



ЖУРНАЛ
БЕЛАРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

ЭКОНОМИКА

JOURNAL
OF THE BELARUSIAN STATE UNIVERSITY

ECONOMICS

Издаётся с января 1969 г.
(до 2017 г. – под названием «Веснік БДУ.
Серыя 3, Гісторыя. Эканоміка. Права»)

Выходит один раз в полугодие

1

2025

МИНСК
БГУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор

КОВАЛЁВ М. М. – доктор физико-математических наук, профессор; профессор кафедры аналитической экономики и эконометрики экономического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.
E-mail: kovalev@bsu.by

Заместитель главного редактора

ЛЕМЕЩЕНКО П. С. – доктор экономических наук, профессор; заведующий кафедрой международной политической экономии экономического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.
E-mail: liamp@bsu.by

Ответственный секретарь

ГОСПОДАРИК Е. Г. – кандидат экономических наук, доцент; заведующий кафедрой аналитической экономики и эконометрики экономического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.
E-mail: gospodarik@bsu.by

Аузан А. А. Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия.

Воробьев В. А. Белорусский государственный экономический университет, Минск, Беларусь.

Грищенко А. А. Институт экономики и прогнозирования Национальной академии наук Украины, Киев, Украина.

Давыденко Е. Л. Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.

Данильченко А. В. Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь.

Королёва А. А. Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь.

Несветайлова А. Городской центр исследований политической экономики Лондонского университета, Лондон, Великобритания.

Нуреев Р. М. Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Москва, Россия; Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия.

Петренко Е. С. Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Москва, Россия.

Салаходжаев Р. Ф. Консалтингово-исследовательский центр ERGO Research & Advisory, Ташкент, Узбекистан; Международный Вестминстерский университет в Ташкенте, Ташкент, Узбекистан.

Хацкевич Г. А. Институт бизнеса и менеджмента технологий Белорусского государственного университета, Минск, Беларусь.

Шаховская Л. С. Волгоградский государственный технический университет, Волгоград, Россия.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief	KOVALEV M. M. , doctor of science (physics and mathematics), full professor; professor at the department of analytical economics and econometrics, faculty of economics, Belarusian State University, Minsk, Belarus. E-mail: kovalev@bsu.by
Deputy editor-in-chief	LIAMESHCHANKA P. S. , doctor of science (economics), full professor; head of the department of international political economy, faculty of economics, Belarusian State University, Minsk, Belarus. E-mail: liamp@bsu.by
Executive secretary	GOSPODARIK C. G. , PhD (economics), docent; head of the department of analytical economics and econometrics, faculty of economics, Belarusian State University, Minsk, Belarus. E-mail: gospodarik@bsu.by

Auzan A. A. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia.
Danilchanka A. V. Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus.
Davydenko E. L. Belarusian State University, Minsk, Belarus.
Gritsenko A. A. Institute for Economics and Forecasting of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.
Khatskevich G. A. School of Business and Management of Technology of the Belarusian State University, Minsk, Belarus.
Koroleva A. A. Belarusian State University, Minsk, Belarus.
Nesvetailova A. City Political Economy Research Centre of the University of London, London, United Kingdom.
Nureev R. M. Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia; National Research University «Higher School of Economics», Moscow, Russia.
Petrenko Y. S. Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia.
Salahodjaev R. F. Consulting and Research Center ERGO Research & Advisory, Tashkent, Uzbekistan; Westminster International University in Tashkent, Tashkent, Uzbekistan.
Shakhovskaya L. S. Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia.
Vorob'ev V. A. Belarusian State Economic University, Minsk, Belarus.

УДК 332.012.2

В. История экономической мысли, методология,

нетрадиционные подходы

*B. History of Economic Thought, Methodology,
and Heterodox Approaches*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ КОНЦЕПТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

К. В. ШЕСТАКОВА¹⁾, Е. М. КАРПЕНКО¹⁾

¹⁾*Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь*

Аннотация. Проанализирован ряд методологических концептов в целях выявления гносеологической основы исследования социально-экономических систем. Рассмотрены исторический, эволюционный, формационный, диалектический, системный, тектологический, кибернетический, телеологический, синергетический подходы. В рамках каждого подхода выделены базовые методологические установки, определена предметная область их приложения к познанию социально-экономических систем. Сформулированы принципы исследования социально-экономической системы. Использование предложенной совокупности методологических концептов для познания сущности, свойств, качеств социально-экономической системы существенно расширит возможности исследователя, позволит всесторонне анализировать объективные закономерности ее функционирования и развития, преодолевать ограничения отдельно взятого методологического подхода.

Ключевые слова: социально-экономическая система; концепт; методология исследования; исторический подход; эволюционный подход; диалектика; системный подход; тектология; кибернетический подход; телеологический подход.

Образец цитирования:

Шестакова КВ, Карпенко ЕМ. Методологические концепты исследования социально-экономических систем. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика.* 2025;1:4–9.

EDN: ZMLSWE

For citation:

Shestakova KV, Karpenka EM. Methodological concepts of socio-economic systems study. *Journal of the Belarusian State University. Economics.* 2025;1:4–9. Russian.
EDN: ZMLSWE

Авторы:

Кристина Владиславовна Шестакова – кандидат экономических наук, доцент; доцент кафедры международного менеджмента экономического факультета.

Елена Михайловна Карпенко – доктор экономических наук, профессор; заведующий кафедрой международного менеджмента экономического факультета.

Authors:

Kristina V. Shestakova, PhD (economics), docent; associate professor at the department of international management, faculty of economics.

shestakovak@bsu.by
<https://orcid.org/0000-0002-7644-7998>

Elena M. Karpenko, doctor of science (economics), full professor; head of the department of international management, faculty of economics.

karpenkaem@bsu.by
<https://orcid.org/0000-0001-6843-8875>

METHODOLOGICAL CONCEPTS OF SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS STUDY

K. V. SHESTAKOVA^a, E. M. KARPENKA^a

^aBelarusian State University, 4 Nizaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Corresponding author: K. V. Shestakova (shestakovak@bsu.by)

Abstract. The article explores several methodological concepts with the aim of establishing a comprehensive epistemological foundation for the study of socio-economic systems: historical, evolutionary, formation, dialectical, systemic, tectological, cybernetic, teleological, and synergetic approaches. The basic methodological principles within each approach are identified, and the scope of their application to the understanding of socio-economic systems is defined. Based on the proposed methodological framework, principles for researching socio-economic systems are formulated. The use of this set of methodological concepts to understand the essence, properties, and qualities of socio-economic systems will significantly expand the researcher's capabilities, enabling a comprehensive and multifaceted analysis of their objective patterns of functioning and development, while overcoming the limitations of any single methodological approach.

Keywords: socio-economic system; concept; research methodology; historical approach; evolutionary approach; dialectics; systems approach; tectology; cybernetic approach; teleological approach.

Введение

Важную роль в понимании природы и сущности объекта познания играет выбранная методология исследования. Как отмечает Р. М. Нуреев, «метод науки, с одной стороны, отражает познанные законы исследуемой сферы окружающего мира, а с другой – выступает как средство дальнейшего познания» [1, с. 133]. Методология исследования предполагает выделение системы принципов и подходов в исследовательской программе, которые формируют фундамент получения знаний в определенной области. В то же время изменение методологических приемов позволяет изменить ракурс рассмотрения объекта и обнаружить ранее неизвестные его качества и свойства. Соответственно, в вопросах сущностного осмысливания социально-экономической системы как специфического объекта, представляющего собой комбинацию «взаимосвязанных и взаимодействующих социальных и экономических институтов, организаций и отношений по поводу производства, распределения и потребления материальных и нематериальных ресурсов» [2, с. 9], научный метод ориентирован на систематизацию имеющихся знаний, концептуализацию каркаса «научного» действия, связанного с получением нового знания либо уточнением содержания существующего знания.

В настоящее время мировой наукой накоплен значительный теоретико-методологический опыт исследования социально-экономических систем. Проблематика разработки методологической базы для познания функционирования и развития социально-экономических систем связана в первую очередь с именами таких ученых, как К. Маркс, Г. Гегель, М. Вебер, Й. Шумпетер, Дж. Кейнс, В. Ростоу, А. Боданов, К. Поппер, Т. Кун, И. Лакатос, П. Фейерабенд, Р. Нуреев, У. Алиев, А. Бузгалин и др. Однако в сложившейся теоретико-методологической базе до сих пор имеются «узкие» места, которые, как отмечают А. А. Микрюков, М. Е. Мазуров и И. М. Калюжный, не позволяют «в полной мере обеспечивать адекватность моделей, что зачастую приводит к ошибкам в принятии управленческих решений» [3, с. 27].

Основная часть

Целью данной статьи выступает построение обобщающей системы знаний в области методологии исследования социально-экономических систем, позволяющей всесторонне анализировать объективные закономерности их функционирования и развития, преодолевать ограничения отдельно взятого методологического подхода. В совокупности такое обобщение должно «обеспечить объективный познавательный подход к предмету исследования, адекватно отражающий его природу: генезис, структуру, содержание и функции» [4, с. 8]. При этом данная система методологических подходов должна быть адекватной описываемому объекту (социально-экономической системе) в совокупности ее онтологической сложности, соответствовать объективным эмпирическим данным, позволяющим многоаспектно исследовать различного рода процессы и свойства, удовлетворять требованию полноты описания, обладать конструктивностью, простотой и эвристичностью. А. А. Микрюков, М. Е. Мазуров и И. М. Калюжный указывают, что методам научного анализа социально-экономической системы должны быть присущи системность, адекватность, обоснованность и достаточность, целенаправленность (соответствие цели познания), результативность и формализованность [3].

Исследование социально-экономических систем носит комплексный характер. Соответственно, при изучении используются различные гносеологические позиции, способные создать целостную систему научного знания об объекте исследования – социально-экономической системе. В качестве таких методологических концептов представляется целесообразным рассматривать исторический, эволюционный, формационный, диалектический, системный, текстологический, кибернетический, телеологический и синергетический подходы. Рассмотрим вклад каждого из обозначенных методологических подходов в формирование научной системы знаний о социально-экономической системе.

Исторический подход (Аристотель, Вольтер, Ж. Ж. Руссо, И. Г. Фихте, Г. Гегель, А. Тойнби, О. Конт и др.). Как указывает Б. Н. Миронова, любой объект, любые изменения, происходящие с ним, можно понять только в конкретно-исторических условиях¹, применительно к социальной действительности, изменяющейся во времени и пространстве. «Социальные объекты суть объекты исторические, т. е. возникают в какое-то время, существуют в конечном временном интервале и, в конце концов, прекращают существование» [5, с. 175]. Исследование социально-экономических систем должно осуществляться в контексте осмысливания конкретных исторических событий (в том числе кризисов, революций и т. п.), путем познания исторических ступеней их развития, анализа произошедших изменений и выявления специфики развития, а также факторов, их породивших, что становится базисом для их сопоставления, сравнения.

Эволюционный подход (Ч. Дарвин, К. Поппер, Дж. Кэмпбелл, С. Тулмин, Т. Веблен, Й. Шумпетер, Р. Нельсон, С. Уинтер и др.). Рассматриваемый подход применяется «при исследовании развития социально-экономических систем, где основным механизмом реализации экономических интересов является рынок и государство как экономический субъект, предлагающий населению общественное благо» [7, с. 85]. Согласно эволюционному подходу социально-экономическая система находится в процессе изменений, обусловленных ее стремлением к состоянию равновесия. Неравновесие, в свою очередь, можно рассматривать как «перманентно существующую созидающую силу, способствующую переходу экономической системы в иное качество благодаря росту экономической эффективности, техническому, технологическому и организационному прогрессу, институциональным усовершенствованиям» [8, с. 223]. Каждое новое состояние равновесия есть результат эволюции социально-экономической системы. Данный процесс – следствие воздействия внешних и внутренних факторов на поведение экономических агентов, в результате чего меняется структура народного хозяйства, т. е. процесс является «спонтанным, необратимым и открытым» [7, с. 92]. Эволюционный подход позволяет исследовать развитие социально-экономических систем с позиции направленных изменений в содержании процессов и структур (прогресса, регресса и других форм и путей развития), выявлять движущие силы перехода в новое качественное состояние, тенденции эволюции, предсказывать направления будущих преобразований.

Формационный подход (К. Маркс, Ф. Энгельс, В. И. Ленин и др.). Помимо учета исторического контекста, исследование социально-экономической системы должно исходить из понимания стадии развития ее производительных сил и производственных отношений (в том числе отношений собственности), выступающих причиной сложившегося на данной основе способа производства. Ключевой категорией данного методологического подхода является общественно-экономическая формация, представляющая собой тип общества, «находящийся на определенной ступени исторического развития, общество со своеобразным отличительным характером» [6, с. 442]. Общественно-экономическая формация предопределяет взаимосвязи всех сторон и сфер функционирования социально-экономической системы, поведение экономических субъектов, институциональную составляющую. Использование формационного подхода в познании социально-экономических систем делает возможным проследить качественные изменения, происходящие в экономическом базисе, спрогнозировать траекторию дальнейшей трансформации социально-экономической системы и сопутствующей ей среды оперирования.

Диалектический подход (Г. Гегель). Данный подход реализуется в способах разделения и соединения целого и части, главного и второстепенного, необходимого и случайного, статики и динамики, абстрактного и конкретного и т. д. Исходной позицией диалектического подхода является взаимосвязь противоречия и тождества. Подход предполагает рассматривать социально-экономическую систему, любое явление внутри и вне ее «в двойственности его свойств и характеристик, находить их противоречия и взаимосвязь (обусловленность, единство, зависимость)»². Согласно диалектическому подходу социально-экономическая система находится в постоянном движении, изменении и развитии, которые имеют общие закономерности, причинно-следственные связи.

¹Миронов Б. Н. Историческая социология России : учеб. пособие / под общ. ред. В. В. Козловского. СПб. : Изд. дом С.-Петербург. ун-та : Интерсоцис, 2009. С. 536.

