

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН
CENTRAL ECONOMICS AND MATHEMATICS INSTITUTE RAS

РОССИЙСКАЯ
АКАДЕМИЯ НАУК



RUSSIAN
ACADEMY OF SCIENCES

**Восьмая научно-практическая конференция
«МОЛОДАЯ ЭКОНОМИКА:
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ НАУКА
ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ»**

Москва, 9 декабря 2022 г.

Материалы конференции

Москва
2023

УДК 330
ББК 65
М75

DOI: 10.33276/978-5-8211-0815-9

М75 **Молодая экономика: экономическая наука глазами молодых ученых:** материалы Восьмой научно-практической конференции. Москва, 9 декабря 2022 г. / под ред. Р.Н. Павлова. – М.: ЦЭМИ РАН, 2023. – 56 с. (Рус.)

Young Economics: Economic Science in Terms of Young Scientists: Proceedings of the Eight's Scientific and Practical Conference. Moscow, December 9, 2022 / ed. by R.N. Pavlov. – Moscow, CEMI RAS, 2023. – 56 p. (Рус.)

УДК 330
ББК 65

ISBN 978-5-8211-0815-9

© ФГБУН Центральный экономико-математический институт РАН,
2023 г.

Организаторы конференции

Центральный экономико-математический институт РАН
Международный научный фонд экономических исследований академика Н.П. Федоренко

Оргкомитет конференции:

Председатель:	В.Л. Макаров, академик, научный руководитель ЦЭМИ РАН
Члены Оргкомитета:	В.Е. Дементьев, д.э.н., зав. лабораторией ЦЭМИ РАН Р.М. Качалов, д.э.н., зав. лабораторией ЦЭМИ РАН Г.Б. Клейнер, д.э.н., зам. научного руководителя ЦЭМИ РАН
Члены Программного комитета	А.Р. Бахтизин, д.э.н., директор ЦЭМИ РАН А.Л. Богданова, научный сотрудник ЦЭМИ РАН М.А. Никонова, к.э.н., старший научный сотрудник ЦЭМИ РАН Е.С. Паламарчук, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН М.А. Рыбачук, к.э.н. ведущий научный сотрудник ЦЭМИ РАН А.В. Савватеев, д.ф.-м.н., профессор РЭШ
Ученый секретарь:	Р.Н. Павлов, к.э.н., председатель Совета молодых ученых ЦЭМИ РАН

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редактора	4
<i>Алферьев Д.А.</i> Проблема конечного автомата как интеллектуального агента	5
<i>Арутюнов А.Л.</i> Темпы развития производства и обеспечения материально-технической базой сельскохозяйственных организаций РФ	8
<i>Арутюнов А.Л.</i> Анализ развития динамики некоторых социально значимых заболеваний, связанных с облучением при гамма-распаде, после катастрофы на ЧАЭС в 1986 г. (на территориях Западной и Восточной Европы)	11
<i>Васильева Е.Е., Леонидов А.В., Титов А.С.</i> Анализ парной социальной дилеммы при использовании обучения с подкреплением	22
<i>Егорова Н.Е., Горлов А.В.</i> Исследование зависимости между уровнями доверия и коррупции.....	25
<i>Зверев О.В.</i> Антагонистическая игра и решение задачи расчета европейского опциона на неполном рынке (дискретное время).....	34
<i>Леонидов А.В., Васильев С.Б., Васильева Е.Е.</i> Моделирование взаимоувязанной динамики распространения эпидемии и формирования общественного мнения по вопросу вакцинации	39
<i>Магомедов Р.Ш., Седова С.В.</i> Анализ динамики некоторых факторов роста бюджетной самообеспеченности в 2011–2020 гг. (на примере отдельных субъектов Российской Федерации).....	41
<i>Павлов Р.Н.</i> К вопросу о базисе и надстройке социального предпринимательства	50
<i>Шелемех Е.А.</i> О преимуществах моделей суперхеджирования опционов с конечным носителем распределения вероятностей цен рискованных активов	53

ОТ РЕДАКТОРА

Настоящий сборник материалов конференции представляет собой собрание довольно интересных работ по различным направлениям экономической науки, выполненных молодыми учеными, работающими в различных учреждениях РАН, а также преподавателями вузов. Данная конференция призвана содействовать определению основных направлений, в рамках которых в настоящее время молодые ученые проводят свои исследования.

Тематика материалов, представленных в сборнике, также весьма обширна: она включает в себя как исследования в области математического и компьютерного моделирования, так и анализ социально-экономических проблем. Привлекает внимание также и то, что некоторые авторы уделяют особое внимание проблеме коррупции и ее связи с уровнем доверия к различным институтам. Кроме того, авторы тезисов не обходят вниманием проблемы социально-экономического развития, в частности, анализ факторов роста бюджетной самообеспеченности, а также проблемы развития здравоохранения и моделирования взаимоувязанной динамики распространения эпидемии и формирования общественного мнения по вопросу вакцинации.

Конференция носит научно-практический характер, поскольку в ней наряду с чисто теоретическими работами представлены и работы, имеющие определенное практическое значение. Кроме того, некоторые расчеты, выполненные сотрудниками ЦЭМИ РАН в отношении ряда финансовых инструментов, могут быть использованы участниками финансовых рынков в их практической деятельности.

Считаю, что, в целом, сборник материалов данной конференции может вызывать определенный интерес как у научных работников, так и преподавателей, а подходы, применяемые его авторами, могут получить дальнейшее развитие в научной среде. Благодарю авторов за участие в сборнике, а также рецензентов – доктора экономических наук Михаила Илларионовича Воейкова (ИЭ РАН) и доктора экономических наук Олега Георгиевича Голиченко (ЦЭМИ РАН).

Р.Н. Павлов

ПРОБЛЕМА КОНЕЧНОГО АВТОМАТА КАК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА*

Алферьев Дмитрий Александрович, Вологодский научный центр РАН, с.н.с., Санкт-Петербургский политехнический университет им. Петра Великого, доцент, alferev_1991@mail.ru

Ключевые слова: конечный автомат, интеллектуальный агент, агрегат, искусственный интеллект.

Конечные автоматы являются одним из разделов *дискретной математики* и их замечательной особенностью выступает то, что идеи, связанные с ними, можно наглядно и доступно вообразить и изобразить. Более того посредством них при определенном приближении можно успешно смоделировать практически любой процесс и явление человеческой жизни.

Если представить конечный автомат в виде некоторого материального объекта, то у него есть конечное число действий, которые он может совершить, и конечное число последствий, которые наступают после того, как действие совершено. Но последствия зависят не только от действий, но и еще одного фактора – состояния автомата, в котором он находится (их количество тоже конечное). Примером вышесказанного в реальной жизни, как бы это иронично не звучало, может быть автомат, разливающий обычную воду.

Допустим в данный агрегат кладут монету, тем самым задавая 2 его возможных состояния. Затем нажимают одну из 2-х кнопок, которые, соответственно, задают набор действий (возврат денег, разлитие напитка). В зависимости от наличия в автомате монеты и нажатой кнопки происходят следующие последствия: ничего не происходит, возврат денежных средств, подача воды.

В принципе, современные ноутбуки и смартфоны тоже являются конечными автоматами, но в виду своей сложности некоторые аспекты их использования кажутся *непрерывными*. Наиболее известными конечными автоматами в том понимании, о котором про них принято говорить, являются *шифровальная машинка Энигма* и *генератор псевдослучайных чисел*.

Совокупность конечных автоматов успешно объединяется в их взаимосвязанную сеть, которая по итогу также может быть охарактеризована как конечный автомат. Подход подобного моделирования подробно рассмотрен в книге *Н.И.*

* Сообщение подготовлено за счет гранта Российского научного фонда № 22-28-01940 (<https://rscf.ru/project/22-28-01940/>).

Поликарповой и д.т.н. А.А. Шалыто и перенесен авторами в сферу создания и управления сложными системами (Поликарпова, Шалыто, 2008).

Интересной работой является небольшая статья И. Гниломедова и к.ф.-м.н. С.И. Николенко, в которой они обосновывают преимущества автоматного подхода при моделировании экономических агентных систем как более наглядного и логически интерпретируемого способа их создания в сравнении с различными и популярными ныне алгоритмами машинного обучения (Gnilomedov & Nikolenko, 2010). Собственно, о том, что автоматы прекрасно вписываются в концепции агентов, также пишет в одной из своих работ академик, д.ф.-м.н. В.Л. Макаров, перечисляя различные варианты автоматов как фундамент в становлении нового агент-ориентированного направления в моделировании социально-экономических процессов и явлений (Макаров, 2013, с. 6–7).

С развитием цифровых технологий в настоящее время актуализировались вопросы создания искусственного интеллекта и при реализации агентных систем, основой которых выступают конечные автоматы, поднимается разговор о моделировании в них интеллектуальных агентов. Но может ли агент, в том виде в котором он реализуется сейчас, иметь потенциал на наличие в нем реального интеллекта?

Судя по всему, нет, так как количество его состояний, действий и последствий может быть довольно большим, но все же ограниченным и, следовательно, детерминированным. В соответствии с этим интеллект такого агента заперт в рамках программы, в которой он моделируется. Данный аспект довольно хорошо описал английский пионер в области кибернетики У.Р. Эшби, сформулировав «закон необходимого разнообразия», который упрощенно можно трактовать следующим образом – Если объект должен развиваться, то ему постоянно необходимо пропускать и перерабатывать через себя новую информацию (Эшби, 1959, с. 287–310).

Несмотря на это можно довольно искусно имитировать интеллектуальное поведение, например подключая к взаимодействию автоматов-агентов теорию игр. В рамках этого направления есть целые, отдельно взятые научные труды, в частности, книга д.т.н. Д.А. Поспелова «Игры и автоматы» (Поспелов, 1966).

Возможно, в воплощении интеллекта в компьютерной программе может немало важную роль сыграть природа случая, о чем, в частности, говорит д.ф.-м.н. Р.В. Шамин в беседе (Шамин, Бояршинов, 2021, 31:00–32:00) с к.ф.-м.н. Б.С. Бояршиновым. Даже если мы будем работать с псевдослучайными числами, это позволит еще более искусно имитировать интеллектуальное поведение живого организма. В частности, новый тип агентов, который потенциально более достоверно описывает существующую реальность, реализован посредством инструментария квантовых

вычислений, несущего в своей основе методологию теории вероятностей (TensorFlow. Quantum).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Поликарпова Н.И., Шалыто А.А.* Автоматное программирование. СПб.: ИТМО, 2008. 167 с.
2. *Gnilomedov I., Nikolenko S.* Agent-Based Economic Modeling with Finite State Machines // The International Symposium on Social Network Analysis & Norms for MAS – A Symposium at the AISB 2010 Convention. Leicester 29 March – 1 April. NY.: Curran Associates, 2010. Pp. 28–33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20529379>
3. *Макаров В.Л.* Социальное моделирование набирает обороты // Экономика и математические методы. 2013. № 49 (4). С. 5–17. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20589220>
4. *Эшби У.Р.* Введение в кибернетику. М.: ИИЛ, 1959. (pdf-429 с.)
5. *Поспелов Д.А.* Игры и автоматы. М.-Л.: Энергия, 1966. 136 с.
6. *Шамин Р.В., Бояршинов Б.С.* Человек – это конечный автомат! А может быть, и нет! // БОРИС БОЯРШИНОВ СО ДНА НАУКИ. 2021. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=aAQsKRub5L0> (дата обращения: 18.02.23)
7. TensorFlow. Quantum. Parametrized Quantum Circuits for Reinforcement Learning // TensorFlow. Quantum. URL: https://www.tensorflow.org/quantum/tutorials/quantum_reinforcement_learning (дата обращения: 18.02.23)

ТЕМПЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ РФ

Арутюнов Арсен Леонович, н.с., Центральный экономико-математический институт РАН, arsenrea@mail.ru.

Ключевые слова: техника, тракторы, комбайны, сельское хозяйство, предприятие, производство, темп, динамика, процесс.

После интенсивного спада основных показателей сельскохозяйственного производства в постсоветской России 1990-х гг., связанных с глобальными социально-экономическими и политическими потрясениями в РФ, в начале 2000-х гг. (начиная с 2002 по 2004 г.) в агропромышленном комплексе РФ (АПК России) наметился некий экономический рост основных показателей в отраслях АПК, примерно со среднегодовыми темпами прироста в 3,7% до 2011 г. (см. рис. 1). Данной положительной динамике способствовало принятие ряда программ в рамках Национальных приоритетных проектов [1], утвержденных Правительством РФ в области развития АПК страны в среднесрочной перспективе.

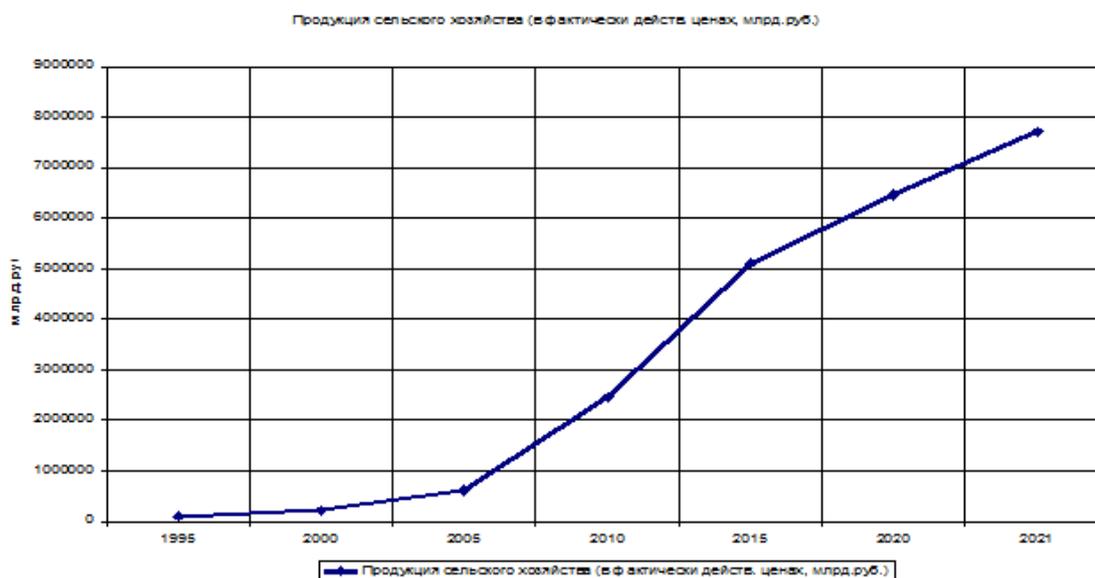


Рис. 1. Динамика темпов производства продукции на предприятиях АПК РФ с 1995 по 2021 г. (в хозяйствах всех категорий, в стоимостном выражении)

Вследствие интенсивного роста показателей продукции сельского хозяйства (как в физическом, так и стоимостном выражении продукции растениеводства и животноводства), увеличилась потребность в производстве и закупках основных видов сельскохозяйственной техники (в основном тракторов, комбайнов, сеялок и

косилок) для проведения основных сезонных сельскохозяйственных работ (посевные и уборочные работы, внесение минеральных и органических удобрений, химическая защита растений, проведение работ по химической мелиорации а также, снятие и использование плодородного слоя почвы) в сельскохозяйственных предприятиях всех типов (включая сельхозпредприятия и организации, хозяйства населения, крестьянские / фермерские хозяйства).

Таблица 1

Динамика производства тракторов и комбайнов

	1995	1999	2005	2010	2015	2020	2021***
Тракторы*, тыс. шт.	21,2	15,4	8,6	6,9	6,3	7,2	–
Комбайны**, шт.	6860	2518	8350	4568	6100	5400	–

* Тракторы, включая: тракторные плуги, сеялки, культиваторы [2–4].

** Комбайны, включая: зерноуборочные, картофелеуборочные, льноуборочные, кормоуборочные.

*** 2021 – данные не представлены ФСГС РФ (Росстат).

Таблица 2

Динамика показателей парка основных видов техники в сельскохозяйственных предприятиях РФ

	1995	1999	2005	2010	2015	2020	2021
Тракторы*, тыс. шт.	2281,4	1645	480,3	310,3	233,6	203,6	–
Комбайны**, тыс. шт.	420	294	171,1	105,5	79	68,1	–

* Тракторы, включая: тракторные плуги, сеялки, культиваторы [2–4].

