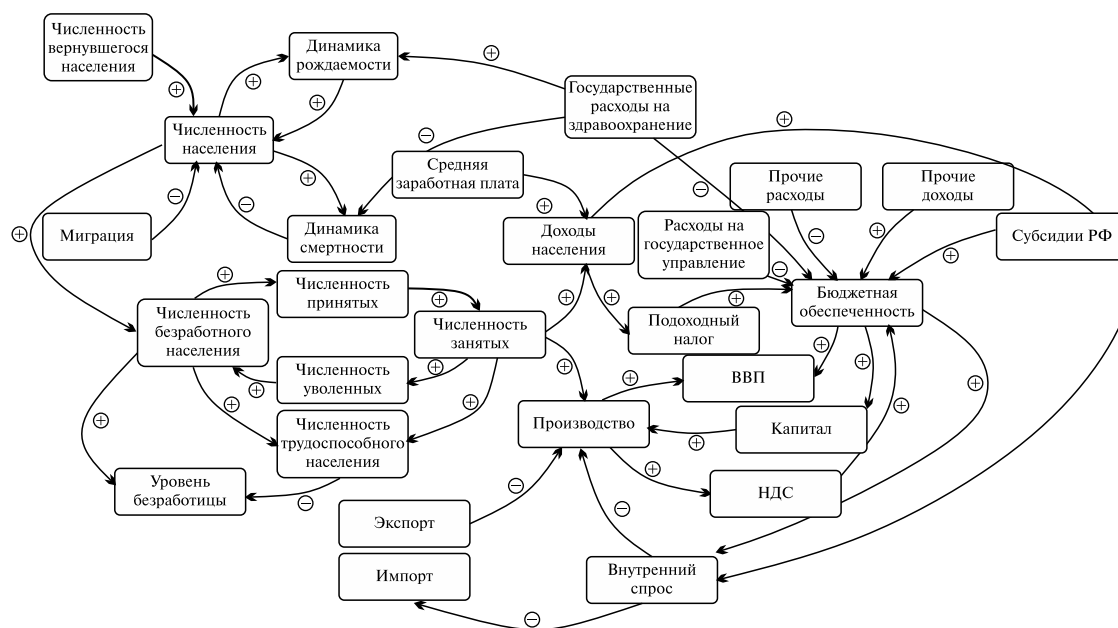


Рис. 1. Диаграмма причинно-следственных связей ключевых показателей социально-экономического развития Республики Южная Осетия

³ Статистический справочник. Официальный сайт Управления Государственной службой статистики Республики Южная Осетия (<https://ugostat.ru/category/spravochnik/>).

выполнения в программном пакете Statistica корреляционно-регрессионного анализа временных рядов. Так, при знаке «+» независимая переменная положительно воздействует на зависимую переменную — при положительной динамике одного фактора возрастает и другой. При знаке «-» — независимая переменная отрицательно воздействует на зависимую переменную, т.е. при положительной динамике одного фактора рост другого начинает сокращаться.

На этапе 4 с помощью отдельных уравнений, отражающих существенные характеристики переменных, была описана динамика работы ряда подсистем разрабатываемой модели.

Так, для подсистемы, моделирующей динамику численности населения Республики, учитывалось наличное население, а также влияющие на него параметры: рождаемость, смертность, эмиграция. Для отражения численности населения в момент времени t нами был введен уровень

$$P_t = b_t + d_t + m_t^+ + m_t^- + P_0, \quad (1)$$

где b_t — динамика рождаемости; d_t — динамика смертности; m_t^+ — динамика возвращения населения в страну / республику; m_t^- — динамика оттока населения из страны / республики (эмиграции); P_0 — начальное значение численности населения.

Для модели, описывающей динамику трудовых ресурсов Республики Южная Осетия, был предусмотрен учет общей численности трудоспособного населения, занятого и незанятого, динамики найма и увольнений, а также уровня безработицы.

Для учета занятого и незанятого трудоспособного населения нами были введены два уровня:

$$L_{u,t} = l_t + f_t - h_t + L_{u,0}, \quad (2)$$

где $L_{u,t}$ — численность незанятого населения в момент времени t ; l_t — темп увеличения численности трудоспособного населения; f_t — темп увеличения численности незанятого населения по причине увольнений; h_t — темп уменьшения численности незанятого населения за счет найма; $L_{u,0}$ — начальная численность незанятого населения;

$$L_{b,t} = h_t - f_t + L_{b,0}, \quad (3)$$

$L_{b,t}$ — занятое население в момент времени t ; h_t — темп увеличения численности занятого населения за счет найма; f_t — темп уменьшения численности занятого населения по причине увольнений; $L_{b,0}$ — начальная численность занятого населения.

Таким образом, общая численность трудоспособного населения была рассчитана по формуле

$$L_t = L_{b,t} + L_{u,t}, \quad (4)$$

а уровень безработицы — как отношение незанятого населения к общему числу трудоспособного населения

$$\lambda_t = L_{u,t} / L_t. \quad (5)$$

Нами была рассмотрена подсистема, с помощью которой моделировался бюджет Республики Южная Осетия. Мы ввели уровни, отражающие текущий объем средств бюджета и темпы движения доходов и расходов:

$$B_t = I_t - C_t + B_0, \quad (6)$$

где B_t — уровень, отражающий объем средств на момент времени t ; I_t — динамика суммарных доходов бюджета за период времени; C_t — динамика суммарных расходов бюджета за период времени; B_0 — начальный объем бюджета.

Анализ структуры доходов бюджета позволил заключить, что основными статьями дохода являются: субсидии, предоставляемые Российской Федерацией, налог на добавленную стоимость, подоходный налог, а также прочие доходы. Структура бюджета была нами записана в виде

$$I_t = v_t + \theta_t + s_t + \omega_t, \quad (7)$$

где I_t — доходы бюджета за период времени; v_t — налог на добавленную стоимость; θ_t — подоходный налог; s_t — поддержка / субсидии РФ; ω_t — прочие доходы.

В свою очередь основными статьями расходов бюджета являлись государственное управление, здравоохранение, импорт из Российской Федерации, другие внутренние расходы (образование, промышленность, сельское хозяйство) и пр. Математически это выглядит так:

$$C_t = g_t + p_t + h_t + q_t + o_t, \quad (8)$$

где C_t — расходы бюджета за период времени t ; g_t — расходы по основным направлениям; p_t — расходы на импорт из РФ; h_t — расходы на здравоохранение; q_t — расходы на государственное управление; o_t — прочие расходы.

Доходы населения рассчитывались по формуле

$$W_t = \bar{w}L_{b,t}, \quad (9)$$

подоходный налог —

$$\theta_t = \gamma W_t, \quad (10)$$

где W_t — доходы населения за период времени t ; $\bar{w}$ — средняя заработная плата; θ_t — подоходный налог за период времени t ; γ — ставка подоходного налога.

Все затраты бюджета по основным направлениям рассматривались в качестве капиталовложений. Для этого был введен уровень капитала:

$$K_t = g_t - d_t + K_0, \quad (11)$$

где K_t — уровень капитала за период времени t ; g_t — динамика роста капиталовложений; d_t — динамика устаревания капитала; K_0 — начальный уровень капитала.

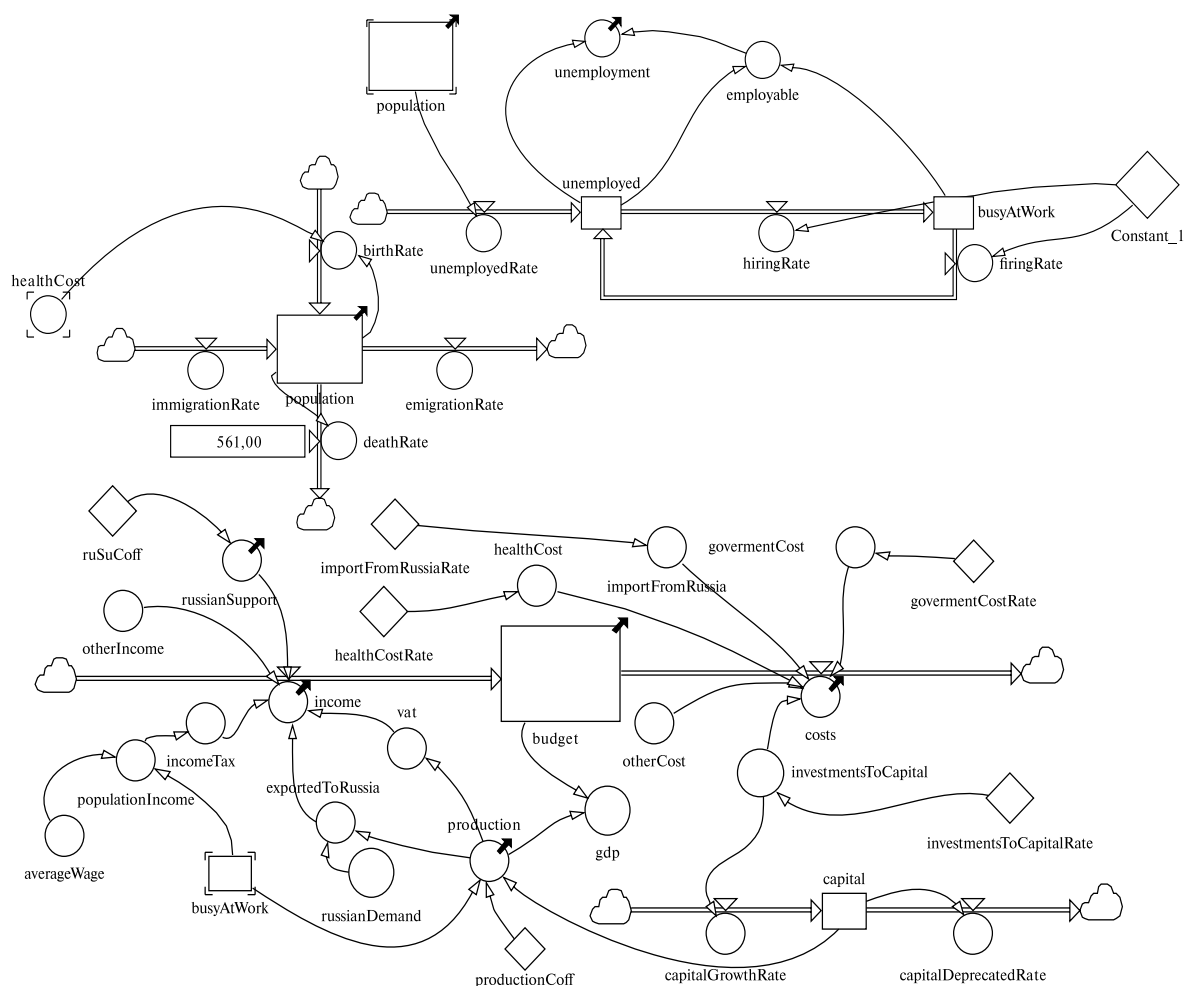


Рис. 2. Системно-динамическая имитационная модель социально-экономического развития Республики Южная Осетия

Для расчета объема производства Республики Южная Осетия была использована функция Кобба–Дугласа, где факторами производства выступали трудовые ресурсы (трудоспособное население), а также объем капитала:

$$P_t = \beta L_{b,t}^\alpha K_t^{1-\alpha}, \quad (12)$$

где P_t — объем производства в момент времени t ; β — технологический коэффициент; α — коэффициент эластичности.

Вследствие того что произведенная продукция является налогооблагаемой, нами был рассчитан объем налога на добавленную стоимость:

$$v_t = \tau P_t, \quad (13)$$

где v_t — налог на добавленную стоимость; τ — ставка налога на добавленную стоимость; P_t — объем производства.

На этапе 5 с помощью пакета PowerSim Studio (версия 7) была выполнена программная реализация модели, ее настройка, валидация, итерационная калибровка и верификация.

Графическая визуализация разработанной системно-динамической имитационной модели социально-экономического развития Республики Южная Осетия представлена на рис. 2.

Модель включала пять уровней элементов: управляемая переменная, уровни 0–3. Управляемая переменная и элементы уровня 0 вводились авторами исследования. Уровень 1 состоял из элементов, которые высчитывают эффективность стратегии на основе введенных данных. Уровень 2 представлял собой результирующие показатели. Уровень 3 — комплексный показатель эффективности.

На этапе 6 выполнена постановка и эксперименты с помощью разработанной модели, а также интерпретация результатов. Выработаны рекомендации на основе полученных результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ — ПРОГНОЗНЫЕ СЦЕНАРИИ ДОЛГОСРОЧНОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ ЮЖНАЯ ОСЕТИЯ

На территории постсоветского пространства находится шесть из тринадцати непризнанных или частично признанных членами ООН государств, образование которых объединяют следующие обстоятельства: ключевая роль межэтнических конфликтов, возникших после распада Советского Союза, в самоопределении населения; существование в условиях экономической и политической изоляции. Одним из таких государств на территории Северного Кавказа является Республика Южная Осетия. До распада СССР она была автономной областью в составе Грузинской ССР. Сегодня Южная Осетия обладает всеми признаками самостоятельного государства, в частности — исполнительной, законодательной и судебной властью; выборными органами власти; установленными границами; собственной налоговой системой; армией; полицией; государственным аппаратом и т.п.

В настоящее время органы власти Республики рассматривают два основных сценария перспектив ее развития. Во-первых, присоединение к Российской Федерации, в 2022 г. Президент Республики Южная Осетия — А.И. Бибилев говорил о возможности проведения референдума о вхождении Южной Осетии в состав России⁴. Во-вторых, сохранение существующего статуса частично признанного государства на неопределенный срок. Для Российской Федерации дальнейшее социально-экономическое развитие Южной Осетии является исключительно важной задачей, так как ее геополитическое положение обеспечивает безопасность России на Северном Кавказе.

Следует отметить, что в 2013 г. Парламентом республики была принята «Стратегия социально-экономического развития Республики Южная Осетия до 2030 года», в которой в качестве цели заявлено «превращение Южной Осетии в экономически самодостаточное, конкурентоспособное и инвестиционно привлекательное государство, комфортное для проживания и обеспечивающее высокое качество жизни населения»⁵. Однако независимо от выбора сценария основной

⁴ Обращение к народу Республики Южная Осетия. Опубликовано: 30.03.2022. Официальный сайт Президента Республики Южная Осетия (<https://presidentruo.org/obrashhenie-prezidenta-anatoliya-bibilova/>); Леваненкова Г. (2022). Почти сбывшаяся мечта: войдет ли Южная Осетия в состав России // ТАСС. 4.04.2022. (<https://tass.ru/opinions/14270469>).

⁵ «Стратегия социально-экономического развития Республики Южная Осетия до 2030 года». Официальный сайт Министерства экономического развития Республики Южная Осетия (<https://economyrso.org/directions/detail/34/strategicheskoe-planirovanie/>); «Парламентарии обсудили проект закона “О внесении изменений в Закон РЮО “О Стратегии

проблемой в дельнейшем остается экономическая самостоятельность республики, определяющаяся ее возможностями: выполнять в полном объеме свои обязательства перед населением в сферах безопасности, социальной защиты, здравоохранения, образования, качества жизни; возможностями исполнения обязательств как субъекта международной политики и права; эффективного функционирования государственных институтов. Сегодня большая часть из перечисленных обязательств покрываются из субсидий РФ, однако удельный вес финансовой помощи в бюджете республики с 2008 г. постепенно сокращается с 95 (в 2008–2011 гг.), до 80–82% (в 2020–2022 гг.). Соответственно, вследствие высокой доли субсидий, которая имеет тенденцию к сокращению, в данном исследовании было важно оценить, располагает ли частично признанное государство достаточными собственными источниками средств для обеспечения финансовой независимости и социально-экономического развития в перспективе.

Прогнозные расчеты выполнялись по *четырем основным сценариям*, опирающимся на ряд положений и отражающих последовательный переход Республики Южная Осетия на условия саморазвития.

1. Переход на условия саморазвития означает постепенное сокращение субсидирования национальной экономики из средств Российской Федерации. Это потребует, с одной стороны, поиска имеющихся резервов, с другой — их мобилизации.

2. Учет внутренних и внешних факторов, обуславливающих динамику национальной экономики Республики и выявленные взаимосвязи между основными параметрами, характеризующими сектора экономики и уровень социально-экономического развития в целом. К внутренним факторам относятся: высокий уровень теневой экономики, высокий потенциал развития сельского хозяйства, уникальная природа, открывающая возможность для развития туристско-рекреационной деятельности и пр. К внешним факторам относятся: геополитическая изоляция и связанные с ней ограничения в экспорте и импорте товаров, нестабильные внешние социально-политические условия и т.д.

3. Выбор интервала прогнозирования до 2030 г. определялся принятым в Российской Федерации горизонтом стратегического планирования, а также высокой степенью неопределенности социально-экономической ситуации в Республике и рисками, оказывающими существенное влияние на результаты прогнозов, рассчитываемых на длительный период.

4. В основу модели заложены установленные с 2008 г. тенденции изменения ключевых показателей социально-экономического развития Республики Южная Осетия.

Таким образом, были сформулированы следующие основные сценарии социально-экономического развития Республики Южная Осетия на период до 2030 г. Первый сценарий предполагает сохранение существующих тенденций, включая динамику объемов субсидирования экономики Республики из Российской Федерации (рис. 3), демографических процессов, развития

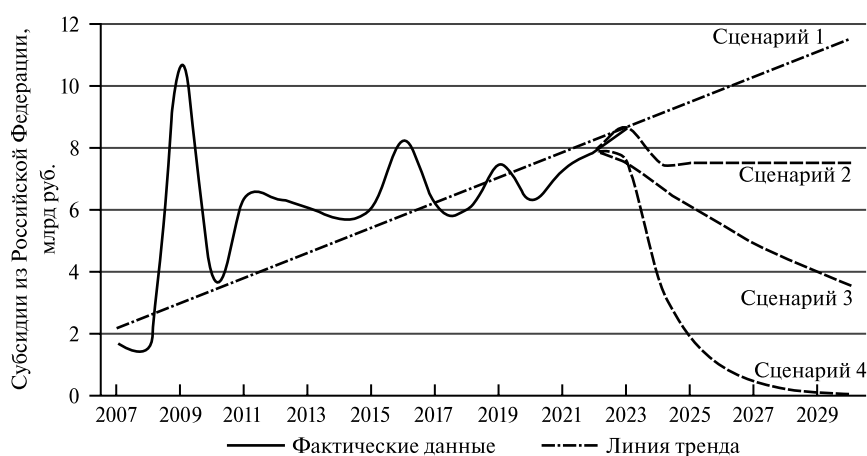


Рис. 3. Основные сценарии динамики объемов субсидирования Республики Южная Осетия на период до 2030 г.

социально-экономического развития РЮО до 2030 года' ». Официальный сайт Парламента Республики Южная Осетия (<https://parliamentso.org/node/2741>).

предпринимательства, промышленности, сельского хозяйства и пр. Второй сценарий основан на гипотезе замораживания объемов субсидирования Россией экономики Южной Осетии на уровне 2022 г. (7,5 млрд руб.). Третий сценарий рассчитывался исходя из предположения о постепенном двукратном сокращении объемов субсидирования Республики Южная Осетия Российской Федерацией к 2030 г. В четвертый сценарий заложена гипотеза о прекращении субсидирования Республики Южная Осетия Российской Федерацией к 2030 г.

Перейдем к анализу сценариев.

Сценарий 1. Сохранение сложившиеся динамики объемов субсидирования Республики Южная Осетия и достижение к 2030 г. суммы в 9,4 млрд руб., что составляет около 80% общего объема доходов бюджета республики. При сохранении существующих тенденций до 2030 г. общая численность населения составит 58,8 тыс. человек (в том числе моложе трудоспособного возраста — 12,2 тыс. человек), в трудоспособном возрасте — 32,2 тыс. человек, старше трудоспособного возраста — 14,4 тыс. человек. В общей численности населения городское может составить 35,8 тыс. человек; сельское — 23,0 тыс. человек. Численность занятого в экономике населения составит 29,5 тыс. человек, в том числе в промышленности — 1,9 тыс. человек, сельском хозяйстве — 0,4 тыс. человек, торговле и общественном питании — 2,6 тыс. человек, жилищно-коммунальном хозяйстве и бытовом обслуживании населения — 3,5 тыс. человек, здравоохранении и социальном обеспечении — 2,8 тыс. человек, образовании — 5,6 тыс. человек, культуре и искусстве — 1,5 тыс. человек, органах государственной власти 8,0 тыс. человек, судебной власти — 0,7 тыс. человек. ВВП возрастет с 6,9 млрд руб. в 2022 г. до 10,2 млрд руб. за счет роста промышленности, сельского хозяйства, торговли и услуг. Среднемесячные денежные доходы на душу населения возрастут с 15,4 тыс. руб. до 22,7 тыс. руб. При этом уровень безработицы останется на прежнем уровне.

За рассматриваемый период в рамках общих тенденций доходы бюджета возрастут с 9,3 млрд руб. в 2022 г. до 11,7 млрд руб. в 2030 г. (с учетом субсидий РФ). Внешняя торговля с Россией и другими странами останется на том же уровне, в целом сохранив свою структуру. При этом импорт будет превышать экспорт в два раза.

Сценарий 2. Замораживание объемов субсидирования Российской Федерацией экономики Южной Осетии на уровне 2022 г. (7,8 млрд руб.). При сохранении существующих тенденций, наблюдающихся в основных секторах экономики и социально-демографических процессах, дефицит бюджета будет устойчиво расти и к 2030 г. составит около 0,9 млрд руб., что соответствует 7% бюджета республики. В связи с этим нами были предложены следующие варианты компенсации выпадающего финансирования за счет сокращения бюджетных расходов, активизации экономической деятельности в основных секторах экономики и комбинации сценариев 1 и 2.

При выборе сценария 1 потребуется сократить бюджетные расходы на сумму 1,6 млрд руб. по наиболее затратным статьям бюджета, а именно — государственное управление, содержание жилищно-коммунального хозяйства, здравоохранение, образование, поддержка отраслей экономики. Сценарий компенсации выпадающих из бюджета сумм за счет активизации экономической деятельности в основных секторах экономики представляется более реальным, учитывая существующий экономический потенциал республики. Наиболее перспективными секторами являются: промышленное производство, строительство, торговля, услуги, вклад которых в ВВП Республики Южная Осетия в 2022 г. составил 17,5%. За счет их развития к 2030 г. объем ВВП страны должен возрасти в 2,3 раза и составить порядка 16,9 млрд руб. Также частично решение данной задачи возможно путем повышения собираемости налогов и вывода существующего бизнеса из тени. Помимо этого, по нашему мнению, целесообразно рассмотреть возможность сокращения импорта товаров, составившего в 2022 г. 3,2 млрд руб., которые могут быть произведены на территории республики. При этом реализация любого из приведенных сценариев или их сочетания предполагает мобилизацию существующих резервов и не вызовет значительных структурных изменений в экономике республики и ее демографических процессах.

Сценарий 3. Сокращение субсидирования экономики Южной Осетии до 50%-ного уровня 2022 г., что соответствует 3,7 млрд руб. в 2030 г. и будет покрывать только 30% всех текущих расходов бюджета. Так, если в 2022 г. общие доходы бюджета составляли 9,3 млрд руб., в том числе собственных — 1,8 млрд руб., субсидии РФ — 7,8 млрд руб., то к 2030 г. общие доходы могут составить 10,0 млрд руб., причем собственные — 6,3 млрд руб., субсидии РФ — 3,7 млрд руб. При сохранении существующих тенденций в основных секторах экономики и демографических процессах дефицит бюджета будет устойчиво расти и к 2030 г. составит около 18%. Нами были проанализированы

те же варианты компенсации выбывающего финансирования, которые до этого были заложены в сценарии 2. Соответственно потребуются сокращение бюджетных расходов по статьям, ранее указанным в сценарии 2, однако это потребует их более значительного сокращения, что может стать фактором возникновения социальной напряженности. Сценарий компенсации за счет существенной активизации экономической деятельности должен позволить увеличить объем налоговых поступлений в бюджет минимум на 40%. Однако в среднесрочном периоде это представляется нереальным, так как потребует увеличения объемов производства и услуг от существующего уровня более чем в четыре раза. Так, если в 2022 г. в промышленном производстве, строительстве, сельском хозяйстве, торговле, услугах работало около 4,7 тыс. человек, то при соответствующем увеличении объемов численность занятых должна возрасти к 2030 г. до 12–15 тыс. человек. Реализация этого сценария потребует выполнения комплекса мероприятий одновременно во всех направлениях, включая: сокращение бюджетных расходов; обеспечение роста экономической активности как в государственном, так и частном секторах; выведение экономической деятельности из тени; привлечение дополнительной рабочей силы и привлечение инвестиций в создание новых рабочих мест.

Сценарий 4. Переход на полное самофинансирование экономики Республики Южная Осетия к 2030 г. Все ее расходы должны покрываться за счет собственных источников. Следует отметить, что этот вариант можно рассматривать только как гипотетический. Так, если в 2022 г. общие расходы бюджета составляли 9,6 млрд руб., то к 2030 г. они вырастут до 12,2 млрд руб. При этом, собственные средства Республики Южная Осетия (без дотаций из Российской Федерации) составляли в 2022 г. 1,8 млрд руб., а к 2030 г. они должны составить не менее 9,1 млрд руб. Очевидно, что текущих резервов по состоянию на 2023 г. недостаточно для такого сценария.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основе результатов анализа четырех прогнозных сценариев постепенного перехода Республики Южная Осетия на условия саморазвития сделан вывод, что в течение ближайших 8–10 лет полный отказ от субсидий со стороны Российской Федерации представляется нереальным. При этом авторы приходят к выводу, что в стратегическом плане необходима разработка комплекса долгосрочных мероприятий, сочетающих сокращение бюджетных расходов по наиболее емким статьям с одновременным выходом части предпринимательской деятельности из «тени», а также ее активизацию в перспективных направлениях.

Построенные на основе моделей системной динамики сценарии позволяют повысить качество долгосрочных прогнозов и обоснованность принимаемых органами государственной власти решений. Так, необходимо существенно уточнить принятую в настоящее время «Стратегию социально-экономического развития Республики Южная Осетия до 2030 года» либо разработать новую, с учетом реальных экономических (уровня привлекаемых инвестиций, темпов развития отраслей экономики и пр.) и внешнеполитических условий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Аверин Г.В., Звягинцева А.В., Швецова А.А. (2018). О подходах к предсказательному моделированию сложных // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика*. Т. 45. № 1. С. 140–148. DOI: 10.18413/2411-3808-2018-45-1-140-148 [Averin G.V., Zviagintseva A.V., Shvetsova A.A. (2018). On approaches to predictive modeling of complex system. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Economics. Information Technologies*, 45, 1, 140–148. DOI: 10.18413/2411-3808-2018-45-1-140-148 (in Russian).]
- Аганбегян А.Г. (2021). О необходимости планирования в новой России // *Вопросы политической экономики*. № 2 (26). С. 27–44. DOI: 10.5281/zenodo.5040286 Режим доступа: <https://zenodo.org/record/5040286> [Aganbegyan A.G. (2021). On the need for planning in new Russia. *Questions of Political Economy*, 2 (26), 27–44. DOI: 10.5281/zenodo.5040286 Available at: <https://zenodo.org/record/5040286> (in Russian).]
- Балуков А.В., Яндыбаева Н.В. (2019). Прогнозирование показателей социально-экономического развития муниципального района // *Актуальные проблемы современности: наука и общество*. № 1 (22). С. 3–9. [Balukov A.V., Iandybaeva N.V. The forecast of the indicators of the municipality socio-economic development. *Actual Issues of Modern Science and Society*, 1 (22), 3–9 (in Russian).]
- Бахтизин А.Р. (2023). Вопросы прогнозирования в современных условиях // *Экономическое возрождение России*. № 2 (76). С. 53–62. DOI: 10.37930/1990-9780-2023-2(76)-53-62 [Bakhtizin A.R. (2023). The challenges of

- forecasting under current conditions. *The Economic Revival of Russia*, 2 (76), 53–62. DOI: 10.37930/1990-9780-2023-2(76)-53-62 (in Russian).]
- Ванчикова Е.Н., Архипова М.Ю.** (2015). Социально-экономическое прогнозирование как функция регионального управления // *Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент*. № 3. С. 42–48. [Vanchikova E.N., Arkhipova M.Y. (2015). Socio-economic forecasting function as a regional management. *Buryat State University Bulletin. Economy and Management*, 3, 42–48 (in Russian).]
- Гафарова Е.А.** (2013). Имитационные модели комплексного регионального развития // *Управление большими системами*. № 45. С. 206–221. [Gafarova E.A. (2013). Simulation models of integrated regional development. *Large-Scale Systems Control*, 45, 206–221 (in Russian).]
- Дынкин А.А., Миловидов В.Д.** (2023). Наука дальновидности: как преуспеть в стратегическом прогнозировании и планировании // *Проблемы прогнозирования*. № 3 (198). С. 6–23. DOI: 10.47711/0868-6351-198-6-23 [Dyngin A.A., Milovidov V.D. (2023). The science of foresight: How to succeed in strategic forecasting and planning. *Studies on Russian Economic Development*, 34, 3, 285–296. DOI: 10.47711/0868-6351-198-6-23 (in Russian).]
- Ивантер В.В.** (2020). К 85-летию со дня рождения. О прогнозировании российской экономики // *Проблемы прогнозирования*. № 6 (183). С. 12–17. DOI: 10.47711/0868-6351-183-12-17 [Ivanter V.V. (2020). To the 85th anniversary of his birth. On forecasting the Russian economy. *Studies on Russian Economic Development*, 6 (183), 12–17. DOI: 10.47711/0868-6351-183-12-17 (in Russian).]
- Ивантер В.В., Узиков М.Н., Ксенофонов М.Ю., Панфилов В.С., Говтвань О.Д., Широ А.А. и др.** (2005). Будущее России: инерционное развитие или инновационный прорыв (долгосрочный сценарный прогноз) // *Проблемы прогнозирования*. № 5. С. 17–66. [Ivanter V.V., Uzyakov M.N., Ksenofontov M.Y., Panfilov V.S., Govtvan O.D., Shirov A.A. et al. (2005). The Future of Russia: Inertial development or innovative breakthrough. *Studies on Russian Economic Development*, 5, 17–66 (in Russian).]
- Колужнов Д.В., Ляхнова М.В.** (2022). Малая DSGE-модель экономики России с неоднородным адаптивным обучением // *Мир экономики и управления*. Т. 22. № 3. С. 66–87. DOI: 10.25205/2542-0429-2022-22-3-66-87 [Kolyuzhnov D.V., Lyahnova M.V. (2022). Small DSGE model of the Russian economy with heterogeneous adaptive learning. *World of Economics and Management*, 22, 3, 66–87. DOI: 10.25205/2542-0429-2022-22-3-66-87 (in Russian).]
- Копырин А.С.** (2008). Системно-динамическое моделирование как инструмент для прогнозирования и сценарного анализа на уровне муниципального образования (на примере города-курорта Сочи) // *Региональная экономика: теория и практика*. № 27. С. 57–65. [Kopyrin A. (2008). System-dynamic modeling as a tool for forecasting and scenario analysis at a municipal level (on the example of the resort city of Sochi). *Regional Economics: Theory and Practice*, 27, 57–65 (in Russian).]
- Крепцев Д., Селезнев С.** (2016). DSGE-модели российской экономики с малым количеством уравнений. *Центральный банк РФ. Серия докладов об экономических исследованиях*. № 12. 53 с. [Krepcev D., Seleznev S. (2016). DSGE-models of the Russian economy with a small number of equations. *The Central Bank of the Russian Federation. A series of reports on economic research*, 12, 53 (in Russian).]
- Крупко А.Э., Фетисов Ю.М., Рогозина Р.Е.** (2020). Проблемы прогнозирования социально-экономического развития центрально-черноземного района в условиях политической и социально-экономической нестабильности // *Бизнес. Образование. Право*. № 1 (50). С. 302–309. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.50.181 [Krupko A.E., Fetisov Y.M., Rogozina R.E. (2020). Problems of forecasting of socio-economic development of the central-black-earth district under the conditions of political and socio-economic instability. *Business. Education. Law*, 1 (50), 302–309. DOI: 10.25683/VOLBI.2020.50.181 (in Russian).]
- Кугаенко А.А.** (1991). Модели прогнозирования социально-экономических процессов (на основе методов системной динамики). Дис. ... д-ра эконом. наук. М.: МПГУ. 341 с. [Kugaenko A.A. (1991). *Forecasting models of socio-economic processes (based on system dynamics methods)*. The dissertation ... Doctor of Economics. Moscow, Moscow State University of Education. 341 p. (in Russian).]
- Масленникова А.В.** (2020). Комплексная оценка потенциала Москвы и Московской области для реализации стратегии устойчивого развития Московской агломерации // *Вестник Российского нового университета. Серия: Человек и общество*. № 3. С. 64–70. DOI: 10.25586/RNU.V9276.20.03.064 [Maslennikova A.V. (2020). Comprehensive assessment of the potential of Moscow and the Moscow region for the implementation of the sustainable development strategy of the Moscow metropolitan area. *Vestnik of the Russian New University. Series Man and Society*, 3, 64–70. DOI: 10.25586/RNU.V9276.20.03.064 (in Russian).]
- Пролубников А.В.** (2014). Подходы к прогнозированию и оценке социально-экономического развития российских регионов // *Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии*. № 3 (21). С. 61–66. [Prolubnikov A.V. (2014). Approaches to forecasting and assessment of socio-economic development of Russian regions. *Theory and Practice of Service: Economics, Social Sphere, Technologies*, 3 (21), 61–66 (in Russian).]