²Коротков Э. М. Исследование систем управления : учеб. и практикум для акад. бакалавриата. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт, 2023. С. 43.

Системный подход (Л. Берталанфи, К. Боулдинг, И. В. Блауберг, М. Месарович, В. Н. Садовский, В. Н. Волкова и др.). Данный подход заключается в изучении социально-экономической системы с применением теории систем и принципа системности. Ключевой категорией подхода является система. По мнению Е. Е. Слуцкого, система выступает главной праксиологической³ формой [9]. Система – это «совокупность взаимосвязанных и взаимозависимых элементов, образующих определенное единство и целесообразность»⁴. Система – «комплекс подсистем, элементов и компонентов и присущих им свойств, взаимодействие между которыми и средой порождает качественно или существенно новую интегративную целостность»⁵.

Методология системного подхода предполагает исследование таких атрибутов системы, как элемент, часть, связь, отношения, структура, целостность, целеустремленность, а также отношений и взаимодействий, которые возникают между целым и его частями, целым и внешней средой, частями целого. Элементом системы признается наименьший (неделимый) компонент системы. В случае с социально-экономической системой элементами могут быть признаны люди, единица факторов производства и т. п. Элементы системы находятся во взаимосвязи и взаимоотношении, что, в свою очередь, формирует структуру системы. Для понимания системы большое значение имеет характер связи и взаимодействия элементов. По мнению Ф. И. Перегудова и Ф. П. Тарасенко, структура – «это совокупность необходимых и достаточных для достижения цели системы отношений между ее элементами»⁶. В свою очередь, свойства элементов варьируют в зависимости от их структурно-функциональных ролей в рамках системы. Структура системы создает внутреннюю организованность (упорядоченность), что обеспечивает целостность системы, появление и проявление системных признаков и свойств, которые приведены в таблице.

Системные признаки и свойства

Systemic features and properties

Системные признаки	Системные свойства
Наличие единичных компонентов (единичный состав)	Целостность
Единство (целое)	Эмерджентность
Системообразующие связи	Иерархичность
Цель как системообразующий фактор	Множественность
Организация и управление	Устойчивость
Поведение	Эквифинальность
	Мультипликативность
	Развитие

С точки зрения познания социально-экономических систем целостность и эмерджентность выступают важными интегративными свойствами, являются отражением того, что целое детерминирует части, а части, взаимодействуя в системе, порождают ее.

Целостность – это внутреннее единство объекта, его отделенность от окружающей среды. Целостность является источником возникновения у системы новых свойств (эмержентности) и качеств, которые не были характерны для ее частей. Как следствие, свойство целостности выражается в том, что изменения в состоянии любого из элементов влияют на систему в целом. Для поддержания целостности необходима организованность, однако справедливо и обратное утверждение: целостность порождает организованность.

Эмерджентность – это степень несводимости свойств системы к свойствам ее элементов⁷. Она выражается в появлении новых, отличных качеств, которые не были присущи частям системы. Исходя из вышеобозначенного, свойство эмерджентности отрицает возможность трансполяции свойств частей (элементов) системы на всю систему.

Текнологический подход (А. А. Богданов). В рамках данного методологического подхода констатируется организованность как базовая характеристика различных систем (биологических, физических,

³Праксиология – область социологии, изучающая действия людей с точки зрения установления их эффективности.

⁴Драгобыцкий И. Н. Системный анализ в экономике : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальностям «математические методы в экономике», «прикладная информатика». М. : Юнити-дана, 2012. С. 24.

⁵Системный анализ и принятие решений : словарь-справочник : учеб. пособие для вузов / под общ. ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. М. : Высш. шк., 2004. С. 36.

⁶Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ : учеб. пособие для студентов вузов. М. : Высш. шк., 1989. С. 63.

⁷См.: Перегудов Ф. И., Тарасенко Ф. П. Введение в системный анализ... 367 с.

экономических, социальных и т. п.) и единство организационных методов. Следовательно, на первое место с точки зрения познания выводятся организационные отношения, которые складываются между элементами внутри комплекса (системы), целым и его частью, а также процессы, их детерминирующие.

Ключевой вопрос, на который отвечает тектология, заключается в определении наиболее целесообразного метода (способа) организации некого набора элементов [10]. Для поиска решения организационных вопросов используется принцип изоморфизма, т. е. наличия организационного подобия органических и неорганических систем, что дает возможность выявить универсальные закономерности организации и структурного преобразования любых систем. В основе данного методологического концепта лежит понятие тектологического акта, представляющего собой процесс организационного взаимодействия, в результате которого происходит формирование, преобразование и разрушение систем.

Кибернетический подход (Н. Винер, У. Эшби, С. Бир, А. И. Уемов, В. М. Глушков и др.). В соответствии с указанным подходом фокус исследователя направлен на аспекты взаимодействия управляющей системы (субъекта управления) и управляемой подсистемы (объекта управления) путем передачи сигналов – различного рода управленческих воздействий и реакции на эти сигналы. Управление с позиции кибернетики – это предвидение тех изменений, которые произойдут в системе после подачи управляющего воздействия (сигнала, несущего информацию). При этом управление анализируется и с учетом взаимодействия системы с внешней средой. Следовательно, социально-экономическая система – это система открытого типа. Она активно взаимодействует с внешней средой, получая из нее необходимые для своего функционирования энергию, информацию, ресурсы, технологию, средства производства. В рамках данного подхода следует уточнить, что социально-экономические системы – это и «динамические системы, в которых связь между элементами и параметрами, циркуляция информации, системы информации, обратная связь модифицируются в зависимости от особенностей соответствующих явлений во внешней среде. Мера организованности социально-экономических структур определяется мерой организованности информации, соотношением между энтропией и негэнтропией» [11, с. 64].

В соответствии с кибернетическим подходом справедливо утверждение, что социально-экономические системы обладают памятью. Память – это свойство кибернетических систем накапливать информацию в той или иной форме и в зависимости от этого менять выполняемые ими действия. «Запоминание» информации в кибернетической системе может производиться двумя путями: за счет изменения состояний элементов системы либо за счет изменения структуры.

Телеологический подход (Аристотель, И. Кант, Р. Акофф, Ф. Эмери и др.). В рамках данного методологического концепта цель выступает в качестве «предопределяющего фактора функционирования объекта» [12, с. 47]. Конечная цель является основой для определения действий по ее достижению, т. е. «не действие приводит к цели, а цель предопределяет определенный набор действий» [12, с. 47]. Телеологический подход закладывает гносеологический фундамент к изучению социально-экономических систем, согласно которому не «прошлое» состояние, событие, явление определяет текущее (механистическая причинно-следственная парадигма), а будущее состояние, событие, явление первично по отношению к настоящему [12]. Согласно утверждению Т. Парсонса имманентная целесообразность становится существенной характеристикой любой оптимально функционирующей социальной системы [13]. К. Маркс заметил, что «действование без цели есть бесцельное, бессмысленное действование» [14, с. 258]. Если цели нет, то система не может быть даже смоделирована. Цель, в свою очередь, будет обуславливать и структуру, и поведение системы (определять особенности ее функционирования). В социально-экономических системах общая цель становится побудительным мотивом для сотрудничества между людьми, своего рода «аттрактором», так как для ее реализации будет создаваться новое качественное состояние системы.

Синергетический подход (И. Пригожин, Г. Хакен и др.). Данный подход заключается в рассмотрении социально-экономических систем с позиции выявления закономерностей самоорганизации, устойчивости и разрушения упорядоченных структур. Объектом изучения социально-экономических систем в рамках синергетического подхода выступает состояние, в котором отсутствует равновесие, – хаос, неустойчивость, дезорганизованность. При этом такое состояние признается естественным и нормальным, а фокус исследования направляется на поведение социально-экономических систем в данном состоянии под влиянием внешних воздействий или внутренних факторов (флуктуаций), которое позволяет перейти от дезорганизованности к организованности. Синергетический подход подчеркивает, что социально-экономическая система – это самоподдерживающаяся система, внутри которой различные элементы, взаимодействуя друг с другом, трансформируют беспорядок и хаос в организованность. Применение синергетического подхода позволяет осмысливать, как «социально-экономическая система, подвергшаяся колебаниям факторов развития (включая и воздействия внешние) в точках бифуркации, обретает такую степень неустойчивости, при которой начинается процесс ее самообновления, самоструктурирования с переходом на новый уровень упорядоченности» [11, с. 68].

Заключение

В результате анализа сформирована обобщающая система знаний в области методологии исследования социально-экономических систем, включая совокупность основополагающих принципов. На основе вышеизложенных методологических концептов для исследования социально-экономических систем предлагаются следующие принципы:

- 1) темпоральности (исходное свойство любого объекта, характеризующее его событийную сложность, когда системные качества мгновенно не определимы и являются следствием стремления к равновесию в некотором временном интервале);
- 2) историзма (социально-экономическая система рассматривается в рамках конкретного процесса, изменяющегося по сущности и во времени);
- 3) организаций (структуры дифференцируются в соответствии с требованиями, предъявляемыми им внешней средой);
- 4) содержания и формы (содержание определяет форму);
- 5) системности (предметы и явления мира – это системы различных типов и видов целостности и сложности, которые находятся во взаимосвязи, взаимодействуют между собой и обладают свойствами, возникающими только на уровне системы как целого, а не отдельных ее элементов);
- 6) «обратной причинности» (несуществующее будущее желаемое (целевое) состояние производит следствие в настоящем);
- 7) диалектики информационной и пространственно-временной зависимости в системе (изменение системы есть одновременно и изменение ее окружения);
- 8) многофакторности (на функционирование социально-экономической системы одновременно оказывает влияние множество факторов, находящихся во взаимосвязи, каждый из которых вносит свой вклад в конечный результат).

Таким образом, предложенная совокупность основополагающих принципов позволит существенно разнообразить исследование сущности социально-экономической системы, изменить и углубить предмет изучения, выявить ранее недоступные с точки зрения применяемого методологического аппарата качества и свойства, что значительно расширит границы познания социально-экономической системы.

Библиографические ссылки

1. Нуреев РМ. Предпосылки новой экономической парадигмы: онтология и гносеология. *Вопросы экономики*. 1993;4: 131–144. EDN: WARLZJ.
2. Кафидов ВВ. Управление в социально-экономических системах. Москва: Первое экономическое издательство; 2022. 206 с.
3. Микрюков АА, Мазуров МЕ, Калюжный ИМ. Актуальные вопросы развития теоретико-методологических основ исследования социально-экономических систем и процессов. *Инновации и инвестиции*. 2021;1:27–32. EDN: OULIJM.
4. Алиев УЖ. Методология построения общей предметной модели научной дисциплины (к обоснованию теоретической экономики). *Теоретическая экономика*. 2011;3:7–18. EDN: OXZINB.
5. Зиновьев АА. *Фактор понимания*. Москва: Алгоритм; 2006. 528 с. (Философский бестселлер). Совместно с издательством «Эксмо».
6. Маркс К, Энгельс Ф. *Сочинения. Том 6*. 2-е издание. Москва: Государственное издательство политической литературы; 1957. XXII, 761 с.
7. Крылова ЕВ, Карасев МА. Применение методологии эволюционного подхода в исследовании развития социально-экономической системы. *Прогрессивная экономика*. 2023;10:83–95. EDN: FXXGZK.
8. Яковлева ТА. Эволюционный подход к развитию экономических систем: постановка вопроса. *Вестник Брянского государственного университета*. 2011;3:223–225. EDN: ONWFLJ.
9. Слуцкий ЕЕ. *Экономические и статистические произведения. Избранное*. Москва: Эксмо; 2010. 1152 с. (Антология экономической мысли).
10. Локтионов МВ. А. А. Богданов как основоположник общей теории систем. *Философия науки и техники*. 2016;21(2): 80–96. DOI: 10.21146/2413-9084-2016-21-2-80-96.
11. Агапов ПВ. Социальные системы: теория, подходы и динамика. *Вестник Московского университета. Серия 18, Социология и политология*. 2014;4:60–75. EDN: TEDGXJ.
12. Шестакова КВ. Телесистемные основания исследования и управления социально-экономическими системами. В: Сукиасян АА, редактор. *Доктрины, школы и концепции устойчивого развития науки в современных условиях. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием; 28 сентября 2024 г.; Таганрог, Россия*. Уфа: Азтерна; 2024. с. 47–49.
13. Парсонс Т. *Система современных обществ*. Ковалева МС, редактор; Седов ЛА, Ковалев АД, переводчики. Москва: Аспект Пресс; 1998. 270 с.
14. Маркс К, Энгельс Ф. *Сочинения. Том 1*. 2-е издание. Москва: Государственное издательство политической литературы; 1955. XVI, 698 с.

Статья поступила в редакцию 04.03.2025.
Received by editorial board 04.03.2025.

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ВЫБОРА МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕНТРОВ В ЭЛЕКТРОННОЙ ТОРГОВЛЕ

С. Р. ДУТИН¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Представлены оригинальные математические модели логистики нового класса задач – электронной торговли. Предлагаемые оптимизационные модели выбора местоположения логистических центров и почтовых терминалов в сетях электронной доставки разработаны на основе классических графовых задач о k центрах и k медианах.

Ключевые слова: логистика электронной торговли; трансграничная электронная торговля; электронная доставка; задача о k центрах; задача о k медианах; оптимизация расположения центров.

OPTIMISATION MODELS FOR CHOOSING THE LOCATION OF LOGISTICS CENTRES IN ELECTRONIC COMMERCE

S. R. DUTIN^a

^aBelarusian State University, 4 Nizaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Abstract. Original mathematical models are presented for logistics of a new class of problems – electronic commerce. The proposed optimisation models for choosing the location of logistics centres and parcel terminals in electronic delivery networks are developed on the basis of classical graph problems about k centres and k medians.

Keywords: electronic commerce logistics; cross-border electronic commerce; electronic delivery; problem about k centres; problem about k medians; optimisation of the location of centres.