** Комбайны, включая: зерноуборочные, картофелеуборочные, льноуборочные, кормоуборочные.

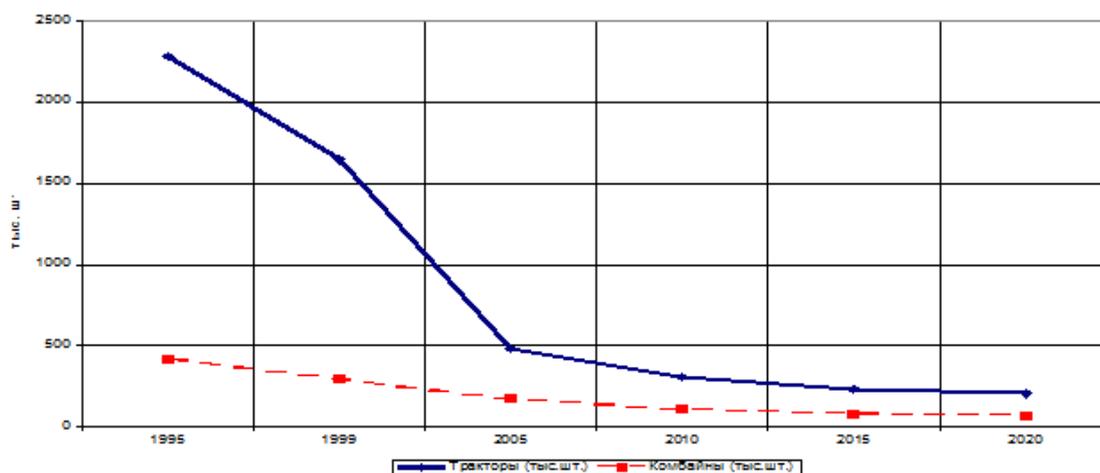


Рис. 2. Динамика показателей парка основных видов техники в сельскохозяйственных предприятиях РФ

Таблица 3

**Динамика списания (обновления) сельскохозяйственной техники
на предприятиях АПК***

	1995	1999	2005	2010	2015	2020	2021
Тракторы, %	8,8	6,2	6,7	5,1	4,6	3,6	–
Комбайны, %	12,8	10	12	9,1	7,5	5,6	–

Тракторы и комбайны всех типов.

* В % от общего числа парка сельхозтехники.

А также, было приобретено новой сельскохозяйственной техники для сельскохозяйственных организаций с 2010 по 2020 г. в среднем 3,4% от общего числа сельхозтехники по тракторам и 4,1% – по комбайнам.

Отрицательная динамика показателя парка по основным видам сельхозтехники (при интенсивном увеличении темпов роста продукции АПК) объясняется тем, что в результате проектирования более современных машин и оборудования сельскохозяйственной техники, на первое место выходит более высокая производительность (при постоянном увеличении КПД) современной техники, что является компенсирующим фактором низких темпов производства и дальнейшего обновления (закупок новой техники сельхоз организациями) парка сельхозтехники на предприятиях АПК РФ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Арутюнов А.Л.* О перспективах использования основных и альтернативных видов топлив в сельскохозяйственном производстве России // Проблемы прогнозирования. 2010. № 3. С. 82–92.
2. Сельское хозяйство в России: Стат. Сб. / Госкомстат России. М., 2000. 414 с.
3. Сельское хозяйство в России: Стат. Сб. / Госкомстат России. М., 2018. 412 с.
4. Сельское хозяйство в России: Стат. Сб. / Госкомстат России. М., 2020. 418 с.

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ДИНАМИКИ НЕКОТОРЫХ СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ОБЛУЧЕНИЕМ ПРИ ГАММА-РАСПАДЕ, ПОСЛЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧАЭС В 1986 Г. (на территориях Западной и Восточной Европы)

Арутюнов Арсен Левонович, н.с., Центральный экономико-математический институт РАН, arsenrea@mail.ru

Ключевые слова: заболевание, онкология, облучение, статистика, эмпирические данные, страны, Западная Европа, Восточная Европа, корреляция, коэффициент, «теснота связи», ЧАЭС, лучевая болезнь.

ВВЕДЕНИЕ

Чернобыльская катастрофа – это ядерная авария, произошедшая в 26 апреля 1986 г. на реакторе № 4 Чернобыльской атомной электростанции близ города Припять на севере Украинской ССР в Советском Союзе. Это считается худшей ядерной катастрофой в истории как с точки зрения стоимости, так и с точки зрения жертв, и является одной из двух аварий в системе атомной энергетики.

Разрушение носило взрывной характер, активная зона реактора была полностью разрушена, а в окружающую среду выброшено большое количество радиоактивных веществ. Авария расценивается как крупнейшая в своем роде за всю историю атомной энергетики, как по предполагаемому количеству погибших и пострадавших от ее последствий людей, так и по экономическому ущербу.

В течение первых трех месяцев после аварии скончался 31 человек, еще 19 смертей с 1987 по 2004 г. предположительно можно отнести к ее прямым последствиям. 134 человека из числа ликвидаторов перенесли острую лучевую болезнь той или иной степени тяжести. Высокие дозы облучения людей, в основном из числа аварийных работников и ликвидаторов, послужили или могут послужить причиной 4 тыс. дополнительных смертей от отдаленных последствий облучения. Тем не менее, эти цифры намного меньше того количества жертв, которое приписывается чернобыльской катастрофе общественным мнением [1].

В отличие от имевших место бомбардировок Хиросимы и Нагасаки военновоздушными силами США летом 1945 г., взрыв напоминал очень мощную «грязную бомбу» – основным поражающим фактором стало радиоактивное загрязнение. Радиоактивное облако, образовавшееся от горящего реактора, разнесло различные радиоактивные материалы, прежде всего радионуклиды йода и цезия, по большей

части Европы. Наибольшие выпадения вблизи реактора отмечались на территориях, относящихся к Белоруссии, РФ, Украине, Швеции, Финляндии и Норвегии. Из 30-километровой зоны отчуждения вокруг ЧАЭС было эвакуировано все население – около 130 тыс. человек.

В результате аварии произошел выброс в окружающую среду радиоактивных веществ, в том числе изотопов урана, плутония, йода-131 (период полураспада – 8 дней), цезия-134 (период полураспада – 2 года), цезия-137 (период полураспада – 30 лет), стронция-90 (период полураспада – 28,8 лет).

ПОСЛЕДСТВИЕ АВАРИИ ЧАЭС НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИМПЕРАТИВ И ЧЕЛОВЕКА

В результате аварии из сельскохозяйственного оборота было выведено около 5 млн га земель, вокруг ЧАЭС.

Загрязнению подверглось более 200 тыс. км². Радиоактивные вещества распространялись в виде аэрозолей, которые постепенно осаждались на поверхность земли. Благородные газы рассеялись в атмосфере и не вносили вклада в загрязнение прилегающих к станции регионов. Загрязнение было очень неравномерным, оно зависело от направления ветра в первые дни после аварии. Наиболее сильно пострадали области, находящиеся в непосредственной близости от ЧАЭС: северные районы Киевской и Житомирской областей Украины, Гомельская область Белоруссии и Брянская область России. Радиация задела даже некоторые значительно удаленные от места аварии регионы, например Ленинградскую область, Мордовию и Чувашию – там выпали радиоактивные осадки. Большая часть стронция и плутония выпала в пределах 100 км от станции, так как они содержались в основном в более крупных частицах. Йод и цезий распространились на более широкую территорию.

В городах основная часть опасных веществ накапливалась на ровных участках поверхности: на лужайках, дорогах, крышах. Под воздействием ветра и дождей, а также в результате деятельности людей, степень загрязнения сильно снизилась, и сейчас уровни радиации в большинстве мест вернулись к фоновым значениям. В сельскохозяйственных областях в первые месяцы радиоактивные вещества осаждались на листьях растений и на траве, поэтому загрязнению подвергались травоядные животные. Затем радионуклиды вместе с дождем или опавшими листьями попали в почву, и сейчас они поступают в сельскохозяйственные растения, в основном через корневую систему. Уровни загрязнения в сельскохозяйственных районах значительно снизились, однако в некоторых регионах количество цезия в молоке все еще может превышать допустимые значения. Это относится, например, к

Гомельской и Могилевской областям в Белоруссии, Брянской области в России, Житомирской и Ровненской области Украины.

Значительному загрязнению подверглись лесные массивы экосистемы. В связи с тем, что в лесной экосистеме цезий постоянно рециркулирует, не выходясь из нее, уровни загрязнения лесных продуктов, таких как грибы, ягоды и дичь, остаются опасными. Уровень загрязнения рек и большинства озер в настоящее время низкий, однако в некоторых «замкнутых» озерах, из которых нет стока, концентрация цезия в воде и рыбе в течение следующих десятилетий может представлять опасность.

Загрязнение не ограничилось 30-километровой зоной. Было отмечено повышенное содержание цезия-137 в лишайнике и мясе оленей в арктических областях России, Норвегии, Финляндии и Швеции.

Определение того, какая часть заболеваний явилась следствием именно чернобыльской аварии – весьма сложная задача для медицины и статистики. Считается, что большая часть смертельных случаев, связанных с воздействием радиации, была или будет вызвана онкологическими заболеваниями.

Проведенные исследования и наблюдения показали, что количество мутаций у растений и животных выросло, но незначительно, и природа успешно справляется с их последствиями, путем естественного отбора. Тем не менее, по данным нескольких исследовательских групп из стран центральной Европы обнаружены и некоторые устойчивые мутации.

По данным ВОЗ, представленным в 2005 г., в результате аварии на ЧАЭС в конечном счете могло погибнуть более 4000 человек [2].

Гринпис и Международная организация «Врачи против ядерной войны» утверждают, что в результате аварии, только среди ликвидаторов погибло десятки тысяч человек, а в Европе было зафиксировано более 10 тыс. случаев врожденных уродств у новорожденных и случаев рака щитовидной железы. При этом, по прогнозным оценкам данных организаций, ожидается увеличение данных показателей до 2030 г. в 5 раз в результате длительного периода полураспада трансурановых элементов.

Щитовидная железа – один из органов, наиболее подверженных риску возникновения злокачественных опухолей в результате радиоактивного загрязнения, потому что она накапливает иод-131; особенно высок риск у детей.

В 1990–1998 гг. было зарегистрировано около 5000 случаев заболевания раком щитовидной железы среди тех, кому в момент аварии было менее 18 лет. Учитывая низкую вероятность заболевания в таком возрасте, часть из этих случаев считают прямым следствием облучения.

Несвоевременность, неполнота и противоречивость официальной информации о катастрофе породили множество независимых интерпретаций.

Естественно, что человек, являющийся частью природного императива, также пострадал из-за повышенной концентрации радиоактивных веществ в природе.

Чернобыльский форум, организованный под эгидой ООН, и в числе таких организаций, как МАГАТЭ и ВОЗ, в 2005 г. опубликовал доклад, в котором были проанализированы многочисленные научные исследования влияния факторов, связанных с аварией, на здоровье ликвидаторов и населения. Выводы, содержащиеся в этом докладе, а также в менее подробном обзоре «Чернобыльское наследие», опубликованном этой же организацией, значительно отличаются от приведенных выше оценок. Количество возможных жертв к настоящему времени и в ближайшие десятилетия оценивается в несколько тысяч человек. При этом подчеркивается, что это лишь оценочное значение по порядку величины, так как из-за очень малых доз облучения, полученных большинством населения, эффект от воздействия радиации очень трудно выделить на фоне случайных колебаний заболеваемости и смертности и других факторов, не связанных напрямую с облучением. К таким факторам относится, например, снижение уровня жизни после распада СССР, которое привело к общему увеличению смертности и сокращению продолжительности жизни в трех наиболее пострадавших от аварии странах, а также изменение возрастного состава населения в некоторых сильно загрязненных районах (часть молодого населения уехала) [3].

В докладе отмечалось, что среди факторов оказавших влияние на увеличение темпов роста онкологических заболеваний имели место: перенесенные стрессы (связанные с самим фактом переселения), потерей имущества, социальными проблемами и страхом перед радиацией.

Из ранних наблюдений, за пострадавшими при атомных бомбардировках Хиросимы и Нагасаки, известно, что риск заболевания лейкемией снижается спустя несколько десятков лет после облучения. В случае других видов злокачественных опухолей ситуация обратная.

Согласно докладу Чернобыльского форума, опубликованные статистические исследования не содержали убедительных доказательств высокого уровня врожденных патологий и высокой детской смертности в загрязненных районах (см. табл. 1–3).

Было обнаружено увеличение числа врожденных патологий в различных районах Белоруссии между 1986 и 1994 гг., однако оно было примерно одинаковым как в загрязненных, так и в чистых районах. В январе 1987 г. было зарегистрировано

необычно большое число случаев синдрома Дауна, однако последующей тенденции к увеличению заболеваемости не наблюдалось.

Таблица 1

Динамика младенческой смертности (до 1 года жизни) по 3-м республикам СССР, тыс. чел.

	РСФСР	Украинская ССР	Белорусская ССР
1985	49,4	12,1	2,4
1989	39,0	9,0	1,8

Источник: [4].

Таблица 2

Динамика младенческой смертности (до 1 года жизни) в СССР, с 1950 по 1989 г.

	1950	1960	1970	1980	1985	1986	1987	1988	1989
Младенческая смертность, тыс. чел.	394,6	187,7	103,3	131,9	139,8	140,7	142,2	134,0	116,3

Таблица 3

Динамика младенческой смертности (в возрасте до 1 года) в СССР, по причине врожденных аномалий

	1981	1985	1987	1988	1989
Младенческая смертность по причине врожденных аномалий, чел.	14 853	17 846	19 344	17 826	16 006

Источник: [4].

При этом, детская смертность очень высока во всех трех странах, пострадавших от чернобыльской аварии. После 1986 г. смертность начала снижаться как в загрязненных районах, так и в чистых. Хотя в загрязненных районах снижение в среднем было более медленным, разброс значений, наблюдавшийся в разные годы и разных районах, не позволяет говорить о четкой тенденции. Кроме того, в некоторых из загрязненных районов детская смертность до аварии была существенно ниже средней. В некоторых наиболее сильно загрязненных районах отмечено увеличение смертности. Неясно, связано ли это с радиацией или с другими причинами, например, с низким уровнем жизни в этих районах или низким качеством медицинской помощи.

Аналитики «Чернобыльского форума» также пришли к заключению, что связь заболеваний катарактой с облучением после аварии установлена достаточно надежно (теснота статистической связи близка к единице). В отношении других болезней требуются дополнительные исследования с тщательной оценкой влияния конкурирующих факторов.

О ХАРАКТЕРЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ДОЗАМИ И ИЗЛУЧЕНИЙ

Возникновение онкологических заболеваний (от начала стадии активного роста и размножения раковых клеток в организме человека с дальнейшим метастазированием) тесно связано с большим количеством факторов (среди основных более десятка факторов) как поведенческого характера (образа жизни человека и т.д.), так и генетической направленности. Но один из главных побудителей (катализаторов) ускоренного роста канцерогенных клеток в организме человека, является лучевое радиационное воздействие на биологический объект при распаде трансураниевых элементов.

Облучение вызывает нарушения обмена веществ, инфекционные осложнения, лейкозы и злокачественные опухоли, лучевое бесплодие, лучевую катаракту, лучевой ожог и в целом – лучевую болезнь. Сама по себе, лучевая болезнь – это заболевание, возникающее в результате воздействия различных веществ ионизирующих излучений, характеризующиеся симптомами, зависящих от вида поражающего излучения, дозы, локации источника излучения, распределения дозы во времени и на кожных покровах человека.

У человека лучевая болезнь может быть обусловлена внешним и внутренним облучением, при попадании радиационных веществ в организм с воздухом, через слизистые оболочки, а также через желудочно-кишечный тракт.

К основным заболеваниям, возникающих в результате лучевого поражения организма человека относятся:

- иммунные болезни;
- генетические болезни (связанные с мутациями и деформациями в структуре ДНК);
- радиоканцерогенез (развитие раковых опухолей);
- болезни органов репродуктивной системы (бесплодие как женское, так и мужское).

Что касается динамики темпов роста (примерно 3–7% ежегодно, начиная с 1970-х гг. в странах Западной Европы) онкологических заболеваний, то они представлены на следующем графике логарифмических кривых (по основным странам Западной Европы, в том числе, стран Скандинавии) и на картографической диаграмме (см. рис. 1 и 2).

□ Данные отсутствуют ■ < 100.00 ■ 100.00 - 299.99 ■ 300.00 - 499.99 ■ 500.00 - 699.99 ■ 700.00 - 899.99 ■ 900.00 - 1052.99 ■ ≥ 1053.00



Рис. 1. Заболеваемость онкологией по всем странам Европы (на 100 тыс. населения) с 1970 по 2020 г.

Как видно на диаграмме [5], больше всего онкологических заболеваний приходится на соседние с Украиной страны Западной и Восточной Европы (более 1053 на 100 тыс. населения) и менее всего в Среднеазиатском регионе (менее 100 на 100 тыс. населения).

Что же касается локализации онкологических заболеваний на территории РФ [6], то данные представлены на следующей диаграмме (см. рис. 2).



Рис. 2. Заболеваемость населения злокачественными новообразованиями к 2000 г. (установленные впервые на 100 тыс. населения)

Как показано на рис. 2 на 100 тыс. населения с установленной онкологией больше всего приходится на Европейскую часть РФ (более 430 на 100 тыс. населения).