- Резчиков А.Ф., Цвиркун А.Д., Кушников В.А., Яндыбаева Н.В., Иващенко В.А. (2015). Методы прогнозной оценки социально-экономических показателей национальной безопасности // *Проблемы управления*. № 5. С. 37–44. [Rezchikov A.F., Tsvirkun A.D., Kushnikov V.A., Yandybaeva N.V., Ivashchenko V.A. (2015). Methods of predictive assessment of socio-economic indicators of national security. *Control Sciences*, 5, 37–44 (in Russian).]
- Светуных С.Г. (2021). Краткосрочное экономическое прогнозирование комплекснозначными авторегрессиями // *Экономическая наука современной России*. № 4 (95). С. 35–48. [Svetunkov S.G. (2021). Short-term economic forecasting by complex-valued autoregressions. *Economics of Contemporary Russia*, 4 (95), 35–48 (in Russian).]
- Сушко Е.Д. (2012). Мультиагентная модель региона: концепция, конструкция и реализация. М.: ЦЭМИ РАН. 54 с. [Sushko E.D. (2012). *Multi-agent model of a region: Concept, design and implementation*. Moscow: Central Economic Mathematical Institute, Russian Academy of Sciences. 54 p. (in Russian).]
- Широв А.А., Янговский А.А. (2017). Межотраслевая макроэкономическая модель RIM — развитие инструментария в современных экономических условиях // *Проблемы прогнозирования*. № 3 (162). С. 3–18. [Shirov A.A., Yantovsky A.A. (2017). Intersectoral macroeconomic model RIM — development of tools in modern economic conditions. *Studies on Russian Economic Development*, 3 (162), 3–18 (in Russian).]
- Яндыбаева Н.В. (2019). Моделирование и прогнозирование показателей социально-экономического развития региона // *Вопросы управления*. № 2. С. 132–139. [Yandybaeva N.P. (2019). Modeling and forecasting indicators of socio-economic development of the region. *Management Issues*, 2 (38), 132–139 (in Russian).]
- Яндыбаева Н.В., Кондратов Д.В. (2020). Математические модели, алгоритмы и комплекс программ для анализа и прогнозирования показателей национальной безопасности // *Прикладная информатика*. Т. 15. № 1 (85). С. 19–36. DOI: 10.24411/1993-8314-2020-10002 [Yandybaeva N., Kondratov D. (2020). Mathematical models, algorithms and complexes of programs for the analysis and forecasting of national security indicators. *Journal of Applied Informatics*, 15, 1, 19–36. DOI: 10.24411/1993-8314-2020-10002 (in Russian).]
- Christoffel K., Coenen G., Warne A. (2010). Forecasting with DSGE models. *European Central Bank Working Paper Series*, 1185, 52.
- Dimand R.W. (2019). The Cowles commission and foundation for research in economics. *Cowles Foundation Discussion*, 2207, 22. DOI: 10.1057/978-1-349-95121-5
- Eckstein O. (1983). *The DRI model of the U.S. economy*. N.Y.: McGraw-Hill Pub. 253 p.
- Edge R., Kiley M., Laforge P. (2010). *A comparison of forecast performance of between Federal Reserve Staff Forecasts, simple reduced form models, and a DSGE model*. Finance and Economics Discussion Series. Division of Research and Statistics and Monetary Affairs, Federal Reserve Board, Washington, DC.
- Heim J.J. (2017). *An econometric model of the US economy structural. Analysis in 56 equations*. Cham (Switzerland): Palgrave Macmillan Cham. 460 p. DOI: 10.1007/978-3-319-50681-4
- Jo C., Kim D.H., Lee J.W. (2023). Forecasting unemployment and employment: A system dynamics approach. *Technological Forecasting and Social Change*, 194, 122715, 1–9. DOI: 10.1016/j.techfore.2023.122715
- Klein L.R. (1950). *Economic fluctuations in the United States, 1921–1941*. Cowles Commission for Research in Economics, 11. N.Y.: John Wiley & Sons. 174 p.
- Klein L.R., Goldberger A.S. (1964). *An econometric model of the United States 1929–1952. Contributions to economic analysis*. Amsterdam: North-Holland Pub. Co. 165 p.
- Koopmans T.C. (1940). The degree of damping in business cycles. *Econometrica*, 8, 1, 79–89. DOI: 10.2307/1906863
- Sbrana G., Silvestrini A. (2023). The RWDAR model: A novel state-space approach to forecasting. *International Journal of Forecasting*, 39, 2, 922–937. DOI: 10.1016/j.ijforecast.2022.03.003
- Schweiger G., Nilsson H., Schoeggl J., Birk W., Posch A. (2020). Modeling and simulation of large-scale systems: A systematic comparison of modeling paradigms. *Applied Mathematics and Computation*, 365, 1–31. DOI: 10.1016/j.amc.2019.124713
- Smets F., Wouters R. (2002). An estimated stochastic dynamic general equilibrium model of the Euro Area. *The European Central Bank. Working paper series*, 71, 69. DOI: 10.2139/ssrn.358102
- Smets F., Wouters R. (2007). Shocks and frictions in us business cycles: A Bayesian DSGE approach. *ECB Working Paper*, 722, 55. DOI: 10.2139/ssrn.958687
- Tinbergen J. (1939). Statistical testing of business cycle theories: Business cycles in the United States of America, 1919–1932 (League of Nations, Geneva, 1939, II, 13–20). In: D. Hendry, M. Morgan. *The foundations of econometric analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 347–351. DOI:10.1017/CBO9781139170116.033
- Yuan H., Wang J. (2014). A system dynamics model for determining the waste disposal charging fee in construction. *European Journal of Operational Research*, 237, 3, 988–996. DOI: 10.1016/j.ejor.2014.02.034
- Zhou M., Huang W., Mardani A. (2023). Examining the relationships between supply, demand, and environmental policies for science and technology innovation using a system simulation model. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8, 3. DOI: 10.1016/j.jik.2023.100395

System-dynamic simulation model of socio-economic development of the Republic of South Ossetia

© 2024 K.S. Goncharova, A.O. Kolomytseva, A.G. Shelomentsev, M.V. Pavlov

K.S. Goncharova,

Institute of Economics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia; e-mail: ksenia.gon4arowa@gmail.com

A.O. Kolomytseva,

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia; e-mail: anniris21@rambler.ru

A.G. Shelomentsev,

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia; e-mail: a.shelom@yandex.ru

M.V. Pavlov,

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Yekaterinburg, Russia; e-mail: pavlovmark24@gmail.com

Received 17.08.2023

This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research and the Ministry of Education and Science of the Republic of South Ossetia (project 20-514-07001) "The young state self-development factors and mechanisms in the economic isolation conditions (an example of the South Ossetia Republic)".

Abstract. A strategy of socio-economic development of the state is based on the development of long-term forecasts covering the main vital areas, as well as based on its directions and methods of state policy implementation. However, to date, a question of the most acceptable method of forecasting from the point of view of a final result (which is the occurrence of predicted events and/or the achievement of the values of indicators of socio-economic dynamics of the state) remains debatable. In this paper, in order to develop a forecast of a socio-economic development of the partially recognized Republic of South Ossetia, taking into account significant limitations of its statistical data for a period of 14 years (from 2008 to 2022), as well as a presence of structural imbalances, the use of the method of system-dynamic simulation modeling is justified. It allows overcoming the limitations associated with the use of econometric models. As a result, authors calculated 4 forecast scenarios for a development of the Republic, reflecting a different level of its self-development. The authors come to a conclusion that the strategic plan requires the development of a set of long-term measures that simultaneously combine, on the one hand, a reduction of budget expenditures on the most capacious items; and on the other — the exit of part of the entrepreneurial activity from the "shadow", as well as its enhancement in the promising areas. The developed system-dynamic simulation model of socio-economic development of an individual state allows, in general, to improve the quality of long-term forecasts calculated by researchers, as well as to ensure a high level of validity of decisions taken by public authorities.

Keywords: economic and mathematical modeling, dynamic systems, system-dynamic modeling, forecasting, forecast scenarios, socio-economic development, Republic of South Ossetia, partially recognized states.

JEL Classification: C02, C61, E17, O21, F5.

UDC: 330.46

For reference: **Goncharova K.S., Kolomytseva A.O., Shelomentsev A.G., Pavlov M.V.** (2024). System-dynamic simulation model of socio-economic development of the Republic of South Ossetia. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 1, 72–84. DOI: 10.31857/S0424738824010065 (in Russian).

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Сравнение динамики спотовых цен на электричество в европейской и сибирской ценовых зонах России в модели стохастической волатильности

© 2024 г. К.А. Касьянова

К.А. Касьянова,
РАНХиГС, Москва; e-mail: kasyanova-ka@ranepa.ru

Поступила в редакцию 31.08.2022

Аннотация. В литературе о прогнозировании спотовых цен на электричество отмечается, что эмпирическое распределение темпов роста равновесных цен на электричество отличается наличием тяжелых «хвостов», поэтому их можно описать как диффузионно-скачкообразный процесс. При этом цены на электричество связаны со множеством наблюдаемых факторов, которые могут быть учтены в модели. Разработана модель, позволяющая учесть статистические особенности цен на электричество (наличие многоуровневой сезонности, стохастическую волатильность) и фундаментальные ценовые факторы, прямо или косвенно влияющие на равновесные индексы цен (погода, цены на ресурсы, индекс промышленного производства). С помощью байесовского анализа было показано, что среди рассмотренных альтернатив разработанная двухуровневая спецификация модели стохастической волатильности, разделяющая факторы, влияющие на детерминистическую и стохастическую компоненты ряда, наилучшим образом описывает данные. В результате анализа были выявлены различия в динамике цен в европейской и сибирской ценовых зонах: влияние погоды в ценовых зонах неодинаковое, имеются различия в недельной динамике цен и влиянии праздничных дней. Эффект низкочастотных экономических факторов (цен на ресурсы, индекса промышленного производства) на цены не был выявлен. Данная модель является полезным инструментом для анализа краткосрочной и долгосрочной динамики цен на электричество, построения сценарных прогнозов, а также потенциально может использоваться в управлении рисками и при ценообразовании производных финансовых инструментов на рынке электроэнергии.

Ключевые слова: спотовые цены на электроэнергию; рынок на сутки вперед; байесовский вывод; модель стохастической волатильности; тренд-сезонное разложение; анализ временных рядов; линейный тренд; ряды Фурье; коэффициент Байеса; эффективный размер выборки.

Классификация JEL: C11, C22, O13, Q41.

УДК: 519.233.5

Для цитирования: **Касьянова К.А.** (2024). Сравнение динамики спотовых цен на электричество в европейской и сибирской ценовых зонах России в модели стохастической волатильности // *Экономика и математические методы*. Т. 60. № 1. С. 85–96. DOI: 10.31857/S0424738824010078

ВВЕДЕНИЕ

Динамика цен на электроэнергию напрямую влияет на инфляцию, издержки компаний и конкурентоспособность выпускаемой ими продукции и благосостояние потребителей (Калашикова, Ермишина, 2009). При планировании мер экономической и промышленной политики необходимо учитывать текущую динамику затрат на электроэнергию отдельных отраслей, особенно наиболее энергоемких, а следовательно, и факторы, влияющие на ценовую динамику. Таким образом, изучение рынка электроэнергии как наиболее значимого продукта промежуточного потребления интересно как участникам рынка, так и регулирующим органам. В частности, выделение трендовой составляющей цен на электричество, факторный анализ ее динамики и построение на основе выявленных факторов прогнозов позволяют определить периоды, когда с большой вероятностью темпы роста стоимости электроэнергии будут опережать инфляцию.

Для моделирования цен на электричество традиционно используют два подхода: 1) структурные модели, к которым относятся модели равновесия (Gao, Sheble, 2010) и оптимизационные модели (Krause, Andersson, 2006); 2) модели временных рядов, среди которых популярность набирают

модели, рассматривающие цену на электричество как диффузионно-скачкообразный процесс¹ (Cartea, Figueroa, 2005; Lucia, Schwartz, 2002), что мотивировано наличием тяжелых «хвостов» у эмпирического распределения темпов роста равновесных цен на электричество (Weron, 2009). Недостатки первого подхода состоят в необходимости вводить определенные предпосылки об агентах, участвующих на рынке, и упрощения, позволяющие получить численный ответ без использования затратных вычислительно оптимизационных алгоритмов. Также к ним относится невозможность в полной мере учесть особенности динамики цен в модели, которую можно решить с помощью второго подхода.

Необходимость разработки гибридной модели, использующей преимущества обоих подходов, вытекает из наличия у спотовых цен на электричество ряда особенностей. Во-первых, цены на электричество имеют многоуровневую сезонность и трендовую составляющую (Meyer-Brandis, Tankov, 2008; Bosco et al., 2010). Во-вторых, включение в модель диффузионной компоненты обуславливается сложностью механизма формирования цен. При этом цены на электроэнергию связаны с множеством наблюдаемых факторов (потребление, цены на топливо и др.), но при формировании ценовых заявок на рынке электроэнергии на сутки вперед участникам доступно больше информации, чем находится в открытом доступе. Поэтому была разработана модель, позволяющая преодолеть недостатки обоих подходов, — *двухуровневая модель стохастической волатильности*², включающая фундаментальные ценовые факторы.

Основные гипотезы, выдвинутые в рамках исследования: 1) разработанная модель точнее описывает эмпирические данные о спотовых ценах на электричество по сравнению с более простыми альтернативами, 2) подобранные в модель фундаментальные экономические факторы разнонаправленно влияют на цены на электричество, 3) степень влияния факторов для европейской и сибирской ценовой зоны России отличается.

В разд. 1 представлен обзор мирового опыта моделирования и прогнозирования цен на рынке электроэнергии. В разд. 2 описана методология исследования, перечислены рабочие гипотезы. Разд. 3 содержит описание используемых данных, в нем также кратко перечислены основные особенности российского рынка электроэнергии на сутки вперед. В разд. 4 содержатся результаты оценки и интерпретация полученных результатов.

1. ОБЗОР ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ЦЕН НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Существует два основных подхода к моделированию цен на электричество: структурные модели и модели временных рядов. Выбор метода зависит от целей моделирования. Временные ряды традиционно используются для решения задачи прогнозирования, структурные модели — для выявления неэффективностей рыночного механизма энергетической системы в целом. Однако грань между подходами к оцениванию отдельных компонент энергетической системы условна.

К структурным моделям можно отнести агентные модели (Kuznetsova et al., 2014), в которых каждый участник рынка моделируется как отдельный агент, минимизирующий расходы на покупку или максимизирующий доходы от продажи энергии; модели равновесия (Krause, Andersson, 2006) или имитационные модели электроэнергии для промышленных энергетических систем (Andersson, Bjork, Karlsson, 1993). В работе (Andersson, Bjork, Karlsson, 1993) имитационные модели применяются для определения потенциала повышения эффективности использования электроэнергии в национальных системах электроснабжения разных стран.

Второй подход к моделированию компонент энергосистемы заключается в применении различных статистических методов анализа временных рядов для определения и оценки особенностей энергосистем. Важным для анализа высокочастотных временных рядов цен на электричество являются модели тренд-сезонного разложения, поскольку ряды цен на электричество могут обладать ярко выраженной сезонностью трех уровней (день, неделя, год), а также иметь трендовую компоненту. Основной недостаток таких моделей состоит в том, что случайная компонента в них моделируется как стационарный ряд, что на самом деле не так. В работе (Escribano, Ignacio Peña,

¹ Случайный процесс, имеющий две составляющие: диффузионную компоненту, которая определяется обычными приращениями винеровского процесса, и скачкообразную компоненту, которая допускает наличие время от времени больших скачков.

² Модель стохастической волатильности — это модель, в которой дисперсия случайного процесса сама является случайной величиной.

Villaplana, 2011) показано, что цены на электроэнергию имеют тенденцию возвращения к среднему значению, с кластеризацией волатильности по времени и скачками с интенсивностью, зависящей от времени, из-за чего вместо классических авторегрессионных моделей применяются более общие вариации, например GARCH-модели (обобщенные авторегрессионные модели условной гетероскедастичности).

Также при моделировании компонент энергосистемы встречаются такие модели, учитывающие изменение во времени дисперсии временных рядов, как модели стохастической волатильности (Kostrzewski, Kostrzewska, 2019) и модели с марковскими переключениями (Huisman, Mahieu, 2003). При описании высокочастотных данных о спотовых ценах на электричество часто используются диффузионно-скачкообразные процессы (например, в работе (Cartea, Figueroa, 2005), исследуется одна из модификаций модели Мертона). При этом в работе (Huisman, Mahieu, 2003) показано, что спецификация модели с учетом скачкообразной компоненты может привести к потенциальным проблемам из-за необходимости указания истинной величины среднего скачка³ в этом процессе. В качестве альтернативы в этой статье предлагается модель переключения режимов, которая моделирует скачки цен без предположения о структуре процесса, порождающего данные.

В работе (Kostrzewski, Kostrzewska, 2019) процесс, описывающий изменение цены на электричество, — риск-нейтральный диффузионно-скачкообразный процесс, на основе которого была построена модель стохастической волатильности со скачками, имеющими двойное экспоненциальное распределение, и регрессорами (SVDEJX). В качестве регрессоров используются следующие факторы: температура, цены на ресурсы и дамми-переменные на понедельник, праздничные и выходные дни. Также в модели учитывается изменение волатильности во времени: модель различает периоды более высокой и низкой волатильности. Предложенная модель хорошо показала себя в прогнозировании по сравнению с рассмотренными в статье альтернативами, при этом включение погоды в модель в качестве регрессора привело к повышению точности прогнозирования.

Таким образом, к недостаткам структурных моделей относятся необходимость введения определенных предпосылок и упрощений, позволяющих получить численный ответ без сложных оптимизационных алгоритмов, а также невозможность учесть в модели сложную структуру случайной компоненты. Последнее можно решить методами анализа временных рядов: например, добавлением в модель ненаблюдаемых компонент, отвечающих за частоту скачков и тенденцию возвращения процесса к среднему, либо моделированием изменяющейся во времени дисперсии с помощью GARCH-моделей или моделей марковских переключений. Поскольку большинство моделей временных рядов заточены под задачу прогнозирования, они часто ограничиваются одним или двумя наиболее значимыми факторами. При этом из-за сложной нелинейной структуры при прогнозировании компонент энергосистемы эконометрические модели часто проигрывают методам машинного обучения, в частности нейросетевому подходу, по качеству прогноза (Keles et al., 2016).

2. ОПИСАНИЕ ДАННЫХ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Рынок электроэнергии и мощности в России представляет собой двухуровневую систему: оптовый и розничный рынки. Электроэнергия и мощность продаются как два отдельных товара. Участниками оптового рынка являются продавцы электроэнергии и мощностей, в роли которых выступают генерирующие компании, а также покупатели — крупные промышленные предприятия, сбытовые компании и гарантирующие поставщики. При этом российский рынок имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать при моделировании российской энергосистемы: вынужденную генерацию, перекрестное субсидирование, проблемы неплатежей, высокую степень изношенности основных фондов (Старкова, Зубко, 2016; Трачук и др., 2017; Лясковская, Курбаналиев, 2014; Рыбина, Макаров, 2016).

Энергосистема России поделена на ценовые зоны, неценовые зоны и территориально изолированные энергосистемы. В ценовых зонах оптового рынка купля—продажа электрической энергии и мощностей осуществляется по свободным ценам. Первая, или европейская, ценовая зона, включает энергосистемы Центра, Средней Волги, Урала, Северо-Запада, Юга. Вторая, или сибирская,

³ Понятие «скачок» — общепринятый термин, который часто используется в литературе, однако его точного определения не существует. В рамках моделирования цен на электроэнергию термин означает короткий период, во время которого цена на электроэнергию резко увеличивается (или уменьшается), а затем возвращается к предыдущему уровню.

ценовая зона, — территория Сибирского федерального округа (за исключением территорий, относящихся к неценовым или изолированным зонам).

В данном разделе на основе анализа эмпирических данных и литературы о моделировании цен на электричество разрабатывается модель, которая будет использована для анализа динамики спотовых цен на российском рынке электроэнергии на сутки вперед (РСВ) в европейской и сибирской ценовых зонах. Также описываются позволяющие учесть особенности российского энергорынка факторы, которые будут включены в модель.

Статистика цен была получена из базы данных Администратора торговой системы (АТС)⁴: почасовые данные оптовых цен произведенной электроэнергии с августа 2013 г. по декабрь 2019 г. Выбор данного периода для анализа объясняется тем, что для целей исследования необходимо рассматривать ряд без структурных сдвигов, произошедших в связи с ограничениями, связанными с пандемией COVID-19, вступившими в полную силу в начале 2020 г., и введением санкций против России в 2022 г. Интерес к моделированию цен на электричество на РСВ обусловлен тем, что большая доля электроэнергии торгуется именно на нем. Так, по данным Ассоциации «НП Совет рынка», в 2019 г.⁵ в европейской ценовой зоне 75,9% объемов торговли электроэнергией было произведено на РСВ, в сибирской — 70,2% соответственно.

В данном исследовании используется эконометрическая модель, которая позволит сравнить различия в низкочастотной динамике цен в европейской и сибирской ценовых зонах. Дневная же динамика более интересна при решении задачи прогнозирования, однако, как отмечалось выше, для краткосрочного почасового прогнозирования больше подходят модели нейронных сетей. Поэтому в исследовании в качестве объясняемой переменной будет использоваться средняя дневная цена по каждой ценовой зоне.

Ряды цен для обеих ценовых зон характеризуются наличием тренда и сезонности. На рис. 1–2 можно увидеть характерные для цен на электричество скачки. Выборочный коэффициент корреляции между ценами равен 0,125, причем цены в сибирской ценовой зоне более волатильны. Для того чтобы понять, какие факторы приводят к существенной разнице в динамике цен в двух ценовых зонах, в финальную модель были включены регрессоры, специфические для каждой ценовой зоны.

С помощью теста на стабильность годовых колебаний (Canova, Hansen, 1995) для обоих рядов были выявлены сезонные единичные корни. Такой результат свидетельствует о потенциальной необходимости использования модели, учитывающей изменения во времени коэффициентов сезонности. Отметим также выделяющееся поведение цены в 2019 г.: в первом полугодии рост цен, вероятно, связан

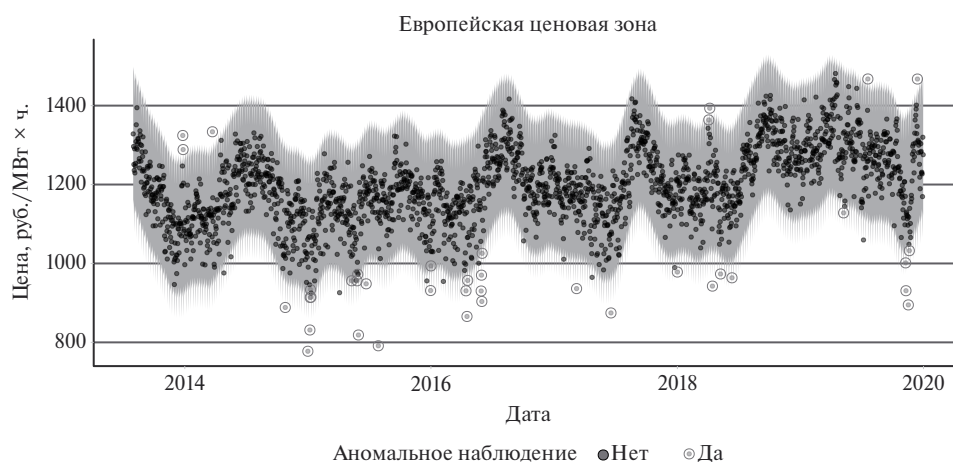


Рис. 1. Цены на РСВ в европейской ценовой зоне, руб./МВт×ч

Примечание. Серая область — доверительный интервал, точка в круге вне серой области — потенциальные аномальные значения, или скачки.

⁴ Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии (<https://www.atsenergo.ru/>).

⁵ Актуальная информация на момент написания статьи.

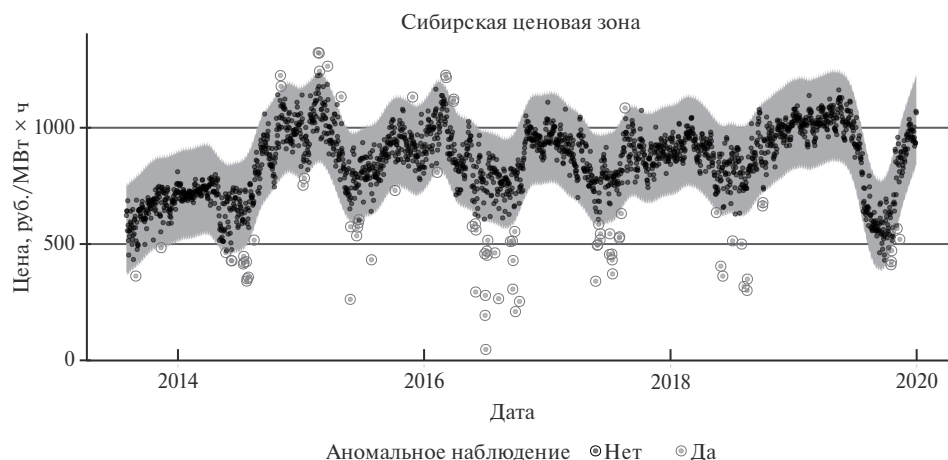


Рис. 2. Цены на РСВ в сибирской ценовой зоне, руб./МВт×ч

Примечание. Серая область — доверительный интервал, точка в круге вне серой области — потенциальные аномальные значения, или скачки.

с необходимостью финансирования ввода новых генерирующих мощностей Ленинградской АЭС-2 «Росэнергоатома» и Зарамагских ГЭС «РусГидро». Таким образом, динамика инвестиций в капитальное строительство может являться существенной пропущенной переменной в модели, однако со включенными в модель переменными она должна коррелировать слабо. Снижение цен во втором полугодии 2019 г. в сибирской ценовой зоне может объясняться аномально высокой водностью рек, что привело к вытеснению более дорогой генерации на ТЭС относительно дешевой генерации на ГЭС.

Выдвинутые в рамках исследования гипотезы можно разделить на три группы: 1) о функциональной форме, наилучшим образом описывающей цены на электричество; 2) о направлении влияния факторов, включенных в модель; 3) о различиях в степени влияния факторов для европейской и сибирской ценовой зоны. Ниже данные гипотезы будут рассмотрены более подробно. На текущем этапе разработки модели основной задачей является проверка гипотезы о том, что спотовые цены на рынке электроэнергии описываются с помощью двухуровневой модели, на первом уровне которой выделяются все постоянные компоненты ряда (линейный тренд, годовая и недельная сезонность), а на втором учитывается влияние экономических факторов (погода, цены на ресурсы, индекс промышленного производства) (гипотеза 1а). Также в рамках данного исследования проверяется гипотеза о том, что цены на электричество лучше описываются с помощью модели стохастической волатильности (гипотеза 1б).

В рассматриваемых моделях будут использованы компоненты с неизменяемыми параметрами, однако в ходе первичного анализа цен на электричество было отмечено, что трендовая составляющая и годовая динамика цен нестабильны, поэтому эмпирические данные могут лучше описывать модели с изменяющимися во времени параметрами.

Российский рынок электроэнергии и мощности является сложной системой, на которую влияет множество наблюдаемых и ненаблюдаемых факторов. Цены на электроэнергию связаны со множеством наблюдаемых переменных: совокупное потребление, цены на топливо, простои предприятий и т.д. Например, в статье (Соловьева, Дзюба, 2013) в качестве основных факторов, влияющих на спрос и предложение на рынке электроэнергии, авторы выделяют погодные условия, деловые циклы и политические события, в частности введение нормативных актов, регулирующих деятельность энергосистемы.

Рассмотрим экономические факторы модели и предполагаемое направление их влияния на цены. В качестве показателя, описывающего динамику деловой активности, которая отражается в ценах через ее влияние на спрос, был выбран индекс промышленного производства (ИПП)⁶,

⁶ Индекс промышленного производства — относительный показатель, характеризующий изменение масштабов производства в сравниваемых периодах.

по которому имеются ежемесячные данные. Перед включением в модель индекс был сглажен с помощью STL, чтобы отследить его влияние на низкочастотную или трендовую составляющую ряда цен. Предполагается, что большим значениям ИПП соответствуют большие цены, поскольку при прочих равных для производства большего объема требуется больше электроэнергии и спрос на нее растет (гипотеза 2а).

В числе показателей, влияющих на цены на электричество, находятся цены на топливно-энергетические ресурсы, которые должны отражать влияние на цены через предложение электроэнергии: цены на бурый, или энергетический, уголь и цены на газ горючий природный (естественный). Рост цен на ресурсы должен провоцировать рост цен на электроэнергию (гипотеза 2б). Уголь является одним из основных ресурсов для производства электроэнергии в сибирской ценовой зоне, в то время как в европейской ценовой зоне выше доля электростанций, использующих газ как основное топливо. Предполагается, что цены на уголь больше влияют на цены на электричество в сибирской ценовой зоне, а цены на газ — в европейской (гипотеза 3а).

Цены производителей (данные Росстата) публикуются ежемесячно в разбивке по федеральным округам, что позволяет получить усредненные цены на уголь и газ для каждой ценовой зоны. В связи с особенностями данных (в частности, большое число пропусков для цен на уголь в округах, относящихся к европейской ценовой зоне, и длительных периодов неизменных цен на газ — в сибирской ценовой зоне) в модели цен на электричество для европейской ценовой зоны будет принята средняя цена на уголь по РФ и цена на газ, усредненная по федеральным округам, входящим в состав зоны. Для сибирской ценовой зоны в качестве цен на уголь будет использоваться средняя цена по Сибирскому федеральному округу, на газ — средняя цена по РФ.

Наиболее часто встречающимися в эмпирических исследованиях факторами, влияющими на равновесие на рынке электричества, являются климатические:

- рост спроса на электроэнергию зимой из-за продолжительного отопительного, а летом — из-за продолжительного охлаждающего сезона (в результате среднегодовых изменений температуры);

- количество осадков и водность рек, которые влияют на производство электроэнергии на ГЭС;

- скорость ветра и облачность, которые влияют на предложение электроэнергии, вырабатываемой возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ);

- различные природные катаклизмы, вызывающие остановки производства, могут привести к падению спроса на электричество, а в случае аварии на линиях электропередачи — к краткосрочному снижению предложения.

Используемые в модели данные о температуре — усредненные за день показатели среднесуточной температуры по территории, представляющей соответствующую географическую ценовую зону. В рамках данного исследования постоянная годовая динамика, которая может присутствовать в ценах на электричество, учитывается с помощью рядов Фурье. Влияние погодного фактора будет моделироваться за счет включения отклонения средней температуры от плавающего среднего значения.

В рамках модели проверяется гипотеза о неодинаковом влиянии положительных и отрицательных отклонений температуры от среднего значения (гипотеза 2в). Также, поскольку цены на рынке определяются заранее на сутки вперед, в модель будет включаться лаг отклонений температуры, чтобы учесть влияние погоды на момент определения цен и цен, прогнозируемых на следующий день. Помимо этого, в модель добавляются дамми-переменные отопительного и охлаждающего периодов⁷, чтобы проверить наличие дополнительного роста цен за счет повышения спроса на электроэнергию в эти периоды.

Для учета недельной сезонности в модели используются дамми-переменные на понедельник, субботу и воскресенье. Также в модель включаются дамми-переменные на государственные праздники. Предполагается, что в выходные и праздничные дни цены на электричество ниже за счет снижения спроса на электричество, в понедельник — выше (гипотеза 2г).

⁷ Отопительный период — период, когда устойчивая среднесуточная температура наружного воздуха меньше или равна +8,0 °С. Для охлаждающего периода четкого определения нет, в данной работе в качестве охлаждающего периода будет рассматриваться летний период.

С учетом предположений рассмотрим три модели, которые будут оцениваться с помощью методов байесовского анализа: линейную модель (linear model, LM), двухуровневую линейную модель, или модель с трансформацией (transformed linear model, TLM), и двухуровневую модель стохастической волатильности (transformed stochastic volatility model, TSVM).

Для получения оценок коэффициентов регрессии будет использоваться байесовский подход, который позволяет оценить предложенные модели с трансформацией (TLM, TSVM). При разработке моделей, описывающих динамику цен на электроэнергию, за основу была взята спецификация, предложенная в (Kostrzewski, Kostrzewska, 2019). В рамках данного исследования эта модель была доработана: предложена трансформация, более подходящая для рассматриваемых рядов, и добавлен ряд регрессоров, изначально не представленных в модели.

Объясняемая переменная в модели p_t — логарифм средней за день цены в ценовой зоне. Модели будут применяться к ценовым зонам отдельно. Для удобства регрессоры модели сгруппированы в четыре компоненты.

1. Линейный тренд T_t : $T_t = \mu + \beta_{trend} t$, где t — линейный тренд.

2. Годовая сезонность Y_t :

$$Y_t = \sum_{i=1}^4 (\phi_i \cos 2\pi f_{i,t} + \psi_i \sin 2\pi f_{i,t}) + \beta_{HDD} d_{HDD,t} + \beta_{CDD} d_{CDD,t} + \beta_{hol} d_{hol,t}, \quad (1)$$

где ϕ_i, ψ_i — коэффициенты ряда Фурье 4-порядка, отражающего постоянные периодические изменения динамики цен; $d_{hol}, d_{HDD}, d_{CDD}$ — дамми-переменные на праздничные дни, отопительный и охлаждающий периоды.

3. Недельная сезонность W_t : $W_t = \beta_{Sat} d_{Sat,t} + \beta_{Sun} d_{Sun,t} + \beta_{Mon} d_{Mon,t}$, где $d_{Sat}, d_{Sun}, d_{Mon}$ — дамми-переменные на дни недели (суббота, воскресенье, понедельник).

4. Экономические факторы F_t :

$$F_t = \beta_{wp} w_{pos,t} + \beta_{wn} w_{neg,t} + \beta_{wpl} w_{pos,t-1} + \beta_{wnl} w_{neg,t-1} + \beta_{IPP} \Delta IPP_t + \beta_{gas} \Delta \ln(p_{gas,t}) + \beta_{coal} \Delta \ln(p_{coal,t}), \quad (2)$$

где $w_{pos,t} = d_{\Delta_{temp} > 0,t} |\Delta_{temp,t}|$ — положительные отклонения температуры от плавающего среднего; $w_{neg,t} = d_{\Delta_{temp} < 0,t} |\Delta_{temp,t}|$ — отрицательные отклонения температуры от плавающего среднего; IPP_t — трендовая составляющая ИПП; p_{gas}, p_{coal} — разность логарифма цены на газ и на уголь.