Введение

Транспортные издержки в зависимости от отрасли экономики составляют 10–50 % от стоимости товара, поэтому для транспортного бизнеса характерно стремление оптимизировать свои затраты без снижения уровня сервиса, что требует эффективных методов размещения логистических центров.

Первым транспортным задачи для снабжения армии Наполеона стал решать знаменитый французский математик Г. Монж в конце XVIII в. Впоследствии советский математик Л. В. Канторович решал такие задачи для развозки грузов по огромной территории СССР (подробнее см. [1]). Позднее американские ученые Д. Р. Фалкерсон и Л. Р. Форд – младший сформулировали более практические сетевые версии транспортных задач, в которых маршруты составляются на основе графа дорог. Следующий шаг

Образец цитирования:

Дутин СР. Оптимизационные модели выбора местоположения логистических центров в электронной торговле. Журнал Белорусского государственного университета. Экономика. 2025;1:10–14.
EDN: XIZQQT

For citation:

Dutin SR. Optimisation models for choosing the location of logistics centres in electronic commerce. Journal of the Belarusian State University. Economics. 2025;1:10–14. Russian.
EDN: XIZQQT

Автор:

Сергей Русланович Дутин – аспирант кафедры аналитической экономики и эконометрики экономического факультета. Научный руководитель – доктор экономических наук, доцент А. А. Королёва.

Author:

Sergey R. Dutin, postgraduate student at the department of analytical economics and econometrics, faculty of economics.
sergei.dutin@gmail.com

к обобщению сетевых транспортных задач был сделан М. М. Ковалёвым и Н. Н. Писаруком: они создали методы решения сетевых транспортных задач с дополнительными условиями взаимозаменяемого спроса и предложения, смоделированными с помощью субмодулярных функций (см., например, [2]).

Новые требования к оптимизации размещения логистических центров предъявила бурно развивающаяся внутристрановая и трансграничная электронная торговля. Среднегодовые темпы развития этих обеих форм электронной торговли выражаются двузначными числами, а их особенностью являются чрезвычайно высокие требования к скорости доставки (до половины товаров электронной торговли доставляются день в день). Вышеуказанные обстоятельства привели к созданию нового сектора транспортной логистики – так называемой электронной доставки, доходы которой растут со среднегодовой скоростью почти 20 %. По многочисленным прогнозам, данная тенденция сохранится до 2032 г., т. е. доходы электронной доставки увеличатся с 441,55 млрд долл. США в 2023 г. до 1900,0 млрд долл. США к 2032 г. Особенно быстро растет и будет расти сектор логистики трансграничной электронной торговли, для которого CAGR(2024, 2030) = 25,4 % (порталы *grandviewresearch.com*, *fortunebusinessinsights.com* и др.). Стремительное развитие транспортной логистики электронной торговли (электронной доставки) потребовало как реорганизовать традиционные сети почт и экспресс-доставок стран мира, так и дополнить их специальными системами электронной доставки (аутсорсинговыми или принадлежащими маркетплейсам). В обоих случаях возникли проблемы массового строительства логистических центров хранения и сортировки товаров электронной торговли, а следовательно, оптимального выбора их местоположения.

В литературе описаны отдельные эвристические методы выбора местоположения логистических центров. Например, в статье [3] предложен метод выбора региона размещения крупных логистических контейнерных терминалов в Уральском федеральном округе с эффектом 6,6 млрд руб. в год за счет вычисления интегральной оценки привлекательности на основе 13 факторов социально-экономической группы (объем розничного товарооборота на душу населения и др.), инфраструктурно-географической группы (наличие транспортных коридоров и т. д.) и группы транспортной работы региона (например, объемы перевозки грузов железнодорожным и автомобильным транспортом). В публикации [4] данный метод был развит в систему методов выбора местоположения сети логистических распределительно-сервисных центров с использованием имитационного моделирования на примере Магнитогорского региона. Эти исследования были обобщены в диссертациях О. А. Копыловой [5] и А. Ю. Куровой [6].

О важности проблемы размещения логистических распределительных центров свидетельствует ее обсуждение в Аналитическом центре при Правительстве Российской Федерации (<https://ac.gov.ru>) в 2018 г.

Интересные рейтинговые методики формирования сети логистических центров во Вьетнаме изучены в работе [7].

Современные модели оптимизации транспорта компании электронной торговли (электронной доставки) строят на цифровой копии используемой транспортной сети для решения следующих задач:

- 1) оптимизации размещения логистических распределительных центров;
- 2) оптимизации затрат на доставку от поставщиков товаров до логистических центров и почтоматов (точек хранения и выдачи заказов);
- 3) оптимизации маршрутов транспорта от логистических распределительных центров до почтоматов;
- 4) поиска оптимального баланса транспортных и складских затрат;
- 5) оптимизации парка транспортных средств, включая баланс собственного и наемного транспорта;
- 6) моделирования обратных потоков с минимизацией порожнего пробега и возврата отказных заказов;
- 7) календаризации поставок в недельном разрезе с учетом своевременного выполнения заказов;
- 8) ежедневного динамического планирования оптимальных маршрутов доставки заказов от промежуточных логистических центров до почтоматов.

Современные системы оптимизации электронной доставки создаются на базе алгоритмов выбора местоположения складов, маршрутизации и группировки заказов с использованием искусственного интеллекта (см., например, AI-платформу российской компании *Master Delivery* и публикацию [8]).

Модели и алгоритмы решения оптимизационных задач электронной доставки были изучены в работе [9]. Настоящая статья, продолжая это исследование, концентрирует внимание на моделях и методах выбора местоположения логистических центров промежуточного хранения товаров электронной торговли, а также точек размещения почтоматов на карте города.

Модели выбора местоположения логистических центров

Цепи поставок товаров электронной торговли (особенно трансграничной), которые мы называем электронной доставкой, могут отличаться значительными расстояниями между поставщиками и покупателями товаров. Крупные маркетплейсы типа *Alibaba*, *Wildberries*, *Ozon*, как правило, имеют собственные системы логистической доставки заказанного товара. Другие маркетплейсы прибегают к услугам почты

или систем экспресс-доставки, которые организуют специальные места международного почтового обмена и таможенного оформления (типичные примеры – аэропорты Внуково, Пулково и Толмачево в России). Проблема выбора местоположения логистических центров для акционерного общества «Почта России» изучалась в работе [8]. В собственных системах цепей поставок товаров электронной торговли также необходимо выбрать местоположение логистических складов в странах массовых заказов, где будут храниться нерастаможенные товары, ожидающиеся заказа, и определить точки размещения почтоматов в районах города или подъездах домов.

Задача оптимизации процесса доставки товаров в почтоматы включает следующие этапы.

Этап 1: выбор точки размещения почтомата с учетом местоположения потенциальных заказчиков.

Этап 2: решение задачи доставки от логистического центра до почтомата.

Этап 3: решение задачи целесообразности сдачи почтомата в аренду другим компаниям.

Этап 4: выбор способов оповещения клиентов и способов открытия ячейки.

Модель модифицированной задачи о k центрах графа (быстрота электронной доставки). Понятие «центр графа» («центр Жордана») возникло давно. Оно подразумевает под собой все вершины графа, для которых наибольшее расстояние до других вершин является минимальным (данное минимальное расстояние называется радиусом графа). В логистике подобные модели возникают в ситуации, когда нужно так разместить логистические центры, чтобы минимизировать расстояние до самых дальних заказчиков.

Для поиска центра графа был предложен алгоритм Флойда – Уоршелла (см. [3]). При решении прикладных задач размещения (заводов, больниц скорой помощи и т. д.) как задач минимизации расстояния до наиболее удаленного объекта возникла необходимость принимать веса ребра графа равным его длине и брать не один, а заданное число (k) центров. Подобную модель назвали задачей о взвешенных k центрах графа. Она состоит в том, чтобы в графе $G = (V, E)$ найти вершину, удовлетворяющую условию

$$\min_{i \in V} \max_{j \in V} \text{dist}(i, j),$$

где $\text{dist}(i, j)$ – расстояние между вершинами i и j графа G , которое вычисляется как число ребер (возможно, взвешенных) в пути между i и j , т. е. стоимость $d(s, k)$ перевозки по ребру (s, k) .

Аналогично задаче о центре графа формулируется задача о k центрах: требуется найти такое множество $X \subset V$ вершин графа мощности k , $|X| = k$, чтобы выполнялось условие

$$\min_{\substack{i \in V, \\ |X|=k}} f_1(X) = \max_{i \in V \setminus X} \text{dist}(i, X),$$

где $\text{dist}(i, X) = \min_{j \in X} \text{dist}(i, j)$ – минимальное расстояние $j \in X$ от пункта i до ближайшего из k центров.

В рассматриваемой задаче выбора местоположения логистических центров (например, центров обмена посылками электронной доставки) $\text{dist}(i, j)$, т. е. расстояние между вершинами i и j графа G сети дорог, вычисляется не только как длина дорог, но и как сумма весов вершин вдоль пути между i и j . Вершина i получает веса в зависимости от прогнозируемого объема поступления в нее посылок электронной доставки в сутки. У каждого предполагаемого центра i , принадлежащего множеству X , также имеется стоимость размещения в пункте i логистического центра.

Новую задачу назовем модифицированной задачей о k центрах графа. Эта задача является наиболее подходящей моделью для выхода компании электронной доставки на рынок, определяющей местоположение всех k новых логистических центров сортировки или формирования посылок. Главным критерием оптимизации выбора местоположения логистических центров в модифицированной задаче о k центрах графа служит быстрота доставки, т. е. отсутствие заказчиков на чрезвычайно далеких расстояниях с учетом загруженности этих длинных путей доставляемыми посылками.

Для систем электронной доставки, уже располагающих достроенными и действующими k' логистическими центрами и принявших решение построить k'' центров, задача видоизменяется, так как в искомом множестве центров X фиксировано местоположение k' центров, которое нужно пополнить выбранным местоположением еще k'' центров. Очевидно, что математическая суть задачи (см. [10, гл. 5]) при этом не изменяется.

Модель задачи о k медианах графа для выбора местоположения почтоматов. Медианой графа называется вершина, для которой сумма кратчайших расстояний до остальных вершин графа является минимально возможной.

В настоящее время в городах массово организуются точки получения заказанных товаров – почтоматы. Они представляют собой небольшие (в Китае, наоборот, очень большие) помещения, оборудованные номерными ячейками хранения, из которых покупатели забирают свой оплаченный товар. Для микрорайона возникает задача выбора помещения для аренды под почтомат при наличии альтернатив. Пусть W – множество помещений i с арендной платой c_i в месяц. Предположим, что микрорайон разбит на

агломерации вплоть до отдельных домов $j \in V$, а $\text{dist}(i, j)$ есть расстояние между домом j и возможным почтоматом i . Известно также прогнозное число b_j заказов из дома j в месяц. Необходимо так расположить почтоматы, чтобы минимизировать суммарные походы клиентов за своими товарами:

$$\min_{\substack{X \subseteq W, \\ |X| \leq k}} f_1(X) = \sum_{i \in X} c_i^+ \sum_{j \in V} \min_{i \in X} \text{dist}(i, j) b_j.$$

Задача может рассматриваться и в версии, когда в микрорайоне уже имеется множество почтоматов X' и к ним нужно добавить новые почтоматы из неизвестного множества X'' , от этого математическая суть задачи не изменится.

Модель модифицированной задачи о k медианах графа (минимальные затраты на электронную доставку). В задачах о выборе местоположения одного логистического центра в сети дорог требуется расположить его так, чтобы сумма кратчайших расстояний до остальных вершин графа была минимально возможной, что снизит затраты на электронную доставку. Это местоположение и есть медиана графа. Однако чаще возникает задача размещения не одного, а k логистических центров из множества X , которые должны быть выбраны так, чтобы сумма кратчайших расстояний от любой вершины i до остальных вершин из множества X , $|X| = k$, принимала минимально возможное значение:

$$\min_{X \subseteq V} f_2(X) = \sum_{i \in V \setminus X} \text{dist}(i, X),$$

где $\text{dist}(i, X)$ – минимальное расстояние от вершины i до ближайшего логистического центра из множества медиан X . Подробнее математическую суть задачи можно посмотреть в работе [10, гл. 6]. В модифицированной задаче при определенных $\text{dist}(i, X)$ учитываются веса промежуточных вершин вдоль пути из вершины i в свой логистический центр из множества X , связанные с прогнозируемыми объемами поставок. У каждой потенциальной медианы i из множества X также имеется фиксированная стоимость строительства логистического центра D_i , которая зависит от вершины i .

Отметим, что в результате решения задачи о k медианах, помимо определения медиан, т. е. местоположения логистических центров, каждый пункт заказчиков прикрепляется к одному из логистических центров.

Модели модифицированной задачи о k медианах, как и задачи о k центрах графа, относятся к так называемым NP-трудным задачам, т. е. задачам, для которых эффективные полиномиальные алгоритмы неизвестны, в связи с чем приходится строить переборные алгоритмы типа ветвей и границ [10] или приближенные эвристические алгоритмы.

Главным общим свойством обеих модифицированных для целей электронной доставки задач о k центрах и k медианах является супермодулярность их минимизируемых функций $f_1(X)$ и $f_2(X)$ [1].

Напомним, что функция $f(X)$ называется супермодулярной, если ее i -градиенты $\Delta_i f(X) = f(X \cup i) - f(X)$ не возрастают. Если в точке X все i -градиенты неотрицательны, то на всякой цепи множеств $X_1 \subseteq \dots \subseteq X \subseteq X_k$ (содержащей X) функция $f(X)$ в точке X достигает локального минимума, т. е. не возрастает до X и не убывает после X . Это важное свойство супермодулярной функции позволяет в процессе перебора при поиске ее минимума отсекать как неоптимальные целые направления перебора.