Также, следует обратить внимание на динамику (см. табл. 4) заболеваемости злокачественными новообразованиями населением (с впервые установленным диагнозом) начиная с 1980 г. (для того, чтобы можно было отследить динамику темпов роста заболеваемости).

Таблица 4

Динамика заболеваемости населения злокачественными новообразованиями в СССР, с 1980 по 1989 г. (установленных впервые)

	1980	1985	1986	1987	1988	1989
Численность заболевших новообразованиями, тыс. чел.	544,0	616,0	641,0	661,0	677,0	676,5

Источник: [4].

Обратим также внимание на данные по динамике роста онкологических заболеваний среди населения (отдельно среди мужчин и женщин) в основном Европейской части России с 1985 по 2020 г. (РСФСР – до 1991 г. и РФ – после).

Таблица 5

Динамика заболеваемости населения злокачественными новообразованиями среди мужчин и женщин в РСФСР и РФ, с 1985 по 2020 г. (с диагнозом, установленным впервые жизни)

	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2020
Мужчины, тыс. чел.	186,0	200,3	206,3	215,5	219,1	237,9	270,0	285,9	256,1
Женщины, тыс. чел.	175,0	193,9	206,1	232,3	250,1	278,9	319,3	338,7	300,0

Источник: [4, 6].

Что же касается ситуации с онкологическими заболеваниями в странах Западной Европы, то динамика темпов роста заболевания онкологическими новообразованиями (по данным ВОЗ [7]) представлена на рис. 3.

Как показано на графике динамика темпов роста раковыми заболеваниями среди населения стран Западной Европы имела место и ранее, до аварии на ЧАЭС в 1986 г. Единственное, если показатели темпов роста до 1986–1987 гг. ежегодно были в среднем на уровне 2,5%, то после 1986/87 гг. они немного ускорились до уровня от 3,5 до 12% ежегодно (в среднем) начиная с 1990-х и до 2020 гг. То есть за последние два десятилетия наблюдается интенсивный и стабильный рост онкологических заболеваний в европейских странах, имеющих достаточно высокий уровень медицинских (плановых и оперативных) услуг населению.

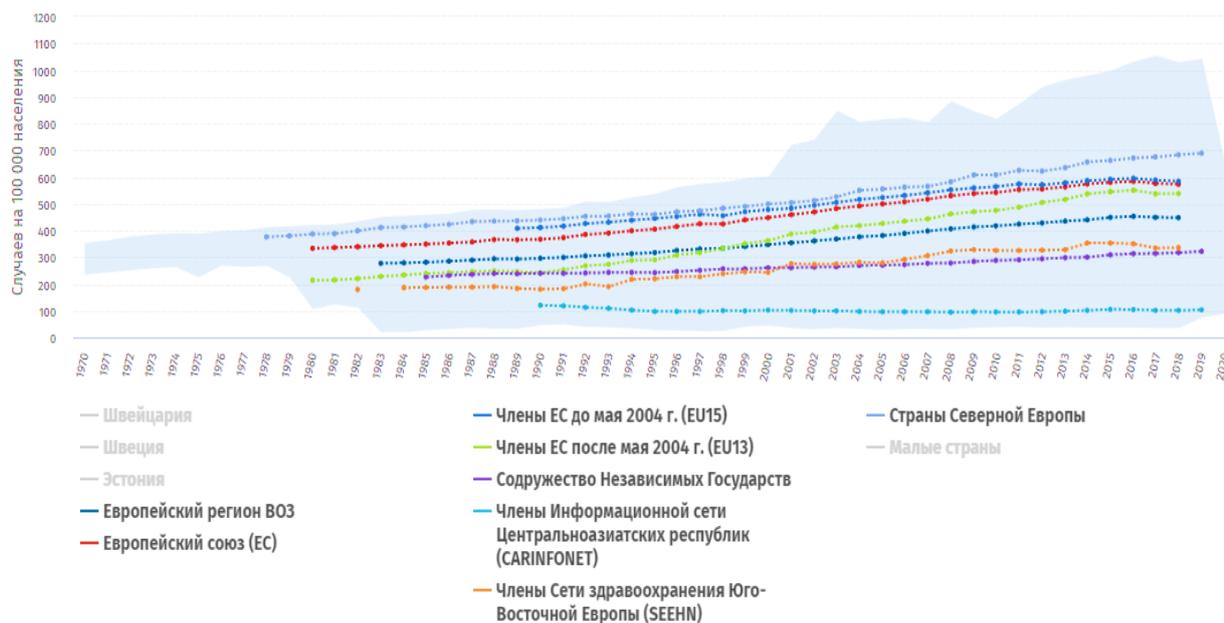


Рис. 3. Динамики темпов роста заболеваемости злокачественными новообразованиями

(на 100 тыс. населения с 1970 по 2020 г.) в странах Западной Европы (Норвегия, Швеция, Финляндия, Дания, Бельгия, Польша, Германия, Нидерланды)

Что же касается других видов заболеваний, наступающих в следствии радиационного воздействия на человека, таких как мужское и женское бесплодие или генетические нарушения («поломки») в структуре ДНК, то имеет место нехватка (крайняя ограниченность) статистических данных, что не позволяет построить временные ряды для более тщательного эмпирического анализа (анализа данных). Единственное, согласно аналитическим материалам и экспертным оценкам ВОЗ заболевание бесплодием (как женского, так и мужского) за последние 20 лет в достаточной степени увеличилось, что снизило рождаемость (например, в РФ) в среднем на 20%. Что же касается динамики темпов развития бесплодия среди женщин в РФ с 2000 по 2020 г., то они представлены в табл. 6.

Таблица 6

Динамика заболеваемости бесплодием среди женщин в РФ с 2000 по 2020 г.

	2000	2005	2010	2015	2018	2020
Женщины, тыс. чел.	49,8	52,5	70,7	94,2	88,0	63,0

Источник: [8].

Как видно из данных табл. 6, с 2000 по 2015 гг. наблюдался интенсивный темп роста бесплодия среди женщин, в среднем на 25% (каждые 5 лет). Но, начиная с 2018 г. данный показатель значительно снизился. Видимо, вследствие улучшения

качества медицинского обслуживания в области женского здоровья (акушерства и гинекологии), а также охраны здоровья матери и ребенка.

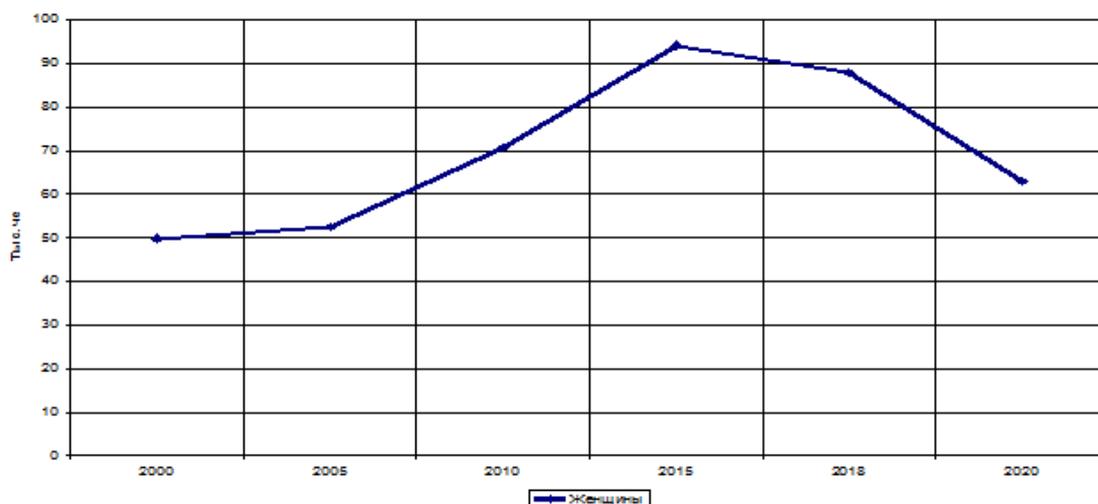


Рис. 4. Динамика темпов роста заболеваемости бесплодием среди женщин в РФ, с 2000 по 2020 г.

И наконец, что касается заболеваний, связанных с генетическими мутациями в структурах ДНК. Это одно из самых распространенных типов заболеваний, тесно связанных с последствиями лучевого поражения. Данные динамики заболеваний, связанных с генетическими мутациями («поломками»), реформациями и хромосомными нарушениями в структуре ДНК человека, представлены в табл. 7.

Таблица 7

Динамика заболеваний, связанных с генетическими нарушениями с 1985 по 2020 г. в РФ (до 1991 г. по РСФСР)

	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2019	2020
Количество заболевших, тыс. чел.	326,1	424,2	571,5	758,1	872,4	991,3	1096,7	1187,5	1108,9

Источник: [4, 6].

К сожалению, отсутствие в статистических источниках Госкомстата СССР за 1970-е гг. данных о заболеваниях связанных с генетическими мутациями и поломками не позволяет провести более точный эмпирический анализ рассматриваемого процесса (для сравнения динамики темпов распространения данного заболевания до аварии на ЧАЭС 1986 г. и после). Однако можно утверждать, что динамика процесса изменялась согласно линейному тренду с темпом прироста в среднем в 1,3 раза по пятилеткам с 1985 по 2020 г.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный эмпирический анализ большого объема статистической информации по основным заболеваниям, имеющим причинно-следственные связи с радиационным поражением, влияющими на человеческий организм, а также имеющим долгосрочные последствия, в связи с радиоизотопным излучением, показал определенное существенное влияние техногенной аварии на ЧАЭС в 26 апреля 1986 г. на дальнейшее состояние здоровья населения стран преимущественно Западной Европы (находящихся вблизи от территории Украинской ССР), по части онкологических заболеваний. Согласно данным, приведенных на рис. 3, можно предположить, что аварийное повреждение контура 4-го энергоблока Чернобыльской АЭС (с последующим выбросом большого количества трансурановых элементов в атмосферу) спровоцировали ускорение темпов динамики «пробуждения» и дальнейшего роста раковых клеток в человеческом организме, что соответственно привело, в последующие годы к увеличению темпов роста онкологических заболеваний у населения ряда стран Западной и Восточной Европы.

К сожалению, отсутствие (и неполнота) более точных и информативных статистических данных, не позволило провести более тщательного анализа эмпирических данных для выявления более точной динамики процессов других заболеваний, также тесно связанных с влиянием изотопного излучения на организм млекопитающих в целом и на человека в частности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авария на Чернобыльской АЭС. Интернет энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария_на_Чернобыльской_АЭС
2. Bennet B., Repacholi M., Carr Zh. Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes // by Report of the UN Chernobyl Forum WHO. Geneva, WHO – 2006.
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. ANNEX J. Exposures and effects of the Chernobyl accident // Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly: 2000. Vol. II EFFECTS. P. 488–489. 117 p.
4. Охрана здоровья в СССР. Стат. сб. / Госкомстат СССР. М: Финансы и статистика, 1990. 240 с.
5. World Health Organization (WHO). Data Base [Электронный ресурс]. URL: https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/hfa_357-2320-incidence-of-cancer-per-100-000/visualizations/#id=19288
6. Здоровоохранение в России 2019: Стат. сб. / Росстат. М., 2019. 170 с.
7. World Health Organization (WHO). Data Base [Электронный ресурс]. URL: https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/hfa_357-2320-incidence-of-cancer-per-100-000/
8. Здоровоохранение в России. 2013: Стат. сб. / Росстат. М., 2013.

АНАЛИЗ ПАРНОЙ СОЦИАЛЬНОЙ ДИЛЕММЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

Васильева Екатерина Евгеньевна, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), н.с., к.ф.-м.н.

Леонидов Андрей Владимирович, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), в.н.с., д.ф.-м.н.

Титов Алексей Сергеевич, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), инженер, titov.aleksei@phystech.edu

Ключевые слова: парная социальная дилемма, лабораторный эксперимент, машинное обучение.

В работе изучается поведение агентов в повторяющейся матричной социальной дилемме «Охота на оленя» при машинном обучении с подкреплением (reinforcement learning, RL) с использованием алгоритма Q-Learning. Мы предполагаем, что оба игрока являются RL-агентами, то есть обучаются игре, изучая действия друг друга при помощи алгоритма Q-Learning. Игра состоит из n последовательных шагов. На каждом шаге у обоих игроков есть набор из двух альтернативных действий: кооперироваться (C) или предать (D).

В общем случае матрица выплат произвольной парной симметричной социальной дилеммы имеет следующий вид:

	C	D
C	a, a	b, c
D	c, b	d, d

В случае игры «Охота на оленя» параметры a , b , c и d матрицы выплат связаны следующим соотношением: $a > b > c > d$. Известно, что в статической игре «Охота на оленя» есть два чистых равновесия Нэша: пара стратегий CC и пара стратегий DD . Пара стратегий CC в симметричной игре называется исходом с преобладанием выигрыша, если $a > d$. Пара стратегий DD в симметричной игре называется исходом с преобладанием риска, если $(d - a) \geq (b - c)$ или, что то же самое, $(d - b) \geq (a - c)$.

Ключевая цель нашей работы состоит в анализе того, как значения вознаграждений a , b , c и d в матрице выплат влияют на частоту исходов игры RL-агентов, отвечающих равновесиям с преобладанием выигрыша и с преобладанием риска.

В работах Battalio и Dubois приводятся результаты лабораторных экспериментов, в которых люди принимали решение в игре «Охота на оленя» с различными спецификациями матрицы платежей. А именно, в этих работах рассматривается зависимость частоты выбора равновесия с преобладанием выигрыша от абсолютных

значений матрицы выигрыша. Для этого вводятся параметры «Optimization Premium» (OP) и «Relative Riskiness» (RR). Пусть

$\pi_2 = (q, 1 - q)$ – политика противника, где q – вероятность выбора действия C .

Тогда премией за оптимизацию является функция $OP(q): [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}$, определяемая соотношением $OP = OP(q) = \mathbb{E}_{\pi_2}(r[C]) - \mathbb{E}_{\pi_2}(r[D]) = \delta(q - \dot{q})$, где δ – параметр премии за оптимизацию, а \dot{q} – вероятность противника выбрать действие C , при котором наступает смешанное равновесие. Относительная рискованность RR определяется соотношением $RR = \frac{|c-d|}{a-b}$. В работе *Dubois* показано, что для экспериментальной модели из работы *Battalio*, верно следующее: более низкий RR для данного OP снижает частоту выбора стратегии с преобладанием выигрыша; более высокий OP для заданного RR не влияет на частоту выбора стратегии с преобладанием выигрыша. Мы провели аналогичный анализ для случая, когда играют не реальные люди, а для игры RL-агентов, обучающихся алгоритмом Q-Learning. В результате проведения этого численного эксперимента мы получили следующие выводы: более высокий OP для заданного RR снижает частоту выбора стратегии с преобладанием выигрыша; чем ниже RR для данного OP , тем выше частота выбора стратегии с преобладанием выигрыша.

Кроме того, мы провели более детальный анализ зависимости динамики в игре RL-агентов от значений в матрице выплат. В любой игре 2×2 имеется 3 различных промежутка между значениями выплат a, b, c и d . Назовем такие промежутки *характерными промежутками*. В частности, для «Охоты на оленя» эти промежутки вычисляются следующим образом $(d - b)$, $(c - d)$ и $(a - c)$. В работе выявлена зависимость результата обучения (выбор того или иного равновесия) от значений характерных промежутков. Для демонстрации этого факта, мы многократно проводили обучение агентов и анализировали долю чистых исходов обучения на первом шаге игры (красной линией выделены смешанные исходы), результат показан на рис. 1.

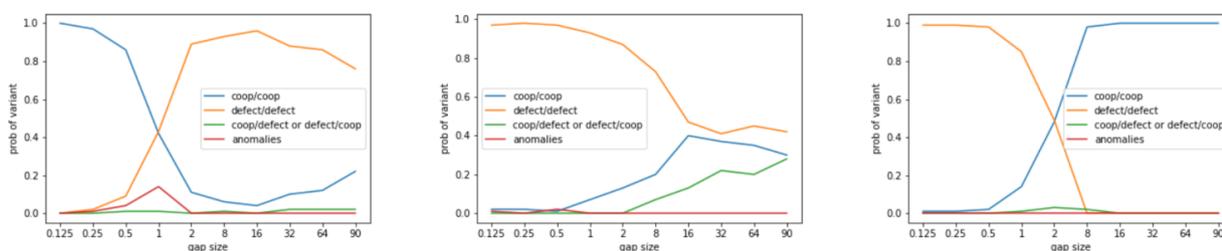


Рис. 1. Слева направо предоставлены графики зависимости доли исхода обучения от характерных промежутков $(d - b)$, $(c - d)$ и $(a - c)$ соответственно

Анализ результатов обучения показывает, что исход обучения игроков матричной социальной дилеммы алгоритмом Q-Learning зависит от значений

характерных промежутков в матрице выплат. В частности, показано, насколько Q -значение одного действия растет быстрее Q -значения второго действия в зависимости от размера характерного промежутка. Эта зависимость характеризуется следующим соотношением:

$$\begin{aligned} \mathbb{E}_{\pi_2} \Delta Q[s, C] - \mathbb{E}_{\pi_2} \Delta Q[s, D] &= \\ &= \alpha(Q_t[s, D] - Q_t[s, C]) + \alpha(q(a - c) + (1 - q)(b - d)) = \\ &= \alpha(Q_t[s, D] - Q_t[s, C]) + \alpha\delta(q - \dot{q}). \end{aligned}$$

Эта формула показывает прямую зависимость результата от величины характерных промежутков $(a - c)$ и $-(d - b)$, что также выражается через параметр OP .