Рассмотрим базовую модель — линейную регрессию без трансформации (LM). Данная спецификация является аналогом модели, предложенной в (Kostrzewski, Kostrzewska, 2019) без компоненты стохастической волатильности и скачков и имеющей несколько дополнительных регрессоров, которые не учитывались в оригинальной спецификации:

$$y_t = y_{t-1} + T_t + Y_t + W_t + F_t + \varepsilon_t, \quad (3)$$

где ошибки имеют нормальное распределение $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma)$, с дисперсией, имеющей априорное распределение Коши, определенное на положительной части оси: $\sigma \sim Cauchy(0, 5)I(0, \infty)$.

Проблема как LM-модели, так и модели, предложенная в (Kostrzewski, Kostrzewska, 2019), заключается в том, что регрессоры включаются в модель на уровне приростов, хотя, вероятнее всего, они влияют именно на детерминистические компоненты, задаваемые в уровнях. Таким образом, естественным решением является трансформация, которая позволит разделить факторы, влияющие на детерминистическую компоненту цен, задаваемую в уровнях, и случайную компоненту, моделируемую в приростах и дающую более простые для интерпретации оценки коэффициентов (TLM-модель):

$$r_t = p_t - T_t - Y_t - W_t, \quad (4)$$

$$r_t = r_{t-1} + F_t + \varepsilon_t, \quad (5)$$

где r_t — ряд, очищенный внутри модели от сезонности и тренда, $\varepsilon_t \sim N(0, \sigma)$, $\sigma \sim Cauchy(0, 5)I(0, \infty)$.

Следующим шагом усложнения модели будет добавление стохастической волатильности. В литературе о моделировании и прогнозировании цен на электричество предполагается, что волатильность цен на электричество не является постоянным параметром модели и изменяется согласно определенному случайному процессу. На данном этапе мы рассматриваем базовую спецификацию модели стохастической волатильности, однако в модели (Kostrzewski, Kostrzewska, 2019) также добавляется эффект рычага, учитывающий, что бóльшим значениям логарифма цены могут

соответствовать бóльшие значения дисперсии. В следующих уравнениях представлена модель стохастической волатильности с трансформацией (TSVM):

$$r_t = p_t - T_t - Y_t - W_t, \quad (6)$$

$$r_t = r_{t-1} + F_t + \varepsilon_t^{(1)} \exp(h_t / 2), \quad (7)$$

$$h_t = \kappa + \phi(h_{t-1} - \kappa) + \varepsilon_{t-1}^{(2)} \sigma, \quad (8)$$

где h_t — логарифм волатильности; κ — среднее логарифма волатильности, или долгосрочная волатильность; ϕ — коэффициент устойчивости волатильности, или частота, с которой логарифм волатильности возвращается к долгосрочному среднему; $\varepsilon_t^{(1)}, \varepsilon_t^{(2)} \sim N(0, 1)$; $\sigma \sim \text{Cauchy}(0, 5)I(0, \infty)$.

Во всех перечисленных выше моделях применялись следующие априорные распределения коэффициентов:

$$\begin{aligned} \mu &\sim N(7, 1), \phi_i, \psi_i, \beta_{trend}, \beta_{Sat}, \beta_{Sun}, \beta_{Mon}, \beta_{hol}, \beta_{CDD}, \beta_{HDD} \sim N(0, 1), \\ \beta_{wp}, \beta_{wpl}, \beta_{wn}, \beta_{wnl}, \beta_{IPP}, \beta_{gas}, \beta_{coal} &\sim \text{Laplace}(0, 1), \\ \sigma &\sim \text{Cauchy}(0, 5)I_{(0, \infty)}, \phi \sim U(-1, 1); \kappa \sim \text{Cauchy}(0, 10), \end{aligned} \quad (9)$$

где для среднего уровня использовалось нормальное распределение со средним значением, определенным по выборке; для всех параметров детерминистической сезонности — стандартное нормальное распределение; для коэффициентов при экономических факторах — распределение Лапласа, стягивающее к нулю, для коэффициента устойчивости волатильности ϕ — равномерное распределение; для коэффициента долгосрочной волатильности κ — распределение Коши.

Байесовские модели классически оцениваются с помощью метода Монте-Карло с марковскими цепями. В данном исследовании вычисления производились с помощью пакета Stan, в котором используется модифицированный алгоритм выборки Гамильтона–Монте-Карло (НМС) (Monnahan, Kristensen, 2018). Для получения апостериорных оценок было взято четыре цепи и 5000 итераций алгоритма, не считая итераций, относящихся к фазе прожига⁸.

4. ДИАГНОСТИКА МОДЕЛЕЙ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

В данном разделе представлены диагностика и сравнение трех моделей: линейной (LM), двухуровневой линейной (TLM) и двухуровневой для стохастической волатильности (TSVM).

Важными критериями качества байесовских оценок являются статистика Гельмана–Рубина⁹ R_{hat} и эффективный размер выборки¹⁰ n_{eff} . Если R_{hat} сильно отклоняется от 1, значит, цепи не очень хорошо смешались, что обычно отражает проблемы модели, а не процедуры оценивания. При диагностике сходимости алгоритма рекомендуется, чтобы n_{eff} превышал число цепей минимум в 100 раз. Соответственно, при использовании четырех цепей необходим эффективный размер выборки не менее 400. Результаты оценивания представлены в таблице (оценки коэффициентов ряда Фурье в таблице не приведены).

Для LM-модели полученные оценки нестабильны: в обеих ценовых зонах R_{hat} большинства коэффициентов превышает 1,5. Для всех коэффициентов показатель эффективного размера выборки n_{eff} принимает низкие значения и превышает нижнюю границу в 400 наблюдений только для трех коэффициентов для европейской ценовой зоны и одного — для сибирской. Для сравнения: в обеих моделях с трансформацией (TLM и TSVM) показатели R_{hat} близки к 1, а n_{eff} для некоторых коэффициентов даже выше, чем число наблюдений в изначальной выборке, что показывает стабильность полученных оценок в моделях с трансформацией.

Сравнение рассматриваемых в работе моделей между собой будет производиться с помощью коэффициента Байеса, который отражает, насколько одна модель более правдоподобна, чем другая. Для обеих ценовых зон сравнение моделей LM и TLM по коэффициенту Байеса указывает на то,

⁸ Прожиг (burn-in) — практика отбрасывания части итераций в начале выполнения метода Монте-Карло с марковскими цепями (MCMC).

⁹ Статистика R_{hat} отражает отношение дисперсии апостериорного распределения, полученного по объединенной по всем цепям выборке, к дисперсии, полученной для каждой цепи в отдельности (Vats, Knudson, 2021).

¹⁰ Эффективный размер выборки n_{eff} показывает, насколько автокорреляция в полученных МСМС-выборках увеличивает неопределенность в полученных численным методом оценках.

Таблица. Оценки коэффициентов регрессии и их стандартные ошибки $\hat{\beta}_i$ (*s.e.*) для европейской и сибирской ценовых зон

Коэффициент	Европейская ценовая зона			Сибирская ценовая зона		
	LM	TLM	TSVM	LM	TLM	TSVM
Линейный тренд						
β_{trend}	0,03 ¹ (0,02)	7,03 ^{***} (0,17)	7,07 ^{***} (0,14)	0,03 ¹ (0,02)	6,46 ^{***} (0,45)	6,48 ^{***} (0,22)
	−0,00001 (0,00001)	−0,0003 (0,002)	−0,001 (0,002)	−0,00001 (0,00001)	0,001 (0,007)	−0,003 (0,002)
Годовая сезонность						
β_{HDD}	−0,008 ¹ (0,025)	0,018 (0,016)	0,006 (0,016)	−0,012 ¹ (0,028)	0,001 (0,05)	0,015 (0,018)
β_{CDD}	0,009 ¹ (0,021)	−0,01 (0,008)	−0,009 (0,007)	−0,055 [*] (0,026)	0,015 (0,024)	−0,013 (0,014)
β_{hol}	−0,02 ¹ (0,017)	−0,037 ^{***} (0,006)	−0,029 ^{***} (0,006)	−0,003 ¹ (0,019)	0,033 [#] (0,019)	0,009 (0,007)
Недельная сезонность						
β_{Sat}	−0,026 [*] (0,012)	−0,012 ^{***} (0,003)	−0,013 ^{***} (0,002)	0,012 ¹ (0,016)	0,027 ^{**} (0,009)	0,015 ^{***} (0,003)
β_{Sun}	−0,067 ^{1***} (0,012)	−0,064 ^{***} (0,003)	−0,061 ^{***} (0,002)	−0,034 ^{1*} (0,017)	0,008 (0,01)	−0,012 ^{**} (0,004)
β_{Mon}	0,063 ^{1***} (0,013)	0,016 ^{***} (0,003)	0,012 ^{***} (0,002)	−0,000001 ¹ (0,016)	0,026 ^{**} (0,009)	0,006 [*] (0,003)
Экономические факторы						
β_{wp}	0,001 ¹ (0,007)	0,002 (0,002)	0,004 [*] (0,002)	−0,01 ^{1#} (0,005)	−0,011 ^{**} (0,004)	−0,004 ^{**} (0,001)
β_{wn}	0,005 ¹ (0,006)	0,004 ^{**} (0,002)	0,003 ^{**} (0,001)	−0,002 ¹ (0,005)	−0,002 (0,004)	0,002 (0,001)
β_{wpl}	−0,003 ¹ (0,007)	−0,003 (0,002)	−0,004 [*] (0,002)	0,01 ¹ (0,005)	0,01 [*] (0,004)	0,004 ^{**} (0,001)
β_{wnl}	−0,005 ¹ (0,006)	−0,005 ^{**} (0,002)	−0,004 ^{***} (0,001)	0,002 ¹ (0,005)	0,001 (0,004)	−0,003 [*] (0,001)
β_{IPP}	0,28 ¹ (1,36)	0,01 (1,46)	0,01 (1,41)	0,26 ¹ (0,92)	−0,03 (1,42)	−0,002 (1,41)
β_{gas}	−0,21 (0,48)	−0,08 (0,13)	−0,03 (0,09)	−0,52 ¹ (1,52)	0,2 (1,04)	−0,27 (0,34)
β_{coal}	−0,75 ¹ (4,36)	0,29 (1,24)	−0,02 (0,99)	8,15 ¹ (8,54)	1,1 (6,58)	1,76 (2,35)
Случайная компонента						
σ	0,17 ^{1***} (0,003)	0,05 ^{***} (0,0008)	0,46 ^{1***} (0,057)	0,22 ^{***} (0,003)	0,16 ^{***} (0,003)	0,82 ^{1***} (0,06)
κ			−6,48 ^{***} (0,08)			−5,4 ^{***} (0,13)
ϕ			0,85 ^{1***} (0,03)			0,84 ^{***} (0,02)

Примечание. Коэффициент при тренде — β_{trend} ; при цене на уголь — β_{coal} ; при цене на газ — β_{gas} ; при ИПП — β_{IPP} ; при дамки для отопительного и охлаждающего периодов — β_{HDD} и β_{CDD} соответственно; при дамки на праздничные дни — β_{hol} ; при дамки на дни недели — β_{Mon} , β_{Sat} и β_{Sun} ; для погодных факторов: при отклонении температуры вверх и его лаге — β_{wp} и β_{wpl} соответственно, при отклонении температуры вниз и его лаге — β_{wn} и β_{wnl} соответственно; дисперсия случайной ошибки (для LM и TLM), или лог-волатильности (для TSVM) — σ , коэффициент долгосрочной лог-волатильности — κ , коэффициент устойчивости лог-волатильности — ϕ . Уровни значимости: «#» — 10%, «*» — 5%, «**» — 1%, «***» — 0,1%. Значком «1» отмечен показатель стабильности оценок $n_{eff} < 400$.

что данные более вероятны в рамках TLM-модели; сравнение моделей TLM и TSVM — что данные более вероятны в рамках TSVM-модели. Таким образом, среди рассмотренных спецификаций двухуровневая модель стохастической волатильности описывает данные наилучшим образом, поэтому при интерпретации полученных оценок будет использоваться TSVM-модель. Спецификация модели в приростах не подходит для имеющихся данных и выбранных регрессоров, а предложенная трансформация не только решает проблему с состоятельностью байесовских оценок, но и позволяет получить удобные для интерпретации оценки коэффициентов.

Дамми-переменные дней недели являются статистически значимыми. В обеих ценовых зонах цены на электричество в понедельник выше, чем в остальные будние дни, причем этот эффект более заметен в европейской ценовой зоне (на 1% — в европейской ценовой зоне, на 0,6% — в сибирской). В воскресенье цены ниже, чем в остальные дни, и этот эффект заметнее в европейской ценовой зоне (на 6% — в европейской, на 1% — в сибирской). В субботу в европейской зоне цены ниже на 1,3%, чем в остальные дни, в сибирской — выше на 1,5%. В европейской ценовой зоне наблюдается отрицательный эффект праздничных дней, причем снижение цен в среднем ниже, чем в воскресенье. В сибирской ценовой зоне эффект праздничных дней не наблюдается. Частично это может быть объяснено тем, что в европейской ценовой зоне — выше доля предприятий легкой промышленности, а в сибирской — доля предприятий непрерывного технологического цикла, работающих в таких отраслях, как металлургия и нефтегазовая отрасль. Предприятиям, занимающимся тяжелой промышленностью, невыгодно останавливать производство, поэтому высокоэнергозатратные производства функционируют в выходные и праздничные дни.

Для обеих ценовых зон было обнаружено влияние погодных факторов. В европейской ценовой зоне прогнозные отклонения температуры (значения, наблюдаемые в момент времени t) как вверх, так и вниз положительно влияют на цену; текущие отклонения температуры (наблюдаемые на момент определения цен ($t-1$)) как вверх, так и вниз отрицательно влияют на цену. В сибирской ценовой зоне наблюдается отрицательный эффект прогнозного отклонения температуры вверх и текущего отклонения температуры вниз, а также положительный эффект текущего отклонения температуры вверх. Данный результат говорит о том, что влияние погодных факторов на цены неодинаково в различных ценовых зонах. При этом в полученных оценках также отражается эффект других погодных факторов, сильно коррелирующих с температурой (облачность, количество осадков или скорость ветра).

Дополнительного повышающего эффекта на средний уровень цен в отопительный и охлаждающий периоды обнаружено не было. Вероятно, эти колебания были учтены за счет моделирования сезонности с помощью рядов Фурье. Статистически значимого влияния ИПП и цен на ресурсы не выявлено. Отчасти такой результат можно объяснить различиями в частотности объясняемой переменной и выбранных регрессорах. Коэффициент при линейном тренде незначим. Причина этого может состоять в том, что детерминистический тренд является кусочно-линейным.

Использование TSVM-модели также позволяет сравнить показатели волатильности цен в европейской и сибирской ценовых зонах. Так, цены в сибирской зоне более волатильны, чем в европейской. Показатели устойчивости коэффициента волатильности в ценовых зонах близки между собой. Положительный знак коэффициента указывает на наличие кластеризации волатильности, т.е. за большими изменениями в ценах более вероятно последуют большие изменения цен, и наоборот.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цены на электроэнергию на сутки вперед могут оперативно сигнализировать о состоянии рынка электроэнергии, поскольку используются участниками рынка в качестве справочных цен для решений, принимаемых в торговле энергией. Краткосрочные стратегии покупки и продажи электроэнергии обычно основаны на спотовых ценах на день вперед. Таким образом, эффективные методы анализа, моделирования и прогнозирования цен на электроэнергию на сутки вперед крайне важны для правильного регулирования рынка электроэнергии.

Получение оценок темпов роста цен на электроэнергию является актуальной задачей, поскольку, во-первых, расходы на электроэнергию несет подавляющее большинство производителей; во-вторых, сбытовые компании, участвующие на РСВ, в результате конкурентного отбора заявок приобретают электричество, которое впоследствии будет отпускаться населению.

Спотовые цены на электричество имеют такие особенности: многоуровневая сезонность и дисперсия, изменяющаяся во времени. Цены на электричество связаны со множеством наблюдаемых

факторов, которые могут быть учтены в модели. В рамках данной работы была предложена модель, позволяющая учесть статистические особенности цен на электричество как временных рядов и экономические факторы, прямо или косвенно влияющие на цены.

С помощью методов байесовского анализа было показано, что спецификация модели в приростах не подходит для имеющихся данных и выбранных регрессоров. Предложенная трансформация, разделяющая динамику в уровнях и динамику в приростах, позволяет не только решить проблему устойчивости байесовских оценок, но и получить удобные для интерпретации оценки коэффициентов. В результате был сделан вывод о том, что цены на электричество лучше описываются с помощью модели стохастической волатильности с описанной выше трансформацией.

С помощью построенной модели были получены численные оценки детерминистических составляющих ряда цен, что позволило выявить различия в динамике цен в европейской и сибирской ценовых зонах: влияние погодного фактора в ценовых зонах неодинаково. Также отмечены различия в недельной динамике цен и влиянии праздничных дней. Эффект воздействия низкочастотных экономических факторов (цен на ресурсы, ИПП) на цены не обнаружен. Волатильность цен в сибирской зоне выше, чем в европейской, при этом в обеих ценовых зонах наблюдается кластеризация волатильности.

Одним из вариантов дальнейшей разработки модели является использование кусочно-линейного тренда, где точки поворота определяются внутри модели. Также можно добавить скачкообразную компоненту и расширить набор высокочастотных регрессоров. Выбранная спецификация модели может быть применена для анализа равновесных узловых и региональных цен на электричество, что позволит учесть особенности ценовой динамики в разрезе конкретных областей при разработке мер государственной политики в сфере регулирования рынка электроэнергетики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Калашникова С., Ермишина А. (2009). Влияние энерготарифов естественных монополий на социально-значимые отрасли России // *Terra Economicus*. Т. 7 (1–2). С. 13–20. [Kalashnikova S., Ermishina A. (2009). Influence of natural monopolies energy tariffs on socially important industries in Russia. *Terra Economicus*, 7 (1–2), 13–20 (in Russian).]
- Лясковская Е.А., Курбангалиев М.Р. (2014). К вопросу реформирования электроэнергетики РФ // *Экономика, управление и инвестиции*. Т. 1. № 3. С. 108–115. [Lyaskovskaya E.A., Kurbangaliev M.R. (2014). On the issue of reforming the Russian electric power industry. *Economics, Management and Investments*, 1, 3, 108–115 (in Russian).]
- Рыбина И., Макаров О. (2016). Основные аспекты стратегии развития электроэнергетической отрасли до 2035 года. В сб.: «Взаимодействие науки и бизнеса». С. 78–84. [Rybina I., Makarov O. (2016). The main aspects of the strategy for the development of the electric power industry until 2035. In: *Science and Business Interaction*, 78–84 (in Russian).]
- Соловьева И.А., Дзюба А.П. (2013). Прогнозирование электропотребления с учетом факторов технологической и рыночной среды // *Научный диалог*. № 7 (19). С. 97–113. [Solovieva I.A., Dziuba A.P. (2013). Forecasting of power consumption taking into account the factors of the technological and market environment. *Scientific Dialogue*, 7 (19), 97–113 (in Russian).]
- Старкова Н.О., Зубко Д.В. (2016). Основные проблемы развития и инвестирования российской электроэнергетики // *Бюллетень науки и практики*. Т. 11. № 12. С. 170–176. [Starkova N.O., Zubko D.V. (2016). The main problems of development and investment of the Russian electric power industry. *Bulletin of Science and Practice*, 11 (12), 170–176 (in Russian).]
- Трачук А.В., Линдер Н.В., Зубакин В.А., Золотова И.Ю., Володин Ю.В. (2017). Перекрестное субсидирование в электроэнергетике: проблемы и пути решения // *Стратегические решения и риск-менеджмент*. № 1–2. С. 24–35. [Trachuk A.V., Linder N.V., Zubakin V.A., Zolotova I. Yu., Volodin Yu.V. (2017). Cross-subsidization in the electric power industry: Problems and solutions. *Strategic Decisions and Risk Management*, 1–2, 24–35 (in Russian).]
- Andersson M., Bjork C., Karlsson B. (1993). Cost-effective energy system measures studied by dynamic modelling. *2nd International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management*. Hong Kong: APSCOM-93, 448–455.
- Bosco B., Parisio L., Pelagatti M., Baldi F. (2010). Long-run relations in European electricity prices. *Journal of Applied Econometrics*, 25 (5), 805–832.
- Cartea A., Figueroa M.G. (2005). Pricing in electricity markets: A mean reverting jump diffusion model with seasonality. *Applied Mathematical Finance*, 12 (4), 313–335.
- Canova F., Hansen B.E. (1995). Are seasonal patterns constant over time? A test for seasonal stability. *Journal of Business & Economic Statistics*, 13 (3), 237–252.

- Escribano A., Ignacio Peña J., Villaplana P. (2011). Modelling electricity prices: International evidence. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 73 (5), 622–650.
- Gao F., Sheble G. (2010). Electricity market equilibrium model with resource constraint and transmission congestion. *Electric Power Systems Research*, 80 (1), 9–18.
- Huisman R., Mahieu R. (2003). Regime jumps in electricity prices. *Energy Economics*, 25 (5), 425–434.
- Keles D., Scelle J., Paraschiv F., Fichtner W. (2016). Extended forecast methods for day-ahead electricity spot prices applying artificial neural networks. *Applied Energy*, 162, 218–230.
- Kostrzewski M., Kostrzewska J. (2019). Probabilistic electricity price forecasting with Bayesian stochastic volatility models. *Energy Economics*, 80, 610–620.
- Krause T., Andersson G. (2006). Evaluating congestion management schemes in liberalized electricity markets using an agent-based simulator. *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, Montreal: IEEE, 1–8.
- Kuznetsova E., Li Y.-F., Ruiz C., Zio E. (2014). An integrated framework of agent-based modelling and robust optimization for microgrid energy management. *Applied Energy*, 129, 70–88.
- Lucia J.J., Schwartz E.S. (2002). Electricity prices and power derivatives: Evidence from the Nordic power exchange. *Review of Derivatives Research*, 5 (1), 5–50.
- Meyer-Brandis T., Tankov P. (2008). Multi-factor jump-diffusion models of electricity prices. *International Journal of Theoretical and Applied Finance*, 11 (5), 503–528.
- Monnahan C.C., Kristensen K. (2018). No-U-turn sampling for fast Bayesian inference in ADMB and TMB: Introducing the admuts and tmbstan R packages. *PloS One*, 13 (5), e0197954.
- Vats D., Knudson C. (2021). Revisiting the Gelman–Rubin diagnostic. *Statistical Science*, 36 (4), 518–529.
- Weron R. (2009). Heavy-tails and regime-switching in electricity prices. *Mathematical Methods of Operations Research*, 69 (3), 457–473.

Electricity spot price dynamics comparison in the European and Siberian price zones of Russia using a stochastic volatility model

© 2024 K.A. Kasianova

K.A. Kasianova

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia; e-mail: kasyanova-ka@ranepa.ru

Received 31.08.2022

Abstract. In the literature on forecasting electricity spot prices, it is noted that the empirical distribution of the growth rates of equilibrium prices for electricity is characterized by the presence of heavy ‘tails’, so they can be described as a jump–diffusion process. However, electricity prices are associated with a variety of observable factors that can be included in the model. Within the framework of this article, a flexible model, that allows taking into account statistical features of electricity prices (multilevel seasonality, stochastic volatility), as well as fundamental price factors that directly or indirectly affect equilibrium price indices (weather factors, resource prices, industrial production index, or IPI), was developed. Using methods of Bayesian inference, it was shown that the developed two-level specification of the stochastic volatility model, which separates the factors influencing the deterministic and stochastic components of the series, fits the data best, among the considered alternatives. As a result, differences in the price dynamics between the European and Siberian price zones were revealed: the influence of the weather factor in the price zones is not the same; there are also differences in the weekly price dynamics and the effect of holidays. The effect of low-frequency economic factors (resource prices, IPI) on prices was not revealed. This model is a useful tool for analyzing short-term and long-term electricity price dynamics, building scenario forecasts, and it also can potentially be used in risk-management and electricity derivatives pricing.

Keywords: electricity spot prices; day ahead market; Bayesian inference; stochastic volatility model; trend-seasonal decomposition; time series analysis; linear trend; Fourier series; Bayes factor; effective sample size.

JEL Classification: C11, C22, O13, Q41.

UDC: 519.233.5

For reference: **Kasianova K.A.** (2024). Electricity spot price dynamics comparison in the European and Siberian price zones of Russia using a stochastic volatility model. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 1, 85–96. DOI: 10.31857/S0424738824010078 (in Russian).

ОТРАСЛЕВЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Коллективная эффективность сетевых структур на примере автомобилестроения

© 2024 г. И.П. Комарова

И.П. Комарова,

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», Москва;
e-mail: Komarova.IP@rea.ru

Поступила в редакцию 28.07.2023

Исследование при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 23-28-01241) «Разработка теоретической модели реформатирования глобальных сетей создания стоимости под влиянием внешних шоков».

Аннотация. Сетевые формы контрактации позволяют участникам достигать экономическую выгоду в результате их совместного взаимодействия. О существовании данного феномена свидетельствуют многочисленные исследования современных экономистов, однако их большая часть ограничивается рассмотрением причинно-следственных связей, порождающих коллективную эффективность, не уделяя должного внимания ее количественной оценке. Существуют макроэкономические методики измерения суммарной коллективной эффективности, связанные с оценкой распределения добавленной стоимости. Но измерение коллективной эффективности на микроуровне затруднено вследствие отсутствия адекватного инструментария. В данном исследовании предлагается использовать прокси-показатель для измерения и сравнения коллективной эффективности участников сетей с различным числом контрагентов. В исследовании поставлена задача сравнить коллективную эффективность сетей с различным уровнем устойчивости связей между участниками — сетей, имеющих сравнительно небольшое число поставщиков и устанавливающих с ними долгосрочные отношения, и сетей с относительно низкой степенью связей и большим числом поставщиков. Сравнительный анализ эффективности сетей с разной численностью поставщиков первого уровня проведен как в относительно стабильных условиях функционирования сетевых структур, так и в условиях внешних шоков. В качестве реальных примеров рассмотрены глобальные сети в автомобилестроении (Ford, General Motors, Volkswagen и Honda). Также в статье проведено сравнение эффективности сетевых и вертикально интегрированных структур. В качестве примера вертикально интегрированной структуры, замыкающей полный цикл автопроизводства, взят крупнейший мировой производитель электромобилей BYD Company Limited. Полученные в исследовании результаты и возможность их содержательной интерпретации свидетельствуют об адекватности предложенного инструментария.

Ключевые слова: коллективная эффективность, сеть, транзакционные издержки, рыночная власть, рентабельность активов, вертикально интегрированная структура, автомобилестроение.

Классификация JEL: D85, L14.

УДК: 334.7.021, 334.752

Для цитирования: **Комарова И.П.** (2024). Коллективная эффективность сетевых структур на примере автомобилестроения // *Экономика и математические методы*. Т. 60. № 1. С. 97–107. DOI: 10.31857/S0424738824010087

ВВЕДЕНИЕ

В данном исследовании планируется рассмотреть вопросы количественной оценки коллективной эффективности сетевых форм сотрудничества.

О том что сети характеризуются наличием устойчивых кооперационных связей между контрагентами и синергетическим эффектом от их взаимодействия — так называемой коллективной эффективностью, свидетельствуют как теоретические, так и практические исследования современных экономистов.

Однако, уделяя внимание причинно-следственным связям, порождающим коллективную эффективность, исследователи уходят от изучения проблемы ее количественной оценки и разработки инструментария, позволяющего измерить и сравнить коллективную эффективность сетей.

В рамках данной статьи поставлена задача ответить на вопрос, с помощью каких показателей можно оценить коллективную эффективность различных сетевых структур и насколько предложенные показатели адекватны для осуществления данной оценки.

Под коллективной эффективностью понимается положительный экономический результат (рост прибыли/сокращение издержек), возникающий вследствие объединения ресурсов и бизнес-процессов участников сетевого взаимодействия.

Как уже отмечалось выше, много зарубежных исследований посвящено выявлению положительных эффектов, достигаемых за счет сетевых форм экономического взаимодействия.

В частности, М. Грановеттер рассматривает данные эффекты на примере *кейрецу* — особого типа сетевой организации взаимодействия, который позволяет корпорациям передавать важные задачи на аутсорсинг долгосрочным партнерам, встроенным в прочные отношения взаимных социальных обязательств (Granovetter, 1985, p. 497). Как известно, система кейрецу получила широкое распространение у японских автопроизводителей. В частности, компания Toyota объединила своих поставщиков первого уровня в официальную ассоциацию и отказалась напрямую иметь дело с участниками, не входящими в эту группу.

Здесь необходимо особо отметить, что отношения японских автопроизводителей с поставщиками были нацелены на ускоренное обновление модельного ряда. За счет того что конструирование новых комплектующих поставщиками осуществлялось параллельно с усилиями головного предприятия (Aoki, 1990), автопроизводителям удавалось значительно сокращать время разработки новой модели. Выигрыш достигался и за счет сокращения интервала между началом проектирования продукции и началом разработки технологии ее производства (Economic survey of Japan ..., 1993, p. 226).

Долговременный характер внутрисетевых отношений обуславливает глубокую техническую кооперацию: заказчик может предоставить исполнителям оборудование во временное пользование, раскрыть научно-техническую информацию, открыть доступ инженерам поставщиков в свои лаборатории. Таким образом, источником стратегических выгод для всех участников сети предстают конкурентные преимущества в сфере технологического развития.

Как отмечается в (Kamath, Liker, 1994), система сетевого взаимодействия также позволила значительно упростить логистику и контроль качества за счет наличия небольшого числа проверенных партнеров, и как следствие, сократить транзакционные издержки и время выполнения заказа, а также добиться высоких объемов производства при очень скромных объемах закупок.

Перечень преимуществ сетевого взаимодействия был расширен в последующих исследованиях, выявивших, что долгосрочные сетевые отношения обеспечивают эффективный обмен информацией между участниками сети, ведут к снижению затрат на мониторинг, сохранению доходов в пределах некоторого круга компаний, а также способствуют подтягиванию низкоэффективных участников к высокоэффективным за счет распределения рисков и перераспределения доходов (Cooper, Yoshikawa, 1994, p. 61; Uzzi, 1996, p. 683; Handfield, Bechtel, 2002, p. 368; Holmstrom, Roberts, 1998, p. 82; Lamming, 2000, p. 757; Khanna, Yafeh, 2005, p. 304).

Нельзя не отметить, что в ряде зарубежных исследований делается акцент на так называемой темной стороне сетевых взаимоотношений — отмечается, что сети могут препятствовать развитию запертых в старые, неэффективные отношения участников (Gargiulo, Benassi, 2000, p. 185). По мере роста степени укоренения сети могут сокращать поток новых знаний и бизнес-практик, снижать маневренность и адаптивность сети к различного рода изменениям в условиях, когда чувство ответственности перед другими участниками перевешивает экономическую целесообразность (Glasmeier, 1991, p. 478; Uzzi, 1996, p. 684).

Вместе с тем в современном научном мире не вызывает сомнения тот факт, что чистый экономический эффект (коллективная экономическая рента) сетевого взаимодействия, даже при наличии ряда возможных недостатков, — положительный, поскольку сетевые формы контрактации способствуют достижению экономической выгоды за счет ряда уже обозначенных преимуществ: экономии транзакционных издержек, усиления рыночной власти участников взаимодействия, обмена опытом, знаниями, технологическими практиками и проч.

Однако попытки количественно измерить выгоды сетевого сотрудничества вызывают определенные сложности. На сегодняшний день можно выделить несколько современных подходов к оценке.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Современные подходы к оценке коллективной эффективности

Для оценки коллективной эффективности сетевых структур большое значение имеет показатель величины созданной добавленной стоимости, а также структура ее распределения между участниками сетевого взаимодействия.

Наиболее распространенными являются следующие подходы к оценке доли участника сети в общей величине добавленной стоимости: сравнение стоимости промежуточной и конечной продукции и оценка доли добавленной стоимости на основе метода «затраты—выпуск».

Первый подход основан на сравнении прямых материальных затрат поставщика конечной продукции (интегратора сети) и отпускной цены самой конечной продукции. Однако использовании этого подхода связано со спорными допущениями: во-первых, прямые затраты интегратора включают не только оплату комплектующих, но и других составляющих, в том числе оплаты труда. Во-вторых, крупные компании несут значительные косвенные затраты, которые иногда многократно превосходят прямые. В-третьих, компания должна окупать капитальные вложения — инвестиции в исследования и разработки, продвижение бренда, изучение рынка, организацию взаимодействия всех участников сети, масштабирование и т.д.

Второй подход связан с оценкой распределения добавленной стоимости с помощью таблиц «затраты—выпуск», использование которых позволяет учесть торговлю промежуточными и готовыми товарами со странами происхождения товаров, а также рассчитать долю стран в созданной добавленной стоимости.

Существует несколько общепризнанных мировых баз данных для применения данного подхода:

- база данных «затраты—выпуск» WIOD (World Input–Output Database)¹;
- база данных «затраты—выпуск» Eora (The Eora multi-region input–output table, MRIO)²;
- база данных ОЭСР (trade in value-added, TiVA)³.

Данный подход также не лишен ряда недостатков. Во-первых, отнесение любых внешнеторговых сделок к участию в сетях создания стоимости представляется спорным; во-вторых, происходит смешение различных сетей — невозможно отделить участников в рамках конкретной сети; в-третьих, не отслеживаются кооперационные связи в рамках одной страны. В результате видится необходимой разработка нового инструментария для оценки распределения добавленной стоимости в сетевых структурах.