Алгоритмы минимизации расположения k центров или k медиан

Однокоординатный градиентный алгоритм. Данный алгоритм иногда называют жадным (*greedy*). Впервые его предложил главный интендант армии Наполеона, впоследствии знаменитый математик Г. Монж для решения задачи выбора поставщиков грузов для французских войск. В применении к модифицированной задаче о k центрах или k медианах он выглядит следующим образом. Пусть X_0 – уже имеющееся множество из k' логистических складов (X_0 может быть пустым множеством, если склады строятся с нуля). Тогда итерация t ($t = 1, \dots, k - k'$) состоит в следующем: находим пункт $i(t) \in V \setminus X_{t-1}$, для которого i -градиент

$$\Delta_i f(X_{t-1}) = f(X_{t-1} \cup i) - f(X_{t-1})$$

принимает наименьшее значение. Она показывает, насколько изменятся затраты на электронную доставку, если в пункте $i(t)$ разместить логистический центр и положить, что $X_t = X_{t-1} \cup i(t)$. Такой простой алгоритм (правда, с достаточно сложными графовыми процедурами поиска путей доставок, необходимыми для вычисления $\Delta_i f(X_{t-1})$) дает вполне приличное решение (см. [2]).

Бикоординатный градиентный алгоритм. Идея данного алгоритма проста: выбираем начальное множество X_1 из k вершин (естественно, в него входят, если имеются, уже построенные логистические центры) и для любой пары (i, j) , $i \in X_t$, $j \in V \setminus X_t$, $t = 1, \dots, n$, вычисляем (i, j) -градиент

$$\Delta_{ij}f(X_t) = f(X_t) - f(X_t \cup j \setminus i)$$

и находим ту t -пару $t(i, j)$, для которой $\Delta_{ij}f(X_t)$ минимален, а затем заменяем текущее множество на множество $X_{t+1} = X_t \setminus i \cup j$. Алгоритм заканчивает работу, когда уменьшить затраты за счет подбора пар (i, j) невозможно, т. е. $\Delta_{ij}f(X_t)$ положителен для всех (i, j) . Полученное множество X_{t+1} центров (медиан) и будет эвристически оптимальным для размещения логистических центров. При экспериментальных расчетах в качестве начального множества X_1 бралось уже хорошее решение, полученное с использованием однокоординатного градиентного алгоритма, и далее улучшалось с помощью бикоординатного градиентного алгоритма.

Ряд авторов называют подобный алгоритм 2-локальным, так как он находит локально-оптимальное решение в окрестности 2. Заметим, что в книге [2] описаны ситуации, в которых алгоритм дает оптимальное решение при минимизации любой супермодулярной функции.

Алгоритм ветвей и границ. Для алгоритма ветвей и границ имеются многочисленные программные системы, в том числе коммерческие, однако они, как правило, требуют сформулировать модель в форме задачи целочисленного программирования. Для этого введем переменные $x_{ij} = 1$, если вершина i будет медианой, и $x_{ij} = 0$ в противном случае, а также $x_{ii} = 1$, если вершину j прикрепим к медиане i . Тогда получим задачу целочисленного программирования

$$\min \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} \text{dist}(i, j) x_{ij}$$

при ограничениях

$$\sum_{i \in V} x_{ij} = 1, \quad j \in V,$$

$$\sum_{i \in V} x_{ii} = k,$$

$$x_{ij} \leq x_{ii}, \quad i, j \in V.$$

Для ее решения воспользуемся стандартными программами.

Заключение

На основе классических графовых задач о k центрах и k медианах сформулирован целый ряд новых моделей выбора местоположения логистических центров в сетях электронной доставки. Построенные модели и алгоритмы могут применяться в самых разных системах транспортной логистики и уже используются при электронной доставке в сети заведений быстрого питания *KFC*.

Библиографические ссылки

1. Королёва АА. *Математический инструментарий анализа развития транспортной логистики в Беларуси*. Минск: БГУ; 2022. 279 с.
2. Ковалёв ММ. *Матроиды в дискретной оптимизации*. Минск: Университетское; 1987. 222 с.
3. Рахмангулов АН, Копылова ОА, Аутов ЕК. Выбор мест для логистических мощностей. *Мир транспорта*. 2012;10(1): 84–91. EDN: OWZIWX.
4. Кайгородцев АА, Рахмангулов АН. Система методов выбора места размещения логистического распределительного центра. *Современные проблемы транспортного комплекса России*. 2012;2(1):23–37. EDN: PBGCTL.
5. Копылова ОА. *Методика оценки вариантов размещения региональных логистических центров* [диссертация]. Екатеринбург: [б. и.]; 2014. 189 с.
6. Куррова АЮ. *Организационно-методическое обеспечение процессов формирования и функционирования логистических центров* [диссертация]. Москва: [б. и.]; 2015. 139 с.
7. Прохоров В, Чирухин В, Хамидуллина Ж. К вопросу о формировании сети логистических центров в Республике Вьетнам. Часть 1. *Логистика*. 2018;11:36–40. EDN: MHCQST.
8. Макаров ВВ, Слуцкий МГ, Иванова ЮА. Инновационная модель организации цепи поставок товаров электронной торговли с использованием логистических центров. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2019;4(2): 189–193. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10782.
9. Дутин С. Сетевая модель и методы решения задачи k коммивояжеров для оптимизации маршрутов доставки. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2023;2:20–24. EDN: PQHBZW.
10. Кристофицес Н. *Теория графов: алгоритмический подход*. Гаврилов ГП, редактор; Вершков ЭВ, Коновальев ИВ, переводчики. Москва: Мир; 1978. 432 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ФИНАНСОВОЙ ИНТЕГРАЦИИ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АМЕРИКИ И КАРИБСКОГО БАССЕЙНА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

A. A. НЕКРАСОВА¹⁾

¹⁾*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
ул. Мясницкая, 11, 101000, г. Москва, Россия*

Аннотация. Проанализированы интеграционные процессы в рамках Центральноамериканской интеграционной системы (ЦАИС) и Карибского сообщества, при этом особый акцент сделан на специфике финансовой интеграции на современном этапе развития. Проверена гипотеза о том, что, несмотря на продолжающийся в период с 2013 по 2024 г. процесс формирования финансовой интеграции, гармонизация банковского сектора, инвестиционных механизмов и фондового рынка стимулирует рост объемов взаимной торговли между странами Карибского сообщества и ЦАИС. В ходе эконометрического анализа выявлено, что большинство факторов стимулируют экспорт между странами Карибского сообщества и ЦАИС. Отмечено, что рост ВВП на душу населения оказывает негативное влияние: увеличение этого показателя на 1 % влечет за собой снижение экспорта на 1,495 %. Данная тенденция объясняется тем, что в периоды экономических трудностей страны региона усиливают взаимную торговлю, а в более стабильные времена ориентируются на внешних партнеров, в частности на США. Результаты работы могут быть интересны научно-исследовательским центрам, компаниям и международным организациям, специализирующимся на изучении интеграционных процессов в Карибском сообществе, ЦАИС и других объединениях.

Ключевые слова: финансовая интеграция; интеграционные процессы; ЦАИС; Карибское сообщество; регрессионная модель.

THE PECULIARITIES OF THE FINANCIAL INTEGRATION DEVELOPMENT OF THE CENTRAL AMERICA AND THE CARIBBEAN COUNTRIES AT THE PRESENT STAGE

A. A. NEKRASOVA^a

^a*National Research University Higher School of Economics,
11 Mjasnickaja Street, Moscow 101000, Russia*

Abstract. The article is devoted to the analysis of integration processes within the Central American Integration System (SICA) and the Caribbean Community with a special focus on the specifics of financial integration at the current stage of development. The paper aims to empirically test the hypothesis that despite the ongoing process of financial integration formation between 2013 and 2024, the harmonisation of the banking sector, investment vehicles and the stock market

Образец цитирования:

Некрасова АА. Особенности развития финансовой интеграции стран Центральной Америки и Карибского бассейна на современном этапе. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2025;1:15–23.

EDN: MMBNZE

For citation:

Nekrasova AA. The peculiarities of the financial integration development of the Central America and the Caribbean countries at the present stage. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2025;1:15–23. Russian.

EDN: MMBNZE

Автор:

Anastasia A. Nekrasova – научный сотрудник, аналитик Института государственного и муниципального управления.

Author:

Anastasia A. Nekrasova, research associate, analyst of the Institute of State and Municipal Management.
anekrasova@hse.ru
<https://orcid.org/0009-0000-0028-2800>



stimulates the growth of mutual trade between Caribbean Community and SICA countries. The econometric analysis reveals that most factors drive exports between Caribbean Community and SICA countries. It is noted that GDP per capita growth has a negative impact: a 1 per cent increase in this indicator entails a 1.495 per cent decrease in exports. This trend is explained by the fact that in periods of economic hardship, the countries of the region increase mutual trade, while in more stable times they focus on external partners, particularly the United States. The results of this paper may be of interest to research centres, companies and international organisations specialising in the study of integration processes in Caribbean Community, SICA and other groupings.

Keywords: financial integration; integration processes; SICA; Caribbean Community; regression model.

Введение

В условиях глобализации экономические системы стран становятся все более тесно связанными. Процессы интеграции проявляются в первую очередь в уменьшении таможенных пошлин и увеличении интенсивности торговли. Глобальная финансовая интеграция имеет целью унификацию экономических и финансовых систем стран. Региональная интеграция способствует упразднению экономических барьеров для стран, активизируя финансовые, инвестиционные, банковские и страховые операции, а также может привести к унификации валют и передаче части полномочий по регулированию финансовой сферы наднациональному центральному банку [1].

Сегодня интеграционные блоки, формируемые развивающимися государствами, приобретают все больший вес. В Латинской Америке наиболее развитые механизмы финансовой интеграции демонстрируют Карибское сообщество и Центральноамериканская интеграционная система (ЦАИС). С 2002 г. Карибское сообщество через Карибский банк развития продвигает создание единого карибского рынка, направленного на экономическую и финансовую интеграцию. Центральноамериканский банк экономической интеграции, функционирующий в рамках ЦАИС, работает над привлечением иностранных инвестиций в регион.

Хотя вклад стран Карибского сообщества в общий ВВП Латинской Америки и Карибского бассейна невелик (2 %), уровень жизни в данных странах, измеряемый в ВВП на душу населения, выше, чем в среднем по региону (11,2 тыс. долл. США против 8,3 тыс. долл. США¹). В странах ЦАИС, на которые приходится 7 % регионального ВВП², ситуация иная: здесь из-за различий в экономическом развитии ВВП на душу населения составляет 7 тыс. долл. США, что ниже, чем в среднем по региону. Сотрудничество между Карибским сообществом и ЦАИС было закреплено совместной декларацией Сан-Педро, принятой на 4-м саммите глав государств и правительств стран Карибского сообщества и ЦАИС в марте 2022 г.³ В документе стороны выразили готовность к сотрудничеству в финансовой и банковской сферах, а также к укреплению региональных финансовых институтов для восстановления экономик после пандемии. Данное сотрудничество обусловлено особенной уязвимостью обеих организаций к мировым кризисам. Однако исследователи отмечают, что Карибское сообщество и ЦАИС, по сравнению с другими объединениями региона, продемонстрировали наиболее эффективный подход к преодолению последствий пандемии на наднациональном уровне. Таким образом, изучение опыта финансовой интеграции данных организаций становится актуальным и значимым для рассмотрения.

Настоящее исследование ставит своей целью определение особенностей финансовой интеграции стран Центральной Америки и Карибского бассейна на современном этапе. Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- 1) определить сходство и различия развития финансовой интеграции в ЦАИС и Карибском сообществе;
- 2) выявить ключевые направления развития финансовой интеграции в ЦАИС и Карибском сообществе с другими странами;
- 3) оценить факторы, влияющие на развитие финансовой интеграции в ЦАИС и Карибском сообществе;
- 4) рассмотреть возможности экстраполяции опыта ЦАИС и Карибского сообщества на другие интеграционные объединения.

Исследование основывается на следующей гипотезе: несмотря на то что финансовая интеграция стран Карибского сообщества и ЦАИС с 2013 по 2024 г. не достигла высшей ступени и находится в процессе становления, сближение банковской сферы, а также инвестиционных и фондовых рынков положительно влияет на динамику торговли внутри объединений.

¹World development indicators // The World Bank : website. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#> (date of access: 10.02.2025).

²Ibid.

³Joint declaration of San Pedro // Caribbean Community : website. URL: <https://caricom.org/declaration-caricom-sica/> (date of access: 10.02.2025).

В исследовании использованы методы регрессионного и сравнительного анализа. Регрессионная модель включает в себя следующие переменные: внутрирегиональный экспорт стран – участниц объединений, приток прямых иностранных инвестиций (ПИИ), доходы от международного туризма, темпы ежегодного прироста ВВП, уровень ежегодной инфляции, ВВП на душу населения, волатильность валютного курса, объем чистых иностранных активов и дамми-переменную, отражающую наличие формальной валютной интеграции.

В работе [2] Дж. С. Най и Р. О. Кеохейн в рамках неолиберального подхода подчеркивают, что в формировании современных международных связей наряду с государствами значительную роль играют негосударственные участники, интеграционные блоки и межправительственные институты. Неолиберальная теория акцентирует внимание на расширении торгово-экономических связей, взаимодействии в социальной и экологической областях, а также решении вопросов глобальной безопасности на наднациональном уровне.

По мнению Дж. Н. Розенау, усиление торговых связей между странами приводит к формированию комплексной взаимозависимости [3]. Данная тенденция размывает традиционную политическую повестку и смещает акцент на международные институты. В условиях подобной взаимозависимости даже небольшой конфликт в одной точке мира способен нарушить цепочки поставок и дестабилизировать глобальную экономику.

Классическая пятиступенчатая модель Б. Балассы, долгое время служившая основой для анализа интеграционных процессов, представляет полную финансовую интеграцию в рамках экономического и валютного союза как конечную цель и высшую ступень интеграции [4]. Тем не менее подобная модель не отвечает требованиям текущей геополитической ситуации в полной мере, особенно в контексте стремления развивающихся государств к формированию новых полюсов влияния и собственных форм интеграции. Данные тенденции привели к появлению в научной литературе концепции нового регионализма, характеризующей более адаптивные формы интеграции, которые базируются на экономических факторах и часто сводятся к созданию зон свободной торговли.