Таким образом, в работе изучено поведение игроков повторяющейся игры «Охота на оленя», обучающихся с использованием алгоритма машинного обучения с подкреплением Q-Learning. Исследована зависимость этого поведения и частоты исходов, отвечающих двум различным чистым равновесиям, от матрицы выплат дилеммы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Sutton R.S., Barto A.G. Reinforcement Learning: An Introduction, 2014–2015.
2. Macy M.W., Flache A. Learning dynamics in social dilemmas, 2002.
3. Leibo J.Z., Zambaldi V., Lanctot M., Marecki J., Graepel Th. Multi-agent Reinforcement Learning in Sequential Social Dilemmas, 2017.
4. Battalio R., Samuelson L., Van Huyck J. Optimization Incentives and Coordination Failure in Laboratory Stag Hunt Games. *Econometrica*, Vol. 69, No. 3. (May, 2001), pp. 749–764.
5. Dubois D., Willinger M., Van Nguyen P. Optimization incentive and relative riskiness in experimental stag-hunt games, Springer-Verlag 2011.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ УРОВНЯМИ ДОВЕРИЯ И КОРРУПЦИИ

Егорова Наталья Евгеньевна, Центральный экономико-математический институт РАН,
г.н.с., д.э.н., nyegorova@mail.ru

Горлов Александр Владимирович, Центральный экономико-математический институт
РАН, н.с., к.э.н., alessandro_diloretto@mail.ru

Ключевые слова: доверие, коррупция, зависимость, регрессионная модель.

В условиях современных международных экономических связей принято считать, что в странах с низким уровнем развития коррупционных отношений наблюдается более высокий уровень общественного доверия. И, наоборот, при высокой коррупционной составляющей уровень общественного доверия ниже. В то же время имеется ряд примеров, когда такое соотношение не соблюдается. Это же касается и динамического аспекта данного вопроса: тренды, наблюдающиеся при изменении рассматриваемых категорий, зачастую бывают противоречивыми. В частности, излишний рост доверительности отношений может сопровождаться не ожидаемым падающим трендом изменения коррупции, а приводить к росту масштабов этого явления ввиду снижения уровня общественного контроля.

В настоящей работе авторами рассматривается гипотеза о нелинейном характере зависимости между уровнем общественного доверия и масштабами коррупции, осуществляется проверка гипотезы на наличие эмпирических данных; выявляются особенности поведения этой функции на отдельных участках в области ее определения.

Для количественной оценки общественного доверия был выбран индекс *ETB* (Edelman Trust Barometer), а для оценки развития коррупционных отношений в обществе применен индекс восприятия коррупции *CPI* (Corruption Perceptions Index).

Для анализа взаимосвязи между уровнем доверия и коррумпированности общества авторами предложена топологическая модель, в которой связи между объектами или исследуемыми признаками отображаются в виде координатных данных. Модель содержит множество точек (x, y) , которые получены в результате обработки статистических временных рядов индексов *ETB* и *CPI* как средние значений по 28 странам для периода 2011–2021 гг. Средние значения *CPI* формируют величину x на оси абсцисс, средние значения *ETB* – величину y на оси ординат. Данная топологическая модель позволяет визуализировать зависимость $y = f(x)$ и оценить гипотезу о нелинейности имеющихся связей между уровнем доверия и коррупцией.

Предлагаемая топологическая модель представлена на рис. 1.

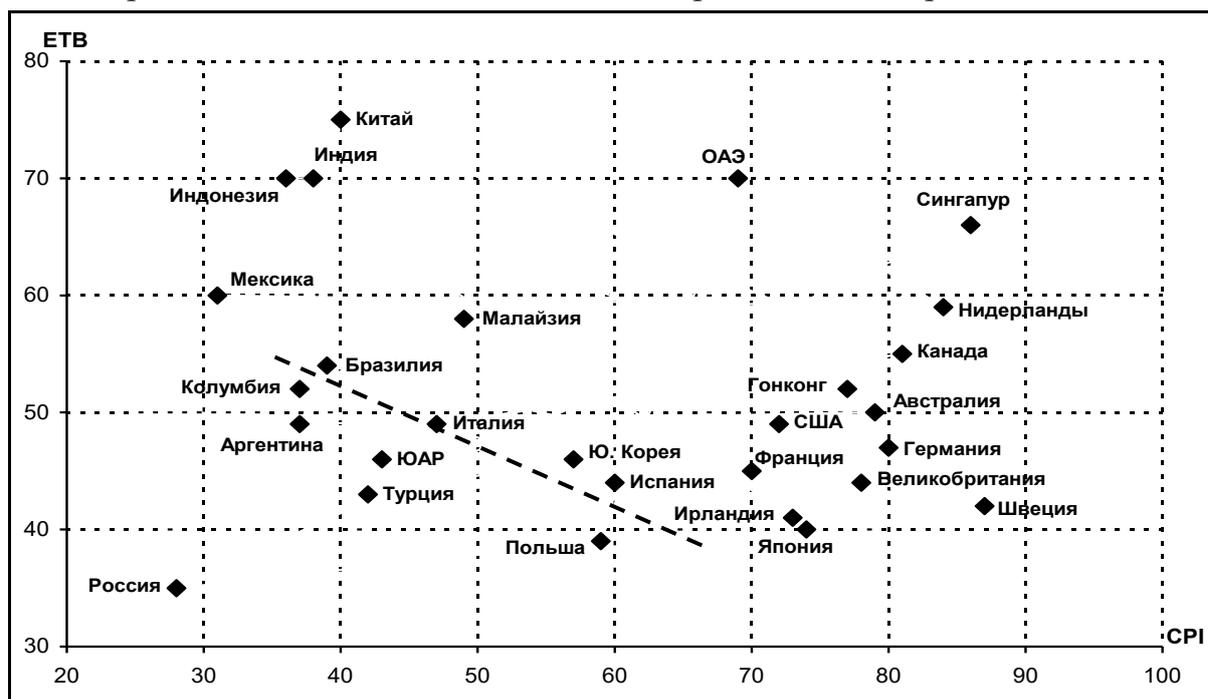


Рис. 1. Топологическая модель: средние значения уровня доверия (*ETB*) и индекса восприятия коррупции (*CPI*) по странам (2011–2021 гг.)*

Анализ топологической модели позволяет выявить некоторые тенденции в динамике исследуемых процессов.

Полученное множество точек представляет собой «облако», имеющее небольшой отрицательный наклон к оси абсцисс, а также выраженную нижнюю границу, где происходит их сгущение. В левой части «облака» находятся «проблемные» страны с наиболее высоким уровнем коррумпированности экономики (Аргентина, Бразилия, Индия, Китай, Колумбия, Россия и др.). В правой части – государства, где коррупционная компонента играет значительно меньшую роль (Германия, Канада, Нидерланды, Сингапур и др.).

Нижняя граница «облака», наблюдающаяся в диапазоне значений $CPI \approx 40\text{--}80$, может рассматриваться как аттрактор наиболее часто наблюдаемых значений уровня доверия: индекс *ETB* составляет $\approx 40\text{--}50$ (на рис. 1 эта граница отмечена пунктиром).

Анализ «облака» подтверждает нелинейный характер функции $y = f(x)$ и наличие зон, где эта функция изменяет свою производную. На полученном множестве точек можно выделить следующие три зоны, где происходит смена тренда функции $y = f(x)$, которые характеризуются диапазонами с низкими, средними высокими значениями *CPI*:

* Рассчитано авторами на основе использования данных, официально публикуемых в годовых отчетах компаний Edelman (Официальный сайт компании Edelman...) и Transparency International (Официальный сайт компании Transparency International...).

- в *первой зоне* ($CPI \approx 20-40$) по странам Россия – Мексика – Аргентина – Колумбия – Бразилия – Мексика – Индонезия – Индия – Китай со снижением уровня коррумпированности растет уровень доверия; при этом для ряда стран этой зоны (государства Юго-Восточной Азии – Китай, Индия, Индонезия) достаточно высокий уровень коррупции сосуществует с очень высоким уровнем доверия, что, по-видимому, связано с культурно-историческими традициями и менталитетом населения;

- в *зоне с высоким значением* ($CPI > 70$) для таких стран, как Япония – Ирландия – Швеция – Великобритания – Франция – Германия – США – Австралия – Гонконг – Канада – Нидерланды – Сингапур. характерна наиболее благоприятная ситуация, при которой низкий уровень коррупции сочетается с высоким уровнем доверия, растущим при снижении коррупционной компоненты;

- в *зоне средних значений* ($CPI \approx 40-70$) имеется обратная тенденция: снижение уровня доверия сопровождается уменьшением уровня коррупции, что может быть интерпретировано как результат действия целевых программ по преодолению коррупционной составляющей, в результате чего повышаются требования к транспарентности осуществляемых экономическими агентами транзакций, возрастает значимость аудита и контроля в предпринимательской деятельности, увеличивается роль судебно-юридических процедур, которые замещают практику доверительных отношений.

На множестве точек (x, y) , представляющих топологическую модель, выделяются периферийные точки, не соответствующие общему порядку на координатной плоскости размещенных точек. Эти точки соответствуют следующим трем странам:

- Россия (чрезвычайно низкий уровень доверия при высокой коррупции);
- Швеция (сочетание очень низкого уровня доверия при наиболее низких значениях коррупционной составляющей);
- Объединенные Арабские Эмираты (очень высокая степень доверия при среднем уровне коррупции).

Таким образом, анализ топологической модели опровергает представление о том, что высокий уровень доверия всегда связан с низким уровнем коррупции и растет вместе с ее снижением. Данное утверждение справедливо лишь для определенного интервала области определения функции $y = f(x)$. Высокий уровень доверия может сочетаться с высоким уровнем коррупции, а само доверие может выступать как инструмент для регулирования коррупционной составляющей и ее снижения.

В целях выявления особенностей поведения функции $y = f(x)$ на отдельных участках в области ее определения, анализ топологической модели дополнен исследованиями с применением метода диапазоновых коридоров и статистических методов по имеющимся эмпирическим данным. Особый интерес представляло уточнение

поведения этой функции в средней зоне изменения *CPI* (нижняя граница «облака», помеченная на рис. 1 пунктирной линией). В целях удобства интерпретации результатов в работе введен индекс масштаба коррупции (индекс *CI*), сформированный на базе индекса *CPI*. Соотношение между этими индексами следующее:

$$CI = 100 - CPI, \quad (1)$$

где *CI* – индекс масштабов коррупции; *CPI* – индекс восприятия коррупции.

То есть предполагалось, что

$$y = f(\tilde{x}), \quad (2)$$

где $\tilde{x} = CI$.

Исследование проводилось на основе вариантного подхода с использованием метода «диапазонных коридоров», позволяющего отсекалть крайние значения рассматриваемых индексов и более четко выявлять тенденции для последующей интерполяции изучаемого участка функции.

Вариант 1 ($ETB \approx 30-50$, $CI \approx 20-75$) включал в себя 15 стран, попадающих в данный диапазонный коридор: Австралия, Аргентина, Великобритания, Германия, Ирландия, Испания, Италия, Польша, Россия, США, Турция, Франция, ЮАР, Южная Корея и Япония.

В вариант 2 ($ETB \approx 30-60$, $CI \approx 30-70$) вошли 12 стран, отвечающих указанным интервалам: Аргентина, Бразилия, Испания, Италия, Колумбия, Малайзия, Мексика, Польша, Турция, Франция, ЮАР и Южная Корея.

В вариант 3 ($ETB \approx 30-50$, $CI \approx 30-70$) попали 8 стран, удовлетворяющих установленным диапазонам: Аргентина, Испания, Италия, Польша, Турция, Франция, ЮАР и Южная Корея.

С учетом сделанных предпосылок, с целью выявления общего тренда функции $y = f(x)$ в заданных коридорах, был выполнен регрессионный анализ, характеризующий чувствительность уровня доверия к изменению индекса коррупции в группе стран по каждому из вариантов, результаты которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Оценка параметров регрессионных моделей по вариантам (коридорам)

Вариант	Регрессионная модель	Коэффициент детерминации	Статистика Фишера	<i>t</i> -статистика	
				<i>t</i> 1	<i>t</i> 2
1	$y = 46,6 - 0,05\tilde{x}$	0,04618	0,62933	15,7270 (0,00000)	-0,79331 (0,44184)
2	$y = 31,4 + 0,33\tilde{x}$	0,36401	5,72352	4,21663 (0,00178)	2,39239 (0,03780)
3	$y = 39,1 + 0,12\tilde{x}$	0,15666	1,11459	6,73239 (0,00052)	1,05574 (0,33173)

Примечание: в нижних скобках приведены табличные доверительные интервалы для *t*-статистик Стьюдента.

Согласно полученным данным, регрессионные модели имеют слабые статистические характеристики: низкие значения коэффициента детерминации и F -критерия Фишера опровергают гипотезу о качестве и надежности регрессий. Величины t -статистик Стьюдента и их доверительные табличные интервалы для каждого из показателей также свидетельствуют о недостаточной надежности уравнений. Возможно, такое обстоятельство обусловлено небольшим количеством наблюдений, поскольку рассматривалось ограниченное число стран. В целом результаты данного этапа исследований могут быть объяснены особенностями метода диапазонных коридоров: он позволяет получить хорошие результаты при больших выборках и при отсутствии большого разброса данных. В противном случае (как это было в данном эксперименте) он отсекает значительную часть информации и сокращает возможности получения статистически значимых результатов.

Дальнейшее исследование осуществлялось с использованием коэффициентов ранговой корреляции Спирмена, которые позволяют выявлять статистическую взаимосвязь рассматриваемых случайных величин. Результаты корреляционного анализа, выполненного на основе имеющихся динамических рядов индексов *ЕТВ* и *СИ* по 28 странам за период 2011–2021 гг., представлены в табл. 2, где звездочками отмечены страны с наиболее высоким по абсолютной величине коэффициентом корреляции (Нидерланды, Швеция, Япония). Отрицательные значения этих коэффициентов свидетельствуют о наличии отрицательной связи между исследуемыми переменными: с уменьшением коррупционной составляющей в этих странах происходит рост доверия.

Полученные коэффициенты свидетельствуют, что:

- низкая степень взаимосвязи, либо ее отсутствие (от 0 до 0,5) между уровнем доверия и индексом коррупции характерна для Австралии, ОАЭ, ЮАР, стран Южной Америки (Бразилия, Колумбия), а также большинства государств Европы (Великобритания, Германия, Ирландия, Испания, Италия, Польша, Россия, Франция), регионов Восточной (Гонконг, Китай, Южная Корея) и Юго-восточной Азии (Индонезия, Малайзия, Сингапур), ряда стран Североамериканского континента (Канада, Мексика, США);
- средняя и высокая степени (от 0,5 до 0,9) взаимосвязей доверия и коррупции наблюдаются у государств Южной Америки (Аргентина), некоторых представителей европейского континента (Нидерланды, Турция, Швеция) и стран Юго-Восточной Азии (Индия, Япония).

Таблица 2

Степень связи уровня доверия с индексом коррупции

Страна	Корреляция между <i>ЕТВ</i> и <i>СИ</i>
Австралия	-0,113492
Аргентина	0,519443
Бразилия	-0,206568
Великобритания	0,249556
Германия	0,450693
Гонконг	-0,109190
Индия	-0,664535
Индонезия	-0,262310
Ирландия	0,058645
Испания	0,365038
Италия	0,392558
Канада	0,017854
Китай	0,096073
Колумбия	0,358886
Малайзия	-0,346248
Мексика	-0,396445
Нидерланды*	-0,827352
ОАЭ	0,016239
Польша	-0,065218
Россия	0,306978
Сингапур	-0,182467
США	-0,350091
Турция	0,586464
Франция	0,425725
Швеция*	-0,738794
ЮАР	0,014389
Южная Корея	-0,242896
Япония*	-0,810857

Поскольку в группы государств с низким и высоким уровнем статистической связи попали как «благополучные», так и «неблагополучные» в экономическом и политическом отношении страны, можно сделать вывод о том, что данные факторы «благополучия» не играют существенную роль при формировании статистической связи и уровня ее тесноты.