Принципиально новый подход к оценке коллективной эффективности сетевых структур был предложен А.С. Плещинским. В своих работах исследователь приходит к выводу, что экономическая эффективность функционирования технологически связанных предприятий во многом определяется механизмом действия *трансфертных цен*, когда производственные предприятия, составляющие вертикальную технологическую цепочку, рассчитываются между собой за поставляемую продукцию не по рыночным, а по более низким, трансфертным ценам. Возмещение разницы за поставку по внутригрупповым ценам происходит после того как предприятие–потребитель продаст свою конечную продукцию: оно возвращает предприятию–поставщику за внутригрупповую поставку разницу ее стоимости по рыночным и трансфертным ценам с определенным процентом от этой суммы, называемой ставкой по внутригрупповым сделкам (ставкой трансферта). Распределение между агентами их суммарной чистой прибыли осуществляется по согласованной ставке трансферта. Эффект данного взаимодействия можно количественно измерить как разницу между прибылью участников, реализующих сделки по правилам данного механизма, и участников, не использующих данного механизма (Плещинский, 2001, с. 70–71; 2014, с. 113).

Еще один современный подход связан с оценкой доли добавленной стоимости отдельных участников сети через *показатели относительной рентабельности* (Устюжанина, Евсюков, Комарова, 2019, с. 144–145). За основу сравнения в данном подходе взяты два основных показателя: средняя заработная плата — W и рентабельность активов компании — $ROTA = EBIT / TA$, где $EBIT$ — операционная прибыль (earning before interests & taxes); TA — балансовая стоимость активов компании. А также два специальных показателя:

¹ <https://www.rug.nl/ggdc/valuechain/wiod/wiod-2016-release>

² <https://www.worldmrio.com/quality/>

³ <https://www.oecd.org/sti/ind/measuring-trade-in-value-added.htm>

- относительного размера заработной платы $S_i = W_i / W_f$, где W_f — средняя заработная плата в компании-интеграторе;
- относительной рентабельности активов $R_i = ROTA_i / ROTA_f$, где $ROTA_f$ — рентабельность активов компании-интегратора.

Результаты проведенного исследования (Устюжанина, Евсюков, Комарова, 2019) опровергли распространенную точку зрения, что компании-интеграторы присваивают относительно большую долю добавленной стоимости.

Использовать показатели, зависящие от *величины добавленной стоимости* для оценки эффективности цепочки создания стоимости, предлагает автор (Андреева, 2024). Для этого вводится интегральный показатель — «*качество добавленной стоимости*». Для его расчета используются такие группы показателей, как «Показатели структуры добавленной стоимости предприятия» и «Показатели эффективности использования ресурсов предприятия». В первую группу показателей входят удельный вес прибыли от продаж в общей сумме добавленной стоимости, коэффициент заработной платы с отчислениями в общей сумме добавленной стоимости, а также удельный вес амортизационных отчислений в общей сумме добавленной стоимости. Во вторую группу — добавленная стоимость на один рубль выручки, производительность труда, добавленная стоимость на один рубль материальных затрат, прирост добавленной стоимости на один рубль инвестиций в основной капитал, добавленная стоимость на один рубль основных средств, а также прирост добавленной стоимости на один рубль затрат на технологические инновации (Андреева, 2024, с. 134–135). Недостатком данного подхода является множественность используемых показателей, затрудняющая возможность сравнения различных цепочек создания стоимости.

В данной статье планируется рассматривать текущую коллективную эффективность сетевых структур с позиций отдельных участников сетевого взаимодействия (через систему микропоказателей). В качестве показателей оценки текущей коллективной эффективности предлагается использовать показатели *отношения различных видов прибыли* (табл. 1) *к совокупным активам*.

Таблица 1. Виды прибыли участников сетевого взаимодействия

Показатель	Преимущества для оценки коллективной эффективности	Недостатки для оценки коллективной эффективности
Валовая прибыль	Показывает доходность продаж участника сети без вычета налогов. В связи с тем, что участники сети могут являться налоговыми резидентами различных стран с различными налоговыми ставками, последующий вычет налоговых платежей может исказить реальное распределение экономической ренты между участниками	Показатель не дает возможности определить уровень реального дохода участника, так как после его расчета предприятию предстоит учесть административные, коммерческие и операционные расходы
Операционная прибыль	Отражает прибыль, которую участник сети получает от своей основной деятельности. Не учитывает влияния уплаты налогов и процентных платежей	Позволяет сравнивать участников в аналогичных отраслях с похожими характеристиками, однако участники сети могут представлять различные отрасли и быть не сопоставимыми по размеру, иметь различный эффект масштаба
Прибыль до налогообложения	Показатель удобен для использования при сравнении участников, работающих в одной отрасли	Отражает разницу между доходами от деятельности участника сети и совокупностью расходов, включая коммерческие, операционные и административные расходы, кроме налога на прибыль. В связи с этим могут возникнуть искажения, обусловленные различиями в долговой нагрузке, амортизационной политике, применяемых налоговых режимах участников сети. Участники могут использовать разные методы расчета либо корректировки данного показателя
Чистая прибыль	Показатель измеряет эффективность работы участника сетевого взаимодействия в целом	На показатель могут повлиять доходы и расходы, не связанные с основной деятельностью, — реализация неиспользуемых активов, сдача помещений и оборудования в аренду
Нераспределенная прибыль	Показатель оценивает объем средств, оставшийся в распоряжении участника после всех выплат	Зависит от дивидендной политики участника сетевого взаимодействия

Источник: составлено автором.

Для измерения коллективной эффективности в данном исследовании предлагается сопоставить между собой рентабельности активов: Return on Total Assets ($ROTA = EBIT/TA$) участников сетей с различным числом контрагентов.

Рентабельность активов показывает, насколько эффективно компания использует свои активы для получения прибыли. Использование в расчете показателя $EBIT$ (прибыль до уплаты налогов и процентов) объясняется стремлением исключить влияние налоговых и финансовых различий участников сетей — представителей разных стран.

Коллективная эффективность сетевых структур в мировом автомобилестроении

В автомобилестроении к сетям с устойчивыми связями можно отнести компании Ford⁴ (табл. 2) и General Motors⁵ (табл. 3), имеющие сравнительно небольшое число (несколько десятков) поставщиков первого уровня и устанавливающие долгосрочные отношения с надежными поставщиками. К сетям с относительно низкой степенью связей и большим числом поставщиков первого уровня следует отнести компании Volkswagen⁶ (табл. 4), Honda⁷ (табл. 5). Для каждой сети производится оценка центрального агента и шести участников. По динамике продаж сети с устойчивыми связями опережают сети с относительно низкой степенью связей (см. рисунок).

Для каждой сети определим показатели *средневзвешенной рентабельности* ($ROTA_{av}$). Для этого необходимо привести к сопоставимому виду размеры совокупных активов (TA) участников сетей, представленных в официальной финансовой отчетности в различных валютах. Возьмем за основу подход, используемый при консолидации балансовых отчетов групп компаний в иностранной валюте: при их составлении все активы и обязательства пересчитываются с использованием валютных курсов на конец отчетного периода. В результате расчетов получаем следующий результат в долларах США (табл. 6).

Теперь определим показатели средневзвешенной рентабельности ($ROTA_{av}$) для каждой сети, используя формулу

$$ROTA_{av} = ROTA_0(TA_0/TA) + ROTA_1(TA_1/TA) + \dots + ROTA_6(TA_6/TA),$$

где $ROTA_0$ — рентабельность активов центрального агента; $ROTA_1, \dots, ROTA_6$ — рентабельность активов, соответствующих порядковому номеру участника сети; TA_0 — совокупные активы центрального агента; $TA_1, \dots, TA_6$ — совокупные активы, соответствующие порядковому номеру участника сети. В результате получаем $ROTA_{av}$ каждой сети (табл. 7).

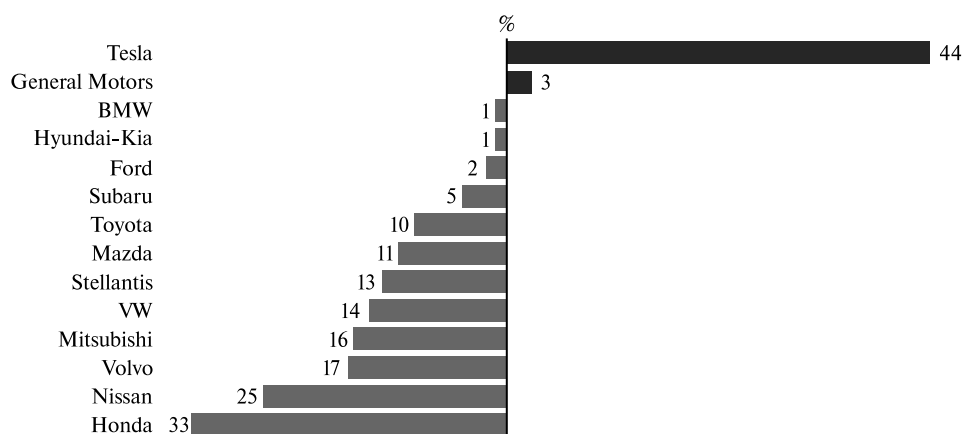


Рисунок. Динамика продаж крупнейших автопроизводителей в 2022 г. по сравнению с 2021 г.

Источник: <https://www.ixbt.com/news/2023/01/09/prevoshodstvo-tesla-nad-ostalnymi-avtoproizvoditeljami-nagljadno-pokazali-na-grafike.amp.html>

⁴ <https://ru.talkingofmoney.com/who-are-ford-s-main-suppliers>

⁵ <https://ru.talkingofmoney.com/who-are-general-motors-main-suppliers>

⁶ <https://www.automotivelogistics.media/oems/mastering-complexity-and-getting-sustainable-at-vw/41819.article>

⁷ <https://www.prnewswire.com/news-releases/honda-honors-its-2020-top-oem-and-service-parts-suppliers-in-north-america-301310464.html>

Таблица 2. Показатели компаний, входящих в сеть Ford

Участник	Промежуточная продукция	EBIT			TA			ROTA, %		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Центральный агент: Ford, млрд долл.	—	9,881	9,142	24,835	258, 537	267, 261	257,035	3,82	3,42	9,66
1. Autoliv (Швеция), млрд долл.	Подушки безопасности	0,718	0,364	0,674	6,771	8,157	7,537	10,6	4,4	8,94
2. Diamond Electric (Япония), млрд иен	Катушки зажигания	−1,246	1,249	1,639	51,183	64,085	68,727	—	1,95	2,38
3. Johnson Controls (США), млрд долл.	Автомобильные кресла	1,406	1,134	2,820	42,287	40,815	41,890	3,33	2,78	6,73
4. NHK Spring (Япония), млрд евро	Соединения стабилизатора подвески	12,516	15,092	50,456	532,615	560,769	588,091	2,35	2,69	8,58
5. Suzhou Sonavox Electronics Co. (Китай), млн юаней	Аудиотехника	102,470	100,544	78,315	1337,705	1356,1	1622,075	7,66	7,41	4,83
6. Trelleborg AB (Швеция), млрд шведских крон	Уплотнители	0,998	3,953	5,098	56,341	53,764	55,640	1,77	7,35	9,16

Источник: рассчитано автором на основе официальной финансовой отчетности компаний, представленной на сайте <https://finance.yahoo.com/>

Таблица 3. Показатели компаний, входящих в сеть General Motors

Участник	Промежуточная продукция	EBIT			TA			ROTA, %		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Центральный агент: General Motors, млрд долл.	—	8,218	9,193	13,666	228,037	235,194	244,718	3,60	3,91	5,58
1. Bosch Limited (Индия), млрд рупий	Автомобильная электроника, системы безопасности и двигателей	9,299	5,793	15,288	133,113	147,643	154,023	6,99	3,92	9,93
2. Denso (Япония), млрд иен	Двигатели, радиаторы и системы анализа выхлопных газов	99,252	201,083	393,211	5651,801	6767,684	7432,271	1,76	2,97	5,29
3. Johnson Controls (США), млрд долл.	Автомобильные кресла	1,406	1,134	2,820	42,287	40,815	41,890	3,33	2,78	6,73
4. Mitsubishi Electric Co. (Япония), млрд иен	Продукты для зарядки и запуска двигателя, управления двигателями, системами управления коробкой передач и электроусилителем	288,994	261,582	282,395	4409,771	4797,921	5107,973	6,55	5,45	5,53
5. NGK Spark Plug Co (Япония), млрд евро	Свечи зажигания	51,515	53,068	84,763	663,374	771,293	823,181	7,77	6,88	10,30
6. SL Corp. (Южная Корея), млрд южнокорейских вон	Системы шасси, фонари, зеркала, передние модули, включая балки бампера, клаксоны, защелки капота и датчики	92,399	97,059	161,680	2273,627	2338,957	2567,493	4,06	4,15	6,30

Источник: рассчитано автором на основе официальной финансовой отчетности компаний, представленной на сайте <https://finance.yahoo.com/>

Таблица 4. Показатели компаний, входящих в сеть Volkswagen

Участник	Промежуточная продукция	EBIT			ТА			ROTA, %		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Центральный агент: Volkswagen, млрд евро	—	20,874	13,935	22,097	488,071	497,114	528,609	4,28	2,80	4,18
2. Fuyao Glass (Китай), млрд юаней	Автостекла	3,664	3,464	4,138	38,826	38,424	44,785	9,44	9,02	9,24
3. Mahle (Бразилия), млрд бразильских реалов	Поршни, клапаны	0,323	0,136	0,731	2,328	2,797	2,941	13,88	4,86	24,86
4. NGK Spark Plug Co (Япония), млрд евро	Свечи зажигания	51,515	53,068	84,763	663,374	771,293	823,181	7,77	6,88	10,30
5. Valeo (Франция), млрд евро	Сцепление, оптика (фары), щетки стеклоочистителя	0,798	−0,802	0,579	18,913	18,847	18,835	4,22	—	3,07
6. Omnicom Group (США), млрд долл.	Продвижение бренда Volkswagen в Европе и Южной Америке	2,183	1,631	2,225	26,783	27,647	28,422	8,15	5,89	7,83

Источник: рассчитано автором на основе официальной финансовой отчетности компаний, представленной на сайте <https://finance.yahoo.com/>

Таблица 5. Показатели компаний, входящих в сеть Honda, млрд евро

Участник	Промежуточная продукция	EBIT, млрд иен			ТА, млрд иен			ROTA, %		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Центральный агент: Honda	—	814,607	927,930	1087,057	20461,465	21921,030	23973,153	3,98	4,23	4,54
1. Bridgestone (Япония)	Резиновые части	417,562	52,920	393,813	3946,505	4189,327	4574,892	10,58	1,26	8,61
2. Denso (Япония)	Датчики температуры, давления и скорости, свечи зажигания, радиаторы	99,252	201,083	393,211	5651,801	6767,684	7432,271	1,76	2,97	5,29
3. Fuji (Япония)	Ресивер кондиционера, датчик давления кондиционера	19,517	24,065	30,105	198,504	224,671	243,310	9,83	10,71	12,37
4. Hitachi (Япония)	Стартер	204,252	867,221	866,443	9930,081	11852,853	13887,502	2,06	7,32	6,24
5. Mitsubishi (Япония)	Генератор	718,902	299,827	1339,798	18049,661	18634,917	21912,012	3,98	1,61	6,11
6. Panasonic (Япония)	Аккумуляторная батарея, корб впускного коллектора	325,111	279,446	379,654	6218,518	6847,073	8023,583	5,23	4,08	4,73

Источник: рассчитано автором на основе официальной финансовой отчетности компаний, представленной на сайте <https://finance.yahoo.com/>

Мы видим, что сети с устойчивыми долгосрочными связями и сравнительно небольшим числом поставщиков первого уровня (Ford, General Motors) демонстрируют в 2021 г. более высокий уровень рентабельности (7,969 и 8,918% соответственно), чем сети с относительно более низкой степенью связей и большим числом поставщиков (Volkswagen, Honda) — 7,855 и 5,609% соответственно.

Таблица 6. Совокупные активы участников сетей в 2019–2021 гг., млрд долл. США

Участники сети (№ из табл. 2–5)	Ford			General Motors		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Центральный агент	258,537	267,261	257,035	228,037	235,194	244,718
1	6,771	8,157	7,537	1,864	2,067	2,068
2	0,470	0,622	0,597	51,884	65,647	64,567
3	42,287	40,815	41,890	42,287	40,815	41,890
4	596,529	689,746	664,543	40,482	46,540	44,375
5	191,292	207,483	255,043	742,979	948,690	938,426
6	6,029	6,559	6,155	1,955	2,152	2,161
Итоговая сумма	1101,915	1220,643	1232,80	1109,488	1341,105	1338,205
Участники сети (№ из табл. 2–5)	Volkswagen			Honda		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Центральный агент	546,640	611,450	602,614	187,836	212,634	208,263
1	1,864	2,067	2,068	36,229	40,637	39,74
2	5,552	5,879	7,042	51,884	65,647	64,567
3	0,577	0,537	0,528	1,822	2,179	2,114
4	742,979	948,690	938,426	91,158	114,973	120,646
5	21,183	23,182	21,472	165,696	180,759	190,415
6	26,783	27,647	28,422	57,086	66,417	69,725
Итоговая сумма	1345,578	1619,452	1600,572	591,711	683,239	695,47

Источник: рассчитано автором на основе официальной финансовой отчетности компаний, представленной на сайте <https://finance.yahoo.com/> и курсов валют, представленных на сайтах <https://www.macrotrends.net/> и <https://www.investing.com/currencies/>

Таблица 7. $ROTA_{av}$ сетей в 2019–2021 гг.

Средневзвешенная рентабельность по годам	Ford			General Motors			Volkswagen			Honda		
	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
$ROTA_{av}, \%$	3,701	3,691	7,969	6,410	5,984	8,918	6,312	5,228	7,855	4,032	3,765	5,609

Источник: рассчитано автором.

Однако в 2019–2020 гг. результаты расчетов показывают, что устойчивые сети (например, General Motors) имели показатели рентабельности, близкие менее устойчивым сетям (например, Volkswagen), или даже ниже этих значений (как в случае с Ford). Интерпретировать данный результат можно следующим образом: в 2019–2020 гг., на которые пришелся пик мировой пандемии, устойчивые сети оказались менее адаптивными к вынужденным ограничениям — закрытию границ многих стран и изменению географии поставок, чем сети с более свободными и обширными связями с поставщиками. Иными словами, в условиях внешних шоков сети с невысокой устойчивостью связей оказываются более маневренными и адаптивными, чем более стабильные сети, имеющие высокий уровень обязательств перед партнерами и оказывающимися запертыми внутри долгосрочных сложившихся связей. В то же время устойчивые сети демонстрируют более высокую эффективность в относительно стабильных условиях функционирования.

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕТЕВЫХ И ВЕРТИКАЛЬНО ИНТЕГРИРОВАННЫХ СТРУКТУР

Теперь сравним сетевые структуры (как с устойчивыми, так и неустойчивыми связями) со структурами, делающими ставку на полную автаркию в своей деятельности и отказывающимися от построения сетевых форм контрактации.

В качестве вертикально интегрированного производителя, замыкающего полный цикл автопроизводства, рассмотрим крупнейшего мирового производителя электромобилей, обогнавшего

Таблица 8. Показатели компании BYD Company Limited

EBIT, юань			ТА, юань			EBIT/ТА, %		
2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
5,919	10,006	6,426	195,642	201,017	295,780	3,025	4,978	2,173

Источник: рассчитано автором на основе официальной финансовой отчетности компаний, представленной на сайте <https://finance.yahoo.com/>

по объемам продаж компанию Tesla — китайскую компанию BYD Company Limited. Пост продаж BYD в 2022 г. по сравнению с 2021 г. составил 315%⁸.

Основанная в 1995 г. компания BYD первоначально выступала производителем аккумуляторных батарей, используя стратегию обратного инжиниринга, или, иначе говоря, копирования. За несколько лет BYD стала главным поставщиком аккумуляторов для мобильных телефонов Nokia и Motorola, ноутбуков Dell, инструментов Black&Decker.

С 2005 г. компания запустила автомобильное производство, используя ранее апробированную успешную стратегию обратного инжиниринга и копируя ведущих автопроизводителей (Mercedes, Toyota, Mitsubishi), а в настоящее время она оказалась единственной в мире компанией, которая делает электромобили самостоятельно и по полному циклу.

Ранее идею полного цикла стремилась реализовать и компания Tesla, заявляя, что «проектирует и производит в автомобилях гораздо больше деталей, чем другие производители, которые используют традиционную базу поставок и выполняют “проектирование по каталогам”»⁹. Однако в настоящее время у компании применяются компоненты целого ряда международных компаний-поставщиков — ZF Friedrichshafen AG, Denso, Mahle, Marelli, Minebea Mitsumi, Faurecia, EFC International, Ronal, Cooper Standard, Rollax и многих других.

Как видим из данных в табл. 8, рентабельность активов вертикально интегрированного китайского автопроизводителя BYD Company Limited демонстрирует в среднем более низкие значения, чем у сетевых структур, что видится объективным — построение производства полного цикла требует значительно большего наращивания совокупных активов, что закономерно приводит к более низким показателям эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для измерения и сравнения коллективной эффективности участников сетей в данном исследовании был предложен прокси-показатель — рентабельность активов ($ROTA$) участников сетей. На основании рентабельности активов участников был определен показатель средневзвешенной рентабельности ($ROTA_{av}$) для каждой сети.

Данный показатель был апробирован на глобальных сетях создания стоимости в автомобилестроении и доказал адекватность и возможность применения для количественной оценки эффективности сетей. Состоятельность показателя подтвердилась возможностью содержательной интерпретации полученных результатов.

Проведенная нами оценка позволила сделать вывод, что устойчивые сети демонстрируют более высокую эффективность в относительно стабильных условиях функционирования, в то время как в условиях внешних шоков сети с невысокой устойчивостью связей становятся более адаптивными и показывают более высокую эффективность, чем стабильные сети с высоким уровнем обязательств перед партнерами и долгосрочными сложившимися связями.

Сравнение сетевых структур (как с устойчивыми, так и с неустойчивыми связями) с вертикально интегрированной структурой, замыкающей полный цикл автопроизводства, показало более низкий уровень эффективности у последней, что объясняется необходимостью наращивания значительно большего размера совокупных активов для осуществления производства полного цикла.

⁸ <https://autonews-ru.turbopages.org/autonews.ru/s/news/6305fc2b9a794785e8bc2000>

⁹ <https://dvizhok.su/parts/iz-chego-delayut-elektromobili-tesla-izuchaem-spisok-postavshhikov-komponentov-dlya-tesla-model-y?ysclid=ljo2kvnjac225361778>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Андреева Т.В.** (2024). Цепочка создания стоимости продукта: формирование и оценка эффективности: монография. М.: Инфра-М. [Andreeva T.V. (2024). *Product value chain: formation and evaluation of efficiency: Monograph*. Moscow: Infra-M (in Russian).]
- Плещинский А.С.** (2001). Механизм равновесных трансфертных цен при вертикальном взаимодействии производственных экономических агентов // *Экономика и математические методы*. Т. 37. № 2. С. 70–91. [Pleschinsky A.S. (2001). The equilibrium transfer prices under vertical interaction of production economic agents. *Economics and Mathematical Methods*, 37, 2, 70–91 (in Russian).]
- Плещинский А.С.** (2014). Вертикальные межфирменные взаимодействия с управляемой надбавкой к затратам // *Экономика и математические методы*. Т. 50. № 4. С. 112–133. [Pleschinsky A.S. (2014). Vertical inter-company interactions with controllable price-margin. *Economics and Mathematical Methods*, 50, 4, 112–133 (in Russian).]
- Устюжанина Е.В., Евсюков С.Г., Комарова И.П.** (2019). Сети создания стоимости: проблемы формирования и управления // *Менеджмент и бизнес-администрирование*. № 3. С. 132–150. [Ustyuzhanina E.V., Eysukov S.G., Komarova I.P. (2019). Value chains: Problems of formation and governance. *Management and Business Administration*, 3, 132–150 (in Russian).]
- Aoki M.** (1990). *Information, incentives and bargaining in the Japanese economy: A microtheory of the Japanese economy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Cooper R., Yoshikawa T.** (1994). Inter-organizational cost management systems: The case of the Tokyo–Yokohama–Kamakura supplier chain. *International Journal of Production Economics*, 37 (1), 51–62.
- Economic survey of Japan, 1991–1992* (1993). Tokyo: Ministry of finance, Japan government economic planning agency.
- Gargiulo M., Benassi M.** (2000). Trapped in your own net? Network cohesion, structural holes, and the adaptation of social capital. *Organization Science*, 11 (2), 183–196.
- Glasmeier A.** (1991). Technological discontinuities and flexible production networks: The case of Switzerland and the world watch industry. *Research Policy*, 20 (5), 469–485.
- Granovetter M.** (1985). Economic action and social structure: The problem of embeddedness. *American Journal of Sociology*, 91, 3, 481–510.
- Handfield R.B., Bechtel C.** (2002). The role of trust and relationship structure in improving supply chain responsiveness. *Industrial Marketing Management*, 31 (4), 367–382.
- Holmstrom B., Roberts J.** (1998). The boundaries of the firm revisited. *Journal of Economic Perspectives*, 12 (4), 73–94.
- Kamath R.R., Liker J.K.** (1994). A second look at the Japanese product development. *Harvard Business Review*. November–December. Available at: <https://hbr.org/1994/11/a-second-look-at-japanese-product-development>
- Khanna T., Yafeh Y.** (2005). Business groups and risk sharing around the world. *The Journal of Business*, 78 (1), 301–340.
- Lamming R.** (2000). Japanese supply chain relationships in recession. *Long Range Planning*, 33 (6), 757–778.
- Uzzi B.** (1996). The sources and consequences of embeddedness for the economic performance of organizations: The network effect. *American Sociological Review*, 61 (4), 674–698.

Collective efficiency of network structures — an example of automobile industry

© 2024 I.P. Komarova

I.P. Komarova,*Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia; e-mail: Komarova.IP@rea.ru*

Received 28.07.2023

The research was carried thanks to grant of the Russian Scientific Foundation (project 23-28-01241) (“Development of a theoretical model for transforming global value chains under the influence of external shocks”).

Abstract. Network forms of contracting allow participants to achieve economic benefits as a result of their joint interaction — collective efficiency. Numerous studies of modern economists demonstrate its existence, but most of them are limited to considering the qualitative estimate of this category, not paying due attention to its quantitative assessment. There are macroeconomic methods for measuring the total collective efficiency associated with assessing the distribution of value added. But measuring collective efficiency at the micro-level, for individual participants in network interaction, is difficult due to the lack of adequate assessment tools. In this study, it is proposed to use a proxy indicator to measure and compare the collective efficiency of network participants with a different number of counterparties. The study aims to compare the collective efficiency of networks with different levels of links’ stability between participants — networks with a relatively small number of suppliers and long-term relations with them, and networks with a relatively lower degree of links and a bigger number of suppliers. A comparative analysis of the efficiency of networks with different numbers of first-tier suppliers was carried out both under relatively stable conditions for the functioning of network structure and under conditions of external shocks. Global networks in the automotive industry (Ford, General Motors, Volkswagen and Honda) are considered as real examples. The article also compares the efficiency of network and vertically integrated structures. BYD Company Limited, the world’s largest manufacturer of electric vehicles, is taken as an example of a vertically integrated structure that provides the full cycle of auto production. The results obtained in the study and the possibility of their meaningful interpretation confirmed the adequacy of the proposed tools.

Keywords: collective efficiency, network, transaction costs, market power, return on assets, vertically integrated structure, automotive industry.

JEL Classification: D85, L14.

UDC: 334.7.021, 334.752

For reference: **Komarova I.P.** (2024). Collective efficiency of network structures — an example of automobile industry. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 1, 97–107. DOI: 10.31857/S0424738824010087 (in Russian).

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Гибридный подход к моделированию факторов производительности труда: синтез рандомизированных контролируемых экспериментов и причинных байесовских сетей

© 2024 г. Е.В. Орлова

Е.В. Орлова,

Уфимский университет науки и технологий, Уфа; e-mail: ekorl@mail.ru

Поступила в редакцию 26.03.2023

Аннотация. Решение задачи эффективного управления производительностью труда работников компаний с учетом множества разнородных факторов, которые имеют стохастический, нестационарный и нелинейный характер и встраиваются в сложные цепочки причинно-следственных взаимодействий в условиях цифровой трансформации экономики, представляет определенные трудности. В работе предложена технология, которая обеспечивает с высокой степенью достоверности установление причинно-следственной связи между реализацией альтернативных управленческих решений и производительностью труда работников компании. Эта технология предназначена для выбора решений на основе оценки их воздействия на производительность труда. Новизна предлагаемой технологии состоит в том, что она основана на гибридном подходе к моделированию объекта исследования и объединяет две модели. Первая модель — структурная — построена на основе априорных знаний законов функционирования и развития и обеспечивает причинное понимание объекта и способна предсказать эффект воздействий факторов (явных и косвенных). Вторая модель основана на данных и настраивается (адаптируется) с учетом эмпирических данных, полученных в результате наблюдения (измерения) за объектом. Разработанная технология использует разнородные методы исследования — метод рандомизированного контролируемого эксперимента для получения информации о тестируемых мероприятиях, методы статистического анализа данных (дескриптивного анализа данных, корреляционного и регрессионного анализов, разность разностей для установления причинной связи между реализуемым мероприятием и ростом производительности труда), байесовскую сеть причинности для построения и анализа структурной модели объекта и объяснения причинных связей явных и скрытых факторов, влияющих на производительность труда в условиях реализации мероприятий. Практическую значимость имеют результаты апробации предлагаемых теоретических положений, методов и технологии на фактических данных о деятельности предприятий сферы питания. Полученные нами результаты опираются на эффективное использование разработанной технологии, направленной на рост производительности труда в условиях неопределенности внешней и внутренней среды и устойчивое развитие предприятий и повышение их доходности.

Ключевые слова: производительность труда работников предприятия, рандомизированные контролируемые эксперименты, причинная байесовская сеть, причинные связи, гибридный подход.

Классификация JEL: C32, C53, C61, O15.

УДК: 330.4, 519.865.7

Для цитирования: **Орлова Е.В.** (2024). Гибридный подход к моделированию факторов производительности труда: синтез рандомизированных контролируемых экспериментов и причинных байесовских сетей // *Экономика и математические методы*. Т. 60. № 1. С. 108–120. DOI: 10.31857/S0424738824010099

1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение причинных зависимостей в экономических, социальных системах сопряжено со значительными трудностями. Они состоят в том, что вместе с рассматриваемым объектом (системой) необходимо учитывать большое число факторов, действующих на исследуемые характеристики объекта, про существование которых либо ничего неизвестно, либо их невозможно или трудно измерить. В таком случае требуются результаты наблюдений (данные) и понимание содержательных (сущностных) основ исследуемого объекта.

Особенностями данных, описывающих экономические и социальные процессы, являются: разнообразие шкал измерения признаков, неоднородность выборок и отклонение распределений

признаков от нормального закона, неполнота и пропуски в данных, стохастичность, мультиколлинеарность и гетероскедастичность данных. Эти свойства ограничивают сферу применения классических методов статистического моделирования, аппроксимации и прогнозирования и требуют нового методологического подхода к моделированию причинных связей и решению задачи прогнозирования методами, не чувствительными к этим особенностям и пригодными для использования в различных приложениях экономики.

Повышение производительности труда и модернизация приоритетных несырьевых отраслей экономики в настоящее время являются не только необходимыми условиями экономического роста, но и важными составляющими национальной безопасности России. Производительность труда — ключевой показатель экономического развития страны и уровня жизни населения.

Производительность труда как экономическая характеристика эффективности труда и результативности производственно-экономической деятельности показывает величину затрат труда, необходимую для производства единицы продукции. Традиционно факторы роста производительности труда объединяются в следующие группы: материально-технические (уровень инновационности техники и технологий, создание высокопроизводительных рабочих мест); организационно-экономические (уровень развития специализации и концентрации производства, техники бережливого производства, совершенствование структуры и объемов производства, повышение квалификации) и социально-экономические (уровень оплаты труда и условия труда).

В период цифровой трансформации экономики условия технологического развития неизбежно изменяют характер и условия труда. Меняется отношение к характеру труда: под воздействием цифровизации бизнес-процессов происходит трансформация задач работников. Это способствует появлению новых и изменяющихся профессий, приводит к исчезновению профессий-пенсионеров, но при этом провоцирует рост безработицы. Поэтому проблема, связанная с повышением качества труда как важнейшего производительного ресурса предприятия, является актуальной, социально и экономически значимой.

Человеческий капитал как интенсивный производительный фактор развития экономики, общества и семьи включает часть трудовых ресурсов, знания и интеллект, инструменты труда человека, среду обитания и трудовой деятельности. В человеческий капитал предприятий входит организационный (структурный) капитал (Youndt, 2000; Armstrong, 2008), социальный и потребительский капитал как компонент интеллектуального капитала в форме навыков и накопленных знаний (Edvinsson, 2007; Samad, 2020; Gratton, Ghoshal, 2003) для создания добавленной стоимости.

Социальный капитал как структурный компонент человеческого капитала влияет на способность человека в процессе его трудовой деятельности формировать инновационные решения, что является чрезвычайно важным в условиях ESG-ориентированного бизнеса. Функционал социального капитала состоит в том, чтобы сформировать определенную ценность аспектов социальной структуры (эмоций, моральных ограничений, социальных обязательств и ожиданий, доверия) и перевести ее в ресурс, который можно использовать для достижения цели индивида или организации.

В работах (Орлова, 2022б; Orlova, 2022a) предложена методология оценки социального капитала работников и компании в целом с учетом следующих факторов: межличностного и институционального доверия, трудовых ценностей и вовлеченности в социальные сети. Методология базируется на модели, основанной на данных, представляющих объективные сведения о работниках, и субъективной информации, полученной из анкетирования работников. Она позволяет проводить сравнительный анализ работников с позиции социального капитала. Там же приведено эмпирическое подтверждение влияния социального капитала и его факторов на индивидуальную инновационность работника; дано сущностное (экономическое) объяснение и интерпретация этого влияния.

Целью данной работы является разработка и апробация технологии, обеспечивающей с высокой степенью достоверности установление причинно-следственной связи между реализацией альтернативных управленческих решений (направленных по повышению производительности труда) и производительностью труда работников предприятия. Технология предназначена для выбора решений на основе оценки эффекта воздействия управленческих решений на производительность труда.