В середине 1990-х гг. Э. Харрел предложил концепцию нового регионализма – теорию, в рамках которой признается социокультурное и экономическое разнообразие стран, отвергается идея наличия универсальных этапов интеграции и анализируются многосторонние соглашения как ключевые инструменты формализации межгосударственного сотрудничества [5]. В то же время У. Маттли подчеркивал, что влияние лидеров стран менее значительно, чем роль бизнес-сообщества и транснациональных корпораций [6]. Следовательно, при изучении интеграционных процессов, протекающих вне ЕС, приоритетное внимание следует уделять экономическому аспекту. В качестве примеров объединений, соответствующих принципам концепции нового регионализма, можно привести Карибское сообщество и ЦАИС.

Анализ Экономической комиссии для Латинской Америки и Карибского бассейна показывает, что в Карибском сообществе наблюдаются ограничения финансовой интеграции качеством и количеством финансовых институтов⁴. Проблема высоких операционных расходов банков в регионе ограничивает доступ малого бизнеса к банковским услугам. Дж. Козье и П. Уотсон подчеркивают важность создания единой региональной биржи *Caribbean exchange network*, которая до сегодняшнего дня не сформирована [7]. М. Маккинзи поддерживает идею создания валютного союза Карибского сообщества, считая его потенциальным «драйвером» экономического роста и шагом к более тесной интеграции [8]. Однако реализация данной идеи могла бы лишить национальные центральные банки самостоятельности в денежно-кредитной политике, из-за чего она встретила значимое сопротивление. Т. Лорд, Б. Франсис и А. Аллейн подчеркивают, что препятствием для развития интеграции в Карибском сообществе выступает низкая конкурентоспособность сектора услуг – ключевой экспортной отрасли региона [9].

Финансовую интеграцию стран ЦАИС тормозят не только экономические проблемы. Политическая нестабильность и высокий уровень преступности, например в Сальвадоре и Гондурасе, создают дополнительные препятствия и могут ослабить усилия по укреплению финансового сотрудничества в регионе [10]. Миграционные кризисы также являются препятствием для развития интеграции, в частности, миграционный кризис 2015 г. стал причиной рассмотрения Коста-Рикой вопроса о выходе из состава интеграционного объединения (данное решение принято не было) [11]. Несмотря на существующие трудности, согласованные действия стран ЦАИС позволяют более эффективно решать общие проблемы наднациональным образом, особенно во время кризисов. К. Зеа указывает на необходимость разработки единой стратегии восстановления экономики странами – членами ЦАИС после пандемии COVID-19, подчеркивая, что опора на собственные силы для них более предпочтительна,

⁴Financial intermediation and its impact on capital formation in the context of the Caribbean Community single market and economy (CSME) // CEPAL : website. URL: <https://www.cepal.org/en/publications/38789-financial-intermediation-and-its-impact-capital-formation-context-caricom-single> (date of access: 20.02.2025).

чем ориентация на внешнюю помощь [12]. В. Эрш также указывает на незначительную роль ЦАИС в регулировании наднационального финансового рынка и превосходство по объему иностранного капитала над инвестициями государств-членов [13].

Материалы и методы исследования

Организация фондовых рынков в странах Карибского сообщества и ЦАИС имеет общие черты: невысокий оборот операций и стремление к финансовому развитию в регионе. Банковская система Карибского сообщества представлена международными офшорными банками, в то время как страны – участницы ЦАИС пользуются услугами иностранных и местных банков, ориентированных на развитие аграрного сектора. Отсутствие общерегионального центрального банка компенсируется деятельностью банков развития, осуществляющих кредитование ключевых региональных проектов. Валютная интеграция в Карибском сообществе и ЦАИС остается незавершенной, однако в рамках первого объединения существует валютный союз – Организация восточнокарибских государств (ОВКГ), включающий ряд стран. Широко распространенная практика привязки национальных валют к доллару США в обоих объединениях является следствием их значительной экономической зависимости от США. Позитивная динамика внутрирегиональной торговли в Карибском сообществе и ЦАИС, несмотря на отсутствие формальных механизмов, может рассматриваться как косвенный признак развития финансовой интеграции.

Карибское сообщество и ЦАИС получают значительную часть ПИИ из США, ЕС и Канады, в основном эти инвестиции используются для развития сектора услуг, туризма и строительства. В свою очередь, ПИИ, исходящие из Карибского сообщества, преимущественно направлены в США и ЕС, а ПИИ, поступающие из ЦАИС, – в экономики стран-участниц. В рамках инициативы по обеспечению устойчивости фондовых бирж оказывается поддержка развитию фондовых рынков в виде консультаций и тренингов по вопросам устойчивого развития. Внешние партнеры объединений также активно содействуют развитию банковской системы, финансируя проекты, нацеленные на достижение устойчивого экономического роста. Торговые отношения Карибского сообщества и ЦАИС с другими странами имеют важное значение, при этом их главным торговым партнером являются США. Экспортная продукция Карибского сообщества представлена в основном минеральными ресурсами, ЦАИС – текстильной продукцией. Импортными товарами обоих объединений выступают преимущественно минеральное сырье и машиностроительная продукция, что свидетельствует о недостаточной диверсификации экспортной структуры.

Укрепление торговых связей и рост товарооборота являются важными факторами интеграции. Достижение более продвинутых этапов интеграции, характеризующихся снижением тарифных ставок и устранением торговых ограничений, приводит к расширению торговли и стимулирует экономический рост стран – участниц объединений. В данном исследовании экспорт каждого государства Карибского сообщества и ЦАИС внутри объединений выступает индикатором торговых связей и зависимой переменной в рамках сообщества, что наиболее точно отражает динамику торговли между странами. Информация для анализа была получена из открытой базы данных *Trade map*⁵.

В целях анализа определяющих факторов финансовой интеграции в Карибском сообществе и ЦАИС были отобраны следующие ключевые показатели: объем входящих ПИИ (в миллионах долларов США), уровень ежегодной инфляции (в %), доходы от сферы международного туризма (в миллионах долларов США), темпы ежегодного прироста ВВП (в %), ВВП на душу населения (в миллионах долларов США), объем чистых иностранных активов (в миллионах долларов США), волатильность валютного курса (в абсолютных значениях), а также дамми-переменная.

Данные об объеме ПИИ, поступающих в страны Карибского сообщества и ЦАИС, были взяты из общедоступной базы данных *Investment map*⁶, остальные данные – из открытой базы данных Всемирного банка⁷. Доходы от международного туризма включали все расходы иностранных туристов, в том числе транспортные издержки, предоплату за товары и услуги, а также траты однодневных посетителей. Ежегодная инфляция рассчитывалась на основе изменения индекса потребительских цен в течение года.

Для анализа годовой динамики ВВП использовались текущие рыночные цены, номинированные в долларах США (с применением фиксированного обменного курса). Показатель ВВП на душу населения был получен путем стандартного деления общего ВВП на среднегодовую численность населения. Вычисление чистых иностранных активов основывалось на разнице между активами и обязательствами органов валютного регулирования, а также депозитных банков по отношению к нерезидентам (с последующим пересчетом национальной валюты в доллары США). Волатильность валютного курса была оценена

⁵Trade map : website. URL: <https://www.trademap.org/Index.aspx> (date of access: 01.03.2025).

⁶Investment map : website. URL: <https://www.investmentmap.org/investment/search> (date of access: 01.03.2025).

⁷World development indicators // The World Bank : website. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators#> (date of access: 10.02.2025).

на основе открытых данных Конференции ООН по торговле и развитию⁸, что позволило рассчитать кросс-курсы валют. Для учета валютной интеграции использовалась дамми-переменная (значение 1 соответствовало странам ОВКГ⁹ (Антигуа и Барбуда, Доминика, Гренада, Сент-Китс и Невис, Сент-Винсент и Гренадины, Сент-Люсия), значение 0 – остальным странам). Ограничением исследования является степень доступности данных, обусловленная небольшим размером рассматриваемых стран.

Приток ПИИ в государства Карибского сообщества и ЦАИС свидетельствует об увеличении капитала в данных регионах, что выступает проявлением финансовой интеграции. Годовые темпы инфляции в странах Карибского сообщества и ЦАИС, отражая динамику потребительских цен, служат индикатором степени экономической взаимосвязанности регионов. В свою очередь, рост доходов от международного туризма обусловлен финансовой интеграцией, поскольку снижение экономических барьеров способствует увеличению туристического потока. Сфера туризма играет ключевую роль в экономике как стран Карибского сообщества, так и значительной части государств ЦАИС.

Ежегодный рост ВВП в странах Карибского сообщества и ЦАИС указывает на экономическое развитие государств. ВВП на душу населения отражает уровень материального благополучия населения и динамику его изменений. Объем чистых иностранных активов позволяет судить о степени зависимости экономики государства от зарубежных инвестиций. Изменения курсов валют исследуемых стран демонстрируют нестабильность обменных курсов по отношению к доллару США, так как валюты большинства стран из рассматриваемых блоков привязаны к валюте США. Включение в анализ фиктивной переменной, отражающей существование валютного союза, позволяет проиллюстрировать продвижение стран к более зрелым fazam интеграционного процесса, в частности к созданию экономического союза.

В настоящей работе анализировалось влияние вышеописанных факторов на объем взаимной торговли внутри Карибского сообщества и ЦАИС. Для расчетов использовалась следующая формула:

$$\begin{aligned} \ln_export_var = & 0,001 fdi_var + 0,058 infl_var + 0,757 \ln_tourism_var + \\ & + 0,002 gdp_var - 1,495 \ln_gdp_cap_var + 0,001 \ln_currency_var + \\ & + 0,096 \ln_currency_var + 0,838 econ_union - 10,675 + \varepsilon, \end{aligned}$$

где \ln_export_var – логарифм экспорта стран; fdi_var – приток ПИИ; $infl_var$ – уровень ежегодной инфляции; $\ln_tourism_var$ – доходы от международного туризма; gdp_var – темпы ежегодного прироста ВВП; $\ln_gdp_cap_var$ – ВВП на душу населения; $\ln_currency_var$ – объем чистых иностранных активов; $econ_union$ – волатильность валютного курса. Для анализа регрессии была выбрана полулогарифмическая спецификация. В рамках модели зависимая переменная (экспорт) и ряд независимых переменных, включая доходы от международного туризма, ВВП на душу населения и волатильность валютного курса, были представлены в логарифмическом виде (табл. 1).

Таблица 1

Результаты регрессионного анализа факторов, влияющих на объемы экспорта в странах Карибского сообщества и ЦАИС

Table 1

The results of a regression analysis of factors affecting export volumes in the Caribbean Community and SICA countries

Переменная	Коэффициент
Приток ПИИ	0,001*
Уровень ежегодной инфляции	0,058**
Доходы от международного туризма	0,757*
Темпы ежегодного прироста ВВП	0,002
ВВП на душу населения	-1,495*
Объем чистых иностранных активов	0,001*
Волатильность валютного курса	0,096
Наличие валютной интеграции	0,838***
Константа	-10,675*

Примечание. Знаком * отмечены коэффициенты, значимые на уровне 1 %, знаком ** – коэффициенты, значимые на уровне 5 %, знаком *** – коэффициенты, значимые на уровне 10 %.

⁸Currency exchange rates, annual // UNCTAD : website. URL: <https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=117> (date of access: 20.02.2025).

⁹About the OECS // OECS : website. URL: <https://www.oecs.org/en/who-we-are/about-us> (date of access: 20.02.2025).

Результаты и их обсуждение

Анализ разработанной модели позволил установить ряд значимых взаимосвязей. Каждый процент роста доходов от международного туризма приводит к увеличению экспорта на 0,757 %. Поскольку туризм является важной частью экспорта услуг Карибского сообщества и ЦАИС, страны данных сообществ активно сотрудничают, заключая соглашения об упрощении визового режима и снижении торговых барьеров, что способствует дальнейшему развитию экспортной деятельности. Кроме того, функционирование валютного союза является дополнительным преимуществом. Обращение общей валюты в рамках сообщества ведет к уменьшению издержек на трансакции для входящих в него государств и формированию более комфортных условий для торговли друг с другом. Данная модель предопределяет увеличение экспорта между странами, объединенными в рамках этого валютного союза, на 0,838 %.

Рост инфляции ведет к увеличению номинального экспорта на 0,058 % на каждый процентный пункт инфляции, что требует корректировки экспортных показателей с учетом инфляционного давления. Колебания курсов валют благоприятствуют расширению экспорта, особенно для стран, валюты которых не привязаны к доллару США. Обесценивание или девальвация валюты (в зависимости от режима валютного курса) повышают конкурентоспособность страны и снижают стоимость ее товаров на внешних рынках, стимулируя экспортные поставки.

Приток ПИИ ввиду формирования новых производственных активов и содействия экономическому росту оказывает благоприятное воздействие на экспорт, укрепляя тем самым экспортный потенциал государства. Результаты моделирования свидетельствуют о том, что увеличение объема входящих ПИИ на 1 млн долл. США способствует росту объемов экспорта на 0,001 %. Аналогичное положительное влияние на экспорт оказывают чистые иностранные активы, обеспечивающие дополнительные финансовые ресурсы для развития производственного сектора и, как следствие, расширения экспортной деятельности. Разработанная модель показывает, что рост чистых иностранных активов на 1 млн долл. США обуславливает увеличение экспорта на 0,00046 %.

Регрессионная модель (см. табл. 1) демонстрирует, что рост ВВП на душу населения негативно влияет на экспорт внутри сообщества, снижая его на 1,495 % (при увеличении ВВП на 1 %). Данный факт можно объяснить тем, что по мере роста благосостояния страны Карибского сообщества и ЦАИС переориентируются на торговлю с внешними партнерами, в первую очередь с США – ключевым импортером и экспортёром для блоков. Ранее Р. Алегриа и Д. Нольте отмечали, что наиболее интенсивное сотрудничество в рамках Карибского сообщества и ЦАИС наблюдается в периоды кризисов, таких как пандемия COVID-19 [14]. Интеграционные объединения служат для стран-участниц в большей степени дополнительным ресурсом, особенно в условиях ограниченной внешней поддержки. В то же время при благоприятной экономической конъюнктуре государства могут переориентироваться на сотрудничество с более развитыми и влиятельными партнерами.