После выявления корреляционных зависимостей был выполнен внутривыборочный регрессионный анализ с последующим построением уравнений для каждой из 28 стран, результаты которого отображены в табл. 3.

Анализ представленных в табл. 3 данных свидетельствует, что наиболее приемлемые величины коэффициента детерминации зафиксированы у регрессионных моделей, построенных для следующих стран:

- Нидерланды:

$$y = 95,1 - 2,18\tilde{x}, \quad (3)$$

- Швеция:

$$y = 71,9 - 2,29\tilde{x}, \quad (4)$$

- Япония:

$$y = 85,1 - 1,75\tilde{x}. \quad (5)$$

На оценку качества и надежности данных моделей указывают и достаточно высокие значения F -критерия Фишера. Таким образом, Нидерланды, Швеция и Япония относятся к группе стран, имеющих низкий уровень коррупционной составляющей, и находятся в правой части топологической модели, отображенной на рис. 1 в зоне, где с уменьшением уровня коррупции происходит рост уровня доверия.

Таблица 3

Оценка параметров регрессионных моделей

Страна	Регрессионная модель	Коэффициент детерминации	Статистика Фишера	t -статистика	
				t_1	t_2
Австралия	$y = 53,2 - 0,16\tilde{x}$	0,01288	0,11744	5,46899 (0,00040)	-0,34269 (0,73970)
Аргентина	$y = 10,8 + 0,61\tilde{x}$	0,26982	3,32574	0,50926 (0,62282)	1,82366 (0,10151)
Бразилия	$y = 97,1 - 0,71\tilde{x}$	0,04267	0,40115	1,42109 (0,18900)	-0,63336 (0,54225)
Великобритания	$y = 33,3 + 0,49\tilde{x}$	0,06228	0,59773	2,42088 (0,03856)	0,77313 (0,45927)
Германия	$y = -13,1 + 2,97\tilde{x}$	0,20313	2,29411	-0,33257 (0,74708)	1,51463 (0,16417)
Гонконг	$y = 60,6 - 0,37\tilde{x}$	0,01192	0,10860	2,29804 (0,04715)	-0,32954 (0,74929)
Индия	$y = 167 - 1,57\tilde{x}$	0,44161	7,11769	4,60912 (0,00127)	-2,66790 (0,02571)
Индонезия	$y = 98,9 - 0,45\tilde{x}$	0,06881	0,66502	2,77728 (0,02150)	-0,81549 (0,43584)
Ирландия	$y = 37,5 + 0,14\tilde{x}$	0,00344	0,03106	1,74982 (0,11408)	0,17624 (0,86401)
Испания	$y = 20,1 + 0,59\tilde{x}$	0,13325	1,38365	0,99483 (0,34581)	1,17629 (0,26966)
Италия	$y = 33,1 + 0,31\tilde{x}$	0,15410	1,63958	2,59840 (0,02881)	1,28046 (0,23240)
Канада	$y = 54,8 + 0,02\tilde{x}$	0,00032	0,00287	7,52008 (0,00004)	0,05357 (0,95845)
Китай	$y = 66,2 + 0,15\tilde{x}$	0,00923	0,08385	2,05684 (0,06984)	0,28956 (0,77871)
Колумбия	$y = 6,44 + 0,73\tilde{x}$	0,12880	1,33056	0,16172 (0,87510)	1,15350 (0,27842)
Малайзия	$y = 94,9 - 0,72\tilde{x}$	0,11989	1,22597	2,84345 (0,01929)	-1,10723 (0,29691)
Мексика	$y = 114 - 0,79\tilde{x}$	0,15717	1,67829	2,73781 (0,02293)	-1,29549 (0,22739)
Нидерланды	$y = 95,1 - 2,18\tilde{x}$	0,68451	19,5271	11,5834 (1,03983)	-4,41895 (0,00167)
ОАЭ	$y = 67,9 + 0,07\tilde{x}$	0,00026	0,00237	1,55294 (0,15486)	0,04872 (0,96220)
Польша	$y = 46,1 - 0,18\tilde{x}$	0,00425	0,03844	1,24328 (0,24518)	-0,19607 (0,84891)

Страна	Регрессионная модель	Коэффициент детерминации	Статистика Фишера	<i>t</i> -статистика	
				<i>t</i> 1	<i>t</i> 2
Россия	$y = -32,1 + 0,94\tilde{x}$	0,09424	0,93636	-0,46020 (0,65629)	0,96766 (0,35850)
Сингапур	$y = 71,8 - 0,43\tilde{x}$	0,03329	0,30997	6,41239 (0,00012)	-0,55675 (0,59127)
США	$y = 63,7 - 0,52\tilde{x}$	0,12256	1,25715	4,83045 (0,00093)	-1,12123 (0,29121)
Турция	$y = 18,5 + 0,42\tilde{x}$	0,34394	4,71826	1,66327 (0,13062)	2,17215 (0,05791)
Франция	$y = -10,1 + 1,84\tilde{x}$	0,18124	1,99226	-0,25602 (0,80369)	1,411474 (0,19173)
Швеция	$y = 71,9 - 2,29\tilde{x}$	0,54582	10,8158	7,83154 (0,00003)	-3,28874 (0,00940)
ЮАР	$y = 43,2 + 0,04\tilde{x}$	0,00021	0,00186	0,75678 (0,46853)	0,043171 (0,96651)
Южная Корея	$y = 61,5 - 0,35\tilde{x}$	0,05900	0,56428	3,02961 (0,01426)	-0,75118 (0,47173)
Япония	$y = 85,1 - 1,75\tilde{x}$	0,65749	17,2765	7,79688 (0,00003)	-4,15650 (0,00246)

Выполненное исследование позволило получить следующие выводы и заключения.

При помощи топологической модели, характеризующей взаимосвязь уровня доверия и коррумпированности общества на основе международных индексов *ЕТВ* и *СРІ*, рассчитанных для 28 стран, и построенной для временного интервала (2011–2021 гг.), были выявлены страны с относительно стабильным соотношением рассматриваемых индексов (Германия, Индонезия, Канада, Колумбия, Франция) и страны, где это соотношение существенно меняется (Австралия, Аргентина, Бразилия, Гонконг, Италия, Нидерланды).

Анализ топологической модели свидетельствует о наличии зон низкого, среднего и высокого уровня коррупции, для которых тип связи между рассматриваемыми переменными и характеризующий соотношение между индексами значительно различается.

Функция $y = f(x)$ существенно нелинейна. Об этом свидетельствует как визуальный анализ расположения точек на плоскости, так и отсутствие статистически значимого результата при применении методов диапазонных коридоров и линейных регрессий для анализа отдельных зон кривой $y = f(x)$.

Анализ динамических рядов на интервале (2011–2021 гг.) позволил получить для ряда стран (Нидерланды, Швеция и Япония) статистически значимые линейные регрессии, отражающие зависимость уровня доверия от масштабов коррумпированности.

Дальнейшее исследование зависимости $y = f(x)$ следует осуществлять на основе привлечения нелинейных функций и использования репрезентативных данных, которые могут быть получены за счет увеличения длины временных рядов и посредством расширения перечня стран, для которых рассчитываются индексы доверия и восприятия коррупции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт компании Edelman. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.edelman.com/trustbarometer>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: февраль 2023 г.).
2. Официальный сайт компании Transparency International. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.transparency.org/en/>, свободный. Загл. с экрана. Яз. англ. (дата обращения: февраль 2023 г.).

АНТАГОНИСТИЧЕСКАЯ ИГРА И РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА ЕВРОПЕЙСКОГО ОПЦИОНА НА НЕПОЛНОМ РЫНКЕ (дискретное время)

Зверев Олег Владимирович, Центральный экономико-математический институт РАН,
с.н.с., к.ф.-м.н., zv-oleg@yandex.ru

Ключевые слова: европейский опцион, антагонистическая игра, седловая точка, хеджирование, портфель активов.

ВВЕДЕНИЕ

Теории хеджирования опционов европейского типа на неполных рынках с дискретным временем посвящен ряд работ [1–4]. В них для различных моделей неполных рынков выводится формула верхней стоимости опциона, когда платежное обязательство является неотрицательной ограниченной функцией и устанавливаются условия существования суперхеджирующего портфеля в классе эквивалентных мартингалов. В [5] рассматривается задача вероятностной оптимизации, которая сведена к неантагонистической игре двух лиц с ненулевой суммой. В [6, 7] используется минимаксный подход к расчету европейского опциона на неполном рынке, который позволяет определить стоимость опциона и построить стратегии управления рисковыми активами в каждый момент времени жизни опциона.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть на стохастическом базисе $(\Omega, F, (F_t)_{t \in N_0}, P)$, где $N_0 = \{0, \dots, N\}$, а $N < \infty$ – горизонт, задана d -мерная согласованная, случайная последовательность, обозначаемая $(S_t, F_t)_{t \in N_0}$, которая описывает эволюцию стоимости d рискованных активов. Обозначим $S_\cdot = (S_0, \dots, S_N)$. Предполагаем, что имеется один безрисковый актив, доходность которого равна нулю, а его начальная стоимость равна единице. Пусть $f_N(S_\cdot)$ – F_N -измеримая, ограниченная, случайная величина, называемая платежным обязательством. Пусть $\gamma_0^N = (\gamma_t)_{t \in N_0}$ и $\beta_0^N = (\beta_t)_{t \in N_0}$ – F -предсказуемые, последовательности (d -мерная и одномерная, соответственно) имеющие смысл количества рискованного и безрискового актива в момент времени $t \in N_0$. Последовательность $\gamma_{t+1}^N = (\gamma_{t+1}, \dots, \gamma_N)$ назовем стратегией. Множество допустимых стратегий γ_{t+1}^N

обозначим через D_{t+1}^N . Через $\pi = \{\beta_t, \gamma_t\}_{t \in N_0}$ обозначим самофинансирующий портфель [2]. Капитал портфеля π в момент времени $t \in N_0$ обозначим X_t^π и определим равенством $X_t^\pi = \beta_t + S_t \gamma_t$. Множество вероятностных мер Q эквивалентных P обозначим через \mathfrak{R}_N . Портфель π называют суперхеджирующим, если относительно любой меры $Q \in \mathfrak{R}_N$ выполняется неравенство $X_t^\pi \geq f(S_N)$ Q -п.н., причем начальный капитал X_0^π при котором данное неравенство выполняется является минимальным. Неубывающую последовательность $C = \{C_t\}_{t \in N_0}$ с $C_t|_{t=0} = 0$ называют потреблением, а пару (π, C) -портфелем с потреблением. Капитал портфеля с потреблением обозначим $X_t^{(\pi, C)}$ и определим равенством $X_t^{(\pi, C)} = X_t^\pi - C_t$. Самофинансирующий портфель с потреблением (π, C) называют совершенным если $X_N^{(\pi, C)} = f_N(S.)$ P -п.н.

Задача расчета европейского опциона на неполном рынке с точки зрения эмитента означает, что необходимо: 1) определить меру относительно которой следует проводить расчет опциона, т.е. такую меру относительно которой стоимость опциона максимальна (и которую назовем наилучшей), 2) построить совершенный суперхеджирующий портфель, 3) найти стоимость опциона (начальный капитал).

Таким образом необходимо найти тройку $(Q^0, \gamma_1^{0N}, X_0^{(\pi^0, C)})$, где Q^0 – наилучшая мера, γ_1^{0N} – стратегия такая, что построенный портфель с потреблением (π^0, C) является совершенным суперхеджирующим, $X_0^{(\pi^0, C)}$ – стоимость опциона (начальный капитал). Пару $(Q, \gamma_{t+1}^N) \in \mathfrak{R}_N \times D_{t+1}^N$ будем называть бистратегией. Оценкой бистратегии (Q, γ_{t+1}^N) будем называть F_t – измеримую случайную величину, обозначаемую $I_t^{Q, \gamma_{t+1}^N}(S_0^t)$ и определяемую равенством

$$I_t^{Q, \gamma_{t+1}^N}(S_0^t) = E^Q \left[\exp \left\{ f_N(S.) - \sum_{i=t+1}^N (\gamma_i, \Delta S_i) \right\} \middle| F_t \right],$$

где (\cdot, \cdot) – скалярное произведение в \mathbb{R}^d , $\Delta S_i = S_i - S_{i-1}$, $E^Q[\cdot | F_t]$ – условное математическое ожидание относительно σ -алгебры F_t и меры Q . Будем говорить, что бистратегия $(Q^*, \gamma_{t+1}^{*N}) \in \mathfrak{R}_N \times D_{t+1}^N$ является седловой точкой для $I_t^{Q, \gamma_{t+1}^N}(S_0^t)$ если для любой $(Q, \gamma_{t+1}^N) \in \mathfrak{R}_N \times D_{t+1}^N$ выполняются неравенства P -п.н.

$$I_t^{Q, \gamma_{t+1}^{*N}}(S_0^t) \leq I_t^{Q^*, \gamma_{t+1}^{*N}}(S_0^t) \leq I_t^{Q^*, \gamma_{t+1}^N}(S_0^t),$$

где $Q \in \mathfrak{R}_N$, а $\gamma_{t+1}^N \in D_{t+1}^N$. Тройку $(\mathfrak{R}_N, D_1^N, I_0^{Q, \gamma_1^N}(S_0))$ назовем игрой Γ . Решением игры Γ назовем тройку (Q^*, γ_1^{*N}, v) такую, что справедливы равенства

$$v = I_0^{Q^*, \gamma_1^{*N}}(S_0) = \operatorname{ess\,inf}_{\gamma_1^N \in D_1^N} \operatorname{ess\,sup}_{Q \in \mathfrak{R}_N} I_0^{Q, \gamma_1^N}(S_0) = \operatorname{ess\,sup}_{Q \in \mathfrak{R}_N} \operatorname{ess\,inf}_{\gamma_1^N \in D_1^N} I_0^{Q, \gamma_1^N}(S_0).$$

Таким образом решение игры Γ сводится к поиску седловой точки (Q^*, γ_1^{*N}) и вычислению $v = I_0^{Q^*, \gamma_1^{*N}}(S_0)$.

Антагонистическая игра и решение задачи расчета европейского опциона.

ТЕОРЕМА

Тройка (Q^*, γ_1^{*N}, v) является решением игры Γ тогда и только тогда когда она является решением задачи расчета европейского опциона с платежным обязательством $f(S_0)$, причем: 1) допустимая бистратегия (Q^*, γ_1^{*N}) является седловой точкой игры Γ ; 2) стоимость опциона X_0^π является ценой игры Γ , т.е. $X_0^\pi = v$, P -п.н.

Пример. Пусть на вероятностном пространстве (Ω, F, P) задана последовательность независимых в совокупности одинаково распределенных случайных величин $(\rho_t)_{t \in N_0}$, принимающая значения: $a, 0, b$, причем $-1 < a < 0 < b < \infty$, с вероятностями p_1, p_2 и p_3 , соответственно. Пусть на (Ω, F) задана мартингальная мера $Q \sim P$, где $q_1 = Q(\rho_t = a)$, $q_2 = Q(\rho_t = 0)$, $q_3 = Q(\rho_t = b)$.

Тогда $q_i, i = \overline{1, 3}$ допускают представление:

$$q_1 = \frac{(1-q_2)b}{|a+b|}, \quad q_3 = \frac{(1-q_2)a}{|a+b|}, \quad q_2 \in [0, 1].$$

Пусть последовательность $(S_t, F_t)_{t \in N_0}$ удовлетворяет рекуррентному соотношению: $S_t = S_{t-1}(1 + \rho_t)$, $S_t|_{t=0} = S_0 > 0$. Рассмотрим задачу расчета европейского опциона на таком неполном $(1, S)$ -рынке [2] с платежным обязательством $g(S_N)$, где $g: \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$ – любая ограниченная, борелевская функция.