2. МЕТОДЫ

2.1. Обзор подходов к моделированию причинности

Причинность (causality) характеризует такое влияние одного события (причины) на другое событие (следствие), посредством которого событие-следствие возникает и без события-причины оно бы не возникло. Понятия причины и следствия формируются на стыке принципов всеобщей связи и развития. С позиции принципа всеобщей связи причинность определяется как один из основных видов связи, в которой причина при определенных условиях порождает следствие. С позиции принципа развития причинность определяется как всякое изменение и развитие, т.е. изменение в сторону появления нового качества.

Причинный вывод (causal inference) представляет собой процесс установления фактического процесса-следствия в результате наблюдения за процессом-причиной и его изменением, которое породило изменение процесса-следствия. Не всякая связь является причинной. Наличие установленных корреляций между факторами, характеризующими систему и/или ее внешнюю среду, еще не гарантирует наличия причинно-следственных связей между этими факторами.

Построить причинную модель можно двумя способами:

1) аналитически — исходя из экспертного знания физических (технических, экономических, социальных и др.) законов, обуславливающих функционирование моделируемой системы. К этому способу можно отнести построение систем дифференциальных уравнений, когнитивное моделирование (Bryson et al., 2004; Орлова, 2022б), моделирование на основе методов исследования операций, имитационное моделирование (Бахтизин, 2008);

2) экспериментально — на основе эмпирических данных, являющихся результатом наблюдения или измерения (эксперимента) и подбора аппроксимирующих зависимостей. Сюда относятся: статистическое моделирование, моделирование на основе методов искусственного интеллекта и машинного обучения, интеллектуального анализа данных на основе нейронных сетей, графовые модели (моделирование структурными уравнениями), моделирование на базе ориентированного ациклического графа — байесовские сети (Pearl, 2009, 2021).

Статистические модели позволяют делать прогнозы одной переменной в зависимости от изменения других в заданных условиях эксперимента. Такая модель не предсказывает, каким будет эффект от воздействия факторов (возмущений), но может извлекать знания из наблюдений, выявлять в них закономерности. Ограничением этой группы методов являются жесткие требования к характеристикам данных — они должны быть независимыми и одинаково распределенными (i.i.d — independent and identically distributed). Статистические модели не обладают прогностическими способностями в условиях изменения условий экспериментов или воздействий других, не учтенных в модели факторов.

Хорошо интерпретируемую статистическую модель с высоким уровнем адекватности не представляется возможным использовать для доказательства причинной связи между характеристиками объекта. Это связано с тем, что установление корреляции не означает наличия причинности. Поэтому причинно-следственные связи не могут быть обоснованы только на основе статистического подхода, но требуют применения теоретических знаний о причинах и следствиях в предметной области и аналитических (структурных, причинных) моделей.

Такой симбиоз на основе данных и физических моделей позволяет повысить прозрачность моделей, обеспечить их объяснимость, усилить обобщающую и прогностическую способность. Гибридная модель причинности должна быть представлена в виде модульной архитектуры, в которой различные модули можно индивидуально настраивать и адаптировать для решения новых задач. Такой подход позволит использовать знания и опыт экспертов в заданной предметной области и результаты эмпирических выводов. Как и аналитические (физические), гибридная модель обеспечивает причинное понимание объекта и способна предсказать эффект воздействия факторов.

2.2. Методология исследования

Рассматривается задача управления производительностью труда работников предприятия на основе использования одного из набора альтернативных управленческих решений. Эти решения состоят в проведении мероприятий, направленных на рост производительности труда. Был разработан комплекс, состоящий из трех видов мероприятий, эффективность которых оценивается на основе экспериментов: 1) переход на частично дистанционный режим работы; 2) введение рейтинга сотрудников и подразделений для дополнительного премирования; 3) стажировка в ведущих компаниях.

Критерием эффективности конкурирующих мероприятия является полное и устойчивое достижение конечных целей системы управления при минимальных затратах его реализации. Для этого необходимо протестировать набор мероприятий с позиции воздействия на производительность труда, а затем ранжировать их в зависимости от степени воздействия на показатель производительности труда.

Тестируемая гипотеза: применение мероприятия (каждого из трех в отдельности) влияет на производительность труда (установление причинно-следственной связи между реализацией мероприятия и ростом производительности труда) в условиях действия явных и скрытых факторов на эффективность трудовой деятельности работников предприятия.

Методологической основой исследования является разработка концепции и технологии моделирования и управления, предназначенных для оценки влияния мероприятий на рост производительности труда и используемых для принятия аргументированных решений в области кадровой политики предприятия, направленной на снижение рисков человеческого капитала.

Рассмотрим этот процесс по этапам.

Этап 1. На подготовительном этапе технологии формируется репрезентативная выборка работников для проведения испытаний по каждому мероприятию. Выборка осуществляется случайным образом из разных подразделений предприятия. Перед испытаниями все кандидаты проходят инструктаж и со всех кандидатов собирается добровольное согласие участвовать в экспериментальных исследованиях.

Этап 2. Проводятся рандомизированные контролируемые эксперименты и распределение участников в экспериментальную (тестовую) и контрольную группы. Рандомизация призвана так разделить работников на группы, чтобы заранее невозможно было предсказать, в какую группу попадет испытуемый. Здесь важнейшим этапом является использование метода маскирования на основе двойного слепого исследования результатов экспериментов. Это означает, что информация об участниках испытаний и принадлежности их к какой-то группе является закрытой для участников и исследователей. Полная информация есть только у лица, ответственного за проведение испытаний. Метод двойного слепого обследования предотвращает систематические ошибки, которые могут повлиять на результаты эксперимента. В каждой из трех экспериментальных групп реализуется одно из трех мероприятий, а в контрольной группе никаких вмешательств не производится. Наблюдение осуществляется над экспериментальной и контрольной группами в течение восьми месяцев.

Этап 3. Обрабатываются результаты рандомизированных контролируемых экспериментов. Обработка осуществляется на основе методов статистического анализа (дескриптивный, корреляционно-регрессионный анализ; метод оценки показателей динамики исследуемых характеристик и разности разностей). Оценивается частный эффект действия мероприятий на производительность труда, т.е. эффект бинарного воздействия мероприятия в условиях допущения, что различие между экспериментальной и контрольной группами объясняется исключительно воздействием самого мероприятия. При этом влияние других переменных нивелировано (в данном случае — с помощью рандомизации). Тогда сравнение результатов двух групп могут быть интерпретированы с точки зрения наличия причинно-следственной связи между воздействием (мероприятием) и управляемым показателем — производительностью труда.

Этап 4. Оценивается эффективность мероприятий и формируется заключение о наилучшем управленческом решении. Оценка полного эффекта действия делается на основе причинной байесовской сети.

Представленная здесь технология способна обеспечить с высокой степенью достоверности установление причинно-следственной связи между реализацией альтернативных управленческих решений и производительностью труда. Она предназначена для выбора решений на основе оценки эффекта их воздействия на производительность труда.

Новизна предлагаемой технологии состоит в том, что гибрид двух моделей объединяет две модели: 1) структурной (построенной на основе априорных знаний законов функционирования; 2) настраиваемой (адаптированной), основанной на эмпирических данных.

Такая технология обладает высоким уровнем адекватности за счет применения разнородных методов анализа объекта, соответствующих сложности решаемых задач. К таким методом относятся: а) метод рандомизированного контролируемого эксперимента для получения информации о тестируемых мероприятиях; б) методы статистического анализа данных (метод дескриптивного анализа, метод корреляционного и регрессионного анализа, метод разность разностей для установления причинной связи между реализуемым мероприятием и ростом производительности труда); в) теория и методы байесовских сетей причинности для построения и анализа структурной модели

объекта и объяснения причинных связей явных и скрытых факторов, влияющих на производительность труда в условиях реализации выбранных мероприятий.

Разработанная технология обеспечивает системную интеграцию теории причинных байесовских сетей, методов статистических рандомизированных испытаний и разности разностей. Она позволяет в условиях нелинейности, динамичности, стохастичности и нестационарности исходных данных оценивать результаты действия управленческих решений и выбирать наиболее эффективные. Отличие предлагаемой технологии от других состоит в том, что она позволяет определить синергетический эффект действия причины (мероприятия) на следствие (производительность труда) при наличии скрытых факторов.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Оценка частного эффекта воздействия мероприятий. Результаты применения метода разность разностей

Рассмотрим дизайн эксперимента для реализации *первого этапа технологии*. Исследуется выборка из 120 работников предприятия сферы общественного питания, дифференцированных по внедрению / отказу от мероприятий, направленных на увеличение производительности труда. В каждом мероприятии занято 40 человек: 20 в тестовой группе и 20 — в контрольной. Разделение на подгруппы осуществлялось методом случайного отбора (рандомизации). Эксперимент длится восемь месяцев; первые четыре месяца воздействие на тестовую группу не осуществляется, затем, в оставшееся время, мероприятия проводились только в тестовой группе. Наблюдаются характеристики индивидуальной производительности труда работников до начала и во время мероприятий. На основе методики, описанной в (Orlova, 2021a), по результатам анкетирования оценивается социальный капитал, уровень мотивации и инновационность работников.

Ставится задача оценить влияние применения каждого мероприятия на производительность труда и проверить гипотезу о наличии причинно-следственной связи между мероприятиями и ростом производительности труда.

Так как выборки работников до и после проведения экспериментов имеют одинаковый состав, они могут быть зависимыми.

Протестируем гипотезу о статистически значимом различии (на уровне значимости $\alpha = 0,05$) в средних темпах роста производительности труда до и после реализации мероприятий для тестовой и контрольной выборок. Для этого используем парный t-критерий Стьюдента для двух зависимых выборок.

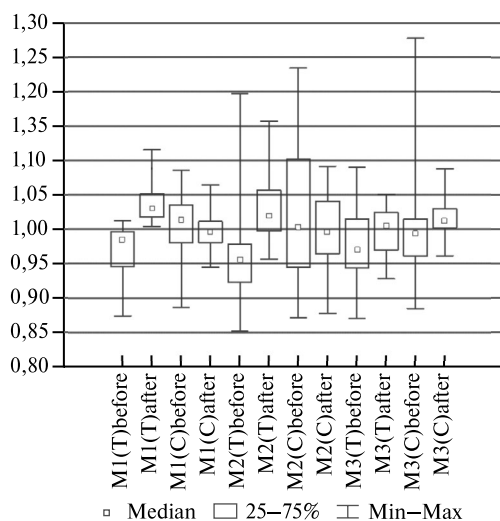


Рис. 1. Диаграммы размаха темпов роста производительности труда в выборках работников

Примечание. Обозначения на рисунке: M1(T)before, M1(T)after — темпы роста производительности труда работников, входящих в тестовую выборку при реализации мероприятия 1; M1(C)before, M1(C)after — темпы роста производительности труда работников, входящих в контрольную выборку при реализации мероприятия 1, и т.д.

Результаты показали значимое различие между темпами роста производительности труда (следовательно, и выборками работников) только в тестовых группах для мероприятий 1 и 2. Остальные выборки работников с точки зрения исследуемой характеристики отличаются незначительно. Это может быть связано с тем, что проверяемые выборки не распределены нормально. Если исследуемые выборки не подчиняются нормальному закону распределения, то для проверки гипотезы о различии средних значений исследуемой характеристики в группах можно использовать непараметрические тесты.

Непараметрическим аналогом парного t-критерия Стьюдента для зависимых выборок является тест Вилкоксона, основанный на парных сравнениях значений исследуемой характеристики до и после проведения мероприятий и их ранжирования. Результаты теста Вилкоксона показали значимое различие (на уровне значимости $\alpha = 0,05$) в темпах роста производительности труда для тестовых групп работников при реализации мероприятий 1 и 2, а также для контрольной группы — при реализации мероприятия 3. Анализ выявленных различий продемонстрирован на диаграмме размаха (рис. 1). Из диаграммы видно, что

Таблица 1. Расчетная таблица для метода разности разностей для мероприятий 1–3

Переменная	Значение переменной у работников, реализующих мероприятие		Разность значений
	Тестовая группа	Контрольная группа	
Мероприятие 1. Переход на частичный дистанционный режим работы			
Темп роста производительности труда до внедрения мероприятия	0,9686	1,0013	−0,0327
Темп роста производительности труда после внедрения мероприятия	1,0373	0,9965	0,0408
Изменение темпов роста производительности труда	0,0687	−0,0048	0,0735
Мероприятие 2. Введение рейтингования сотрудников, подразделений и премирования			
Темп роста производительности труда до внедрения мероприятия	0,9654	1,0254	−0,06
Темп роста производительности труда после внедрения мероприятия	1,0317	0,995	0,0367
Изменение темпов роста производительности труда	0,0663	−0,0304	0,0967
Мероприятие 3. Стажировки в ведущих компаниях			
Темп роста производительности труда до внедрения мероприятия	0,9748	0,9891	−0,0143
Темп роста производительности труда после внедрения мероприятия	0,9959	1,0177	−0,0218
Изменение темпов роста производительности труда	0,0211	0,0286	−0,0075

для тестовой группы при реализации мероприятия 1 изменение темпа роста производительности труда (по медианному значению) составило 5%; по мероприятию 2 для тестовой группы работников этот прирост оказался ниже и составил 3%, а для контрольной группы при реализации мероприятия 3 эта разница была чуть менее 2%. Различия в изменении производительности труда для остальных выборок работников не выявлены. Такое различие между выборочными совокупностями работников до и после реализации мероприятий не позволяют судить об их эффективности. Поэтому для тестирования сформулированной гипотезы применим иные методы.

На этапе 2 анализируются результаты экспериментов для каждого мероприятия методом разности разностей (difference-in-difference) для оценки воздействия мероприятия на производительность труда в среднесрочной перспективе. Метод получил широкое распространение в задачах анализа экономической политики (Ashenfelter, Card, 1985; Sheridan, Ball, 2005; Arkhangelsky et al., 2021; Athey, Imbens, 2022). Идея метода состоит в следующем. Имеются данные о результатах наблюдения над двумя группами респондентов за два периода времени. Одна группа респондентов принимает участие в некотором эксперименте и подвергается некоторым воздействиям во втором периоде в соответствии с условиями эксперимента (treatment group). Вторая группа — не подвергается воздействиям ни в одном периоде времени (control group). Для того чтобы устранить смещение результатов наблюдений в тестовой и контрольной группах во втором периоде времени, связанное с различием между респондентами в группах, а также с возникновением трендов, не связанных с воздействием эксперимента, выполняются следующие операции. В каждом периоде определяют средние изменения (разности) результатов в тестовой и контрольной группах, а затем находят их (межпериодные) разности.

Осуществим оценку для шести выборок работников — тестовых и контрольных групп для трех мероприятий. Для корректного применения метода разности разностей используются показатели в темповой записи. Средние темпы роста производительности труда для разных мероприятий позволяют оценить частный предполагаемый эффект от их реализации методом разности разностей и представлены в табл. 1.

Для моделирования истинного (совокупного) влияния мероприятия на уровень производительности труда всех работников организации построим эконометрическую модель с фиктивной переменной, учитывающей применение или неприменение мероприятия. Для каждого мероприятия построим эконометрические модели изменения производительности труда в двух подвыборках вида:

$$Y_{after} - Y_{before} = \alpha_0 + a_1 D + e, \quad (1)$$

где Y_{after} — значение темпа роста производительности труда после внедрения мероприятия; Y_{before} — значение темпа роста производительности труда до внедрения мероприятия; D (фиктивная переменная) — принимает значение 1, если работник принадлежит тестовой выборке; α_0 — свободный член регрессии, отражает изменение производительности труда работников, по которым мероприятие не реализуется: $\alpha_0 = Y_{control,after} - Y_{control,before}$, $Y_{control}$ — значения темпа роста производительности труда работников, по которым мероприятие не реализуется; a_1 — регрессионный коэффициент, показывает предполагаемый совокупный эффект от мероприятия по работникам, по которым мероприятие реализуется и не реализуется:

$$\alpha_1 = (Y_{treatment,after} - Y_{treatment,before}) - (Y_{control,after} - Y_{control,before}),$$

$Y_{treatment}$ — значения темпа роста производительности труда работников, по которым мероприятие реализуется. Идентификация моделей осуществляется на основе обычного МНК, результаты моделирования представлены в табл. 2.

Анализ результатов моделирования показывает, что для выборки 1 параметр при фиктивной переменной является статистически значимым, его значение совпадает со значением, полученным в табл. 2, и отражает возможный эффект роста производительности труда по всей данной выборке работников в условиях повсеместного применения мероприятия 1. При этом для выборки 1 статистически незначимым является свободный член. Выборка 2 в целом не может явиться базисом для обоснования решения по мероприятию 2, так как она является в целом неадекватной, т.е. для группы сотрудников в выборке 2 причинно-следственная зависимость между реализацией мероприятия и ростом производительности труда не обоснована. Выборка 3 имеет статистически незначимый параметр при фиктивной переменной и в целом не отражает положительного эффекта при внедрении мероприятия 3 на рост производительности труда.

При этом необходимо отметить характер построенных моделей. Они имеют описательный характер реализации мероприятий в среднесрочной перспективе, но все они имеют слабую предсказательную способность. Описание изменения в уровне производительности труда в результате использования мероприятий вряд ли можно объяснить этими моделями. Их главный недостаток состоит в том, что переменная Y_{before} может быть коррелирована с переменной D , что смещает оценки параметров модели (1) и делает ее не применимой для анализа.

Переход к использованию предлагаемых мероприятий более привлекателен экономически для работников с низкими значениями производительности труда. У таких работников показатели эффективности труда растут быстрее, чем у работников с более высокими первоначальными уровнями. Это частично зависит и от временных факторов. Поэтому в модели (1) регрессии к среднему могут возникнуть проблемы в интерпретации результатов для таких выборок.

Таким образом, по результатам анализа построенных моделей невозможно однозначно судить об эффективности тестируемых мероприятий.

Для того чтобы нейтрализовать ошибки модели (1), сформируем модель в следующей спецификации:

$$Y_{after} - Y_{before} = \alpha_0 + a_1 D + a_2 Y_{before} + e. \tag{2}$$

Эта модель включает переменную Y_{before} как контрольную для регрессии к среднему значению. Коэффициент при фиктивной переменной D показывает, влияет ли мероприятие на изменение производительности труда работника при заданных начальных показателях. Если параметр a_1 статистически

Таблица 2. Расчетные значения параметров модели (1)

Параметр	Выборка 1	Выборка 2	Выборка 3
	Мероприятие 1	Мероприятие 2	Мероприятие 3
Свободный член	−0,006 (0,015)	−0,034 (0,027)	0,026 (0,019)
Регрессионный коэффициент при фиктивной переменной D	0,074* (0,021)	0,0996* (0,038)	−0,006 (0,026)
Скорректированный R^2	0,232	0,128	0,025
F-критерий	12,766	6,747	0,051

Примечание. Зависимая переменная: изменение среднего темпа роста производительности труда между тестовой и контрольной подвыборками работников; «*» — статистически значимый параметр для $p < 0,05$. В скобках указаны значения стандартных ошибок параметров.

Таблица 3. Расчетные значения параметров модели (2)

Параметр	Выборка 1	Выборка 2	Выборка 3
	Мероприятие 1	Мероприятие 2	Мероприятие 3
Регрессионный коэффициент при фиктивной переменной D	0,0238* (0,0075)	0,024 (0,0169)	-0,0227 (0,0117)
Регрессионный коэффициент при переменной Y_{before}	-1,4229* (0,0832)	-1,1995* (0,0889)	-1,0772* (0,0782)
Скорректированный R^2	0,9113	0,8487	0,8281
F-критерий	201,504	110,413	94,957

Примечание. Зависимая переменная: изменение среднего темпа роста производительности труда между тестовой и контрольной подвыборками работников; «*» — статистически значимый параметр для $p < 0,05$. В скобках указаны значения стандартных ошибок параметров.

значим, то при реализации мероприятия у работников с низкими начальными значениями темпов роста производительности труда эффективность труда растет больше, чем у работников с такими же низкими начальными значениями темпов роста производительности труда, но не подвергшихся воздействию мероприятия. Эта разница подразумевает истинный эффект от реализации мероприятия. Результаты численных экспериментов по модели (2) представлены в табл. 3.

Анализ результатов показывает, что все модели имеют высокий уровень объясняющей способности, так как коэффициенты детерминации моделей по всем выборкам достаточно высокие. Во всех моделях параметры при переменной Y_{before} являются статистически значимыми и фактически объясняют следующее.

Если параметр при переменной D — статистически значимый, то можно выдвинуть предположение относительно проверяемой гипотезы: истинный эффект мероприятия (в данном случае мероприятия 1 по введению частичного дистанционного режима работы) в выборке работников достаточно эффективен, так как в тестовой подвыборке имеются работники с низкими начальными значениями производительности труда, сильно отличающиеся от средних значений по контрольной подвыборке работников. Поэтому последствия реализации данного мероприятия у таких работников были бы выше, чем последствия отказа от применения этого мероприятия.

Таким образом, по выборке 1 гипотеза о наличии причинно-следственной связи между применением мероприятия 1 и ростом производительности труда могла бы быть принята как правильная. А применение этого мероприятия в коллективах, имеющих низкие значения эффективности труда, было бы экономически целесообразным. В моделях типа (2), построенных по выборкам 2 и 3, параметр при фиктивной переменной не является статистически значимым. В целом для выборок 2 и 3 мероприятия 2 и 3 не приносят требуемых результатов и не способствуют росту производительности труда в целом по выборкам.

3.2. Оценка полного эффекта воздействия. Построение и исследование байесовской сети

Метод разности разностей обладает рядом существенных недостатков, связанных с невозможностью учета влияния на производительность труда косвенных (латентных) факторов. Для преодоления этого недостатка следует использовать аппарат байесовских сетей, представляющих ориентированный ациклический граф на случайных величинах, обладающих марковскими свойствами. Для оценки полного эффекта действия конкурирующих мероприятий на производительность труда используется концепция интервенции Дж. Перла (Pearl, 2009; Слуцкий, 2019).

На этапе 3 осуществляется дизайн и исследование байесовской сети. Важность байесовских сетей заключается в том, что она позволяет проследить влияние одной переменной на другую по причинно-следственным цепочкам.

Рассмотрим задачу определения прямых и косвенных факторов, влияющих на производительность труда. Составим следующую архитектуру байесовской сети (рис. 2). Эта архитектура сети представляет собой причинно-следственные

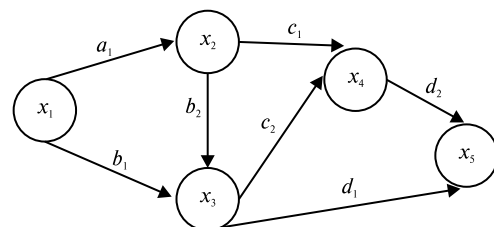


Рис. 2. Байесовская сеть влияния факторов на производительность труда

связи между набором факторов, характеризующих человеческий и социальный капиталы, мотивацию и инновационность работника, и управленческими решениями (тестируемыми мероприятиями), воздействующими на эффективность труда. Содержательный анализ механизмов влияния социального капитала и инновационности работников был представлен в работе (Орлова, 2022б), количественная оценка такого влияния детально обсуждалась в статье (Orlova, 2022a). Построение архитектуры сети обусловлено исследованием механизмов влияния факторов социального капитала, инновационности, мотивации работников и производительности труда, осуществляется аналитически с учетом знания свойств и принципов функционирования объекта моделирования. Такое формирование архитектуры может рассматриваться как элемент структурного моделирования.

Обозначения переменных в сети: x_1 — тестируемое мероприятие M1, ..., M3; x_2 — социальный капитал (индекс); x_3 — мотивация (индекс); x_4 — инновационность (в виде индекса); x_5 — индивидуальная производительность труда.

Нас будет интересовать, как реализация того или иного мероприятия (управленческого решения) M1, ..., M3 отразится на производительности труда, т.е. как фактор x_1 отразится на факторе x_5 в условиях действия факторов социального капитала и инновационности работников. Марковское свойство заключается в том, что прямые причины для фактора x_5 информационно блокируют все остальные вершины графа, кроме тех, которые являются прямыми или опосредованными следствиями x_5 . Иными словами, вся информация о факторе x_5 , содержащаяся в переменных сети, кроме вершин-следствий x_5 , полностью заключается в его прямых вершинах.

Будем использовать понятие «интервенция» (оператор do), введенное Дж. Перлом (Pearl, 1995), для того чтобы получить совместное вероятностное распределение переменных сети при фиксировании, закреплении за переменной x_1 некоторого значения, соответствующего одному из трех мероприятий $\text{do}(x_1 = x_0)$, где

$$x_0 = \begin{cases} 1, & \text{если мероприятие реализуется;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Требуется выяснить, как будет изменяться распределение переменной x_5 в зависимости от реализуемого управленческого решения (мероприятия).

Основываясь на концепции оператора do, можно сформулировать определение причинности (Peters, Janzing, Scholkopf, 2017; Слуцкий, 2019).

Определение. Вершина x_i является *причиной* для x_j , если существует хотя бы два значения $a, b, a \neq b$, так что выполняется

$$p(x_j | \text{do}(x_i = a)) \neq p(x_j | \text{do}(x_i = b)). \quad (3)$$

То есть фактор x_i является причиной для x_j , если при выполнении интервенций (быть может, виртуально) со стороны x_i меняется вероятностный характер x_j .

Определим полный эффект действия мероприятия x_1 на производительность труда x_5 при помощи понятия «интервенция». Для этого представим байесовскую сеть аналитически в виде системы структурных уравнений, когда каждой вершине (кроме экзогенных) ставится в соответствие уравнение регрессии этой вершины по всем ее прямым вершинам. Далее определим коэффициент полного действия x_1 на x_5 , исходя из следующей теоремы.

Теорема (Rosenbaum, Rubin, 1982). Коэффициент полного эффекта действия x_i на x_j равен сумме произведений коэффициентов регрессии вдоль всех путей, ведущих от x_i к x_j :

$$k_{x_i, x_j} = \sum_{x_{i_1}, \dots, x_{i_j}} k_{x_{i_1}, x_{i_2}} \times \dots \times k_{x_{i_{j-1}}, x_{i_j}}. \quad (4)$$

Рассмотрим пути (последовательности) стрелок, ведущих от x_1 к x_5 . Каждая причинно-следственная пара на диаграмме определяет коэффициент для соответствующей стрелки — величину эффекта от прямой причины. Имеем пять путей из вершины x_1 в вершину x_5 : I) $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_4 \rightarrow x_5$; II) $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_5$; III) $x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4 \rightarrow x_5$; IV) $x_1 \rightarrow x_3 \rightarrow x_5$; V) $x_1 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4 \rightarrow x_5$.

Обозначения коэффициентов k введем так, как показано на рис. 2. Запишем байесовскую сеть в виде системы уравнений:

$$x_2 = a_1 x_1 + \varepsilon_2, \quad (5)$$

$$x_3 = b_1x_1 + b_2x_2 + \varepsilon_3, \quad (6)$$

$$x_4 = c_1x_2 + c_2x_3 + \varepsilon_4, \quad (7)$$

$$x_5 = d_1x_3 + d_2x_4 + \varepsilon_5. \quad (8)$$

Выполним преобразования. Подставим (5) в (6):

$$x_3 = b_1x_1 + b_2(a_1x_1 + \varepsilon_2) + \varepsilon_3 = b_1x_1 + a_1b_2x_1 + \varepsilon'_3. \quad (9)$$

Далее подставим (10) и (5) в (8):

$$x_4 = c_1(a_1x_1 + \varepsilon_2) + c_2(b_1x_1 + a_1b_2x_1 + \varepsilon'_3) + \varepsilon_4 = a_1c_1x_1 + b_2c_2x_1 + a_1b_2c_2x_1 + \varepsilon'_4. \quad (10)$$

Итоговая подстановка (11) и (10) в (9) примет вид:

$$\begin{aligned} x_5 &= d_1(b_1x_1 + a_1b_2x_1 + \varepsilon'_3) + d_2(a_1c_1x_1 + b_2c_2x_1 + a_1b_2c_2x_1 + \varepsilon'_4) + \varepsilon_5 = \\ &= b_1d_1x_1 + a_1b_2d_1x_1 + a_1c_1d_2x_1 + b_1c_2d_2x_1 + a_1b_2c_2d_2x_1 + \varepsilon', \end{aligned} \quad (11)$$

где ε' — линейная комбинация ошибок $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_5$.

Коэффициент полного эффекта действия x_1 на x_5 равен сумме произведений коэффициентов регрессии вдоль путей I–V, ведущих из вершины x_1 в вершину x_5 :

$$k = b_1d_1 + a_1b_2d_1 + a_1c_1d_2 + b_1c_2d_2 + a_1b_2c_2d_2.$$

Причинно-следственные цепочки в байесовской сети представляют собой действие передаточного механизма от фактора x_1 к x_5 , а коэффициент k — количественное выражение действия этого механизма. Коэффициент полного эффекта оценивает результат воздействия на производительность труда тестируемого управленческого решения (мероприятия M1, ..., M3), анализируя цепочки от x_1 к x_5 . То есть от включения (применения) мероприятия можно получить ясное понимание процесса образования причинно-следственных связей, ведущих от x_1 к x_5 . На основе такого анализа формируются следующие заключения:

— сопоставляются управленческие решения M1, ..., M3 по значениям их коэффициентов полного эффекта на производительность труда x_5 и выявляется то, которое обладает большим эффектом;

— внутри сети, исходя из ранжирования цепочек по вкладу их влияния на коэффициент полного эффекта; внутри каждой цепочки определяется точный вклад каждой переменной на результирующий показатель x_5 .

На основе исходных данных о контролируемых факторах — реализации мероприятий; данных, полученных по результатам анкетирования для оценки социального капитала; инновационности и мотивации сотрудников, а также данных расчета индивидуальной производительности труда в разрезе экспериментальных и контрольных выборок¹ были рассчитаны оценки параметров моделей (5)–(8) (табл. 4). Отметим, что одной из практических трудностей применения байесовской сети с большим числом узлов и путей является рост числа уравнений в системе и проверка для каждого из них условий Гаусса–Маркова.

Результаты оценки полного эффекта мероприятий M1, ..., M3, а также эффектов вдоль всех путей, ведущих от x_1 к x_5 , представлены в табл. 5.

Таблица 4. Оценки параметров моделей (5)–(8)

Параметр	Значение параметра		
	M1	M2	M3
a_1	2,25*	2,33*	2,12*
b_1	0,06	0,07	0,009
b_2	0,33*	0,17*	0,202*
c_1	0,27*	0,47*	0,53*
c_2	1,54*	1,36*	0,87
d_1	116,95	–66,1	–11,66
d_2	66,8	207,3*	159,4

Примечание. «*» обозначен статистически значимый параметр для $p < 0,05$.

¹ Подробно методы и алгоритмы такого исследования приведены в (Orlova, 2021a, 2021b, 2022b).

Таблица 5. Оценка полного эффекта мероприятий на производительность труда

Путь в байесовской сети и комбинация коэффициентов		Тестируемое мероприятие		
		M1	M2	M3
I	$x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_4 \rightarrow x_5 (a_1 c_1 d_2)$	40,58	227,01	179,10
II	$x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_5 (a_1 b_2 d_1)$	86,84	-26,18	-4,99
III	$x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4 \rightarrow x_5 (a_1 b_2 c_2 d_2)$	76,38	111,67	59,39
IV	$x_1 \rightarrow x_3 \rightarrow x_5 (b_1 d_1)$	7,02	-4,63	-0,10
V	$x_1 \rightarrow x_3 \rightarrow x_4 \rightarrow x_5 (b_1 c_2 d_2)$	6,17	19,73	1,25
Полный эффект		216,99	327,61	234,64

Полученные результаты демонстрируют, что самым высоким полным эффектом в условиях множества факторов, действующих на производительность труда, обладает мероприятие, связанное с введением рейтингов сотрудников, подразделений и премированием. Вторым по размеру эффекта является мероприятие, направленное на стажировки сотрудников, а самым низким эффектом — мероприятие, направленное на переход на частично дистанционный режим работы сотрудников. Эти результаты отличаются от результатов сопоставления мероприятий, полученных на основе оценки их частного воздействия на производительность труда (п. 3.1).

Цепочка I ($x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_4 \rightarrow x_5$) сети при реализации мероприятия M2 дает наибольший вклад в формирование полного воздействия на производительность труда. Этот путь включает социальный капитал и инновационность сотрудников. Очевидно, что у сотрудников в экспериментальной группе в условиях реализации мероприятия производительность труда и ее рост зависят от уровней социального капитала и инновационности.

Мероприятие M1, направленное на внедрение частично дистанционного режима работы, имеет две цепочки — II ($x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_5$) и III ($x_1 \rightarrow x_2 \rightarrow x_3 \rightarrow x_5$) с наибольшим вкладом в полный эффект. Эти цепочки вовлекают мотивацию как фактор, имеющий опосредованную связь между реализацией этого мероприятия и ростом производительности труда.

При реализации мероприятия M3 (стажировки в ведущих компаниях) цепочка сети, проходящая через вершину x_2 (социальный капитал), дает наибольший вклад. Это мероприятие целесообразно реализовывать у работников, которые обладают высокими коммуникативными способностями, — они креативны и могут внедрять опыт других компаний, готовы идти на определенный риск при реализации новых проектов. Выявление таких сотрудников представляет дополнительную задачу, которая может быть решена на основе дополнительной экспертной информации.

Задача, поставленная в настоящей работе, — обоснование причинной связи между реализацией мероприятия и ростом производительности труда, выполнена. Показано, что такая связь есть, но внедрение мероприятий должно быть дифференцированным и зависеть от начальных уровней эффективности работников, их инновационности, мотивированности и социального капитала.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрена задача управления производительностью труда работников компании на основе альтернативных управленческих решений, состоящих в проведении мотивирующих мероприятий, направленных на рост производительности труда. Для оценки эффективности и качества таких мероприятий предложено провести рандомизированные контролируемые эксперименты, отличающиеся тем, что принятие решений, связанных с внедрением мероприятий, основано на апробированных на практике результатах испытаний и их сравнительной эффективности.