Р. Алегриа и Д. Нольте также анализируют, насколько успешно интеграционные объединения Латинской Америки справлялись с пандемией, оценивая их по таким параметрам, как автономность, наличие ноу-хау, функционального распределения доходов и лидерства [14]. Анализ показал, что Карибское сообщество и ЦАИС продемонстрировали более высокую степень консолидации усилий в борьбе с пандемией, хотя были вынуждены прибегать к внешней помощи в сфере научных разработок, оказания медицинской поддержки и финансов. Реакция ЕС на пандемию оказалась менее скоординированной, что было обусловлено преобладанием мер национального характера и недостаточным учетом интересов государств – членов союза, например Италии [15]. Данные различия в подходах могут быть объяснены не только экономическими факторами, но и разными культурными ценностями, в частности степенью ориентации на индивидуализм и коллективизм, которая отражена на культурной карте Р. Инглхарта¹⁰. Несмотря на достигнутый уровень интеграции, зависимость Карибского сообщества и ЦАИС от внешних ресурсов в условиях ограниченности собственных средств остается существенной проблемой.

Финансовая интеграция в Карибском сообществе и ЦАИС имеет как сильные, так и слабые стороны (табл. 2). Региональные банки облегчают приток инвестиций, но зависимость от внешнего капитала, часто представленного офшорными структурами, создает риски, особенно в условиях санкций. В пределах блоков для привлечения местных и иностранных инвестиций действуют региональные фондовые биржи. Однако ввиду ограниченных ресурсов стран Карибского сообщества и ЦАИС существующие биржи были учреждены при поддержке ООН, что указывает на определенную степень зависимости данных объединений от внешнего влияния в процессе их становления. Кроме того, ряд стран Карибского сообщества, входящих в ОВКГ, обладают опытом формирования валютного союза,

¹⁰WVS cultural map: 2023 version released // World values survey : website. URL: <https://www.worldvaluessurvey.org/WVSNews-Show.jsp?ID=467> (date of access: 03.03.2025).

представляющего собой наиболее продвинутую форму интеграции. Однако, поскольку валюты стран ОВКГ, как и многих других государств Карибского сообщества и ЦАИС, привязаны к доллару США, их экономики становятся уязвимыми к экономическим колебаниям в США.

Интеграция финансовых рынков в Карибском сообществе и ЦАИС создает благоприятные условия для привлечения ПИИ через банки развития, что позволяет финансировать как инфраструктурные проекты, так и проекты, направленные на устойчивое развитие и долгосрочный рост. Однако большая часть инвестиций поступают из США, а не из региона, что обусловлено в том числе ограниченностью собственных средств. В то же время интеграционные процессы повышают потенциал развития сектора услуг, в частности банковского и туристического секторов, благодаря притоку ПИИ и туристов. Тем не менее в пределах блоков сохраняется проблема низкой диверсификации экспорта, что отражает структуру экономики, ориентированной на развитие туризма и сельского хозяйства.

Таблица 2

Сильные и слабые стороны финансовой интеграции Карибского сообщества и ЦАИС

Table 2

Strengths and weaknesses of financial integration of Caribbean Community and SICA

Сильные стороны	Слабые стороны
Функционирование региональных банков развития в целях привлечения капитала из-за рубежа	Зависимость банковского сектора от иностранного капитала
Создание местных фондовых рынков для листинга национальных компаний	Значительная зависимость развития региональных фондовых рынков от внешнего участия
Практика создания странами валютного союза ОВКГ	Привязка национальных валют к курсу доллара США
Обеспечение притока ПИИ для целевых проектов в рамках региональных банков развития	Поступление значительной доли входящих ПИИ из США, малой – из стран объединений
Развитие сектора услуг ввиду значительного притока ПИИ	Незначительная диверсификация экспорта из-за слабой диверсификации экономик

Анализ финансовой интеграции в Карибском сообществе и ЦАИС позволяет оценить возможность применения их опыта в других интеграционных объединениях развивающихся стран. В Латино-Карибском регионе существуют и другие значимые интеграционные блоки, такие как объединение «Меркосур», Тихоокеанский альянс и Андское сообщество. Например, в объединении «Меркосур» для финансирования проектов развития был создан Банк Юга, однако в силу изменения приоритетов стран-участниц и опасений относительно финансовых рисков он не смог привлечь достаточного финансирования и в настоящее время фактически прекратил свою деятельность [16].

В отличие от Андского сообщества, в рамках которого функционирует Андская корпорация развития, выступающая в качестве регионального банка развития, Тихоокеанский альянс, представляющий собой относительно новое интеграционное объединение, на текущий момент не располагает собственным банком развития [17], а процесс финансовой интеграции между странами – участниками данного сообщества находится на начальной стадии. Таким образом, все перечисленные интеграционные блоки пока не достигли всеобъемлющей финансовой интеграции, в связи с чем анализ и адаптация опыта Карибского сообщества и ЦАИС представляются интересными для данных объединений.

Для определения возможности экстраполяции опыта финансовой интеграции Карибского сообщества и ЦАИС на другие интеграционные объединения развивающихся стран необходим комплексный анализ. Во-первых, следует учесть культурные и исторические различия. Методы финансирования и привлечения капитала могут существенно отличаться в зависимости от региона. Например, в некоторых странах Ближнего Востока применяются принципы исламского банкинга, исключающие операции с процентами. Во-вторых, важно оценить уровень развития финансового сектора. Финансовая инфраструктура в разных объединениях может значительно различаться. Например, страны ЭСГЦА характеризуются менее развитой финансовой системой по сравнению с Карибским сообществом и ЦАИС, что может приводить к увеличению рисков для иностранных инвесторов. В то же время опыт Карибского сообщества и ЦАИС может быть интересен для других объединений, имеющих собственные банки развития и стремящихся к дальнейшей финансовой интеграции, например ЕАЭС и АСЕАН.

Заключение

Несмотря на существующие различия, финансовые системы Карибского сообщества и ЦАИС демонстрируют ряд общих черт. Так, сходством является выраженная зависимость блоков от притока ПИИ, основными источниками которых выступают страны Северной Америки и ЕС. Внутрирегиональные инвестиции в данных сообществах незначительны. Фондовые рынки обоих объединений характеризуются ограниченным объемом, представленным в основном акциями местных компаний. Банковская система Карибского сообщества нацелена на привлечение внешнего финансирования, в то время как банковский сектор ЦАИС в большей степени ориентирован на поддержку сельского хозяйства. Несмотря на отсутствие единой валюты, в Карибском сообществе существует валютный союз ОВКГ, объединяющий часть стран. Внутрирегиональная торговля в обоих сообществах растет, но экспортная структура остается узкой, т. е. характеризуется недостаточным разнообразием торгемых товарных категорий.

Данное исследование было направлено на выявление факторов, определяющих торговые связи между странами Карибского сообщества и ЦАИС. Результаты показали, что, хотя финансовая интеграция регионов еще не завершена, развитие банковского сектора, инвестиционного и фондового рынков положительно влияет на объемы торговли. Регрессионный анализ выявил ряд положительных факторов, таких как рост ПИИ, чистых иностранных активов, участие в валютном союзе, волатильность валютного курса и умеренная инфляция. Увеличение ВВП на душу населения оказывает негативное влияние на экспорт, сокращая его значение на 1,495 %. Данный эффект объясняется тем, что в периоды экономических трудностей страны усиливают взаимную поддержку, однако в условиях благоприятной экономической конъюнктуры приоритет может отдаваться сотрудничеству с внешними партнерами, в том числе с США.

Разработанная модель подтверждается опытом взаимодействия Карибского сообщества и ЦАИС во время пандемии COVID-19, демонстрирующим общую заинтересованность в совместном решении проблем. Финансовая интеграция в данных объединениях имеет как сильные, так и слабые стороны. Среди преимуществ можно выделить привлечение региональными банками развития иностранных инвестиций, получение опыта валютной интеграции и возможности целевого инвестирования, а также развитие фондовых рынков. Однако в процессе интеграции возникают проблемы, такие как зависимость от иностранного капитала, влияние внешних партнеров, привязка валют к доллару США, преобладание инвестиций из США и недостаточная диверсификация экономики и экспорта.

Практический опыт финансовой интеграции, полученный Карибским сообществом и ЦАИС, может быть успешно адаптирован и использован другими интеграционными группами в Латино-Карибском регионе, такими как объединение «Меркосур», Тихоокеанский альянс и Андское сообщество. Хотя культурные и экономические различия могут создавать трудности, изучение данного опыта также может быть интересным для интеграционных объединений других развивающихся стран, например ЕАЭС и АСЕАН. Результаты исследования могут быть востребованы научно-исследовательскими центрами, международными организациями и компаниями, которые изучают интеграционные процессы в целом и опыт Карибского сообщества и ЦАИС в частности.

Библиографические ссылки

1. Королевич ОП. Финансовая интеграция в институциональной теории и воплощение в российской практике. *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2011;17:49–56. EDN: NSZSAF.
2. Nye JS, Keohane RO. *Power and interdependence*. 2nd edition. Glenview: Foresman; 1989. 310 p.
3. Rosenau JN. *The study of global interdependence. Essays on the transnationalisation of world affairs*. New York: Nichols Publishing Company; 1980. 334 p.
4. Balassa B. Trade creation and trade diversion in the European common market. *The Economic Journal*. 1967;77(305):1–21. DOI: 10.2307/2229344.
5. Hurrell A. Explaining the resurgence of regionalism in world politics. *Review of International Studies*. 1995;21(4):331–358. DOI: 10.1017/S0260210500117954.
6. Mattli W. *The logic of regional integration: Europe and beyond*. New York: Cambridge University Press; 1999. 216 p.
7. Cozier J, Watson P. Co-movement in stock prices in emerging economies: the case of the Caribbean Community region. *International Economic Journal*. 2019;33:1–17.
8. Mckenzie M. Institutional developments and prospects for the 21st century: central bank independence, Caribbean monetary union and separation of financial sector supervision. *Social and Economic Studies*. 2001;50:49–73.
9. Lorde T, Francis B, Alleyne A. An assessment of international competitiveness in Caribbean Community services exports. *Global Economy Journal*. 2015;15(4):525–558. DOI: 10.1515/gej-2015-0006.
10. Ibrahim S, Adie E, Bibi-Farouk F. An overview of the Central American integration system. *International Journal of Research*. 2017;5(7):229–238. DOI: 10.5281/zenodo.836453.
11. Stein D. The challenge for the Central American Integration System (SICA): the withdrawal of Costa Rica during the Cuban migrant crisis 2015. *Global: Jurnal Politik Internasional*. 2020;22(1):125–141.

12. Zea C. Revitalizar la integración centroamericana, adelantando la agenda de desarrollo 2030. *Revista de Fomento Social*. 2022; 302:57–72.
13. Ersch V. International and regional capital mobility in Latin American countries. *Technological and Economic Development of Economy*. 2022;28(2):337–357. DOI: 10.3846/tede.2022.15912.
14. Alegria R, Nolte D. El COVID-19 y la crisis del regionalismo latinoamericano: lecciones que pueden ser aprendidas y sus limitaciones. *Relaciones Internacionales*. 2023;52:135–152.
15. Obaid S, Hanifa NA. COVID-19 crisis and EU: liberal values versus national interest. *Insight Turkey*. 2022;3:51–62. DOI: 10.25253/99.2022244.4.
16. Rosales A. The banco del sur and the return to development. *Latin American Perspectives*. 2013;40(5):27–43. DOI: 10.1177/0094582X13492128.
17. Michel A, Delgado J, García J. Reflections on the process of the Pacific Alliance integration from the perspective of competitiveness and investment in science and technology: challenges for future commercial integration. *México y la Cuenca del Pacífico*. 2020;9:21–49.

Статья поступила в редакцию 10.03.2025.
Received by editorial board 10.03.2025.

СОЮЗНОЕ ГОСУДАРСТВО: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ РОССИИ И БЕЛАРУСИ¹

**Ю. В. НЕРАДОВСКАЯ¹⁾, Г. И. КАЛАШНИКОВ¹⁾, Я. А. КОСТЮЧЕНКО¹⁾,
С. А. МУЗАЛЕВСКАЯ¹⁾, М. С. САПРЫКИНА¹⁾**

¹⁾Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
наб. канала Грибоедова, 30–32а, 191023, г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Исследуются связи между экономиками России и Беларуси в рамках Союзного государства. Рассматривается взаимовлияние их ВВП, торговых потоков и инвестиций. Полученные результаты свидетельствуют о глубокой связи между странами – членами объединения. Особое внимание уделяется воздействию импортных операций и инвестиционной деятельности на ВВП, а также способности экономик противостоять внешним шокам. Новизной исследования является разработка оригинальных эконометрических моделей, демонстрирующих устойчивость интеграционных процессов к глобальным кризисам и санкционному давлению.

Ключевые слова: Союзное государство; коинтеграция; ВВП; торговые потоки; инвестиции; эконометрическое моделирование; прогноз.

¹⁾Статья написана по результатам участия авторов в XI Евразийской студенческой олимпиаде по аналитической экономике и прогнозированию в рамках заочного отборочного тура.

Образец цитирования:

Нерадовская ЮВ, Калашников ГИ, Костюченко ЯА, Музалевская СА, Сапрыкина МС. Союзное государство: анализ эффективности интеграции России и Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2025; 1:24–35.

EDN: LDTBLK

For citation:

Neradovskaya YV, Kalashnikov GI, Kostyuchenko YA, Muzalevskaya SA, Saprykina MS. The Union State: analysing the effectiveness of integration of Russia and Belarus. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2025;1:24–35. Russian. EDN: LDTBLK

Авторы:

Юлия Владимировна Нерадовская – кандидат экономических наук, доцент; доцент кафедры статистики и эконометрики факультета экономики и финансов.