Обозначим $\bar{V}_t = \operatorname{ess\,inf}_{\gamma_{t+1}^N \in D_{t+1}^N} \operatorname{ess\,sup}_{Q \in \mathfrak{R}_N} I_t^{Q, \gamma_{t+1}^N}(S_0^t)$. Известно [6, 7], что в данном случае

$\bar{V}_t = \bar{V}_t(S_t)$ и удовлетворяет рекуррентному соотношению:

$$\bar{V}_t(S_t) = \inf_{\gamma \in \mathbb{R}^1} \sup_{Q \in \mathfrak{R}_N} E^Q \left[\bar{V}_{t+1}(S_{t+1}) e^{-\gamma S_t \rho_{t+1}} \mid F_t \right], \quad \bar{V}_t(S_t) \big|_{t=N} = \exp\{g(S_N)\}. \quad (1)$$

Рекуррентное соотношение (1), с учетом вида $q_i \ i = \bar{1,3}$, после преобразования можно представить в виде:

$$\bar{V}_t(S_t) = \max \left[\bar{V}_{t+1}(S_t), \inf_{\gamma \in \mathbb{R}^1} \left\{ p^* \bar{V}_{t+1}(S_t(1+a)) e^{\gamma S_t |a|} + q^* \bar{V}_{t+1}(S_t(1+b)) e^{-\gamma S_t b} \right\} \right], \quad (2)$$

где $p^* = \frac{b}{|a|+b}$, $q^* = \frac{|a|}{|a|+b}$. Из (2) следует, что существует $\gamma^* \in \mathbb{R}^1$ на котором нижняя грань достигается и имеет вид:

$$\gamma_{t+1}^* = \frac{1}{S_t(|a|+b)} \ln \frac{\bar{V}_{t+1}(S_t(1+b))}{\bar{V}_{t+1}(S_t(1+a))}. \quad (3)$$

После подстановки (3) в (2) имеем:

$$\ln \bar{V}_t(S_t) = \max \left[\ln \bar{V}_{t+1}(S_t), p^* \bar{V}_{t+1}(S_t(1+a)) + q^* \bar{V}_{t+1}(S_t(1+b)) \right]. \quad (4)$$

Установлено [6, 7], что решение данной минимаксной задачи является решением задачи расчета европейского опциона с платежным обязательством $g(S_N)$, причем количество рисковогого актива определяется (3), количество безрисковогого актива определяется из условия самофинансируемости и имеет вид:

$$\beta_{t-1}^* = \beta_t^* + S_{t-1} \Delta \gamma_t^* = 0,$$

где $\beta_0^* = \ln \bar{V}_0(S_0)$, $\gamma_0^* = 0$; капитал самофинансирующего портфеля с потреблением (π^*, C) в момент времени $t \in N_0$ допускает представление: $X_t^{(\pi^*, C)} = \ln \bar{V}_t(S_t)$; для любого $t \in N_0$ потребление C_t допускает представление: $\Delta C_t = \gamma_t^* \Delta S_t - \Delta \ln \bar{V}_t(S_t)$, $C_t \big|_{t=0} = 0$; самофинансирующий портфель с потреблением (π^*, C) является совершенным суперхеджирующим. Обозначим $\underline{V}_t = \text{ess sup}_{Q \in \mathfrak{R}_N} \text{ess inf}_{\gamma_{t+1}^N \in D_{t+1}^N} I_t^{Q, \gamma_{t+1}^N}(S_0^t)$. Тогда

$\underline{V}_t = \underline{V}_t(S_t)$ и удовлетворяет рекуррентному соотношению:

$$\underline{V}_t(S_t) = \sup_{Q \in \mathfrak{R}_N} \inf_{\gamma \in \mathbb{R}^1} E^Q \left[\underline{V}_{t+1}(S_{t+1}) e^{-\gamma S_t \rho_{t+1}} \mid F_t \right], \quad \underline{V}_t(S_t) \big|_{t=N} = \exp\{g(S_N)\}. \quad (5)$$

Проводя аналогичные рассуждения, можно установить, что существует $\gamma^0 \in \mathbb{R}^1$ на котором нижняя грань достигается и имеет вид:

$$\gamma_{t+1}^0 = \frac{1}{S_t(|a|+b)} \ln \frac{\underline{V}_{t+1}(S_t(1+b))}{\underline{V}_{t+1}(S_t(1+a))}. \quad (6)$$

После подстановки (6) в (5) имеем:

$$\ln \underline{V}_t(S_t) = \max \left[\ln \underline{V}_t(S_t), p^* \underline{V}_t(S_t(1+a)) + q^* \underline{V}_t(S_t(1+b)) \right]. \quad (7)$$

Из (4), (7) и равенства $\underline{V}_t(S_t)|_{t=N} = \bar{V}_t(S_t)|_{t=N} = \exp\{g(S_N)\}$ можно установить, что $\underline{V}_t(S_t) = \bar{V}_t(S_t)$ для любого $t \in N_0$. Тогда $\gamma_t^0 = \gamma_t^*$ для любого $t \in N_0$ и меры на которых верхняя грань в (1) и (5) достигается совпадают. Таким образом мы получили, что (Q^*, γ_1^{*N}) является седловой точкой $I_t^{Q, \gamma_{t+1}^N}(S_0^t)$, а также является решением задачи расчета европейского опциона, при этом цена игры $v = \bar{V}_0(S_0) = X_0^{(\pi^*, c)}$ является стоимостью опциона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Naik V., Uppal R. Leverage constraints and the optimal hedging of stock and bond options // Journal of Financial and Quantitative Analysis. 1994. Vol. 29. No. 2. P. 199–222.
2. Ширяев А.Н. Основы стохастической финансовой математики (теория). М.: Фазис, 1998. 1017 с.
3. Мельников А.В., Волков С.Н., Нечаев М.М. Математика финансовых обязательств. М.: ГУ ВШЭ, 2001. 260 с.
4. Фельмер Г., Шид А. Введение в стохастические финансы. Дискретное время. М.: МЦНМО, 2008. 496 с.
5. Кан Ю.С. Квазиградиентный алгоритм минимизации функции квантили // Изв. РАН. Теория и системы управления. 1996. № 2. С. 81–86.
6. Зверев О.В., Хаметов В.М. Минимаксное хеджирование опционов европейского типа на неполных рынках (Дискретное время). I // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2011. Т. 18. Вып. 1. С. 26–54.
7. Зверев О.В., Хаметов В.М. Минимаксное хеджирование опционов европейского типа на неполных рынках (Дискретное время). II // Обозрение прикладной и промышленной математики. 2011. Т. 18. Вып. 2. С. 193–204.

А.В. Леонидов, С.Б. Васильев, Е.Е. Васильева

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОУВЯЗАННОЙ ДИНАМИКИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭПИДЕМИИ И ФОРМИРОВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ ПО ВОПРОСУ ВАКЦИНАЦИИ

Леонидов Андрей Владимирович, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), в.н.с., д.ф.-м.н.

Васильев Сергей Борисович, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), м.н.с.

Васильева Екатерина Евгеньевна, н.с., к.ф.-м.н., sbvasilyev@gmail.com

Ключевые слова: моделирование, динамика, эпидемия, вакцинация.

Для построения количественной модели, описывающей взаимосвязанную эволюцию эпидемий и отношения к вакцинации, естественно использовать двухслойную сеть с взаимосвязанными слоями, содержащими сети, на которых происходит формирование соответственно эпидемий и отношения/мнения к вакцинации. Конкретная модель, которую мы строим, сочетает в себе изинговский механизм формирования бинарного мнения типа «да/нет», действующий в сети социальных контактов, в сочетании с эпидемическим механизмом SIRS (восприимчивый-зараженный-выздоровевший-восприимчивый) (см. (Hethcote, 2000; Newman, 2018)), работающим в сети физических контактов в реальном пространстве. Таким образом, модель описывает два взаимосвязанных явления распространения, происходящих в двухслойной сети, в которой две сети склеены в узлах, представляющих агентов.

Поведенческие мотивы, лежащие в основе эпидемий, ранее анализировались в рамках теории игр в литературе по формированию решений о вакцинации (подробный обзор см. (Wang et al., 2006) и ссылки там). Однако, насколько известно авторам, эти модели в основном анализируют проблемы типа безбилетника, связанные с вакцинацией. Пандемия COVID-19 показала, что на ранних этапах распространения вируса решения о вакцинации в значительной степени основываются не на должном фактологическом анализе вероятности заражения с вакцинацией или без нее, а в большей степени на субъективном анализе мнения знакомых, информации из СМИ и т.д., так как фактические данные об эффективности вакцинации, распространении вируса и его опасности пока отсутствуют или кажутся недостаточно достоверными. Одним из возможных способов описания формирования общественного мнения в условиях бинарного выбора является использование модели изинговского типа (Brock, Durlauf, 2001). В настоящей статье представлена модель типа Изинга, описывающая решения, связанные с вакцинацией.

Основные результаты работы состоят в следующем.

Во-первых, выявляется нетривиальная зависимость между амплитудой шума, влияющего на формирование мнения о вакцинации, и долей выздоровевших агентов (т.е. людей, заразившихся вирусом и впоследствии выздоровевших). Получается, что увеличение амплитуды шума вызывает два противоположно направленных эффекта. С одной стороны, формирование общественного мнения о вакцинации занимает больше времени и, следовательно, распространение эпидемий происходит быстрее. С другой стороны, выше вероятность достижения равновесия, при котором почти все люди вакцинированы и, следовательно, эпидемии прекращаются. Наложение этих разнонаправленных трендов приводит к существованию некоторой «оптимальной» амплитуды шума. Однако положение этого оптимума сильно зависит от значений параметров модели.

Во-вторых, описан новый эффект, связанный с влиянием внешнего поля. В рассматриваемой модели внешнее поле представляет собой интенсивность подачи официальной информации. Показано, что если первоначальные представления о вакцинации и отношение агентов к официальным источникам информации сильно коррелированы и кластеризованы, то рост интенсивности подачи официальной информации может привести к уменьшению вероятности достижения предпочтительного равновесия в отношении отношения к вакцинации и, следовательно, к потенциальному росту эпидемии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Hethcote H.W.* The mathematics of infectious diseases // *SIAM review*. 2000. Vol. 42. P. 599–653.
2. *Newman M.* *Networks*. – Oxford university press, 2018.
3. *Wang Z., Bauch C.T., Bhattacharyya S., d'Onofrio A., Manfredi P., Perc M., Perra N., Salathé M., Zhao D.* Statistical physics of vaccination // *Physics Reports*. 2006. Vol. 664. P. 1–113.
4. *Brock W.A., Durlauf S.N.* Discrete choice with social interactions // *The Review of Economic Studies*. 2001. Vol. 68. P. 235–260.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ РОСТА БЮДЖЕТНОЙ САМООБЕСПЕЧЕННОСТИ В 2011–2020 ГГ. (на примере отдельных субъектов Российской Федерации)

Магомедов Руслан Шарапутдинович, Центральный экономико-математический институт РАН, с.н.с., к.э.н., mrsh.cemi2006@mail.ru

Седова Светлана Владимировна, Центральный экономико-математический институт РАН, с.н.с., к.э.н. ssedovs@mail.ru

Ключевые слова: государственные программы, бюджетная самообеспеченность, субъекты РФ.

В настоящее время значительная часть¹ расходов консолидированных бюджетов субъектов РФ представлена в виде государственных программ, получающих софинансирование из государственных программ РФ и, в свою очередь, софинансирующих муниципальные программы. Причем, объемы этого софинансирования значительны для большинства субъектов РФ и расположенных на их территориях муниципальных образований, что обусловлено высоким уровнем централизации бюджетных полномочий, характерным для российской модели межбюджетных отношений.

Каждая государственная программа субъекта РФ (муниципальная программа) имеет своего ответственного исполнителя – региональный орган исполнительной власти (орган местного самоуправления) – и направлена на достижение общественно значимых и количественно измеримых результатов социально-экономического развития данного субъекта РФ (расположенного на его территории муниципального образования).

Одним из таких результатов, несомненно, должно стать повышение бюджетной самообеспеченности высокодотационных субъектов РФ. Бюджетную самообеспеченность (далее БСО) мы определяем как долю совокупных расходов² консолидированного³ бюджета (далее РКБ) субъекта РФ, финансируемых за счет налоговых и неналоговых доходов, которые в соответствии с Главами 8-9 Бюджетного кодекса

¹ Например, в 2019, 2020 и 2021 гг. на государственные программы Республики Дагестан приходилось, соответственно, 94,4, 93,4 и 95,3% совокупных расходов ее консолидированного бюджета. **Прим. авт.**

² В данном исследовании расходы консолидированного бюджета субъекта РФ уменьшаются на величину субвенций из федерального бюджета, за счет которых финансируются переданные полномочия федерального бюджета. **Прим. авт.**

³ В соответствии с ст. 14 Бюджетного кодекса Российской Федерации «Бюджет субъекта Российской Федерации и свод бюджетов муниципальных образований, входящих в состав субъекта Российской Федерации (без учета межбюджетных трансфертов между этими бюджетами), образуют консолидированный бюджет субъекта Российской Федерации».

РФ уплачиваются в бюджет данного субъекта РФ и бюджеты входящих в его состав муниципальных образований (Бюджетный кодекс Российской Федерации, 1998).

Следовательно, на изменение БСО субъекта РФ влияют два фактора. С одной стороны, это налоговые и неналоговые доходы его консолидированного бюджета, а с другой – политика бюджетных расходов. Последнее подразумевает наряду с экономией бюджетных средств повышение таких видов бюджетных расходов, которые продуцируют рост бюджетных доходов. Например, рост бюджетных расходов на оказание мер прямой поддержки частнопредпринимательских инвестиционных проектов (далее МПП), при условии их качественного отбора и контроля результатов, приводит к увеличению поступлений налогов на экономическую деятельность.

Очевидно также и то, что для повышения уровня БСО субъекта РФ положительные налоговые эффекты от МПП должны перекрывать рост вторичных бюджетных расходов, генерируемых в результате бюджетных расходов на социальную сферу, обеспечение функционирования органов государственной власти и обеспечение общественного порядка и государственной безопасности (Гребенников и др., 2021).

В настоящей работе анализируется динамика двух факторов роста БСО, демонстрирующих вклад субъектов экономической деятельности, а именно: 1) налогов на экономическую деятельность (со стороны бюджетных доходов) и 2) мер прямой государственной поддержки частнопредпринимательских инвестиционных проектов (со стороны бюджетных расходов). В качестве анализируемых показателей выступают 1) доля налогов на экономическую деятельность (далее НЭД) в налоговых и неналоговых доходах (НиНД) консолидированного бюджета субъекта РФ и 2) доля МПП в РКБ субъекта РФ.

Исследование охватывает период с 2011 по 2020 г. Объектом анализа выступает специально отобранная группа субъектов РФ (Группа А), у участников которой на протяжении указанного периода наблюдались стабильно низкие уровни БСО. В качестве объекта сравнения выступает Группа Б со стабильно высокими уровнями БСО. Методика отбора участников Групп А и Б, а также порядок сбора информации⁴ для расчета анализируемых показателей подробно изложены нами в работе (Магомедов и др., 2022).

В Группу А входит 10 субъектов РФ со средними за период уровнями БСО, составившими: 19,6% у Чеченской Республики (84-е место в РФ); 24,3% у

⁴ Информационно-аналитической базой исследования служат отчеты об исполнении консолидированных бюджетов субъектов РФ за 2011–2020 гг. (Федеральное казначейство Российской Федерации, 2023), а также классификация бюджетных расходов, применявшаяся в анализируемые годы (Приказ Минфина России от 01.07.2013 № 65н).

Республики Тыва (83-е место); 29,8% у Республики Алтай (82-е место); 31,2% – у Республики Крым (81-е место); 32,3% – у Республики Дагестан (80-е место); 33,7% – у Карачаево-Черкесской Республики (79-е место); 38,1% – у Камчатского края (78-е место); 39,0% – у г. Севастополь (77-е место); 45,6% – у Кабардино-Балкарской Республики (76-е место); 46,4% – у РСО-Алания (75-е место). Значения коэффициента вариации БСО, выступающего критерием стабильности данного показателя на протяжении анализируемого периода, составили от 9,7% у Республики Алтай до 17,1% у Чеченской Республики. Ежегодная динамика БСО показана на Рис.1.

В Группу Б входит 10 субъектов РФ со средними за период уровнями БСО, составившими: 97,5% у г. Москва (1-е место в РФ); 92,7% у г. Санкт-Петербург (5-е место); 88,8% у Свердловской области (10-е место); 85,3% – у Тульской области (16-е место); 83,9% – у Ярославской области (22-е место); 83,3% – у Нижегородской области (24-е место); 82,7% – у Липецкой области (26-е место); 80,7% – у Калужской области (30-е место); 80,5% – у Владимирской области (31-е место); 80,0% – у Ростовской области (33-е место).

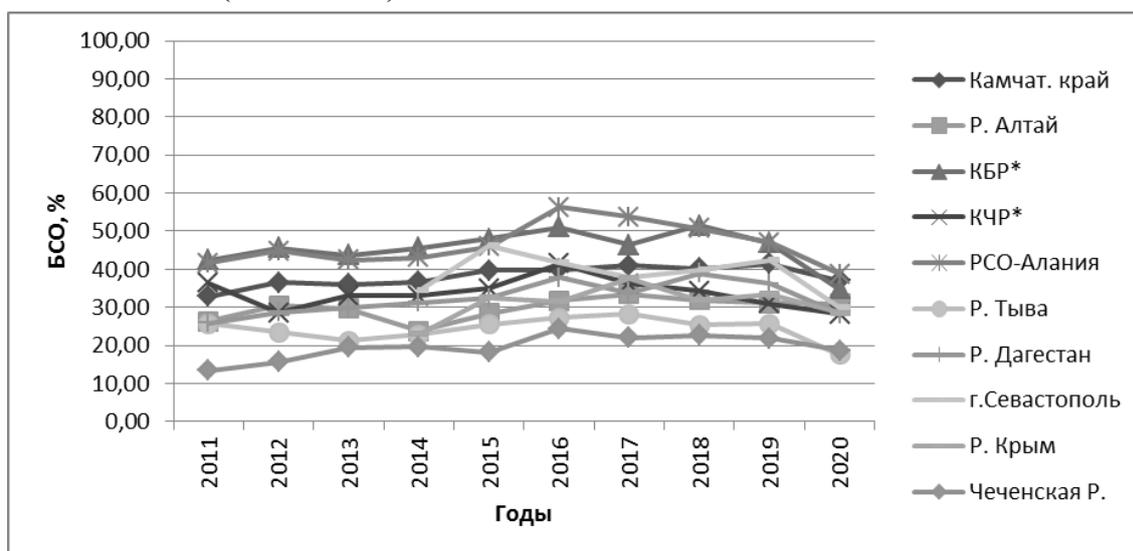


Рис. 1. Группа А. Бюджетная самообеспеченность, 2011–2020 гг.