Разработана технология, основанная на гибридном подходе и системной интеграции теории причинных байесовских сетей, методе статистических рандомизированных испытаний и разности разностей. Отличие предлагаемой технологии от других состоит в том, что она может определить синергетический эффект действия причины (мероприятия) на следствие (производительность труда) при наличии скрытых и влияющих на нее факторов.

Причинная байесовская сеть позволяет вычислить последствия различных мероприятий, направленных на рост производительности труда. На примере простой байесовской сети, состоящей из пяти вершин, показано, что полный эффект действия мероприятий обусловлен как взаимным

расположением факторов, так и размерами их воздействия друг на друга. Эти выводы могут быть использованы для выбора и внедрения управленческого решения с наивысшим эффектом действия.

Практическую значимость имеют результаты апробации предлагаемых теоретических положений, методов и технологии на фактических данных о деятельности предприятия сферы питания. Полученные результаты будут способствовать эффективному использованию разработанной технологии, направленной на обеспечение роста производительности труда в условиях неопределенности внешней и внутренней среды, позволят обеспечить устойчивое развитие и рост доходности предприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Бахтизин А.Р.** (2008). Агент-ориентированные модели экономики. М.: Экономика. 279 с. [Bakhtizin A.R. (2008). *Agent-based models of the economy*. Moscow: Ekonomika. 279 p. (in Russian).]
- Орлова Е.В.** (2022a). Системный инжиниринг цифровых двойников организационно-технических систем с использованием методов интеллектуального анализа // *Программная инженерия*. Т. 13. № 9. С. 425–440. DOI: 10.17587/prin.13.425-440 [Orlova E.V. (2022a). System engineering of the organizational and technical systems' digital twins using artificial intelligence methods. *Programmnaya Ingeneria (Software Engineering)*, 13, 9, 425–439. DOI: 10.17587/prin.13.425-440 (in Russian).]
- Орлова Е.В.** (2022b). Влияние социального капитала компании на инновационность личности в России: экономические механизмы и диагностический инструментарий // *Journal of Applied Economic Research*. Т. 21. № 3. С. 545–575. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.3.019 [Orlova E.V. (2022). Impact of companies' social capital on person's innovativeness in Russia: Economic mechanisms and diagnostic tools. *Journal of Applied Economic Research*, 21, 3, 545–575. DOI: 10.15826/vestnik.2022.21.3.019 (in Russian).]
- Слущкин Л.Н.** (2019). Моделирование причинных зависимостей в экономике (научный доклад). М.: Институт экономики РАН. 42 с. Режим доступа: https://inecon.org/docs/2019/Slutskin_paper_2019.pdf [Slutskin L.N. (2019). *Modeling causal dependencies in economics (report)*. Moscow: Institute of Economics RAS. 43 p. Available at: https://inecon.org/docs/2019/Slutskin_paper_2019.pdf (in Russian).]
- Arkhangelsky D.Y., Athey S., Hirshberg D.A., Imbens G.W., Wager S.** (2021). Synthetic difference-in-differences. *American Economic Review*, 111, 12, 4088–4118.
- Armstrong M.** (2008). *Strategic human resource management*. London: Kogan Pag.
- Ashenfelter O., Card D.** (1985). Using the longitudinal structure of earnings to estimate the effect of training programs. *The Review of Economics and Statistics*, 67, 4, 648–660. DOI: 10.2307/1924810
- Athey S., Imbens G.W.** (2022). Design-based analysis in difference-in-differences settings with staggered adoption. *Journal of Econometrics*, 226, 1, 62–79. DOI: 10.1016/j.jeconom.2020.10.012
- Bryson J.M., Ackermann F.M., Eden C., Finn C.B.** (2004). *Visible thinking: Unlocking causal mapping for practical business results*. N.Y.: Wiley & Sons. 396 p.
- Edvinsson L., Mallone M.S.** (2007). *Intellectual capital: Realizing your company's true value by finding its hidden brain power*. N.Y.: Harper Business.
- Gratton L., Ghoshal S.** (2003). Managing personal human capital: New ethos for the 'volunteer' employee. *European Management Journal*, 21, 1, 1–10.
- Orlova E.V.** (2021a). Innovation in company labor productivity management: Data science methods application. *Applied System Innovation*, 4, 3, 68. DOI: 10.3390/asi4030068
- Orlova E.V.** (2021b). Design of personal trajectories for employees' professional development in the knowledge society under Industry 5.0 *Social Sciences*, 10, 11, 427. DOI: 10.3390/socsci10110427
- Orlova E.V.** (2022a). Methodology and Statistical modeling of social capital influence on employees' individual innovativeness in a company. *Mathematics*, 10, 11, 1809. DOI:10.3390/math10111809
- Orlova E.V.** (2022b) Technique for data analysis and modeling in economics, finance and business using machine learning methods. *IEEE Proceedings of 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA)*, 369–374. DOI: 10.1109/SUMMA57301.2022.9973885
- Pearl J.** (1995). Causal diagrams for empirical research. *Biometrika*, 82, 669–710.
- Pearl J.** (2009). Causal inference in statistics: An overview. *Statistical Survey*, 3, 96–146. DOI: 10.1214/09-SS057
- Pearl J.** (2021). Radical empiricism and machine learning research. *Journal of Causal Inference*, 9, 78–82. DOI: 10.1515/jci-2021-0006
- Peters J., Janzing D., Scholkopf B.** (2017). *Elements of causal inference foundations and learning algorithms*. London: The MIT Press Cambridge.

- Rosenbaum P.R., Rubin D.B. (1982). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70, 41–55.
- Samad S. (2020). Achieving innovative firm performance through human capital and the effect of social capital. *Management and Marketing*, 15, 2, 326–344.
- Sheridan N., Ball L. (2005). Does inflation targeting matter? In: *The inflation targeting debate*. Chicago: University of Chicago Press for the National Bureau of Economic Research, 249–276.
- Youndt M.A. (2000). *Human resource configurations and value creation: The mediating role of intellectual capital*. Toronto: Annual Conference of the Academy of Management.

Hybrid approach to modeling labor productivity factors: Synthesis of randomized controlled experiments and causal Bayesian networks

© 2024 E.V. Orlova

E.V. Orlova,

Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia; e-mail: ekorl@mail.ru

Received 26.03.2023

Abstract. Solving the problem of effective management of labor productivity of company employees, taking into account many heterogeneous factors, often of a stochastic, non-stationary and non-linear nature, embedded in complex chains of cause-and-effect interactions in the context of digital transformation of the economy presents certain difficulties. The paper proposes a technology that ensures, with a high degree of certainty, the establishment of causal relationship between the implementation of alternative management decisions and the productivity of company employees, and is designed to select solutions based on an assessment of the effect of their impact on labor productivity. The novelty of the proposed technology is based on a hybrid approach to modeling the object of study and combines two models. The first model — a structural model built on the basis of a priori knowledge of the laws of functioning and development and providing a causal understanding of the object and capable of predicting the effect of factors (explicit and indirect). The second model — a model based on data, which is tuned (adapted) taking into account empirical data obtained as a result of observation (measurement) of an object. The developed technology uses heterogeneous research methods — a randomized controlled experiment to obtain information about the tested activities, statistical data analysis — descriptive data analysis, correlation and regression analysis, the difference-difference method to establish a causal relationship between the implemented event and the growth of labor productivity, a Bayesian network of causality for building and analyzing a structural model of an object and explaining the causal relationships of explicit and hidden factors that affect labor productivity in the context of the implementation of measures. Of practical significance are the results of testing the proposed theoretical provisions, methods and technologies on actual data on the activities of a food service companies. The results obtained will contribute to the effective use of the developed technology aimed at ensuring the growth of labor productivity under uncertainty in the external and internal environment and will contribute to the sustainable development of companies and the growth of their profitability.

Keywords: labor productivity of employees in the company; randomized controlled experiments; causal Bayesian network; causal links; hybrid approach.

JEL Classification: C32; C53; C61; O15.

UDC: 330.4, 519.865.7

For reference: **Orlova E.V.** (2024). Hybrid approach to modeling labor productivity factors: Synthesis of randomized controlled experiments and causal Bayesian networks. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 1, 108–120. DOI: 10.31857/S0424738824010099 (in Russian).

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Об одном статистическом методе анализа сбалансированности экономических процессов

© 2024 г. Е. М. Богатов, Е. Г. Демидова

Е. М. Богатов,

ГФ НИТУ «МИСИС», Губкин; СТИ НИТУ МИСИС, Старый Оскол; e-mail: embogatov@inbox.ru

Е. Г. Демидова

СТИ НИТУ «МИСИС», Старый Оскол; e-mail: dmitrikey@mail.ru

Поступила в редакцию 06.03.2023

Авторы выражают благодарность рецензенту за проделанную работу и конструктивные замечания, направленные на улучшение статьи.

Аннотация. В работе предложен статистический подход к определению стабильности и устойчивости экономических процессов на основе анализа динамики средних $\bar{X}$ и стандартных отклонений S одного или нескольких показателей, характеризующих эти процессы. В соответствии с указанным подходом предложен метод построения допустимых границ изменения $\bar{X}$ и S , аналогичный методу, применяемому при контроле качества технологических процессов посредством контрольных карт Шухарта или Хотеллинга. Выход за пределы указанных границ показателя $\bar{X}$ (S) будет свидетельствовать о нестабильности (неустойчивости) соответствующего процесса. Процесс, обладающий свойством стабильности и устойчивости, одновременно определяется авторами как сбалансированный. Представленный в работе метод анализа экономических процессов отличается от традиционного тем, что позволяет не только сравнить ретроспективные показатели анализируемого предприятия со среднеотраслевым или рекомендуемым значением, но и определить тенденцию поведения анализируемого процесса в рамках допустимых границ. Границы устанавливаются на основе статистического анализа показателей этого процесса по однородной выборке, включающей аналогичные компании. Предложенная методика позволяет оценивать динамику разброса значений показателей, что также является немаловажным фактором исследования экономических процессов. Метод был апробирован в рамках анализа финансово-экономического процесса, характеризующегося коэффициентами финансовой устойчивости и рентабельности продаж ряда российских металлургических компаний, наблюдаемыми в течение десяти лет (2012–2021 гг.).

Ключевые слова: допустимые границы, стабильность, устойчивость, сбалансированность, экономические процессы, оценка, статистический анализ, многомерный анализ.

Классификация JEL: C33, E27.

УДК: 519.23:330.4

Для цитирования: Богатов Е. М., Демидова Е. Г. (2024). Об одном статистическом методе анализа сбалансированности экономических процессов // Экономика и математические методы. Т. 60. № 1. С. 121–132. DOI: 10.31857/S0424738824010103

1. ВВЕДЕНИЕ

Серьезные внешние вызовы последних лет кардинально изменили социально-экономическую среду в России. В условиях динамичной внешней среды особую актуальность приобретают вопросы обеспечения стабильности и устойчивости экономических процессов как на микро-, так и на макроуровне (Арсланов, 2022). Вопрос относительно сущности этих понятий в экономике остается дискуссионным (Зотова, Маркина, 2020, с. 151). Экономическая наука имеет дело со сложным характером поведения постоянно изменяющейся управляемой системы, которую нужно идентифицировать на стабильность и устойчивость. Таким образом, возникает необходимость в интегрированном подходе к рассмотрению сущности понятий «стабильность» и «устойчивость» с позиции выработки структурированного определения, которое отражало бы понимание данных категорий на основе их оценки и мониторинга с целью формирования адекватных механизмов управления этой системой.

Уже несколько десятилетий назад к определению стабильности и устойчивости в экономике (на разных уровнях) применялся естественно-научный подход, основанный на идеях, пришедших по большей части из теории динамических систем (Рогова, 2011, с. 223). Однако конкретных инструментов для его

реализации до сих пор, по-видимому, представлено не было. Традиционные методы количественного анализа экономических процессов основаны на ретроспективных данных бухгалтерской, управленческой и статистической отчетности. Качественный анализ строится на экспертных оценках, методе построения сценариев, деловых играх, т.е. на так называемых неформализуемых оценках, что побуждает искать более адекватные способы анализа наблюдаемых процессов.

Цель настоящей работы — ликвидировать этот пробел, дать внятные определения стабильности и устойчивости экономического процесса, а также практический инструментарий их проверки.

2. МЕТОДЫ

Для анализа стабильности *технологических процессов* можно использовать интервальные оценки параметров, характеризующих эти процессы (ожидаемого размера детали, разброса относительно этого размера и т.п.) (Логанина, Федосеев, 2007, § 3.2). Специфика массового производства позволяет выдвинуть гипотезу о том, что обсуждаемые параметры подчинены нормальному закону распределения. Это дает возможность применять известные формулы для расчета доверительных границ (см., например, (Соловьев, Богатов, 2021, гл. 5)). Например, для математического ожидания доверительный интервал имеет вид

$$\left(\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} t_{1-\alpha/2}(n-1); \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} t_{1-\alpha/2}(n-1) \right), \quad (1)$$

где $\bar{x}$ — выборочное среднее; α — уровень значимости; $t_p(k)$ — квантиль распределения Стьюдента уровня p с k степенями свободы; s — стандартное отклонение.

Для дисперсии доверительный интервал можно представить как

$$\left(X_p^2(n-1); X_{1-\alpha/2}^2(n-1) \right), \quad (2)$$

где $X_p^2(n-1)$ — квантиль распределения Пирсона уровня p с $(n-1)$ степенями свободы.

В соответствии с правилом трех сигм, если выбранный показатель x стабилен, его наблюдаемые значения должны попадать в интервал $(\bar{x} - 3s; \bar{x} + 3s)$. На этом принципе основано построение контрольных карт Шухарта (Логанина, Федосеев, 2007, § 4), в которых оценки вида (1)–(2) позволяют определить допустимые коридоры возможных изменений параметров технологического процесса.

Предлагаем распространить указанную методику для анализа *экономических процессов*.

Сузим рассмотрение процессов на какой-либо сегмент, характеризующийся набором из n предприятий. Будем осуществлять анализ стабильности процесса путем измерения какого-либо экономического показателя x через равные промежутки времени $t_1, \dots, t_k$. Результатом будут временные ряды панельных данных, соответствующие двумерным таблицам вида

$t \backslash x$	x_1	...	x_n
t_1	x_{11}	...	x_{1n}
...	...	...	...
t_k	x_{k1}	...	x_{kn}

Построение допустимого коридора начинается с вычисления средних по столбцам (по предприятиям), что дает новый ряд наблюдений:

$$\begin{array}{ccccccc} \bar{x} & \bar{x}_1 & \bar{x}_2 & \dots & \bar{x}_k \\ t & t_1 & t_2 & \dots & t_k \end{array},$$

где $\bar{x}_i$ — среднее арифметическое по столбцу i исходной таблицы данных.

Для вычисления верхней и нижней допустимой границы изменения $\bar{x}$ целесообразно использовать формулы вида (Логанина, Федосеев, 2007, гл. 4):

$$m_0 \pm 3\hat{\sigma} / \sqrt{n}, \quad (3)$$

где m_0 — среднесегментное значение показателя x , $m_0 = (1/k) \sum_{i=1}^k \bar{x}_i$; n — объем выборки.

Несмещенная оценка дисперсии показателя x считается по формуле

$$\hat{\sigma} = \bar{s} / \sqrt{k}, \quad (4)$$

где $\bar{s}$ — среднее стандартное отклонение по k выборкам, $\bar{s} = (1/k) \sum_{i=1}^k s_i$; s_i — стандартное отклонение выборки i ;

$$c = \sqrt{\frac{2}{n-1}} \times \frac{\Gamma(0,5n)}{\Gamma(0,5(n-1))}, \quad (5)$$

$\Gamma(x)$ — гамма-функция.

Экономический процесс, определяемый показателем x , будем называть *стабильным*, если средние по сегменту значения x не будут выходить за пределы указанных допустимых границ.

Приведенная методика может быть также распространена и на анализ разброса значений экономических показателей. Здесь за основу имеет смысл взять формулу границ доверительного интервала для среднего квадратичного отклонения (СКО) нормальной совокупности при условии малости выборок ($n < 25$) (Клячкин, 2014, гл. 4):

$$\bar{s} \left(1 \pm \frac{u_{1-\alpha/2}}{c_0} \sqrt{\frac{2(n-1) - 2nc_0^2}{2n}} \right), \quad (6)$$

где $c_0 = c \sqrt{(n-1)/n}$; u_β — квантиль нормального распределения уровня β , определяемый по правилу трех сигм: $u_{1-\alpha/2} = 3$.

Допустимые границы изменения СКО имеют вид

$$(B_3\bar{s}, B_4\bar{s}), \quad (7)$$

где B_3, B_4 — коэффициенты, которые табулированы в зависимости от n (Клячкин, 2014, с. 297).

Экономический процесс, определяемый показателем x , будем называть *устойчивым*, если СКО выборок не выйдут за пределы допустимых границ, построенных на основе формулы (7).

Экономический процесс, определяемый показателем x , будем называть *сбалансированным*, если он стабилен и устойчив одновременно. В этом случае колебания его средних значений и отклонений не должны выходить за пределы допустимых границ.

В соответствии с центральной предельной теоремой допущение о нормальности распределения среднего значения экономического показателя $\bar{X} = (X_1 + \dots + X_m) / m$ в пределах конкретного сегмента будет правдоподобным, если выполнены гипотезы о равенстве средних значений и дисперсий X_i , число предприятий в этом сегменте m достаточно велико и X_i являются независимыми величинами (Кремер, 2001, § 6.5).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве эмпирической базы будем использовать данные бухгалтерской отчетности девяти крупных компаний металлургической отрасли за 10 лет¹, на основе которых рассчитаем коэффициент финансовой устойчивости (Демидова Е., Демидов В., 2023, с. 24) (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Коэффициенты финансовой устойчивости (КФУ) по предприятиям, входящим в выборку

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Среднее по сегменту	Среднее отклонение
2012	0,81	0,84	0,72	0,41	0,70	0,65	0,67	0,44	0,89	0,68	0,165192
2013	0,82	0,86	0,81	0,75	0,77	0,52	0,62	0,77	0,73	0,74	0,106792
2014	0,77	0,84	0,8	0,76	0,69	0,73	0,59	0,82	0,65	0,74	0,082399
2015	0,72	0,84	0,61	0,78	0,7	0,77	0,52	0,85	0,73	0,73	0,10779
2016	0,81	0,78	0,75	0,76	0,68	0,76	0,65	0,73	0,87	0,76	0,066631
2017	0,78	0,77	0,7	0,62	0,71	0,77	0,71	0,75	0,91	0,75	0,079488
2018	0,77	0,75	0,84	0,67	0,69	0,69	0,8	0,76	0,63	0,73	0,067499
2019	0,76	0,78	0,78	0,55	0,74	0,59	0,59	0,70	0,78	0,7	0,094222
2020	0,71	0,74	0,72	0,77	0,62	0,7	0,79	0,75	0,60	0,71	0,064495
2021	0,73	0,62	0,59	0,6	0,58	0,54	—	0,58	0,81	0,63	0,090603
Среднее значение										$\bar{X} = 0,72$	$\bar{S} = 0,09$

¹ Самые крупные металлургические предприятия в России: топ-10 (<https://top10a.ru/samye-krupnye-metallurgicheskie-kombinaty-v-rossii.html>).

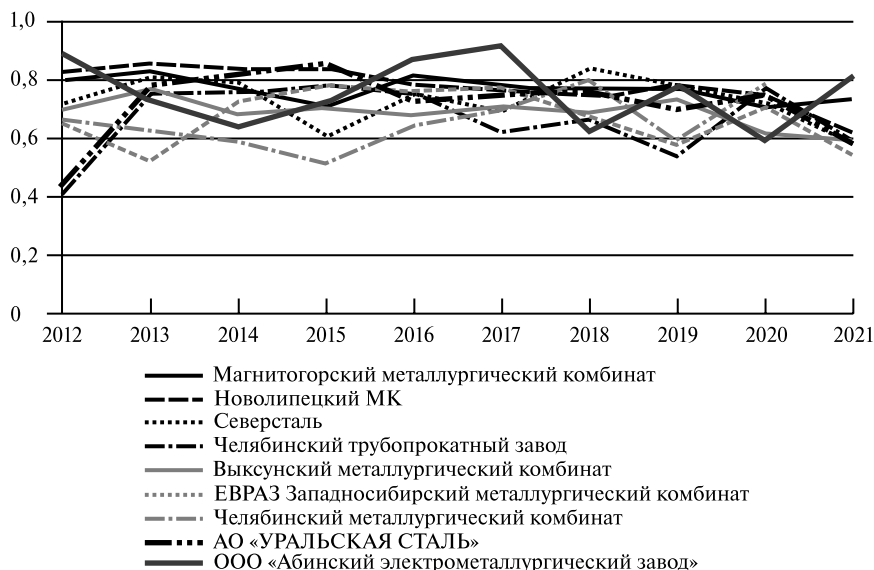


Рис. 1. Динамика коэффициентов финансовой устойчивости

Чтобы обосновать однородность указанной выборки, проверим две гипотезы с уровнем значимости $\alpha = 0,01$.

Гипотеза 1. Равенство средних значений коэффициента финансовой устойчивости (КФУ) по критерию Фишера в рамках однофакторного дисперсионного анализа (Кремер, 2001).

Гипотеза 2. Равенство дисперсий КФУ по критерию Хартли (Кобзарь, 2006, с. 421).

По критерию Фишера проверяемая H_0 и конкурирующая H_1 гипотезы имеют вид: H_0 — все средние величины КФУ по всем предприятиям равны; H_1 — найдется хотя бы одно предприятие, у которого среднее значение КФУ статистически значимо отличается от остальных.

Наблюдаемое значение статистики Фишера F_n вычисляется как отношение межгрупповой выборочной дисперсии к внутригрупповой (эта операция может быть проделана с помощью MS Excel). В нашем случае $F_n \approx 2,558$. Сравнивая это значение с квантилем распределения Фишера $F_{кр} = F_{0,99}(8; 80) \approx 2,74$, получаем неравенство $F_n < F_{кр}$, поэтому у нас нет оснований отвергнуть гипотезу 1 (все средние значения КФУ отличаются незначительно).

По критерию Хартли проверяемая H_0 и конкурирующая H_1 гипотезы имеют вид: H_0 — все дисперсии КФУ по всем предприятиям равны; H_1 — найдется хотя бы одно предприятие, у которого дисперсия КФУ статистически значимо отличается от остальных.

Наблюдаемое значение статистики Хартли вычисляется как отношение максимальной дисперсии по группе выборок к минимальной. В нашем случае $D_{min} = 0,001507$; $D_{max} = 0,01489$, поэтому $H_B = D_{max}/D_{min} = 9,88$. По таблице значений критических точек распределения Хартли (см., например, (Степнов, 2005)) имеем $H_{кр} = 14,7$. Таким образом, аналогично предыдущему случаю имеем неравенство $H_B < H_{кр}$ и гипотеза 2 не отвергается (все дисперсии КФУ отличаются незначительно).

Поскольку и дисперсии, и средние значения КФУ в группе предприятий из выбранного сегмента оказались равными, есть основания считать, что они принадлежат к одной генеральной совокупности. Естественно предположить, что предприятия из выбранного сегмента проводят независимую финансовую политику, следовательно, случайные величины $X_1, \dots, X_9$, где X_i — величина КФУ предприятия i , также являются независимыми. Таким образом, мы находимся в условиях центральной предельной теоремы ($M(X_1) = \dots = M(X_m)$; $D(X_1) = \dots = D(X_m)$; X_i — независимы) и величина $(X_1 + \dots + X_9)/9$ может считаться распределенной по нормальному закону.

Переходим к построению допустимых границ среднего значения КФУ по формулам, вытекающим из (3)–(4):

$$B_r = \bar{\bar{x}} + \bar{s} A_3; \quad (8)$$

$$H_r = \bar{\bar{x}} - \bar{s} A_3, \quad (9)$$

Таблица 2. Расчетные данные для построения допустимого коридора среднего по сегменту КФУ

Показатель	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Данные для расчета допустимых границ	
КФУ	0,69	0,74	0,74	0,73	0,76	0,75	0,73	0,7	0,71	0,63	0,72	$\bar{x}$
V_r	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,09	$\bar{s}$
H_r	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	1,032	A_3
Среднее КФУ	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72		

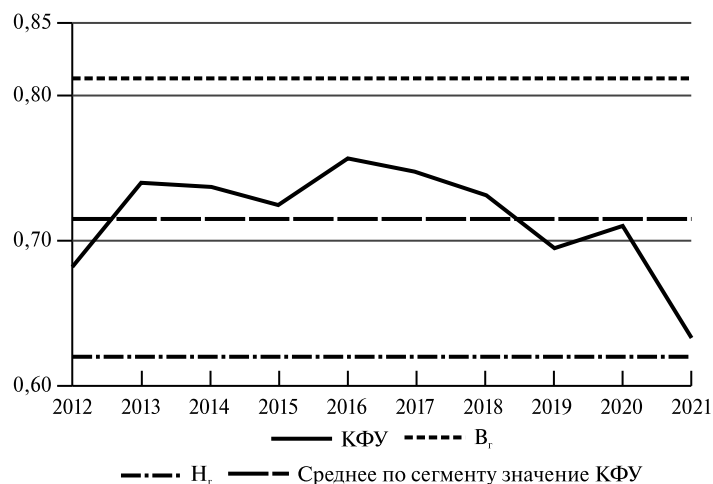
где $A_3 = 3/(c\sqrt{n})$ — коэффициент, числовое значение которого можно взять из таблиц по статистическому контролю качества (Клячкин, 2014, с. 297); величина c определяется по формуле (5).

В табл. 2 представлены верхние (V_r) и нижние границы (H_r) допустимого колебания коэффициента финансовой устойчивости, рассчитанные по формулам (8)–(9). На рис. 2 представлена динамика среднесегментного значения КФУ в 2012–2021 гг.

Как мы видим, в течение анализируемого периода средний по сегменту коэффициент финансовой устойчивости находится в рамках допустимого коридора, поэтому соответствующий экономический процесс стабилен. Однако с 2019 г. отмечается его снижение, и в 2021 г. средний КФУ приближается к нижней допустимой границе. С экономической точки зрения полученные данные свидетельствуют о снижении с 2020 г. финансовой независимости металлургических компаний, входящих в выборку, и росте краткосрочных заемных источников финансирования в структуре их капитала, так как КФУ показывает соотношение собственных и долгосрочных заемных источников финансирования активов к общему размеру капитала компании. Такая ситуация приводит к росту финансовых рисков, что уменьшает инвестиционную привлекательность и негативно сказывается на рыночной стоимости компаний. Кроме того, наряду с другими факторами, такими как давление импорта и перераспределение рынков, выявленная тенденция может препятствовать выходу компаний черной металлургии на новый качественный уровень развития (Чернобровин, 2020, с. 15).

Дальнейшее снижение КФУ с большой долей вероятности может привести к выходу показателя за доверительные границы. Можно предположить, что на сегмент негативно влияют внешние, общие для всех компаний, факторы, которые могут привести к нарушению стабильности экономического процесса. Эти факторы, а также основные стимулы, влияющие на финансовое состояние компаний металлургической отрасли и определяющие тенденции их развития, представлены в работах (Штанский, Краснова, 2011; Штанский, 2008; Юзов, Седых, Афонин, 2009) и др.

Колебания анализируемого показателя в рамках доверительных границ вблизи среднего по сегменту значения, наоборот, свидетельствуют о стабильном состоянии экономического процесса.

**Рис. 2.** Динамика изменения среднего по сегменту КФУ с учетом допустимых границ

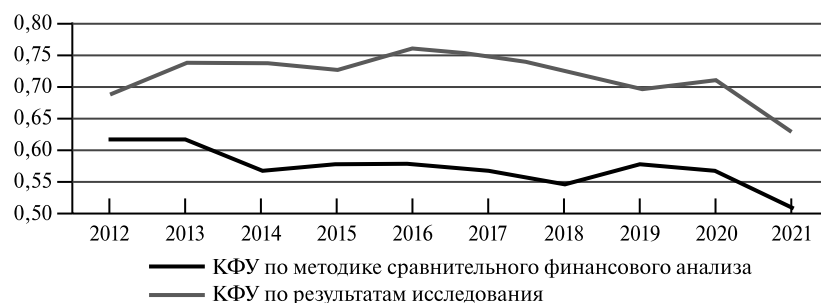


Рис. 3. Сравнительный анализ динамики среднего значения КФУ, рассчитанного по результатам исследования и методикам сравнительного анализа по данным Росстата и ФНС

Таблица 3. Расчетные данные для построения допустимого коридора изменения среднего в сегменте СКО

Показатель	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Данные для расчета допустимых границ	
Отклонение КФУ	0,17	0,11	0,08	0,11	0,07	0,08	0,07	0,09	0,06	0,09	0,093	$\bar{s}$
Среднесементное отклонение	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09		
B_r	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	1,761	B_4
H_r	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,239	B_3

Сопоставление полученных результатов с результатами анализа отраслевых показателей, расчет которых был основан на другой методологической базе, представлены на рис. 3.

График динамики коэффициента финансовой устойчивости, рассчитанной по выборке, состоящей из девяти крупнейших предприятий металлургической отрасли с ОКВЭД 24, находится выше, чем среднеотраслевой, рассчитываемый по данным Росстата и ФНС России по 165 крупным предприятиям металлургической отрасли с выручкой более 2 млрд руб.², так как в более широкую выборку также попадают компании с меньшей капитализацией, чем анализируемые. Однако представленные графики демонстрируют схожую тенденцию на конец анализируемого периода, что позволяет использовать полученные результаты для дальнейшего анализа экономического процесса.

Проведем теперь анализ динамики колебаний отклонений от среднего по сегменту показателя по данным табл. 3 (визуализация средних по сегменту отклонений КФУ с использованием формулы (8) показана на рис. 4).

График процесса выходит за пределы допустимых границ только в 2012 г., далее размах колебаний уменьшается и процесс входит в рамки допустимых границ. Наименьшее значение колебания среднего по сегменту значения СКО отмечается в 2016 г., далее отклонение плавно увеличивается

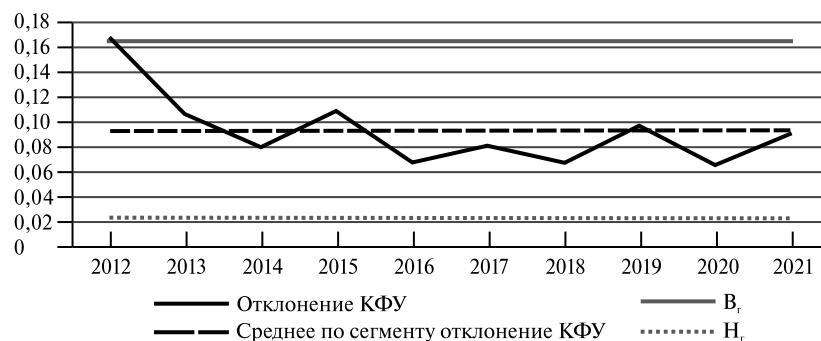


Рис. 4. Динамика колебаний отклонения от среднего по сегменту КФУ с учетом допустимых границ

² Финансовый анализ — сравнение с отраслевыми показателями и конкурентами (<https://www.testfirm.ru/>).

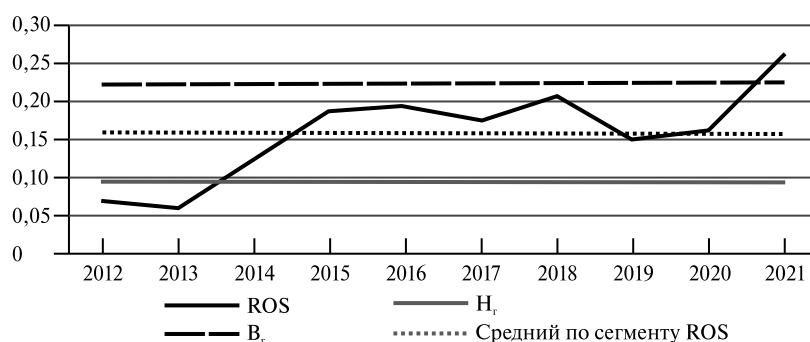


Рис. 5. Динамика изменения среднего по сегменту ROS с учетом допустимых границ

до 2019 г.; в 2020 г. отмечается снижение отклонений, но на конец 2021 г. оно растет и достигает среднего по сегменту значения.

Сравнение графиков, представленных на рис. 2 и 4, дает возможность сделать вывод о том, что наибольшее среднее значение коэффициента финансовой устойчивости компаний анализируемого сегмента отмечается в 2016 г., при этом среднесегментное отклонение данного показателя имеет одно из самых низких значений, что может свидетельствовать о благоприятном влиянии на финансовую устойчивость факторов внешней среды. В 2021 г. среднесегментное значение КФУ имеет наименьшее значение, а колебания отклонений от среднего резко возрастают в сравнении с 2020 г., что свидетельствует о тенденции к разбалансированности соответствующего экономического процесса.

Отметим, что далеко не все экономические процессы, характеризующиеся отдельными показателями, являются сбалансированными. В качестве примера можно привести процесс, определяемый изменчивостью коэффициента рентабельности продаж (ROS)³. Его анализ по приведенной выше схеме указывает на нестабильность указанного процесса (рис. 5).

В 2012 и 2013 г. значение коэффициента рентабельности находится ниже допустимой границы. Это связано как с колебаниями цен на внутреннем и внешнем рынках, так и с ростом потребности в обслуживании внешних долгов компаний (Чернобровин, 2020, с. 8). На протяжении периода 2014–2020 гг. средняя рентабельность продаж колеблется в рамках допустимых границ, а в 2021 г. она выходит за верхнюю границу допустимых значений.

Интерпретацию хода экономического процесса с точки зрения его сбалансированности удобно проводить на основе деления коридора допустимых границ на зоны равной ширины, соответствующие правилу трех сигм. Ориентиром здесь может служить ГОСТ Р 50779.42-99 (Кумэ, 1990), где рассмотрены примеры ситуаций, указывающих на наличие особых причин нарушения стабильности процесса.