Григорий Иванович Калашников – студент факультета экономики и финансов. Научный руководитель – Ю. В. Нерадовская.

Ярослав Андреевич Костюченко – студент факультета экономики и финансов. Научный руководитель – Ю. В. Нерадовская.

Софья Андреевна Музалевская – студентка факультета экономики и финансов. Научный руководитель – Ю. В. Нерадовская.

Мария Сергеевна Сапрыкина – студентка факультета экономики и финансов. Научный руководитель – Ю. В. Нерадовская.

Authors:

Yulia V. Neradovskaya, PhD (economics), docent; associate professor at the department of statistics and econometrics, faculty of economics and finance.

neradovskaya.yu@unecon.ru

https://orcid.org/0000-0002-8112-6849

Grigory I. Kalashnikov, student at the faculty of economics and finance.

kalashnikovgre@yandex.ru

https://orcid.org/0009-0006-9335-2356

Yaroslav A. Kostyuchenko, student at the faculty of economics and finance.

yarikyak@bk.ru

https://orcid.org/0009-0004-8411-6453

Sofia A. Muzalevskaya, student at the faculty of economics and finance.

muzalevskayasyona@gmail.com

https://orcid.org/0009-0001-1472-2747

Maria S. Saprykina, student at the faculty of economics and finance.

loketa2@inbox.ru

https://orcid.org/0009-0006-6463-7547

THE UNION STATE: ANALYSING THE EFFECTIVENESS OF INTEGRATION OF RUSSIA AND BELARUS

Y. V. NERADOVSKAYA^a, G. I. KALASHNIKOV^a, Y. A. KOSTYUCHENKO^a,
S. A. MUZALEVSKAYA^a, M. S. SAPRYKINA^a

^aSaint Petersburg State University of Economics,
30–32a kanala Griboedova Embankment, Saint Petersburg 191023, Russia
Corresponding author: Y. V. Neradovskaya (neradovskaya.yu@unecon.ru)

Abstract. The links between the economies of Russia and Belarus within the framework of the Union State are investigated. The mutual influence of their GDP, trade flows and investments is considered. The results show a deep connection between the countries, participating in the union. Particular attention is paid to the impact of import operations and investment activities on GDP, as well as the ability of the economies to withstand external shocks. The novelty of the study is the development of original econometric models, demonstrating the sustainability of integration processes to global crises and sanctions pressure.

Keywords: the Union State; cointegration; GDP; trade flows; investments; econometric modelling; forecast.

Введение

Сотрудничество между Россией и Беларусью является продолжительным и значимым для обеих стран. Оно осуществляется в различных сферах, в частности в области торговли, инвестиций и инноваций. Данные страны имеют общие направления развития, что обуславливает актуальность настоящего исследования.

Вопросы, связанные с анализом, моделированием и прогнозированием перспектив Союзного государства, широко отражены в научных работах. Г. В. Астратова [1] акцентировала внимание на необходимости глубокого изучения экономики Союзного государства в условиях новых вызовов, таких как введенные санкции. Применение теоретических методов и анализ динамики экономических показателей до и после введения санкций позволили автору охарактеризовать текущее состояние экономики данного объединения. С помощью исследования индексов потребительских цен и промышленного производства было оценено влияние внешних факторов на внутреннюю экономику и выявлены тенденции ее развития. Исследователь подчеркнула необходимость разработки стратегий для повышения эффективности экономического сотрудничества между Россией и Беларусью в условиях санкционного давления.

Е. Ю. Перегудова [2] изучила организационные механизмы межрегионального взаимодействия между Россией и Беларусью, а также указала на их значимость для эффективной интеграции государств и координации их действий в условиях цифровизации. Цифровизация национальных экономик стран – членов объединения открывает новые возможности для экономического роста и улучшения связи между регионами. Кроме того, Е. Ю. Перегудова обосновала необходимость создания единого информационного пространства, которое позволит оптимизировать обмен данными и повысить эффективность торгово-экономического сотрудничества между Россией и Беларусью, а также отметила важность внедрения современных технологий для достижения более глубоких уровней интеграции.

Обзор сектора информационных технологий Беларуси², выполненный в 2023 г. Национальным агентством инвестиций и приватизации Беларуси, показал значительный потенциал для развития этого сектора. Данный вывод подтверждается устойчивым увеличением экспорта услуг в сфере информационных технологий. Государство активно участвует в создании благоприятной бизнес-среды и привлечении инвестиций. Для успешного достижения поставленных целей необходимо преодолеть существующие проблемы, связанные с развитием кадрового потенциала в секторе информационных технологий.

Е. Ю. Шацкая [3] рассмотрела теоретическую сторону взаимодействия между Россией и Беларусью в отношении внедрения новых технологий. Она подчеркнула, что такое взаимодействие открывает множество возможностей для реализации цифровых проектов.

Российские и белорусские специалисты подготовили доклад «Российско-белорусское сотрудничество: время стратегических решений»³. В нем представлены результаты исследования в области создания оптимальных условий для развития Союзного государства и повышения благосостояния граждан России и Беларуси.

²ИТ-сектор в Республике Беларусь. 2023 [Электронный ресурс] // Национальное агентство инвестиций и приватизации. Республика Беларусь. URL: https://investinbelarus.by/upload/medialibrary/a5f9gray841bvcnf5x2dzbya3fh15wsrvpw/Sektor-ikt-_1_-1_.pdf (дата обращения: 09.12.2024).

³Российско-белорусское сотрудничество: время стратегических решений : эксперт. докл. / Ассоц. внешнеполит. исслед. им. А. Громыко, Ин-т Европы РАН. М. : [б. и.], 2021. 38 с.

В рамках исследования «Белая книга цифровой экономики»⁴ было рассмотрено влияние государства на инновационные процессы и цифровизацию в экономике. К инструментам воздействия относятся формирование законодательной базы, финансирование научных разработок, а также поддержка стартапов и малых предприятий.

М. Ю. Днепров и О. В. Михайлюк [4] проанализировали программу «Цифровая экономика Российской Федерации», которая направлена на создание условий для роста конкурентоспособности российских компаний на глобальном рынке, что предполагает внедрение современных технологий и практик. Ключевыми целями программы являются повышение качества жизни граждан через доступ к цифровым услугам, упрощение взаимодействия с государственными структурами и улучшение инфраструктуры. Программа ориентирована на присоединение России к глобальным цифровым трендам, что способствует обмену опытом и технологиями с другими странами.

По мнению Е. В. Пресняковой [5], интеграция России и Беларуси в рамках ЕАЭС способствует реализации совместных инвестиционных проектов, что позволяет странам объединять усилия для достижения общих целей. Интеграция ведет к более рациональному распределению и использованию ресурсов, а также к оптимизации производственных процессов и снижению затрат. Страны – члены ЕАЭС получают возможность обмениваться передовыми технологиями, что способствует модернизации производств и повышению их конкурентоспособности на мировом рынке. Инвестиционные эффекты интеграции создают предпосылки для устойчивого экономического роста и развития в долгосрочной перспективе.

Е. Г. Господарик и М. М. Ковалёв [6] сосредоточились на изучении и совершенствовании математического инструментария для оценки эффективности региональной и глобальной экономической интеграции. Они проанализировали различные сводные индексы для измерения уровня экономической интеграции в объединении, а также следующие модели для расчета интеграционных эффектов: модели глобальной интеграции, модели значимости интеграционных объединений на международной арене, межрегиональные модели интеграции на основе модели затраты – выпуск (В. В. Леонтьев), модели коллективной экономической безопасности интеграционных объединений, гравитационные модели взаимной торговли, эконометрические модели роста экономики стран с учетом интеграционных эффектов, регрессионные модели влияния экономической интеграции на рост ВВП, а также модели оценки воздействия интеграции на повышение совокупной факторной производительности.

Материалы и методы исследования

В рамках настоящего исследования для анализа эффективности интеграции России и Беларуси были использованы модели с лаговыми переменными и модели ARIMA. Кроме того, применялись следующие методы:

- методы тестирования стационарности и коинтеграции временных рядов;
- метод корреляционно-регрессионного анализа;
- методы оценки параметров моделей (метод наименьших квадратов, обобщенный метод наименьших квадратов, метод максимального правдоподобия);
- методы оценки качества моделей регрессии и требований, предъявляемых к случайным остаткам.

Источником информации послужили данные Всемирного банка⁵.

Результаты и их обсуждение

Динамика значений ВВП России и ВВП Беларуси в 1992–2022 гг. представлена на рис. 1. Анализ изображения позволяет выдвинуть гипотезу о взаимосвязи ВВП членов Союзного государства.

Результаты тестирования временных рядов ВВП на коинтеграцию с помощью метода Энгла – Грейнджера подтверждают выдвинутое предположение. Оба временных ряда ВВП нестационарны (согласно тесту Дики – Фуллера уровень значимости для ВВП России составляет 0,407, для ВВП Беларуси он равен 0,495). Ряд случайных остатков коинтеграционной регрессии стационарен ($p = 4,259 \cdot 10^{-6}$).

Функциональная зависимость ВВП России от ВВП Беларуси выражается следующим образом:

$$GDP_R = -1,239 \cdot 10^{11} + 29,992 \cdot GDP_B + \varepsilon,$$

где GDP_R – ВВП России; GDP_B – ВВП Беларуси; ε – случайные остатки. Обозначим, что $R^2 = 0,955$. Уровень значимости для свободного члена составляет 0,102, для коэффициента при показателе ВВП Беларуси равняется $6,09 \cdot 10^{-17}$. При проверке случайных остатков модели на гетероскедастичность с помощью теста Уайта была подтверждена гипотеза о гомоскедастичности ($p = 0,11$). Коэффициент регрессии указывает на то, что рост ВВП Беларуси на 1,0 долл. США связан с увеличением ВВП России в среднем на 29,992 долл. США.

⁴Белая книга цифровой экономики / В. Ю. Сырцева [и др.] ; автоном. некоммерч. орг. «Цифровая экономика» // Цифровая экономика : сайт. URL: https://files.data-economy.ru/Docs/White_paper_2023_.pdf (дата обращения: 10.12.2024).

⁵Группа Всемирного банка : сайт. URL: <https://databank.worldbank.org> (дата обращения: 15.12.2024).

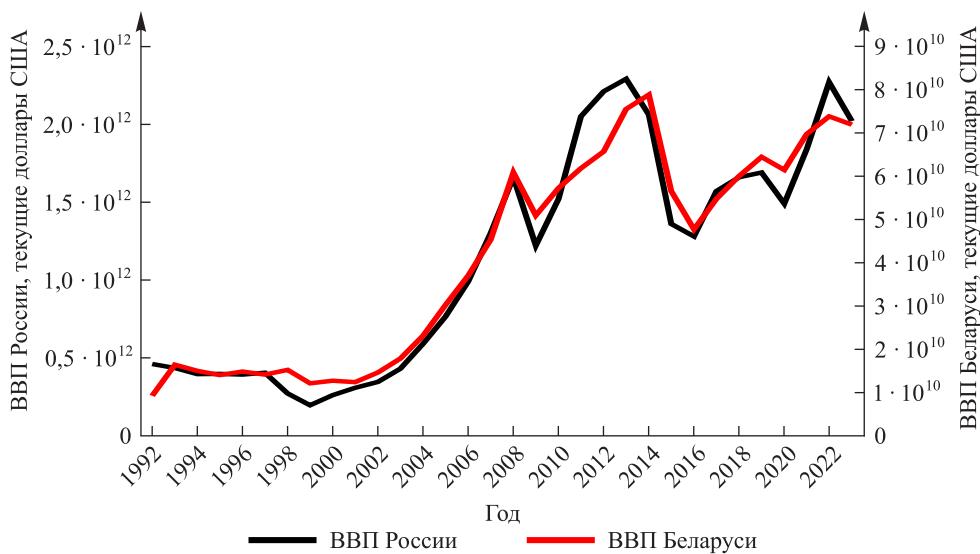


Рис. 1. Динамика значений ВВП членов Союзного государства в 1992–2022 гг.
(составлено на основе данных Всемирного банка)

Fig. 1. Dynamics of GDP values of the Union State members in 1992–2022
(compiled on the basis of World Bank data)

Рассмотрим зеркальную ситуацию – зависимость ВВП Беларуси от ВВП России. В ходе анализа также была подтверждена коинтеграционная связь. Функциональная зависимость ВВП Беларуси от ВВП России выражается следующим образом:

$$GDP_B = 3,56 \cdot 10^9 + 0,033 \cdot GDP_R + \varepsilon.$$

Отметим, что $R^2 = 0,955$. Уровень значимости для свободного члена соответствует 0,009, для коэффициента при показателе ВВП Беларуси составляет $6,09 \cdot 10^{-17}$. Коэффициент регрессии указывает на то, что рост ВВП России на 1,0 долл. США связан с увеличением ВВП Беларуси в среднем на 0,033 долл. США.

Таким образом, коинтеграция между рассмотренными выше показателями свидетельствует о тесной, долгосрочной взаимосвязи между экономиками России и Беларуси.

На рис. 2 отображена динамика значений эластичности ВВП России по ВВП Беларуси в 1992–2022 гг. Эластичность ВВП России по ВВП Беларуси, рассчитанная на основе их средних значений, составляет 1,11 %. В 1992–1994 гг. значения эластичности существенно превосходили 1,11 %, что говорит о большой чувствительности ВВП России к колебаниям ВВП Беларуси в данный период. С 1995 г. значение эластичности начало постепенно снижаться, а с 2006 г. оно стабильно оставалось ниже 1,11 %. В 2008–2022 гг. эластичность стабилизировалась на уровне около 1,0 %, что может свидетельствовать об укреплении экономик членов Союзного государства.