* КБР – Кабардино-Балкарская Республика; КЧР – Карачаево-Черкесская республика.

Источник: рассчитано авторами на основе данных Федерального Казначейства РФ.

Для данной Группы характерны более низкие значения коэффициента вариации, составившие от 4,5% у Ярославской области до 7,2% у Нижегородской области. Это объясняется, с одной стороны, высоким средним уровнем БСО, а с другой, тем, что в данной Группе рост БСО по отношению к 2011 г. и к каждому предыдущему году (рис. 2) был менее значительным, чем в Группе А.

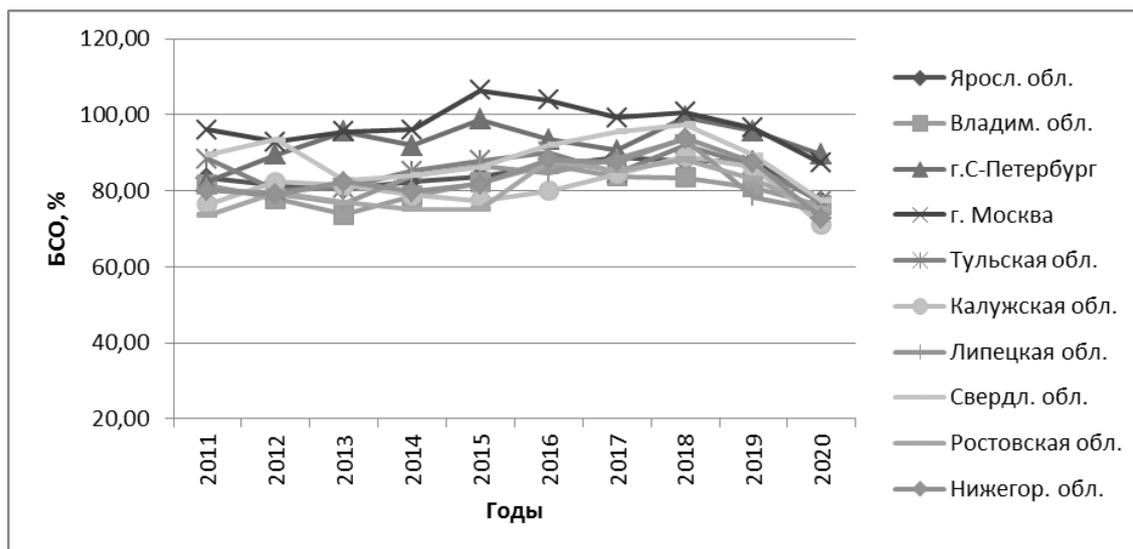


Рис. 2. Группа Б. Бюджетная самообеспеченность, 2011–2020 гг.

Источник: рассчитано авторами на основе данных Федерального Казначейства РФ.

Для Группы А в целом характерны преимущественно положительные, относительно равномерно распределенные по годам темпы роста показателей РКБ, НиНД и НЭД. Динамика показателя МПП у участников данной Группы различается. У Камчатского края, Республик Тыва, Дагестан, Крым, а также г. Севастополь этот показатель рос по отношению к 2011 году на протяжении не менее шести⁵ из девяти лет. Средние за период темпы роста МПП к 2011 г. составили у них, соответственно, 166,3%, 148,2, 130,7, 153,8 и 353,4%. У Республики Алтай, Карачаево-Черкесской, Кабардино-Балкарской и Чеченской Республик данный показатель сокращался с 2011 г. на протяжении не менее семи из девяти лет. Средние за период темпы роста МПП к 2011 г. составили у них, соответственно, 70,6%, 76,3, 75,4 и 78,0%. У РСО-Алания средние за период темпы роста МПП к 2011 г. составили 101,3%, а МПП сокращались на протяжении пяти из шести последних лет анализируемого периода. По отношению к каждому предыдущему году МПП сокращались чаще у всех участников Группы А. Незначительные положительные среднегодовые темпы роста МПП у республик Алтай и Дагестан, Чеченской и Кабардино-Балкарской республик объясняются «аномально» высокими значениями данного показателя в отдельные один-два года анализируемого периода. Как показано на рис. 3, наибольшие среднегодовые темпы роста показателей НЭД и МПП наблюдались у Республики Крым и г. Севастополь, а наименьшие – у Кабардино-Балкарской и Карачаево-Черкесской республик.

⁵ У республики Крым и г. Севастополь, соответственно, 4 и 5 из шести лет, поскольку анализируемый период для этих участников Группы А составляет 7 лет (2014–2020 гг.). Прим. авт.

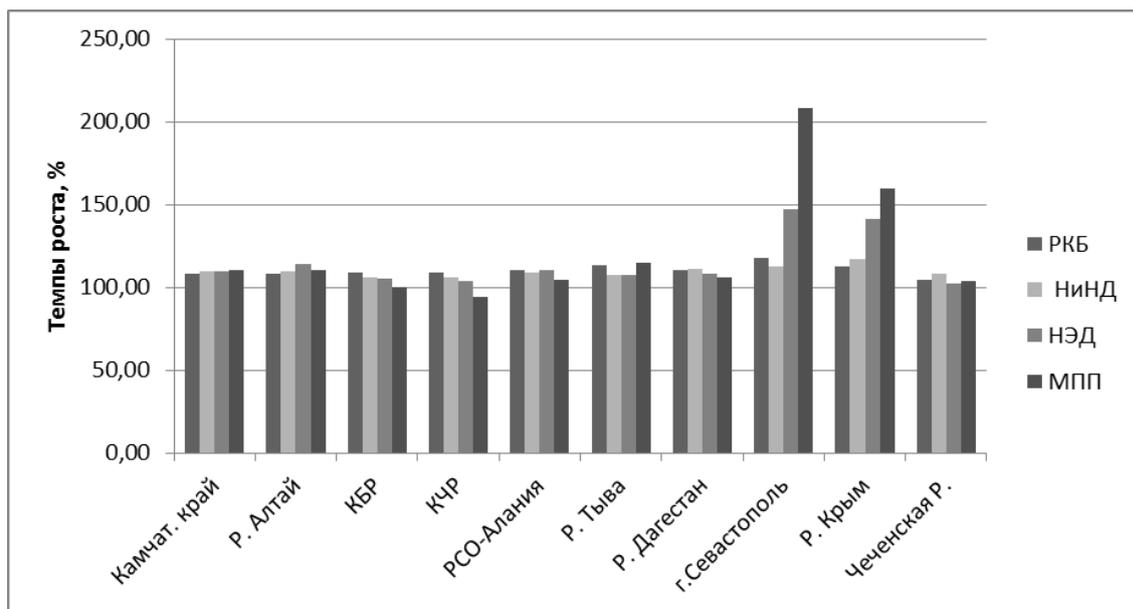


Рис. 3. Группа А. Средние за 2011–2020 гг. темпы роста абсолютных показателей к предыдущему году

Источник: рассчитано авторами на основе данных Федерального Казначейства РФ.

Для всех четырех анализируемых показателей в целом по Группе Б характерны более высокие, по сравнению с Группой А (если исключить из анализа Республику Крым и г. Севастополь), средние за период темпы роста, как к предыдущему, так и к 2011 г. Динамика показателей РКБ, НиНД и НЭД в данной Группе лучше согласована между собой, как в среднем за период (рис. 4), так и в годовом исчислении. Наибольшие средние за период темпы роста показателей РКБ, НиНД и НЭД отмечаются у Тульской области, а МПП – у г. Москвы.

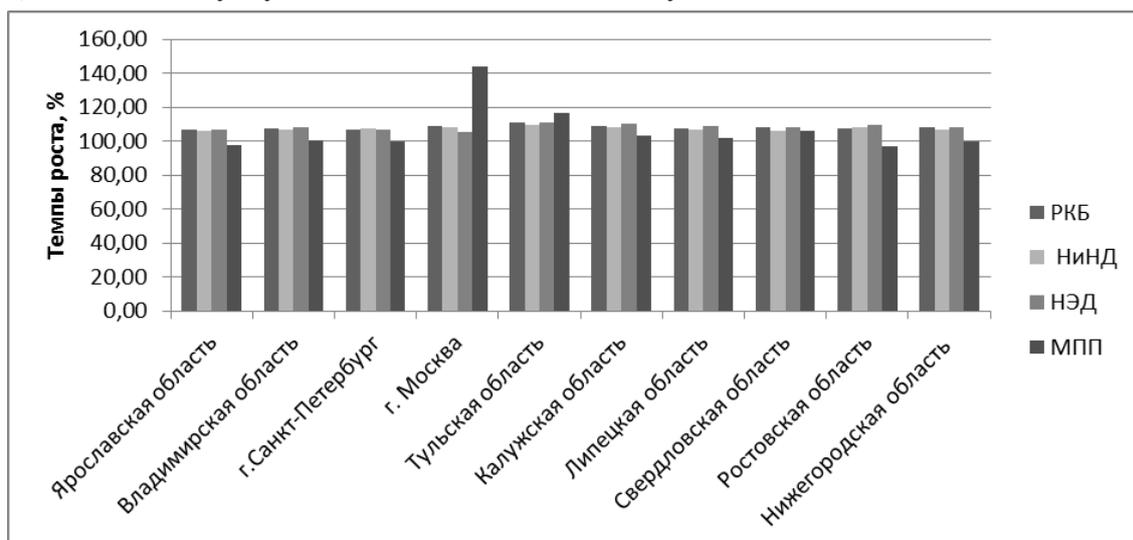


Рис. 4. Группа Б. Средние за 2011–2020 гг. темпы роста абсолютных показателей к предыдущему году

Источник: рассчитано авторами на основе данных Федерального Казначейства РФ.

Динамика показателя МПП в Группе Б также различается. У шести участников Группы Б наблюдались положительные средние за период темпы роста МПП к 2011 г., составившие: 124,9% у Ярославской области; 106,0% у Владимирской области; 179,3% у Тульской области; 119,4% у Калужской области; 128,4% у Липецкой области; 132,1% у Свердловской области. Вместе с тем необходимо отметить, что только у Тульской, Калужской, Липецкой и Свердловской областей данный показатель рос к 2011 г. на протяжении не менее семи из девяти лет анализируемого периода. У Ярославской и Владимирской областей происходило незначительное сокращение МПП к 2011 г. в течение второй половины анализируемого периода. У остальных участников Группы Б средние за период темпы роста МПП к 2011 г. составили от 97,5% у Ростовской области до 80,9% у Нижегородской области. Высокие среднегодовые темпы роста данного показателя, отмеченные у г. Москвы (143,7%), объясняются внушительным ростом в 2019 г., составившим 468,2%!

Средние значения доли НЭД в НиНД у участников Группы А составили от 23% у Севастополя и Чеченской республики до 38,7% у Кабардино-Балкарской Республики (табл. 1). При этом у семи участников данной Группы доля НЭД в НиНД сократилась в 2020 г. по сравнению с 2011 г. Наибольшего падения данный показатель достиг в Чеченской республике (38,6% в 2011 – 21,0% в 2020 г.), Республике Дагестан (43,2% в 2011 – 32,7% в 2020 г.), Карачаево-Черкесской Республике (40,6% в 2011 – 33,9% в 2020 г.), Кабардино-Балкарской Республике (44,7% в 2011 – 38,1% в 2020 г.) и Республике Тыва (40,6% в 2011 – 33,9% в 2020 г.). У Камчатского края и РСО-Алания, несмотря на различия в характере ежегодных изменений, доля НЭД в НиНД по сравнению с 2011 г. не изменилась. Напротив, у остальных трех участников Группы А доля НЭД в НиНД на протяжении исследуемого периода преимущественно росла и в 2020 г. составила: 45,% у Республики Алтай (32,3% в 2011 г.); 30,5% у Республики Крым (19,1% в 2011 г.); 25,8% у г. Севастополь (8,2% в 2011 г.).

Как показано в табл. 1, средние за период значения доли МПП в РКБ у участников Группы А составили от 1,7 до 7,6%. При этом доля МПП в РКБ сократилась по сравнению с 2011 г. у 8 субъектов, достигнув наибольшей глубины падения у всех пяти участников данной Группы, представляющих СКФО: Карачаево-Черкесской Республики (с 10,7% в 2011 до 2,6% в 2020 г.); Кабардино-Балкарской Республики (с 12,0 до 5,2%); Чеченской Республики (с 4,8 до 2,0%); Республики Дагестан (с 3,5 до 2,0%); РСО-Алания (с 3,2 до 1,2%). Рост доли МПП в РКБ имел место только у Республики Крым (с 1,2 до 3,5%). У остальных четырех участников данной Группы, несмотря на различный характер колебаний внутри анализируемого периода, значения показателя доли МПП в РКБ в 2011 и 2020 гг. были сопоставимы.

Таблица 1

Группа А: характеристики доли НЭД в НиНД и доли МПП в РКБ, 2011–2020 гг.

Регион	Доля НЭД в НиНД		Доля МПП в РКБ	
	среднее значение, %	коэффициент вариации, %	среднее значение, %	коэффициент вариации, %
Камчатский край	26,3	9,13	1,7	18,11
Республика Алтай	35,8	11,94	3,8	40,00
Кабардино-Балкарская респ.	38,7	7,50	7,6	27,82
Карачаево-Черкесская респ.	35,7	8,55	6,0	42,45
РСО-Алания	37,8	12,21	2,5	47,53
Республика Тыва	27,6	9,26	3,2	40,69
Республика Дагестан	38,4	9,11	3,5	26,49
г. Севастополь	23,2	28,55	2,1	41,61
Республика Крым	31,4	26,27	2,8	40,49
Чеченская Республика	23,3	27,41	4,1	37,92
Минимум	23,2	7,50	1,7	18,11
Максимум	38,7	28,55	7,6	47,53

Источник: рассчитано авторами на основе данных Федерального казначейства РФ.

Для Группы Б характерны более высокие средние значения доли НЭД в НиНД, чем в Группе А. Минимальные значения данного показателя, наблюдаемые у шести участников Группы Б, сопоставимы с его наиболее высокими значениями, отмечаемыми у пяти участников Группы А (табл. 1 и 2). Важно также отметить, что в Группе Б показатели доли НЭД в НиНД и БСО на всем протяжении анализируемого периода демонстрировали практически идентичную стабильность и относительно согласованную динамику. Об этом, в частности, свидетельствуют их коэффициенты вариации и среднегодовые темпы роста, составившие, соответственно, 3,8–9,5% и 97,7–101,5% для доли НЭД в НиНД и 4,9–7,2% и 98,6–101,1% для БСО.

У всех участников Группы Б на протяжении анализируемого периода происходило сокращение доли МПП в РКБ. Наибольшее падение данного показателя отмечается у пяти участников данной Группы, а именно: Ярославской области (с 3,1% в 2011 до 0,9% в 2020 г.); Ростовской области (с 5,1 до 1,7%); Липецкой области (с 8,9 до 4,1%); Калужской области (с 6,7 до 3,2%); Нижегородской области (с 5,3 до 2,1%). Наибольшие значения коэффициента вариации в Группе Б, отмечаются у Ярославской области, г. Москвы и Тульской области (табл. 2). Но в отличие от Ярославской области, у двух других участников объясняется не масштабом сокращения данного показателя в течение анализируемого периода, а его серьезными колебаниями, имевшими место в отдельные годы. У г. Москвы доля МПП в РКБ в 2011 и 2020 гг. составляла 1,0%, снижаясь до 0,4% в 2015–2016 и до 0,2% в 2017–2018 гг. У Тульской области данный показатель сократился с 3,9% в 2011 до 2,7% в 2020 г., однако резко повышался в 2013–2014 гг., достигая максимальных значений (6,5 и 8,5%, соответственно).

Таблица 2

Группа Б: характеристики доли НЭД в НиНД и доли МПП в РКБ, 2011–2020 гг.