Поскольку экономические процессы, как правило, характеризуются несколькими показателями, имеет смысл проводить их статистический анализ с учетом возможного взаимного влияния этих показателей, отражаемого посредством ковариационной матрицы. По аналогии с технологическими процессами в качестве контролируемой величины будем здесь использовать обобщенную статистику Хотеллинга (Клячкин, 2011; Ryan, 2011):

$$T^2 = n(\bar{x} - \bar{\mu})^T S^{-1}(\bar{x} - \bar{\mu}), \quad (10)$$

где $\bar{x}$ — вектор среднесегментных средних; $\bar{\mu}$ — вектор целевых средних; S — выборочная оценка матрицы Σ . При этом нижняя граница допустимого коридора изменения статистики T^2 принимается равной нулю, а верхняя рассчитывается по следующей формуле (Клячкин, 2011, гл. 2)

$$B_r = k^{-1}q(m-1)(n-1)F_{1-\alpha}(q, k), \quad (11)$$

где n — объем выборки; q — число параметров; m — размер выборки; $k = mn - m - q + 1$; $F_{1-\alpha}(q, k)$ — квантиль распределения Фишера уровня $(1-\alpha)$ со степенями свободы q, k (см., например, (Соловьёв, Богатов, 2021, гл. 2)).

³ Отношение прибыли от продаж к выручке.

Для анализа многомерного рассеяния существует несколько подходов (Клячкин, 2011, § 3.2). Один из наиболее простых из них состоит в построении допустимых границ изменения обобщенной дисперсии (определителя ковариационной матрицы) по правилу трех сигм (Aparizi, Carrion, Jabaloyes, 1999):

$$B_r = (\det S)(b_1 + 3\sqrt{b_2}), \quad H_r = \max\{0, (\det S)(b_1 - 3\sqrt{b_2})\},$$

где величины b_i зависят только от объема выборки и определяются через дроби, содержащие выражения вида $(n+j)$, где $j = 1, \dots, q$ (Клячкин, 2011, с. 94). В двумерном случае они имеют вид $b_1 = (n-2)/(n-1)$, $b_2 = (4n+2)(n-2)/(n-1)^3$, а оценка ковариационной матрицы может быть представлена так:

$$S = \begin{pmatrix} \bar{s}_1^2 & r\bar{s}_1\bar{s}_2 \\ r\bar{s}_1\bar{s}_2 & \bar{s}_2^2 \end{pmatrix}, \quad (12)$$

где $\bar{s}_i$ — среднее стандартное отклонение показателя X_i ; r — выборочный коэффициент корреляции между X_1 и X_2 .

Запишем двумерный вектор целевых средних следующим образом: $\bar{\mu} = (\mu_1, \mu_2)^T$, где μ_i — целевое среднесегментное значение показателя i , а вместо $\bar{x}$ в формулу (10) необходимо последовательно подставлять векторы вида $\bar{X}_j = (\bar{x}_{1j}, \bar{x}_{2j})^T$, где $\bar{x}_{ij}$ — среднесегментное значение показателя i , вычисленное по выборке j ($j = 1, \dots, m$).

Нахождение выборочных характеристик показателей, а также вычисление допустимых границ целесообразно выполнять с помощью электронных таблиц (MS Excel или OpenOffice Calc). Выбор показателей для проведения двумерного анализа экономических процессов основывается на том, что возможные значения данных коэффициентов по смыслу должны варьировать в одинаковых пределах (от нуля до единицы), чтобы коридоры их допустимых границ находились в одной числовой шкале. Это позволяет корректно сопоставлять полученные результаты.

В качестве примера проведем анализ стабильности⁴ экономического процесса, характеризующегося, помимо коэффициента финансовой устойчивости X_1 , также рентабельностью продаж ROS X_2 , рассчитанной по пяти предприятиям⁵ и десяти годам (табл. 4, выборка 2). Здесь, как и для КФУ, тоже оказались выполненными гипотезы о равенстве средних и дисперсий. На рис. 6 представлена динамика коэффициентов рентабельности продаж предприятий, попавших в выборку 2. Динамика среднесегментного значения ROS и КФУ по выборке 2 представлена на рис. 5 и 7.

Таблица 4. Коэффициенты рентабельности продаж по предприятиям, входящим в выборку 2

Год	Выборка					Среднее по сегменту	Среднее отклонение
	1	2	3	4	5		
2012	0,09	0,03	0,07	0,11	0,04	0,07	0,034
2013	0,05	−0,003	0,07	0,13	0,06	0,06	0,048
2014	0,15	0,13	0,17	0,11	0,09	0,13	0,03
2015	0,23	0,17	0,24	0,19	0,1	0,19	0,056
2016	0,23	0,17	0,22	0,19	0,16	0,19	0,03
2017	0,22	0,17	0,19	0,19	0,1	0,17	0,045
2018	0,25	0,23	0,23	0,17	0,14	0,2	0,047
2019	0,19	0,14	0,14	0,21	0,08	0,15	0,051
2020	0,18	0,14	0,18	0,23	0,08	0,16	0,056
2021	0,31	0,27	0,3	0,25	0,18	0,26	0,052
Среднее значение						0,158	0,045

⁴ Определение стабильности процесса со многими показателями остается прежним, см. разд. 3.

⁵ Такое число предприятий в выборке 2 обусловлено требованием к ее однородности по отношению к рентабельности продаж.

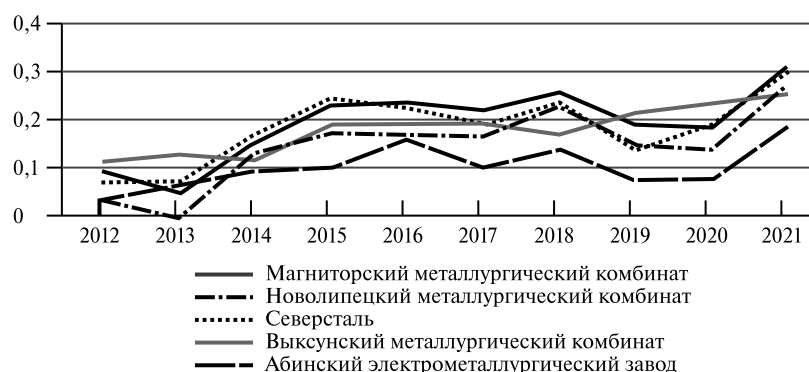


Рис. 6. Динамика коэффициентов рентабельности продаж по выборке 2

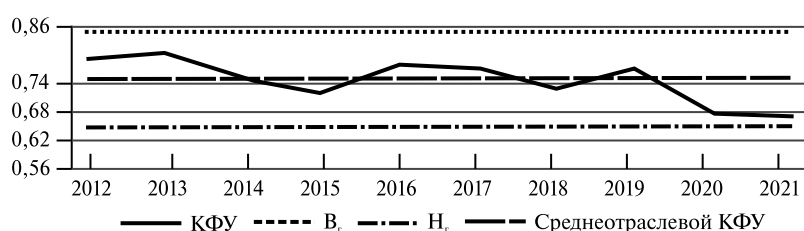


Рис. 7. Динамика среднего по сегменту значения КФУ по выборке 2

Обработанные данные по коэффициенту финансовой устойчивости (см. табл. 3) и рентабельности продаж (см. табл. 4) сведен в табл. 5.

Последняя строка табл. 5 рассчитывалась по формуле

$$T_j^2 = 5 \begin{pmatrix} \bar{x}_{1j} - 0,75 \\ \bar{x}_{2j} - 0,16 \end{pmatrix} S^{-1} \begin{pmatrix} \bar{x}_{1j} - 0,75 & \bar{x}_{2j} - 0,16 \end{pmatrix},$$

где

$$S = \begin{pmatrix} 0,005 & -0,0023 \\ -0,0023 & 0,002 \end{pmatrix}, S^{-1} = \begin{pmatrix} 424,6 & 488,3 \\ 488,3 & 1061,6 \end{pmatrix}, r = -0,72.$$

Для определения допустимой границы V_r по формуле (11) при уровне значимости $\alpha = 0,005$ и значениях $n = 10$, $m = 5$, $q = 2$, был извлечен квантиль $F_{0,995}(2; 44)$, равный 5,99. Тогда V_r приблизительно равна 9,8 (динамику статистики Хотеллинга с учетом допустимой границы см. на рис. 8). Расчеты показали, что исследуемый процесс нестабилен. В 2012, 2013, 2016 и 2021 г. график обобщенного двухпараметрического показателя, характеризующегося коэффициентами финансовой устойчивости и рентабельности продаж, выходит за пределы допустимого изменения. При этом если исследовать отдельно динамику среднесегментных значений X_1 и X_2 , мы увидим выход за пределы допустимых значений только одного показателя $\bar{X}_2$ (в 2012, 2013 и 2021 г.). Получается, что малая (допустимая) нестабильность одного из показателей может привести к общей нестабильности всего процесса, как, например, в 2016 г.

Таблица 5. Данные для расчета статистики Хотеллинга

Показатель	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Выборочные оценки среднего и СКО ⁶	
x_1	0,79	0,8	0,75	0,72	0,78	0,77	0,73	0,77	0,68	0,67	$\bar{s}_1 = 0,07$	$\mu_1 = 0,75$
x_2	0,07	0,06	0,13	0,19	0,19	0,17	0,2	0,15	0,16	0,26	$\bar{s}_2 = 0,045$	$\mu_2 = 0,16$
T^2	27,31	32,36	4,16	2,66	12,03	2,79	6,11	0,41	9,74	29		

⁶ Имело место округление до сотых/тысячных.

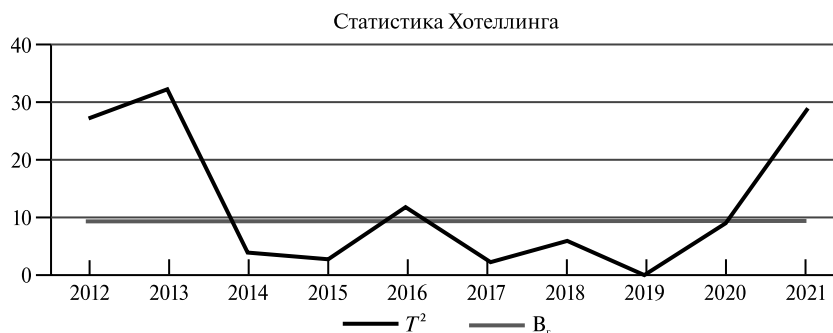


Рис. 8. Динамика обобщенного двухпараметрического среднесеgmentного показателя экономического процесса

Приведенный пример свидетельствует о необходимости исследовать экономические процессы по совокупности показателей, что позволяет учесть их (показателей) взаимное влияние.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С практической точки зрения использование метода допустимых границ при анализе экономических процессов позволяет не только диагностировать их стабильность, но и выявить периоды с наименьшим и наибольшим размахом отклонений от среднеотраслевого значения. Последующий экономический анализ факторов, влияющих на экономические процессы и выражающихся анализируемым показателем в периоды наибольшей/наименьшей сбалансированности, позволит повысить качество управленческих решений в экономике на макроуровне с целью формирования более стабильной внешней и внутренней бизнес-среды.

Отметим, что анализ экономических процессов путем построения допустимых границ можно распространить на процессы с растущими/убывающими показателями X (в качестве примера можно привести процессы, описываемые показателями ликвидности, оборачиваемости, мобильности или коэффициентами задолженности, налоговой и процентной нагрузок).

Указанная методика применима при анализе процессов в рамках предприятий любой отрасли или кластера (например, горно-металлургического или нефтегазового). Алгоритм действий предполагает выделение тренда временного ряда наблюдений за средним по выбранному сегменту показателем $\bar{X}$ (тренд будет играть роль *целевой тенденции*). Если указанный тренд представляет собой линейную функцию ($y = kx + b$), то верхняя и нижняя допустимые границы $\bar{X}$ будут задаваться уравнениями $y = (kx + b) \pm 0,5D$, где $D = B_r - H_r$ — ширина коридора допустимых изменений $\bar{X}$, определяемая на основе формул (8)–(9) (рис. 9). Аналогичным образом возможно строить коридоры для тенденций,

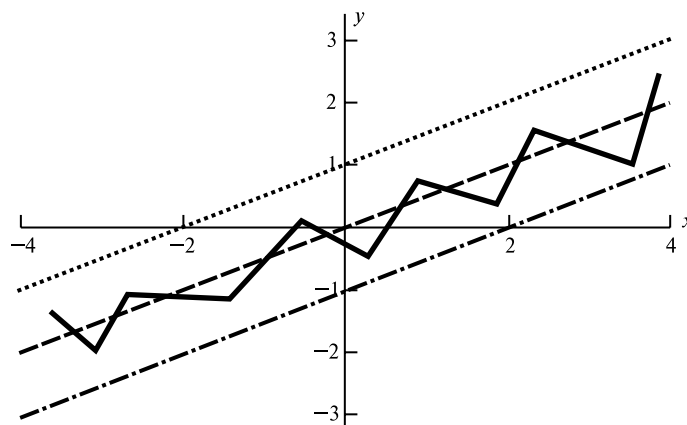


Рис. 9. Пример графика стабильного экономического процесса, характеризующегося возрастающим гипотетическим показателем

задаваемых формулой $y = f(x)$ со степенной, экспоненциальной или логарифмической зависимостью. Стабильность процесса в этом случае будет равносильна попаданию графика колебаний средних в полосу между графиками функций $y = f(x) \pm 0,5D$.

Такая точка зрения позволяет также существенно продвинуться в вопросе определения *устойчивого развития* экономики, который является предметом оживленных дискуссий ученых-экономистов (см., например, (Арошидзе, 2021)). Если анализировать экономический процесс, определяющий развитие по приведенной выше схеме, то логично называть такой процесс *устойчиво развивающимся* в том случае, когда его течение имеет возрастающую целевую тенденцию, а график процесса попадает в коридор допустимых изменений, как на рис. 9. Это снимает возможные противоречия между развитием как движением в «правильном» направлении и устойчивостью, в смысле удержания колебания параметров процесса в заданных рамках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Арошидзе А.А. (2021). Особенности подходов к пониманию экономической устойчивости в контексте устойчивого развития предприятий // *Экономика, предпринимательство и право*. Т. 11. № 4. С. 785–798. [Aroshidze A.A. (2021). Features of approaches to understanding economic sustainability in the context of sustainable development of enterprises. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*, 11, 4, 785–798 (in Russian).]
- Арсланов Ш.Д. (2022). Современные вызовы и альтернативные возможности инвестиционного развития регионов // *Региональные проблемы преобразования экономики*. № 9 (143). С. 49–56. [Arslanov Sh.D. (2022). Modern challenges and alternative opportunities for investment development of regions. *Regional Problems of Transformation of the Economy*, 9 (143), 49–56 (in Russian).]
- Демидова Е.Г., Демидов В.И. (2023). Интегральная оценка экономического потенциала компании // *Финансовая экономика*. № 2. С. 23–28. [Demidova E.G., Demidov V.I. (2023). Integral assessment of the company's economic potential. *The Financial Economy*, 2, 23–28 (in Russian).]
- Зотова Е.В., Маркина Я.Ю. (2020). Устойчивость экономики и проблемы ее обеспечения в современной России. В сб.: «Научные исследования в социально-экономическом развитии общества. Материалы Национальной научно-практической конференции». Р.Р. Хайров (отв. ред.). С. 150–157. [Zotova E.V., Markina Ya.Yu. (2020). Sustainability of the economy and problems of its provision in modern Russia. In: *Scientific research in the socio-economic development of society. Materials of the National Scientific and Practical Conference*. R.R. Hajrov (resp. ed.), 150–157 (in Russian).]
- Клячкин В.Н. (2011). Модели и методы статистического контроля многопараметрического технологического процесса. М.: ФИЗМАТЛИТ. 196 с. [Klyachkin V.N. (2011). *Models and methods of statistical control of a multiparametric technological process*. Moscow: FIZMATLIT. 196 p. (in Russian).]
- Клячкин В.Н. (2014). Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии. М.: Финансы и статистика. 304 с. [Klyachkin V.N. (2014). *Statistical methods in quality management: Computer technologies*. Moscow: Finansy i Statistika. 304 p. (in Russian).]
- Кобзарь А.И. (2006). Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ. 816 с. [Kobzar A.I. (2006). *Applied mathematical statistics. For engineers and researchers*. Moscow: FIZMATLIT. 816 p. (in Russian).]
- Кремер Н.Ш. (2001). Теория вероятностей и математическая статистика. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 543 с. [Kremer N.S. (2001). *Probability theory and mathematical statistics*. Moscow: UNITI-DANA. 543 p. (in Russian).]
- Кумэ Х. (ред.) (1990). Статистические методы повышения качества. М.: Финансы и статистика. 304 с. [Kume H. (ed.) (1990). *Statistical methods of quality improvement*. Moscow: Finansy i Statistika. 304 p. (in Russian).]
- Логанина В.И., Федосеев А.А. (2007). Статистические методы контроля и управления качеством продукции. Ростов-на-Дону: Феникс. 222 с. [Loganina V.I., Fedoseev A.A. (2007). *Statistical methods of product quality control and management*. Rostov-on-Don: Fenix. 222 p. (in Russian).]
- Рогова В.А. (2011). Понятие устойчивости в экономической науке: эволюция, содержание, типы. В кн.: «Государственное и муниципальное управление. Ученые записки Северо-Кавказской академии государственной службы (СКАГС)». № 3. С. 222–228. [Rogova V.A. (2011). Sustainability as a category of economic science: Evolution, content, types. In: *South Russian Institute of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (SRI RANEPa)*, 3, 222–228 (in Russian).]
- Соловьёв В.П., Богатов Е.М. (2021). Организация эксперимента. Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии. 256 с. [Soloviev V.P., Bogatov E.M. (2021). *Organization of the experiment*. Stariy Oskol: Tonkie naukoemkie tehnologii. 256 p. (in Russian).]
- Степнов М.Н. (2005). Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник. 2-е изд. М.: Машиностроение. 399 с. [Stepnov M.N. (2005). *Statistical methods of processing the results of mechanical tests. Handbook*. 2nd ed. revised and supplemented. Moscow: Mashinostroyeniye. 399 p. (in Russian).]
- Чернобровин В.П. (2020). Черная металлургия России в динамике (1970–2018 гг.) // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия»*. Т. 20. № 1. С. 7–17. DOI: 10.14529/met200101 [Chernobrovin V.P. (2020). Ferrous metallurgy

- of Russia in dynamics (1970–2018). *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Metallurgy*, 20, 1, 7–17. DOI: 10.14529/met200101 (in Russian).]
- Штанский В.А.** (2008). Конкурентоспособность металлургического комплекса России в долгосрочной перспективе // *Вестник РАН*. Т. 8. № 2. С. 122–127. [Shtansky V.A. (2008). Competitiveness of the metallurgical complex of Russia in the long term. *Bulletin of Russian Academy of Natural Sciences*, 8, 2, 122–127 (in Russian).]
- Штанский В.А., Краснова Н.А.** (2011). Стимулы и факторы различных форм интеграции российских металлургических компаний в условиях глобализации мировой экономики // *Экономика промышленности*. № 3. С. 3–10. [Shtansky V.A., Krasnova N.A. (2011). Incentives and factors of various forms of integration of Russian metallurgical companies in the context of globalization of the world economy. *Russian Journal of Industrial Economics*, 3, 3–10 (in Russian).]
- Юзов О.В., Седых А.М., Афонин С.З.** (2009). Тенденции изменения экономических показателей развития черной металлургии России // *Экономика промышленности*. № 1. С. 2–7. [Yuzov O.V., Sedykh A.M., Afonin S.Z. (2009). Trends in economic indicators of the development of ferrous metallurgy in Russia. *Russian Journal of Industrial Economics*, 1, 2–7 (in Russian).]
- Aparizi F., Carrion A., Jabaloyes J.** (1999). Statistical properties of the [S] multivariate control chart. *Communications in Statistics — Theory and Methods*, 28, 11, 2671–2686.
- Ryan T.P.** (2011). *Statistical methods for quality improvement*. N.Y.: John Wiley & Sons. 676 p.

On one statistical method for analyzing economic processes balancedness

© 2024 E.M. Bogatov, E.G. Demidova

E.M. Bogatov,

Starooskolsky Technological Institute named after A.A. Ugarov, Branch of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “National Research Technological University ‘MISIS’”, Gubkin; Starooskolsky Technological Institute named after A.A. Ugarov (Branch) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “National Research Technological University ‘MISIS’”, Stary Oskol, Russia; e-mail: embogatov@inbox.ru

E.G. Demidova,

Starooskolsky Technological Institute named after A.A. Ugarov (Branch) of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education “National Research Technological University ‘MISIS’”, Stary Oskol, Russia; e-mail: dmitrikey@mail.ru

Received 06.03.2023

The authors express their gratitude to the reviewer for the work done and constructive comments aimed at improving the article.

Abstract. The paper proposes a statistical approach to determining the stability and sustainability of economic processes based on the analysis of the dynamics of averages $\bar{X}$ and standard deviations $\bar{S}$ of one or more industry average indicators characterizing these processes. According to this approach, a method for constructing acceptable limits for the change in $\bar{X}$ and $\bar{S}$ similar to the method used in quality control of technological processes by means of Shewhart or Hotelling control charts is proposed. Going beyond the acceptable limits of the indicators $\bar{X}$ ($\bar{S}$) will signify the instability (unsteadiness) of the corresponding process; a process that has the property of stability and sustainability at the same time is defined as balanced. The method of analysis of economic processes presented in the paper differs from the traditional one — it allows not only to compare the retrospective indicators of the analyzed enterprise with the industry average or recommended value, but also to determine the trend in the behavior of the analyzed process within acceptable limits. The boundaries are set on the basis of a statistical analysis of the indicators of this process for a homogeneous sample, which includes similar companies. In addition, the authors' methodology allows us to assess the dynamics of the spread of indicator values, which is also an important factor in the study of economic processes. The method was tested as part of the analysis of the financial and economic process, characterized by the coefficients of financial stability and profitability of sales of a number of Russian metallurgical companies observed over a period of ten years (2012–2021).

Keywords: acceptable limits, stability, sustainability, balance, economic processes, assessment, statistical analysis, multivariate analysis.

JEL Classification: C33, E27.

UDC: 519.23:330.4

For reference: **Bogatov E.M., Demidova E.G.** (2024). On one statistical method for analyzing economic processes balancedness. *Economics and Mathematical Methods*, 59, 4, 121–132. DOI: 10.31857/S0424738824010103 (in Russian).

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Survival of the strongest in a sequential truel

© 2024 D.G. Ilinskiy, S.B. Izmalkov, A.V. Savvateev

D.G. Ilinskiy,

Central Economics and Mathematics Institute, RAS; Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia; e-mail: nograhol@gmail.com

S.B. Izmalkov,

New Economic School, Moscow, Russia; e-mail: sizmalkov@nes.ru, sizmalkov@gmail.com

A.V. Savvateev,

Caucasus Mathematical Center, Adyghe State University, Maikop; Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny; Central Economics and Mathematics Institute, RAS, Moscow, Russia; e-mail: hibiny@mail.ru

Received 12.04.2023

The authors thank the Russian Foundation for Basic Research for financial support (project 20-010-00569-A).

Abstract. Sequential truel is a duel-like game between three players. Each player is endowed with his own marksmanship. At each turn, a player whose turn is to shoot can target any of the remaining alive opponents or abstain from shooting. The game ends when there is only one player alive or when all alive players abstained from shooting one after another. The single survivor obtains the “survivor” prize 1, while the payoff of all other players is 0. In the case the truel ends due to “inactivity”, all the players receive the payoff of 0. It is a deeply studied game with paradoxical finding that the weakest player has the highest probability of surviving in many settings, especially when the player can abstain from shooting. Here we present an explicit construction that contradicts this finding. There exists a mixed strategy subgame perfect equilibrium in which the strongest player has the highest probability of survival. This equilibrium exists for a specific order of play, in which the two stronger opponents act before the weakest one. When it exists, there are multiple subgame-perfect equilibria, including the existing stationary construction, in which two stronger opponents target each other.

Keywords: sequential truel, subgame perfect equilibrium, survival of the weakest.

JEL Classification: C7, C73.

UDC: 519.837.3

For reference: **Ilinskiy D.G., Izmalkov S.B., Savvateev A.V.** (2024). Survival of the strongest in a sequential truel. *Economics and Mathematical Methods*, 60, 1, 133–140. DOI: 10.31857/S0424738824010111 (in English).

1. INTRODUCTION

A truel is a duel-like competition between three players, in which the players fight for survival or for a prize by targeting (shooting at) opponents. Only one opponent can be targeted at a time. Originally, the sequential truel appeared as a brain teaser and has been part of many collections of mathematical puzzles (Phillips, 1937; Kinnaird, 1946; Gardner, 1966; Mosteller, 1987). The problem statement can be written as follows. Each of the three players is endowed with marksmanship — the probability of eliminating the opponent with a shot. Three players are different, with marksmanships of 0.3, 0.5, and 1 (or 0.5, 0.8, and 1). Whom should they target? Who wins? These problems have a paradoxical answer — the weakest player has the highest chance of surviving while the strongest player (a sure shot) has the lowest survival odds. There is also an extra layer to the problem — the weakest player might do even better by intentionally abstaining, e.g., by shooting in the ground or in the air.

M. Shubik (Shubik, 1964, 43–46) coined the term *truel* and described it as an example of a game in which the pursuit of individual goals leads to a paradoxical result. D. Kilgour (Kilgour, 1975) initiated a game-theoretic analysis of sequential truels as infinitely repeated games with and without abstentions. He considered undominated Nash equilibria in stationary strategies and showed that if the players marksmanships are different from each other, then the equilibrium is essentially unique, and for many values of the parameters the weakest player has the strongest survival odds. This happens because for two stronger opponents it is optimal to target each other, while the weakest player can simply stay aside and wait until one

of the stronger opponents is eliminated. Many variations of truels have been considered: sequential truels with arbitrary duel values (Kilgour, 1978), simultaneous truels (Kilgour, 1972), truels with random order of shooting, finitely many rounds or bullets, possibilities for cooperation, target-undetectable or silent truels (Kilgour, Brams, 1997; Bossert, Brams, Kilgour, 2002). P. Amengual and R. Toral (Amengual, Toral, 2006) analyse different versions of the sequential game, and analyse them as Markov chains with three absorbing states (i.e. the possible victories of each of the players). A qualitatively robust prediction appears to follow from existing results: whenever there is a fight, the two strongest opponents shoot at each other, and, unless the marksmanships are dramatically different, the weakest player has the highest survival odds.

R. Shubik (Shubik, 1954) used a three-person duel to model ‘what sort of individual is best suited to survive, when every man acts for himself and by himself’. He pointed out immediate applications of truels to the analysis of elections, political competition, and multi-country interaction, arguing that a weaker country can benefit if it gets itself in the middle of a non-cooperative conflict between two stronger countries. Truels and N -els were used for modeling decisions in intense conflict situations (Cole, Phillips, Hartman, 1977), evolutionary biology to explain persistent extensive variation in competitive skills (Archetti, 2012), dynamic targeted competition, where actions can be directed at a particular opponent (Dubovik, Parakhonyak, 2014), negative advertising, especially in political campaigning (Skaperdas, Grofman, 1995; Richman, 2020). (Toral, Amengual, 2005) consider a variant of a truel — a game of opinion making or dynamic persuasion, in which players try to convince the others in their opinion on some matter and so all players are active until the consensus is reached. In all these applications the central feature is the advantage of the weakest player. Recently, in the article M. Wegener and E. Mutlu (Wegener, Mutlu, 2021) offered a model of network formation and evolution, in which players of three possible types (marksmanships) engage in truels with their neighbors. The authors assume that players target the strongest among the remaining opponents but not of the similar type, and show that the evolutionary pressures over network actually lead to strongest types surviving more often.

In this paper we challenge the existing findings regarding the survival of the weakest. We present a novel subgame-perfect equilibrium construction for a sequential truel in which the strongest player has the largest survival odds. We depart from the existing literature in three key elements: 1) we allow players to use non-stationary (and non-Markovian) strategies; 2) we consider mixed strategies; 3) we explicitly define the conditions and outcomes for a ‘peace’ scenario — the game ends if all the three players abstain in a row. This equilibrium exists for a specific order of play, in which the two stronger opponents act before the weakest one. When it exists, there are multiple subgame-perfect equilibria including the existing stationary construction in which two stronger opponents target each other.

In equilibrium, the strongest opponent, player γ abstains if the middle-skilled player β has not targeted γ previously; player β abstains if the weaker player α targeted γ in the previous round, and randomizes between abstaining and targeting γ , if α shot at β . If both stronger players abstain, the weaker player α has to target someone and randomizes between the opponents. The player α ’s incentives to target β are provided by the expectation that β then targets γ with some positive probability, in which case α ends up in a duel shooting first. In turn, randomization by α is needed to provide incentives for γ to abstain. In essence, the two stronger players tacitly collude to force α to target someone. The strongest player benefits when α targets β , which can happen in a subgame-perfect non-stationary equilibrium!

2. SEQUENTIAL TRUEL

There are three players competing for being the sole survivor (winner) in a sequential duel-like game. At the beginning of the truel all players are alive. At each turn, a player whose turn is to shoot can target any of the remaining alive opponents or abstain from shooting (delope, e.g. shoot at the air or shoot at the ground). A targeted player is eliminated with probability equal to the marksmanship of the shooter. All the players observe who was the intended target and what is the outcome of the shot. The order of shooting is chosen in advance, and once and for all. No player can have two turns while some other (alive) player had none. Eliminated players do not shoot. The truel ends when all but one player was eliminated or when all alive players abstained from shooting one after another. The single survivor obtains the ‘survivor’ prize, the payoff to which is normalized to 1, while the payoff of all the other players is 0. In the case the truel ends due to ‘inactivity’, all the players receive the payoff of 0. The solution concept is subgame perfect equilibrium (SPE).

In our game-theoretic analysis we consider not only pure strategies for players that specify a particular target (or abstaining) after any history that can arise but also mixed strategies, where each player can randomize

over its pure strategies and, in particular, randomly choose its target (or abstain) with some probabilities when called to act. The payoff from a mixed strategy is an expectation of the profits from pure strategies¹.

We refer to the players by their marksmanship, α , β , γ , and suppose that $\alpha < \beta < \gamma$, $\gamma = 1$. Let $\alpha^* = 1 - \alpha$ and $\beta^* = 1 - \beta$ be the probabilities of surviving a shot from a respective player. Denote by seq the order (sequence) of shooting. For instance, if $seq = \beta\gamma\alpha$, then player β shoots first, then player γ shoots (if alive), then player α , then again player β and so on. We write $seq(k)$ with $k = 0, 1$ or 2 to highlight the number of successive abstentions prior to the first player in seq shooting. Finally, let y_i^{seq} and z_i^{seq} be, respectively, the lowest and the highest SPE payoffs to player i if the sequence of shooting is seq . For instance, $y_\alpha^{\alpha\beta\gamma(1)}$ is the minimal SPE payoff of player α for the sequence $\alpha\beta\gamma$ for the subgame following one abstention (by player γ).

Some of our parametric assumptions, such as $\gamma = 1$, unequal marksmanships, and 0 payoffs to the ‘peace’ outcome, are made to simplify the exposition. For example, all results (with slight modification in statements) are true for γ in small neighbourhood of 1, but will require more technical details.

Some other parametric assumptions, such as three abstentions mean ‘peace’ are needed to complete specification of the game, which in turn allows for analysis of mixed-strategy equilibria. It would be interesting to know, how equilibria are affected when the number of abstentions that terminate the game or the ‘peace’ payoff vary, but this is left for future analysis.

There are six possible sequences of players, which can be divided in two groups: either β acts immediately after α or vice versa. Since our main goal is to present an explicit construction of equilibria in which the strongest player obtains high payoffs we will concentrate on the first case. Once we present the new equilibrium for sequence $\beta\gamma\alpha$ in Section 6, as a corollary, we obtain a similar construction for sequence $\gamma\beta\alpha$, in which α acts immediately after β . Since we need to stimulate player α to shoot in our equilibrium, it is crucial that α must be the last player to shoot.

Lemma 1. *The minimal and maximal SPE payoffs of players α and β satisfy the following inequalities*

$$y_\alpha^{\alpha\cdots} \geq \alpha y_\alpha^{\beta\alpha} = \alpha \frac{\beta^*\alpha}{1-\alpha^*\beta^*}, y_\beta^{\beta\cdots} \geq \beta y_\beta^{\alpha\beta} = \beta \frac{\alpha^*\beta}{1-\alpha^*\beta^*}, z_\alpha^{\cdots} \leq y_\alpha^{\alpha\beta} = \frac{\alpha}{1-\alpha^*\beta^*}, z_\beta^{\cdots} \leq y_\beta^{\beta\alpha} = \frac{\beta}{1-\alpha^*\beta^*}.$$

(Dots here denote any of the appropriate order of shooting.)

P r o o f. The minimal SPE payoff of player α (or β) cannot be lower than what the player α (or β) can obtain by targeting γ and, if successful, ending up in a duel shooting second. Clearly, there would be no abstentions in any duel. Similarly, the maximal possible payoff a player can get cannot be higher than that from a duel against the weakest of the opponents shooting first. ■

3. PLAYER γ STRATEGIES

Lemma 2. *In any SPE player γ does not target α if β is alive. Player γ ’s minimal SPE payoff for any sequence of moves in which γ shoots first is bounded from below: $y_\gamma^{\gamma\cdots} \geq \alpha^*$.*

P r o o f. If player γ shoots at another player, the target is eliminated and γ ends up in a duel with the remaining player where that player shoots first. A duel with the weakest opponent is preferred. Thus, player γ can guarantee payoff of α^* by targeting β . ■

Can γ obtain a higher payoff than α^* in equilibrium when γ is the first to act? For this to happen, γ has to shoot in the air and one of the opponents has to target the other one with positive probability in the future, so that γ reaches a duel shooting first. Otherwise, if players α and β target γ or abstain each time they act, player γ has to target someone to end up in a duel (shooting second) to obtain positive payoff, which is at most α^* .

4. PLAYER β STRATEGIES

So, from here on we consider sequences of players in which β shoots immediately after α .

¹ For example, consider two possible strategies of the player α : always target β (if not eliminated, otherwise target γ) and always target γ (if not eliminated, otherwise target β). Fix some strategies of the players β and γ . Payoffs in the game (expected probability of being a sole survivor) are well defined once all the strategies are specified, and let $\pi_{\alpha,\beta}$ and $\pi_{\alpha,\gamma}$ be the payoffs to the player α from the two considered pure strategies. Suppose that the player α considers a mixed strategy: flip a coin and if heads target β always and if tails target γ always. Then the player α ’s payoff from this strategy is simply $0.5 \pi_{\alpha,\beta} + 0.5 \pi_{\alpha,\gamma}$. Of course, more complex mixed strategies can be considered, e.g., those that implement randomization at any time a player acts. In the example, the player α can flip a coin between two players (if available) any time it has a shot. In equilibrium, a player’s mixed strategy has to give the maximal and identical payoff to the pure strategies it randomizes over.

Lemma 3. *For all sequences of players in which player β shoots immediately after α , player β never targets α .*

P r o o f. Suppose not, and that there exists an SPE in which β targets α . Consider a subgame where this happens. If β eliminates α , then γ eliminates β in the next round with probability 1. Therefore, β has to expect a substantial continuation payoff u_β following a miss: $\beta^* u_\beta \geq y_\beta^{\beta\gamma\alpha}$, or, from Lemma 1

$$u_\beta \geq \frac{\beta}{\beta^*} \times \frac{\alpha^* \beta}{1 - \alpha^* \beta^*}. \quad (1)$$

Let us focus on $seq = \gamma\alpha\beta$ and the equilibrium in which β obtains u_β . As follows from Lemma 2, player γ has to abstain with positive probability for β to get a positive payoff as otherwise γ eliminates β . Player γ then receives at least α^* , while α who moves next obtains at least $y_\alpha^{\alpha\beta\gamma}$. Combined, the sum of payoffs of all three players has to be at least $y_\alpha^{\alpha\beta\gamma} + u_\beta + \alpha^*$. From Lemma 1 and inequality (1), this sum exceeds

$$\alpha \frac{\beta^* - \alpha^* \beta^*}{1 - \alpha^* \beta^*} + \frac{\beta}{\beta^*} \frac{\alpha^* \beta}{1 - \alpha^* \beta^*} + \alpha^* = \frac{\alpha^* \beta + \alpha \beta^* \beta^*}{\beta^* (1 - \alpha^* \beta^*)} = \frac{\beta - \alpha \beta + \alpha - 2\alpha \beta + \alpha \beta^2}{\alpha + \beta - 2\alpha \beta - \beta^2 + \alpha \beta^2} > 1,$$

since $\beta^2 > \alpha \beta$ — that is a contradiction.

Thus, we have shown that for considered sequences of players in any SPE neither β nor γ target α . This is consistent with previous findings (Shubik, 1954; Kilgour, 1975; Toral, Amengual, 2005), yet here we have derived it without assumptions of stationarity, pure strategies, or necessity of targeting someone.

5. PLAYER α STRATEGIES

We explore first, what player α can get by abstaining.

Lemma 4. *For any SPE, for any subgame in which player α has a chance to abstain without ending the game, we have (here $k = 0$ or 1) $y_\alpha^{\alpha\beta\gamma(k)} \geq \alpha$.*

In addition, for sequences $\gamma\alpha\beta(0)$ and $\gamma\alpha\beta(2)$ player γ targets β , while for sequence $\beta\gamma\alpha(1)$ player β targets γ .

P r o o f. Suppose player α abstains. If β also abstains, then γ targets β (who obtains payoff 0), while α ends up in the duel with γ shooting first, getting payoff α . Thus, β will not abstain, and target γ instead.

If β eliminates γ , then α obtains $y_\alpha^{\alpha\beta} = \alpha / (1 - \alpha^* \beta^*) > \alpha$. If β misses and γ targets β , then α obtains payoff α . Finally, if β misses and γ abstains, we come to the subgame in which α can again abstain, and, as above, either guarantee herself at least α or reach a subgame in which she can abstain, and so on. In expectation over all possible outcomes, player α obtains at least α in any SPE whenever she (he) can abstain.

Player γ does not abstain if α can abstain next round, and thus γ targets β for sequence $\gamma\alpha\beta(0)$. Indeed, since α can abstain and guarantee herself payoff α , by targeting β , player γ obtains α^* . If γ abstains, then β obtains a positive payoff, in this case, what remains to γ is strictly smaller than α^* .

In turn, if player β knows that α is able to abstain, she will expect that α abstains and then γ targets β . So, player β should target γ and not abstain in this case. ■

Thus, having an option to abstain allows player α to guarantee herself a decent payoff as the other players target each other. Will α actually abstain in equilibrium? Suppose that β and γ target each other also when α targets one of them (as in (Kilgour, 1975)). Then, for α it is better to target γ , since the duel with the weaker of the two opponents is preferred. By targeting γ , player α obtains payoff $\alpha y_\alpha^{\beta\alpha} + \alpha^* [\beta y_\alpha^{\alpha\beta} + \beta^* \alpha]$, and by abstaining she gets $\beta y_\alpha^{\alpha\beta} + \beta^* \alpha$.

Therefore, targeting γ is better for α , if

$$y_\alpha^{\beta\alpha} > \beta y_\alpha^{\alpha\beta} + \beta^* \alpha; \quad \frac{\beta^* \alpha}{1 - \alpha^* \beta^*} > \beta \frac{\alpha}{1 - \alpha^* \beta^*} + \beta^* \alpha;$$

$$\beta^* \alpha > \alpha(\beta + \beta^* - \alpha^* \beta^* \beta^*); \quad \beta^* > 1 - \alpha^* \beta^* \beta^*, \quad \beta < \alpha^* \beta^* \beta^*.$$

We have shown the following lemma.

Lemma 5. *A subgame perfect equilibrium in which neither β nor γ abstain exists. In this equilibrium, player β targets γ , player γ targets β , and player α targets γ if $\beta < \alpha^* \beta^* \beta^*$ and abstains if $\beta > \alpha^* \beta^* \beta^*$.*

It is trivial to check that the described strategies indeed form an SPE. Note that if $\beta > \beta^* \beta^*$ or $\beta > 0.5(3 - \sqrt{5}) \approx 0.3820$, player α abstains no matter what α is.

6. NOVEL SPE CONSTRUCTION: SURVIVAL OF THE STRONGEST

Can it happen in equilibrium that players β or γ or both abstain? Consider sequence $\beta\gamma\alpha$. To abstain, player β should expect that γ will also abstain with high probability in the next round and that α later (not necessarily immediately in round 3) will target γ , hoping for a duel with α in which β shoots first. In turn, for player γ to abstain, player γ should expect that α will be shooting at β with positive probability, as otherwise γ 's expected payoff is strictly below α^* . For both β and γ to abstain, player α has to target someone!

Theorem (main result). *For sequence $\beta\gamma\alpha$ and $\alpha > 0.5$, there exists a mixed SPE in which players β and γ abstain with positive probabilities, while player α mixes between the opponents. The equilibrium utilities U_i of the players ($i \in \{\alpha, \beta, \gamma\}$) are given by the following formulas:*

$$U_\beta = \beta \frac{\alpha^* \beta}{1 - \alpha^* \beta^*}, \quad U_\gamma = \frac{q^* \alpha + q^* p \alpha^* \alpha^* \beta^*}{\alpha + q^* p \alpha^*}, \quad U_\alpha = 1 - U_\beta - U_\gamma,$$

where $p = \alpha \beta^* / [\alpha^* (\beta - \alpha^* \beta^* \beta^*)]$, $q = \alpha^* \beta$.

P r o o f. Consider the following profile of strategies — a candidate for the equilibrium. Player γ abstains for $seq = \gamma\alpha\beta(1)$ (following an abstention by β if it is the only one in a row) and targets β in any other subgame. Player β abstains in round 1 and for any subgame in which α targeted and missed γ in the previous round. If α targeted and missed β , then β mixes between abstaining and targeting γ . (This will provide incentives for α to target β .) For all other subgames, player β targets γ . Finally, player α mixes shooting at β and γ for $seq = \alpha\beta\gamma(2)$, and abstains in all other subgames.

For the transition matrix between subgames for the proposed profile of strategies see Figure. Each decision node is marked by the acting player with the number of previous abstentions in the brackets. Only the transitions following misses are shown. Horizontal arrows point to the intended target, $\uparrow$ stands for abstention. In figure 1 p and q are the probabilities with which players β and α target γ in their mixed strategies.

For the suggested profile to be an SPE, the following set of conditions has to be satisfied. Here, U_i is the equilibrium utility of player i , $p^* = 1 - p$, and $q^* = 1 - q$. By $U_i(j)$ we denote the utility of player i using pure strategy shooting j .

$$U_\beta = \alpha^* U_\beta + \alpha \left[q \frac{\beta}{1 - \alpha^* \beta^*} + q^* \times 0 \right] = \beta \frac{\alpha^* \beta}{1 - \alpha^* \beta^*}, \quad U_\gamma = q \left[\alpha \times 0 + \alpha^* U_\gamma \right] + q^* \left[\alpha \times 1 + \alpha^* p^* U_\gamma + \alpha^* p \beta^* \alpha^* \right] \geq \alpha^*,$$

$$U_\alpha(\gamma) = \alpha \times \frac{\beta^* \alpha}{1 - \alpha^* \beta^*} + \alpha^* U_\alpha = \alpha \times 0 + \alpha^* \left[p \beta \frac{\alpha}{1 - \alpha^* \beta^*} + p \beta^* \alpha + p^* U_\alpha \right] = U_\alpha(\beta).$$

Probability q can be found from the condition for player β to be indifferent between targeting γ and abstaining:

$$\alpha \beta \frac{\alpha^* \beta}{1 - \alpha^* \beta^*} = \alpha q \frac{\beta}{1 - \alpha^* \beta^*}, \quad q = \alpha^* \beta.$$

Similarly, from the indifference condition for player α we can find p :

$$U_\alpha(\gamma) = \frac{\alpha \beta^*}{1 - \alpha^* \beta^*} = \alpha^* \left[p \beta \frac{\alpha}{1 - \alpha^* \beta^*} + p \beta^* \alpha + p^* \frac{\alpha \beta^*}{1 - \alpha^* \beta^*} \right];$$

$$\beta^* = \alpha^* (p \beta + p^* \beta^* + p \beta^* (1 - \alpha^* \beta^*)); \quad \beta^* = \alpha^* (p \beta + \beta^* - p \beta^* \alpha^* \beta^*); \quad p = \frac{\alpha \beta^*}{\alpha^* (\beta - \alpha^* \beta^* \beta^*)}.$$

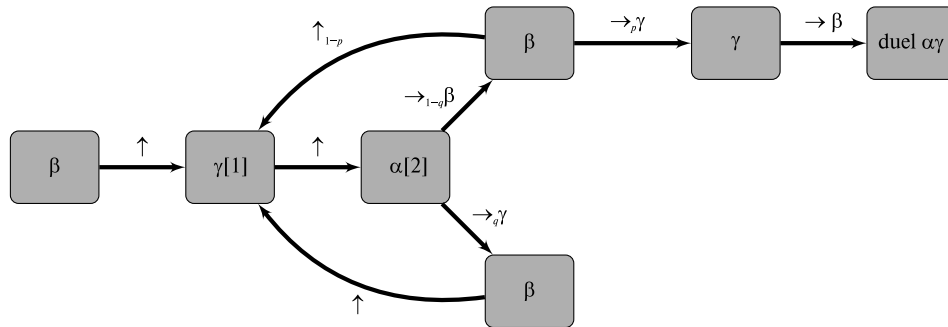


Figure. Transitions in equilibrium

Finally, we need to check that γ prefers abstaining from targeting β . From the expression for γ above we can compute

$$U_{\gamma} = \frac{q^* \alpha + q^* \alpha^* p \beta^* \alpha^*}{1 - \alpha^* q - \alpha^* q^* p^*} = \frac{q^* \alpha + q^* p \alpha^* \alpha^* \beta^*}{\alpha + q^* p \alpha^*}.$$

We want to show that $U_{\gamma} > \alpha^*$, when $\alpha > \alpha^*$. We have

$$\begin{aligned} (U_{\gamma} - \alpha^*)(\alpha + q^* p \alpha^*) &= q^* p \alpha^* \alpha^* (\beta^* - 1) + \alpha (q^* - \alpha^*) = \alpha (\alpha - q) - q^* p \alpha^* \alpha^* \beta^* = \alpha (\alpha - \alpha^* \beta) - p \alpha^* \alpha^* \beta (1 - \alpha^* \beta) = \\ &= \frac{\alpha}{\beta - \alpha^* \beta^* \beta^*} [(\alpha - \alpha^* \beta)(\beta - \alpha^* \beta^* \beta^*) - (\beta^* \alpha^*)(\beta - \beta \alpha^* \beta)]. \end{aligned}$$

If $\beta > \alpha > 0.5$, then $\alpha > \alpha^*$, $\beta > \beta^*$, and $\alpha - \alpha^* \beta > \alpha^* - \alpha^* \beta = \beta^* \alpha^*$, $\beta - \alpha^* \beta^* \beta^* > \beta - \alpha^* \beta \beta$. Therefore, the difference of products in the above expression is positive. ■

The presented equilibrium construction clearly favors the strongest player as compared to the equilibrium in Lemma 5. In this equilibrium player γ had to rely on both β and α missing their shots to survive. In the new construction, the same scenario following β targeting γ occurs as well, but with probability less than one, while in a complementary event of α targeting β and making a shot, γ wins the prize. The probability of this complimentary event is maximized in this equilibrium.

For a specific example, consider $\alpha = 0.8$, $\beta = 0.9$, $\gamma = 1$. Then $q = 0.18$, $p \sim 0.4454$ and players payoffs are $U_{\alpha} \sim 0.0816$, $U_{\beta} \sim 0.1653$, $U_{\gamma} \sim 0.7531$. In the equilibrium from lemma 5, $U_{\alpha}^0 = 1 - U_{\beta}^0 - U_{\gamma}^0 \sim 0.8147$, $U_{\beta}^0 = U_{\beta} \sim 0.1653$, $U_{\gamma}^0 = \beta^* \alpha^* = 0.02$.

Corollary 1. *If $\alpha > 0.5$ and the sequence of players is $\beta\gamma\alpha$, then there exists a continuum of subgame perfect equilibria in which player β earns the same expected payoff as in the equilibrium in Theorem, and payoffs of players α and γ vary: U_{γ} takes any value from $\beta^* \alpha^*$ to the value from the Theorem.*

P r o o f. Consider the equilibrium construction in the Theorem. Player β in the first round can instead shoot at γ with some probability r . The higher is r the higher is U_{α} (and lower U_{γ}). For $r = 1$ we obtain the payoffs as in Lemma 5 with $U_{\gamma} = \beta^* \alpha^*$. ■

Corollary 2. *For sequence $\gamma\beta\alpha$ and sufficiently high α , there exists an SPE with players γ and β abstaining (with probability 1), and γ earning the highest expected payoff.*

P r o o f. The equilibrium construction here is similar to the one in Theorem with one correction to account for β shooting immediately after γ and not before. Player γ is going to abstain if α did not abstain and β did not target γ previously. Player α is going to mix targets, hoping that β will target γ with positive probability. Differently from above, player β is going to abstain with probability 1 whenever γ abstained in the previous round and α did not target β in the round before. If α targets β , β survives, γ abstains, then β is going to randomize between abstaining and shooting at γ . Similarly to Theorem 1, this will provide incentives for α to shoot at β . ■

Condition $\alpha > 0.5$ in Theorem 1 is a simple sufficient condition for the equilibrium we present. The exact condition on α and β jointly is for the expression at the end of the proof of Theorem to be positive to guarantee that $U_{\gamma} > \alpha^*$. If $\alpha < 0.5$, when shooting first, γ can get payoff $\alpha^* > 0.5$ (simply shooting β) and therefore also get highest payoff among the players.

Clearly our equilibrium construction also extends for values of γ less than but close to 1 (while $\gamma > \beta$). When γ is close to 1, the payoffs of all the players are similar to those in Theorem 1, and the equilibrium is supported by probabilities q and p , that make players α and β to randomize their actions. Certainly, q and r should be adjusted depending on γ , but as long as they are within $(0, 1)$ the equilibrium construction works.

With our assumptions of three abstentions leading to “peace” outcome and $\gamma = 1$ similar mixed strategy equilibria do not exist for other sequences of play, in particular, when α is the first player to act and there are no previous abstentions. If we consider a different assumption on abstentions, for instance, if the “peace” realizes once some player abstains for the second time following abstentions by every player, then the presented equilibrium construction exists for all sequences of play. Player α randomizes over β and γ , and if abstains, the other two players abstain as well, forcing player α to pick a target.

Corollary 3. *Suppose that there is no limit on how many abstentions lead to the “peace” outcome. “Peace” is reached only if all three players abstain forever. Then, for any sequences of players and sufficiently high α , there exists an SPE with players γ and β abstaining (with probability 1), and γ earning the highest expected payoff.*

P r o o f. The above constructions can be amended by specifying that both players β and γ necessarily abstain if player α abstains. Clearly then, abstaining forever is not optimal for player α . ■

7. CONCLUSION

Truels and N -els are fascinating conflicts with numerous applications that bring in new insights with each new wave of attention to them. The theory of truels started with the survival of the weakest observation which was and continues to be the main driver of interest in truels. It continued with abstentions as a strategic choice which the weakest player is likely to make. An abstention is a practically feasible strategy so it has to be modeled formally. This eventually lead to a cooperative element in the analysis (Bossert, Brams, Kilgour, 2002) — players can potentially cooperate even if they are fighting for survival and only one survives. Our novel equilibrium construction can also be interpreted like that: two strongest players cooperate to force the weakest player to shoot hoping that one of them survives and be the first to shoot in the ensuing duel. In this paper we show: it is not necessary that the stronger opponents target each other in equilibrium and that other types of SPE equilibria exist, with the strongest player having largest odds of surviving and in which multiple people abstain from shooting with positive probability.

Using mixed strategies is another important element of our construction. This allows to break the curse of the strongest player, viz. being everyone's target. In our construction, using a mixed strategy by player α provides the incentive for the strongest player to abstain from shooting, while using a mixed strategy by player β conditional on some histories of playing provides the incentive for α to mix. It is easy to overlook such possibilities if the strategies are assumed to be stationary.

Many questions remain for further research. In particular, it would be valuable to characterize the whole set of achievable subgame perfect equilibrium payoffs for different values of parameters for truels. Are there any other kinds of equilibria in N -els with $N > 3$ players?

REFERENCES / СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Amengual P., Toral R. (2006). Truels, or the survival of the weakest. *Computing in Science and Engineering*, 8 (5), 88–95.
- Archetti M. (2012). Survival of the weakest in n -person duels and the maintenance of variation under constant selection. *Evolution: International Journal of Organic Evolution*, 66 (3), 637–650.
- Bossert W., Brams S.J., Kilgour D.M. (2002). Cooperative vs non-cooperative truels: Little agreement, but does that matter? *Games and Economic Behavior*, 40 (2), 185–202.
- Cole S.G., Phillips J.L., Hartman E.A. (1977). Test of a model of decision processes in an intense conflict situation. *Behavioral Science*, 22 (3), 186–196.
- Dubovik A., Parakhonyak A. (2014). Drugs, guns, and targeted competition. *Games and Economic Behavior*, 87, 497–507.
- Gardner M. (1966). *More mathematical puzzles and diversions*. London: Penguin.
- Kilgour D.M. (1972). The simultaneous truel. *International Journal of Game Theory*, 1 (5), 229–242.
- Kilgour D.M. (1975). The sequential truel. *International Journal of Game Theory*, 4 (3), 151–174.
- Kilgour D.M. (1978). Equilibrium points of infinite sequential truels. *International Journal of Game Theory*, 6 (3), 167–180.
- Kilgour D.M., Brams S.J. (1997). The truel. *Mathematics Magazine*, 70 (5), 315–326.
- Kinnaird C. (1946). *Encyclopedia of puzzles and pastimes*. N.Y.: Citadel Press.
- Mosteller F. (1987). *Fifty challenging problems in probability with solutions*. Reading: Addison-Wesley Publishing Co.
- Phillips H. (1937). *Question time: An omnibus of problems for a brainy day*. London: J. M. Dent & Sons.
- Richman J.T. (2020). Victory by the weakest: Effects of negative advertising in $N > 2$ candidate campaigns. *Virginia Social Science Journal*, 54, 30–39.
- Shubik M. (1954). *Readings in game theory and related behavior*. Chapter: Does the fittest necessarily survive? N.Y.: Doubleday, Garden City.
- Shubik M. (1964). *Game theory and related approaches to social behavior selections*. N.Y.: John Wiley & Sons.
- Skaperdas S., Grofman B. (1995). Modeling negative campaigning. *American Political Science Review*, 89 (1), 49–61.
- Toral R., Amengual P. (2005). Distribution of winners in truel games. In: *AIP Conference Proceedings*, 779, 128–141. College Park (MD): American Institute of Physics.
- Wegener M., Mutlu E. (2021). The good, the bad, the well-connected. *International Journal of Game Theory*, 50 (3), 759–771.

Выживание сильнейшего в последовательной труэли

© 2024 г. Д.Г. Ильинский, С.Б. Измалков, А.В. Савватеев

Д.Г. Ильинский,*ЦЭМИ РАН, Москва; Московский физико-технический институт, Долгопрудный;
e-mail: nograhol@gmail.com***С.Б. Измалков,***РЭШ, Москва; e-mail: sizmalkov@nes.ru, sizmalkov@gmail.com***А.В. Савватеев,***Кавказский математический центр АГУ, Майкоп; Московский физико-технический институт, Долгопрудный; ЦЭМИ РАН, Москва; e-mail: hibiny@mail.ru*

Получено 12.04.2023

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 20-010-00569-А).

Аннотация. Последовательная труэль — один из видов дуэли для трех игроков. У каждого игрока — свой уровень меткости. Игроки ходят по очереди, в каждом раунде выбирая в качестве цели одного из оставшихся в живых игроков или — уклоняясь от стрельбы. Игра заканчивается, когда в живых остается только один игрок, или — при трех последовательных уклонениях от стрельбы. Единственный выживший получает выигрыш победителя, равный 1, а остальные получают 0. В случае когда дуэль заканчивается «мирным» способом, все игроки получают выигрыш, равный 0. Эта игра изучена достаточно хорошо, и большинство исследований посвящено парадоксальному выводу о том, что самый слабый игрок имеет наибольшую вероятность выживания во многих условиях, особенно когда у игроков есть возможность уклониться от стрельбы. В данной статье мы представляем конструкцию равновесия, которое опровергает данный вывод. А именно: существует смешанное равновесие, совершенное на подыграх, в котором сильнейший игрок имеет наибольшую вероятность выжить. Данное равновесие существует при определенном порядке игроков, в котором двое сильнейших стреляют перед слабейшим. Если оно существует, то имеется набор равновесий, совершенных на подыграх, включая стационарное, в котором двое сильнейших стреляют друг в друга.

Ключевые слова: последовательная труэль, совершенное на подыграх равновесие, выживание слабейшего.

Классификация JEL: C7, C73.

УДК: 519.837.3

Для цитирования: *Ilyinskiy D.G., Izmalkov S.B., Savvateev A.V. (2024). Survival of the strongest in a sequential truel // Экономика и математические методы. Т. 60. № 1. С. 133–140. DOI: 10.31857/S0424738824010111 (на англ.).*

В.В. Окрепилову — 80



Коллектив ЦЭМИ РАН и редколлегия журнала «Экономика и математические методы» поздравляет с 80-летием академика РАН, научного руководителя Института проблем региональной экономики РАН, Почетного гражданина Санкт-Петербурга **Владимира Валентиновича Окрепилова** и желает ему крепкого здоровья и новых творческих успехов!

Биографический материал

Владимир Валентинович Окрепилов родился 23 февраля 1944 г. в Ленинграде. Окончил Ленинградский механический институт. С 1965 г. работал на Ленинградском заводе радиотехнического оборудования слесарем, техником, инженером-технологом, старшим инженером-конструктором. С 1970 по 1979 г. находился на общественной работе. С 1979 г. — главный инженер научно-производственного объединения «Всесоюзный научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева», с 1986 г. — директор Ленинградского центра стандартизации и метрологии Госстандарта СССР, с 1990 г. — генеральный директор ФБУ «Тест-С.-Петербург», с 2017 г. — президент ООО «Тест-С.-Петербург», с 2018 г. — научный руководитель ООО «Тест-С.-Петербург», с 2019 г. — научный руководитель ФГБУН «Институт проблем региональной экономики РАН».

Ректор частного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт управления качеством». Заведующий кафедрой Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения. Заведующий кафедрой ЮНЕСКО в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого. Заведующий базовой кафедрой Санкт-Петербургского государственного экономического университета. Автор более 830 научных работ.

Доктор экономических наук, профессор, академик РАН; член Президиума РАН (2002–2013 гг.); заместитель председателя Санкт-Петербургского научного центра РАН (2001–2013 гг.); член Бюро Отделения общественных наук РАН; член Президиума Санкт-Петербургского отделения РАН; председатель Научного совета «Региональные проблемы экономики качества» Отделения общественных наук РАН; заместитель председателя Научного совета РАН по метрологическому обеспечению и стандартизации.

Руководитель единственной в России научной школы по экономике качества, неоднократно занимавшей первые места в реестре ведущих научных школ Санкт-Петербурга и России. Ее разработки применяются в деятельности Европейской организации качества (ЕОК), Европейского фонда управления качеством (ЕФОМ), Международной сети сертификации систем менеджмента (IQNET).

Основные направления фундаментальных научных исследований академика В.В. Окрепилова связаны с разработкой теоретических основ экономики качества и ее роли в социально-экономическом развитии и повышении качества жизни, с разработкой методики управления качеством в различных сферах деятельности.

Академик В.В. Окрепилов внес решающий вклад в создание в Санкт-Петербурге уникальной многоуровневой системы непрерывного обучения кадров по экономике качества.

С ЦЭМИ РАН Владимира Валентиновича связывает многолетняя дружба и сотрудничество в сфере развития суперкомпьютерных технологий, используемых нами для реализации масштабных агент-ориентированных моделей. В 2023 г. мы издали монографию «Научные решения сложных экономических и социальных задач с помощью суперкомпьютеров» (авторы — В.Л. Макаров, В.В. Окрепилов и А.Р. Бахтизин), в которой содержится зарубежный опыт реализации агентных моделей на суперкомпьютерах и наши собственные разработки. Рассматриваемые модели относятся к самым разным направлениям — эпидемиология, транспортные симуляторы, пешеходное движение, системы эвакуации и др., а наш опыт сконцентрирован на вопросах демографии. Монография стала результатом многолетних исследований, выполненных в рамках программ Президиума РАН коллективами ИПРЭ РАН, НИИСИ РАН и ЦЭМИ РАН. В 2023 г. она была удостоена Общественной премии «Экономическая книга года — 2023».

В.В. Окрепилов активно участвовал в разработке «Стратегии социально-экономического развития Санкт-Петербурга до 2030 года», «Комплексной научно-технической программы Северо-Западного федерального округа РФ до 2030 года». Член Совета при Председателе Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации по вопросам модернизации экономики и инновациям (2012 г.).

Член Президиума Научно-технического совета Санкт-Петербурга. Председатель Экспертного совета некоммерческой унитарной организации «Фонд развития промышленности Санкт-Петербурга».

Эксперт Экспертного совета при Правительстве РФ, включен в Федеральный реестр экспертов научно-технической сферы.

Член Общественной палаты Российской Федерации (2014—2019 гг.), Общественной палаты Санкт-Петербурга. Председатель Общественного совета Адмиралтейского района Санкт-Петербурга. Председатель Общественного совета при Комитете по промышленной политике, инновациям и торговле Санкт-Петербурга, председатель Общественного совета при Комитете по науке и высшей школе Санкт-Петербурга.

Член Союза российских писателей.

Главный редактор журнала «Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития». Учредитель электронного журнала «Экономика качества».

В.В. Окрепилов — президент Метрологической академии России, один из основателей Академии проблем качества России и президент ее Санкт-Петербургского отделения.

Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации. Лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, премий Президента РФ, Правительства РФ и правительства Санкт-Петербурга в области образования, Премии Правительства РФ в области науки и техники за 2010 г., Премии РАН за лучшие работы по популяризации науки 2009 г.

Имеет правительственные награды: орден Дружбы народов, орден «За заслуги перед Отечеством» IV степени, орден Почета, орден Дружбы, Почетная грамота Президента Российской Федерации, Благодарность Председателя Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации; почетные звания «Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации», «Почетный работник науки и техники Российской Федерации», «Почетный метролог», Почетные грамоты Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации в области науки и техники, лауреат премии Президента Российской Федерации в области образования, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области образования, лауреат премии Правительства Санкт-Петербурга в области образования, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, лауреат премии Российской академии наук за лучшие работы по популяризации науки, почетное звание «Почетный гражданин Санкт-Петербурга», почетный знак «За заслуги перед Санкт-Петербургом», Знак отличия «За заслуги перед Санкт-Петербургом», Знак отличия Ленинградской области «За вклад в развитие Ленинградской области», Почетная грамота губернатора Санкт-Петербурга, Почетные грамоты губернатора Ленинградской области, Почетный диплом Законодательного собрания Ленинградской области.

Академик РАН **В.Л. Макаров**

Член-корр. РАН **А.Р. Бахтизин**

В.Л. Квинту — 75



21 февраля 2024 г. исполнилось 75 лет выдающемуся ученому в сфере теории стратегии и методологии стратегирования, иностранному члену РАН, д.э.н., профессору политической экономики Владимиру Львовичу Квинту. Вся его научная и практическая деятельность в течение более чем 50 лет связана с разработкой долгосрочных экономических документов стратегической значимости — программ научно-технического и социально-экономического развития промышленных предприятий, регионов, национальных экономик России и ряда других стран мира.

Еще в 1970-е годы Владимир Львович участвовал в разработке Программы развития производительных сил Красноярского края на 10-летнюю перспективу «Красноярская десятилетка», долгосрочных программ «Сибирь», «Дальний Восток», «Арктика», «Донбасс». В значительной степени эти программы и заложенные в них экономические ориентиры были результатом работ крупных экономических экспедиций АН СССР, организованных Владимиром Львовичем совместно с академиками А.Г. Аганбегяном и А.Г. Гранбергом. Прежде всего это беспрецедентные экономические экспедиции по всей трассе Северного морского пути и зоне его экономического влияния от Архангельска до Магадана (1980 г.), экономическая экспедиция вдоль всего Тихоокеанского побережья России (1981 г.) и экономическая экспедиция по Енисею и его притокам (1979 г.).

Результаты своих практических экономических и стратегических исследований Владимир Львович отразил в докторской диссертации, подготовленной под руководством академика Л.И. Абалкина и защищенной в Институте экономики АН СССР. Научные положения этой диссертации были отражены в монографии В.Л. Квинта «Управление научно-техническим прогрессом: региональный аспект» («Наука», 1986 г.).

Дальнейшие исследования Владимира Львовича были сосредоточены на разработке экономической категории «глобальный формирующийся рынок». Эти исследования он вел, работая профессором Венского экономического университета (1989–1990 гг.), Фордхемского (Fordham), Нью-Йоркского и Американского университетов (1990–2007 гг.). Эти исследования отражены в двух неоднократно переизданных монографиях в США, Великобритании, Австралии и России «The Global Emerging Market in Transition» (1999 г.), «The Global Emerging Market. Strategic Management and Economics» (2009 г.) («Стратегическое управление и экономика на глобальном формирующемся рынке» (2012 г.)).

С середины 1990-х годов Владимир Львович сосредоточился на разработке и практическом воплощении теории стратегии и методологии стратегирования. Результаты этой деятельности нашли свое отражение в монографии «Strategy for the Global Market. Theory and Practical Applications» (США, Великобритания, Канада, 2015 г.). Концептуальные положения были опубликованы в России в двухтомнике «Концепция стратегирования». Монографии В.Л. Квинта, посвященные теории стратегии и методологии стратегирования, переведены и изданы в 19 странах.

Научная деятельность Владимира Львовича отмечена научными и государственными наградами СССР, России и других стран мира. Ему присвоены звания почетного доктора и почетного профессора в 13 университетах 9 стран. Московский государственный университет отметил исследование В.Л. Квинта «Теория стратегии и методология стратегирования» своей высшей наградой — Премией им. М.В. Ломоносова I степени. В 2022 г. В.Л. Квинт выступил на Ученом совете МГУ с научным докладом «Корпус математических методов и моделей теории стратегии, методологии и практики стратегирования».

Монографиям В.Л. Квинта дважды были присвоены премии Вольного экономического общества России «Экономическая книга года» (2019, 2022 г.). Его исследования отмечены премией Фулбрайта (2001 г.), серебряной медалью ВДНХ (1986 г.), Государственной премией Республики Узбекистан в области науки и техники (2022 г.). Указами Президента Российской Федерации В.Л. Квинт был награжден Орденом Александра Невского, Орденом Почета, Орденом Дружбы. Также указом Президента ему присвоено звание Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.

Владимир Львович уже много лет является заведующим кафедрой экономической и финансовой стратегии Московской школы экономики и директором Центра стратегических исследований Института математических исследований сложных систем МГУ им. М.В. Ломоносова, главным научным сотрудником ЦЭМИ РАН. Он много лет входит в состав редколлегии журнала «Экономика и математические методы» и является главным редактором журналов «Экономика промышленности», «Стратегирование: теория и практика».

В.Л. Квинт сформировал серьезную научную школу последователей его теории стратегии и методологии стратегирования в России и за рубежом, начиная со Школ юных стратегов до защит магистерских, кандидатских и докторских диссертаций. Владимир Львович — большой учитель и преданный друг.

Коллектив ЦЭМИ РАН и редколлегия журнала «Экономика и математические методы» поздравляет выдающегося ученого и желает ему крепкого здоровья и новых стратегических достижений.