Регион	Доля НЭД в НиНД		Доля МПП в РКБ	
	среднее значение, %	коэффициент вариации, %	среднее значение, %	коэффициент вариации, %
Ярославская область	44,4	3,78	2,9	53,60
Владимирская область	39,1	6,62	3,7	35,59
г. Санкт-Петербург	37,9	4,93	0,3	38,34
г. Москва	39,3	8,68	0,7	56,61
Тульская область	48,0	4,05	4,0	48,85
Калужская область	44,6	9,51	5,7	24,03
Липецкая область	44,6	9,33	8,3	24,85
Свердловская область	40,2	7,89	2,6	30,10
Ростовская область	40,3	6,64	3,8	37,03
Нижегородская область	39,2	6,93	3,4	43,80
Минимум	37,9	3,78	0,3	24,03
Максимум	48,0	9,51	8,3	56,61

Источник: рассчитано авторами на основе данных Федерального Казначейства РФ.

Проведенное исследование показало, что на протяжении 2011-2020 гг. у подавляющего большинства участников Группы А (кроме Республик Карачаево-Черкесия и Тыва) имел место более заметный рост БСО, по сравнению с Группой Б. Однако у восьми участников Группы А вклад субъектов экономической деятельности в БСО, измеряемый долей НЭД в НиНД, снижался, максимально сократившись у субъектов РФ, входящих в СКФО (кроме РСО-Алания). Напротив, у г. Севастополь и Республики Крым доля НЭД в НиНД в целом за период росла более высокими темпами, чем БСО, что свидетельствует о повышении их БСО за счет увеличения вклада субъектов экономической деятельности.

Отличительной особенностью Группы Б является согласованный по времени и величине рост абсолютных показателей РКБ, НиНД и НЭД, способствовавший сохранению высоких значений БСО и доли НЭД в НиНД.

Хотя преимущественно негативная динамика и существенные колебания показателя доли МПП в РКБ характерны для обеих Групп, все-таки масштабы его сокращения в Группе А более значительны. В связи с этим подчеркнем, что регулярные и достаточные для решения социально-экономических проблем объемы бюджетных расходов на МПП имеют критическое значение для всех участников Группы А, в отличие от участников Группы Б, обладающих более прозрачной, развитой и диверсифицированной структурой экономики, а также более высокой инвестиционной активностью частного бизнеса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 № 145-ФЗ, доступно по адресу: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19702/ (дата обращения: 17.09.2022).
2. Приказ Минфина России от 01.07.2013 № 65н «Об утверждении Указаний о порядке применения бюджетной классификации Российской Федерации», доступно по адресу: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148920/ (дата обращения: 17.09.2022).
3. Федеральное казначейство Российской Федерации, «Консолидированные бюджеты субъектов РФ и бюджеты территориальных государственных внебюджетных фондов», доступно по адресу: <http://www.roskazna.ru/ispolnenie-byudzhetrov/konsolidirovannye-byudzhety-subektov/> (дата обращения 23.10.2020).
4. *Гребенников В.Г., Татевосян Г.М., Седова С.В., Магомедов Р.Ш.* Межбюджетные отношения как объект программно-целевого бюджетирования // Экономика и математические методы. 2021. Т. 57. № 4. С. 40–48.
5. *Магомедов Р.Ш., Седова С.В., Татевосян Г.М., Зверкина И.А.* Управление отношениями как результат бюджетного планирования (на примере отдельных субъектов Российской Федерации) // Проблемы рыночной экономики. 2022. № 4. С. 23–41.

К ВОПРОСУ О БАЗИСЕ И НАДСТРОЙКЕ СОЦИАЛЬНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Павлов Руслан Николаевич, Центральный экономико-математический институт РАН,
с.н.с., к.э.н., pavlovru@mail.ru

Ключевые слова: социальное предпринимательство, базис, надстройка, политэкономический подход.

Последние несколько десятилетий в развитии капитализма наблюдаются тенденции, которые можно было бы охарактеризовать как процессы социализации капитализма. Во многом это связано с тем, что в области предпринимательской деятельности появляются новые организмы, которые получили название социальных предприятий, то есть таких предприятий, которые функционируют не ради прибыли, а ради достижения определенного социального эффекта. По образу своей деятельности данные предприятия вступают в противоречие с обычными коммерческими предприятиями, поскольку с точки зрения прибавочной стоимости здесь если она образуется, то она реинвестируется в дальнейшие социальные проекты, а не присваивается топ-менеджерами или владельцами предприятия. Если продолжить применение политэкономического подхода к анализу деятельности социальных предприятий, то будет вполне очевидным тот факт, что данное явление, по сути, противоречит действующей парадигме экономических отношений. О том, что оно является чужеродным по сути для действующей рыночной системы писал А. Николлс, когда говорил о том, что оно бросает вызов рыночной парадигме на трех уровнях (микро, мезо и макро) (Nicholls, 2007). Согласно подходу А. Николлса, социальные предприятия бросают вызов доминирующей парадигме на трех уровнях, микро (предприятия), мезо (новые рынки, посредники) и макро (социально-экономическое воздействие, политическое значение). Это относится к социальным предприятиям, которые (1) реагируют на провал рынка и (или) институциональный провал путем разработки новых продуктов и услуг, (2) вносят вклад в реконфигурацию рынков для того, чтобы генерировать новую или увеличенную социальную ценность и (3) бросают вызов институциональным системам через политическое воздействие. Также в работе Николлса представлена классификация социальных предприятий, в зависимости от каждого из представленных уровней. Так, например, первому типу (предприятия, которые реагируют на провал рынка или институциональный провал путем разработки новых продуктов и услуг) соответствует институциональное социальное предприятие. Второму типу (реконфигурации рынков для того, чтобы создать новую или

увеличенную социальную ценность соответствует нормативное социальное предприятие. И наконец, третьему типу (бросание вызова институциональным системам через поддержку и политическое воздействие соответствует преобразующее социальное предприятие (Nicholls, 2007).

Во многом, конфликтный характер между действующей парадигмой экономического развития и социальным предпринимательством можно объяснить тем обстоятельством, что если вспомнить известное с советских времен разделение экономики на надстройку и базис, то можно с уверенностью говорить о том, что социальное предпринимательство можно также разделить на подобные категории и показать, что с точки зрения базиса социальное предпринимательство представляет собой новую идеологическую систему, вступающую в конфликт с действующей системой экономических отношений современного капитализма. Если применять здесь концепцию Д. Лайбмана (2013) к социальному предпринимательству как к переходному явлению, то получается следующая картина: основу, т.е. базис социального предпринимательства составляет социалистическая модель, которую можно считать предтечей многоуровневой демократической системы, составляющей ядро зрелого социалистического общества. Ее основные составляющие элементы: кооперация, коллективная борьба и солидарность. При этом надстройка представляет собой уходящие в прошлое формы и тенденции капиталистической формации, а именно, – присутствие собственническо-индивидуалистической идеологии и практик общества, из которого социальное предпринимательство вышло, т.е. структур ведения бизнеса, присущих капиталистической формации, а именно, наличие в структуре управления предприятия таких постов, как генеральный исполнительный директор, финансовый директор и других должностей, свойственных обычному коммерческому предприятию, составляющему основу капиталистического уклада.

Если рассматривать данную проблему в более широком контексте, то мы увидим, что базис и надстройка являются частью более масштабной проблемы – проблемы идеологии социального предпринимательства. Наличие противоречий между базисом социального предпринимательства и парадигмой экономических отношений, в рамках которых он возникает, говорит о том, что социальное предпринимательство имеет свою идеологию, которая соответствует основным признакам перехода от социализма-предтечи к зрелому социализму. Хочется надеяться на то, что данное исследование является перспективным, поскольку в настоящее время внимание к идеологическим аспектам различных производственных систем усиливается по причине того, что потребность в идеологии как духовной сферы общества неуклонно растет, и поэтому в будущем может наблюдаться рост внимания к

изучению идеологического аспекта как общества в целом, так и его отдельных производственных структур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Nicholls A.* (2007), What is the Future of Social Enterprise in Ethical Markets? Office of The Third Sector, London. URL: https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/+http://www.cabinetoffice.gov.uk/media/cabinetoffice/third_sector/assets/future_social_enterprise_ethical_markets.pdf (дата обращения: 21.01.2023).
2. *Лайбман Д.* (2013) Зрелый социализм: структура, предпосылки, переходные периоды // Альтернативы. № 1. URL: <http://www.intelros.ru/readroom/alternativi/al-2013/19011-zrelyu-socializm-structurs-predposylki-perehodnye-periody.html> (дата обращения: 23.10.2017).

О ПРЕИМУЩЕСТВАХ МОДЕЛЕЙ СУПЕРХЕДЖИРОВАНИЯ ОПЦИОНОВ С КОНЕЧНЫМ НОСИТЕЛЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ЦЕН РИСКОВЫХ АКТИВОВ

Шелемех Елена Александровна, Центральный экономико-математический институт РАН,
н.с., кандидат наук по прикладной математике, letis@mail.ru

Ключевые слова: суперхеджирование, опцион, вероятности, рисковые активы.

Суперхеджирование опциона – это построение такого самофинансируемого портфеля первичных финансовых инструментов, капитал которого минимален среди всех самофинансируемых портфелей, позволяющих достоверно исполнить платежное обязательство (Фельмер и др., 2008). Очевидно, что подход, связанный с достоверным исполнением обязательства по опциону, должен быть дорогим с точки зрения величины первоначального капитала портфеля. Действительно, известно, что на рынке без торговых ограничений и транзакционных издержек первоначальный капитал суперхеджирующего портфеля равен верхней грани ожидаемой выплаты по опциону, где верхняя грань берется по множеству всех эквивалентных вероятностных мер (и, в случае американского опциона, моментов предъявления опциона к исполнению) (там же), а задача суперхеджирования опциона эквивалентна задаче поиска портфеля, минимизирующего верхнюю грань (по множеству всех вероятностных мер, эквивалентных базовой мере, и моментов предъявления опциона к исполнению) экспоненциального риска продавца опциона (Хаметов и др., 2015). Таким образом, параметрами, определяющими существование и вид решения задачи суперхеджирования опциона, являются носитель вероятностей распределения дисконтированных цен рисковых активов и вид платежного обязательства.

Наглядно затратность суперхеджирования демонстрируют примеры из (Carassus и др., 2006). В этой статье рассчитаны минимальные первоначальные капиталы суперхеджирующих портфелей опционов различных типов для случая, когда на рынке имеется один рисковый актив с распределением дисконтированных цен в каждый момент времени, эквивалентным мере Лебега на $(0, \infty)$, а торговые ограничения и транзакционные издержки отсутствуют. (Заметим, что предположение о носителе $(0, \infty)$ охватывают большинство популярных моделей цен рисковых активов.) В частности, капиталы для европейских (и американских) опционов колл и пут оказались равны текущей дисконтированной стоимости рискового актива и дисконтированной цене исполнения опциона, соответственно. Иными словами, в предложенных примерах построение суперхеджирующего портфеля эквивалентно

немедленному совершению предусмотренной опционом сделки. Это лишает смысла применение метода суперхеджирования для оценки стоимости таких опционов и не соответствует реально наблюдаемому соотношению цен рискованных активов и опционов на них. Как показывают приведенные ниже примеры, такие результаты связаны с выбором избыточно «широкого» носителя распределения цен рискованных активов.

В (Зверев и др., 2011; Хаметов и др., 2016) построены примеры явного расчета европейского и американского опционов с выпуклой функцией полезности, обращающихся на безарбитражном рынке с одним рискованным активом, носитель распределения вероятностей цены которого в каждый момент времени представляет собой конечный набор значений или отрезок. Построим числовой пример расчета американского опциона колл для случая конечного носителя. Выбор конечного носителя представляется адекватным по следующим причинам: 1) цены активов на биржах определяются с точностью до заданного правилами клиринга знака; 2) как правило, биржи устанавливают те или иные ограничения на рост и падение цен торгуемых активов (пример, на Московской бирже – верхняя и нижняя границы ценового коридора для фьючерсов, п. 1.1 Правил клиринга); 3) часто обстоятельства позволяют определить положительную величину, ниже которой не может опуститься стоимость базового актива по объективным обстоятельствам (например, для акций компаний – доля дисконтированных чистых активов компании, приходящихся на одну акцию, если чистые активы компании положительны); 4) как правило, после снижения цены актива до определенного уровня выше нуля (который сложно определить заранее), торги на бирже такими активами становятся неактивными или вовсе прекращаются, т.е. нарушается предположение о том, что всегда можно купить или продать любое требуемое количество актива и, как следствие, стандартные модели, в том числе минимаксная, к опционам на такие активы не применимы; 5) совокупная денежная масса в стране (и в мире) в краткосрочном периоде ограничена сверху определенной величиной. Из результатов (Хаметов и др., 2016) следует, что в случае опциона с выпуклой функцией выплаты и конечного носителя вероятностей цен единственного рискованного актива для вычисления суперхеджирующего портфеля и его капитала достаточно задать только максимальный и минимальный элемент носителя в каждый момент времени (обозначения: a_{\min} и a_{\max} , соответственно). При этом с ростом разности $a_{\max} - a_{\min}$ растет капитал, требуемый для формирования суперхеджирующего портфеля. Конечно, оценка минимального и максимального элементов носителя – самостоятельная сложная проблема.

В числовом примере использовались данные сайта Московской биржи: опцион – маржируемый опцион колл на фьючерсный контракт на обыкновенные акции ПАО «Аэрофлот», код контракта AFLT-12.21M151221CA7000, период обращения с

17.05.2021 по 15.12.2021; базовый актив – фьючерсный контракт на об. акции ПАО «Аэрофлот», код контракта AFLT-12.21, период обращения с 17.05.2021 по 16.12.2021; безрисковая процентная ставка – RUONIA (Ruble Overnight Index Average). Использовались следующие упрощения: 1) значение безрисковой процентной ставки принималось постоянным и равным последнему доступному значению на дату расчета стоимости опциона; 2) не учтена маржируемость опциона (несущественно, т.к. согласно первому предположению, безрисковая процентная ставка неслучайна); 3) базовый актив – фьючерсный контракт; 4) не исследовался вопрос о наличии и степени автокорреляции в ряду доходностей фьючерса. Принятые упрощения, конечно, влияют на результат. Однако, целью данного расчета является не построение наиболее точной модели, а демонстрация особенностей и преимуществ модели с конечным носителем, а именно: 1) полученные минимаксные цены опционов ближе к наблюдаемым реальным ценам сделок, чем, например, в (Carassus и др. 2006); 2) существенность влияния точности вычисления минимального и максимального элементов носителя. Результаты расчета в сравнении с результатами торгов представлены на рисунке. На нем минимаксная цена – это расчетная минимальная стоимость опциона, позволяющая сформировать суперхеджирующий портфель.



Рис. 1. Результаты минимаксного прогноза стоимости опциона в сравнении с результатами торгов

Справочно: дисконтированная цена базового актива (равная цене опциона в (Carassus и др. 2006)) в даты торгов составляла 6303–7011 единиц.

Приведенный пример позволяет сделать вывод: модели суперхеджирования с конечным носителем могут применяться как адекватный и сравнительно простой способ оценки справедливой стоимости опционов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Фельмер Г., Шид А.* Введение в стохастические финансы. Дискретное время. М.: МЦНМО, 2008.
2. *Хаметов В.М., Шелемех Е.А.* Суперхеджирование американских опционов на неполном рынке с дискретным временем и конечным горизонтом // Автоматика и телемеханика. 2015. № 9. С. 125–149.
3. *Carassus L., Gobet E., Temam E.* A class of Financial products and models where super-replication prices are explicit // International Symposium, on Stochastic Processes and Mathematical Finance at Ritsumeikan University, Kusatsu, Japan, March 2006.
4. *Зверев О.В., Хаметов В.М.* Минимаксное хеджирование опционов европейского типа на неполных рынках (дискретное время). II // ОППМ. 2011. Т. 18. № 2. С. 193–204.
5. *Хаметов В.М., Шелемех Е.А.* Экстремальные меры и хеджирование американских опционов // Автоматика и телемеханика. 2016. № 6. С. 121–144.
6. Правила клиринга Небанковской кредитной организации – центрального контрагента «Национальный Клиринговый Центр», утвержденные решением Наблюдательного совета НКО НКЦ (АО) 25 октября 2021 г. (Протокол № 10).

Материалы конференции

Восьмая научно-практическая конференция

**«МОЛОДАЯ ЭКОНОМИКА:
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ НАУКА
ГЛАЗАМИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ»**

Москва, 9 декабря 2022 г.

Главный редактор: *Р.Н. Павлов*

Подписано в печать 13.06.2023 г.

Формат 60×90/16. Печ. л. 3,5. Тираж 60 экз. Заказ № 6
ФГБУН Центральный экономико-математический институт РАН
117418, Москва, Нахимовский пр., 47
Тел. 8 (499) 724-21-39
E-mail: ecr@cemi.rssi.ru
<http://www.cemi.rssi.ru/>

ISBN 978-5-8211-0815-9



9 785821 108159 >