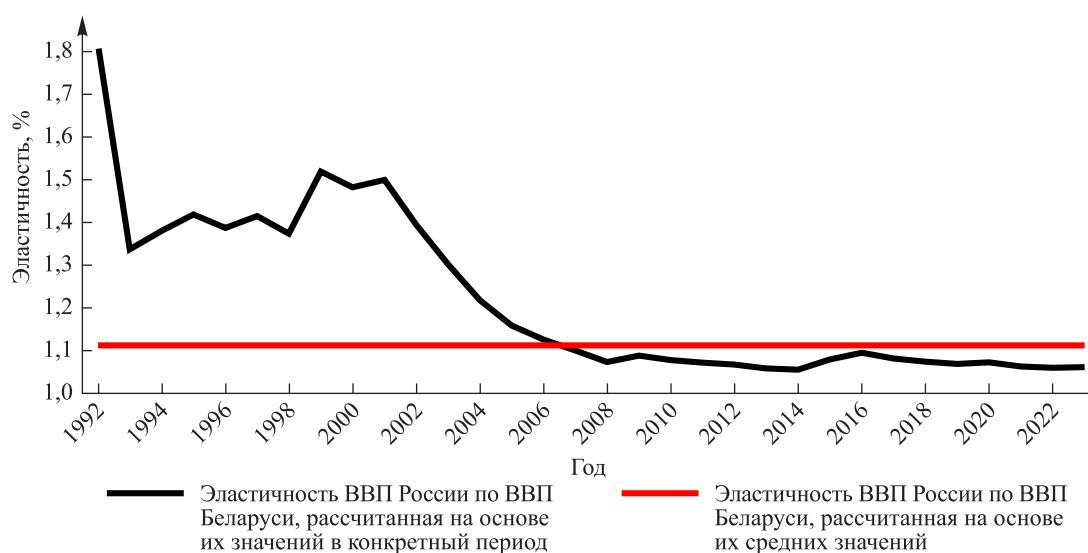


Рис. 2. Динамика значений эластичности ВВП России по ВВП Беларуси в 1992–2022 гг.
Fig. 2. Dynamics of values of elasticity of Russia's GDP to Belarus' GDP in 1992–2022

Аналогичная ситуация наблюдается в отношении эластичности ВВП Беларуси по ВВП России в 1992–2022 гг. (рис. 3). Эластичность ВВП Беларуси по ВВП России, рассчитанная на основе их средних значений, составила 0,91 %. В 1992–2000 гг. значения эластичности оставались ниже 0,91 %, достигнув минимального уровня к концу десятилетия, что было обусловлено экономическими кризисами. С 2000 г. отмечается повышение значения эластичности. Отметка 0,91 % была превышена в 2007 г. После этого показатель эластичности стабилизировался на уровне 0,91 %.

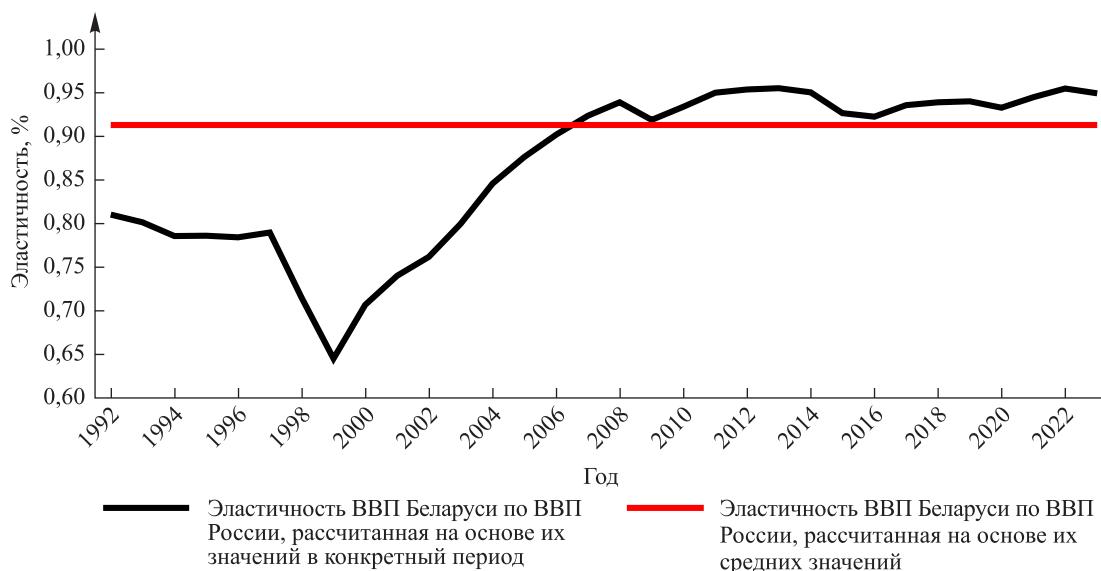


Рис. 3. Динамика значений эластичности ВВП Беларуси по ВВП России в 1992–2022 гг.

Fig. 3. Dynamics of values of elasticity of Belarus' GDP in 1992–2022

С учетом сведений, полученных в ходе рассмотрения научной литературы, были определены показатели, необходимые для проведения корреляционно-регрессионного анализа. Они представлены в табл. 1. Для исследования эффективности развития Союзного государства выбраны показатели, отражающие основные аспекты экономической и социальной интеграции членов этого объединения: взаимные и внешние потоки импорта и инвестиций, стоимость основных фондов и трудовые ресурсы. Учет данных без влияния третьих стран позволяет проанализировать двусторонние отношения в чистом виде. Перечисленные показатели помогают объективно оценить результаты интеграционных процессов.

Таблица 1

Необходимые для проведения корреляционно-регрессионного анализа показатели

Table 1

Indicators, required for correlation and regression analyses

Показатели	Обозначения
ВВП России, долл. США	GDP _R
ВВП Беларуси, долл. США	GDP _B
Импорт товаров и услуг из Беларуси в Россию, долл. США	Imp _B
Импорт товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси, долл. США	Imp _{non_B}
Импорт товаров и услуг из России в Беларусь, долл. США	Imp _R
Импорт товаров и услуг из третьих стран в Беларусь без учета импорта из России, долл. США	Imp _{non_R}
Инвестиции из России в Беларусь, долл. США	Inv _{from_R}
Инвестиции из Беларуси в Россию, долл. США	Inv _{from_B}
Инвестиции из третьих стран в Россию без учета инвестиций из Беларуси, долл. США	Inv _{non_B}
Инвестиции из третьих стран в Беларусь без учета инвестиций из России, долл. США	Inv _{non_R}
Стоимость основных фондов Беларуси, млрд долл. США	OF _B

Окончание табл. 1
Ending of the table 1

Показатели													Обозначения
Стоимость основных фондов России, млрд долл. США													OF _R
Рабочая сила России, тыс. чел.													Labour _R
Рабочая сила Беларуси, тыс. чел.													Labour _B

Так как все рассматриваемые временные ряды являются нестационарными, для корреляционного анализа использовались отклонения от трендов. Полученная корреляционная матрица показателей представлена на рис. 4.

Тесная прямая связь отмечается между ВВП России и импортом товаров и услуг из Беларуси в Россию (0,828), ВВП России и ВВП Беларуси (0,809), ВВП России и импортом товаров и услуг из третьих стран в Беларусь без учета импорта из России (0,888), импортом товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси и импортом товаров и услуг из России в Беларусь (0,889), импортом товаров и услуг из Беларуси в Россию и импортом товаров и услуг из России в Беларусь (0,756), ВВП Беларуси и импортом товаров и услуг из третьих стран в Беларусь без учета импорта из России (0,717). Заметная прямая связь наблюдается между импортом товаров и услуг из Беларуси в Россию и импортом товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси (0,708), импортом товаров и услуг из Беларуси в Россию и импортом товаров и услуг из третьих стран в Беларусь без учета импорта из России (0,671), ВВП Беларуси и импортом товаров и услуг из Беларуси в Россию (0,589).

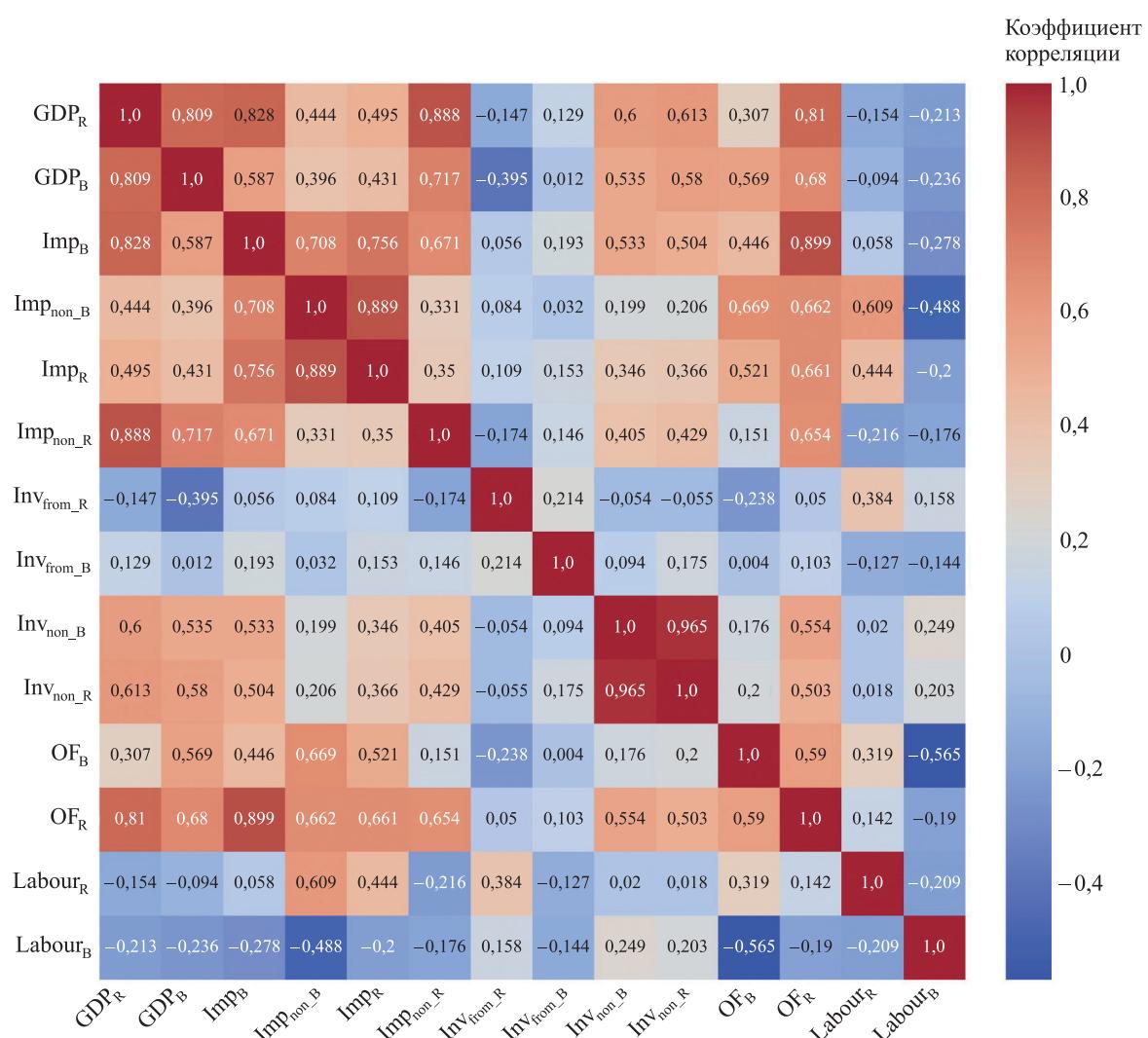


Рис. 4. Корреляционная матрица показателей

Fig. 4. Correlation matrix of indicators

Заметная прямая связь присутствует между ВВП России и инвестициями из третьих стран в Россию без учета инвестиций из Беларуси (0,6), ВВП России и инвестициями из третьих стран в Беларусь без учета инвестиций из России (0,613), ВВП Беларуси и инвестициями из третьих стран в Беларусь без учета инвестиций из России (0,58), ВВП Беларуси и инвестициями из третьих стран в Россию без учета инвестиций из Беларуси (0,535), импортом товаров и услуг из Беларуси в Россию и инвестициями из третьих стран в Россию без учета инвестиций из Беларуси (0,533), импортом товаров и услуг из Беларуси в Россию и инвестициями из третьих стран в Беларусь без учета инвестиций из России (0,504).

Основные фонды и рабочая сила играют ключевую роль в экономиках России и Беларуси. Стоимость основных фондов России тесно связана с ВВП России (0,81), ВВП Беларуси (0,68), импортом товаров и услуг из России в Беларусь (0,661), импортом товаров и услуг из Беларуси в Россию (0,899) и импортом товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси (0,662), что подчеркивает их значимость для экономики и международной торговли. Стоимость основных фондов Беларуси связана с ВВП Беларуси (0,569) и импортом товаров и услуг из России в Беларусь (0,521), что свидетельствует об их важности для инфраструктуры страны.

Производственная функция для ВВП России за 1995–2023 гг. имеет вид

$$\ln(GDP_R) = -177,109 + 18,1854 \cdot \ln(\text{Labour}_{R_{\text{lag}3}}) + 0,150188 \cdot \ln(OF_R) + \varepsilon,$$

где $\ln(GDP_R)$ – логарифм ВВП России; $\ln(\text{Labour}_{R_{\text{lag}3}})$ – логарифм рабочей силы России, взятой с лагом 3; $\ln(OF_R)$ – логарифм стоимости основных фондов России. Отметим, что $R^2 = 0,753$, т. е. модель объясняет 75,3 % вариации ВВП России. Параметры модели значимы. Случайные остатки распределены нормально. Автокорреляция случайных остатков отсутствует. Коэффициент при логарифме рабочей силы России, взятой с лагом 3, демонстрирует эластичность ВВП России по рабочей силе России: при увеличении численности рабочей силы, взятой с лагом 3, на 1,0 % ВВП России возрастает в среднем на 18,19 %, т. е. вклад труда в экономику России имеет очень серьезный вес. Коэффициент при логарифме стоимости основных фондов России показывает эластичность ВВП России по стоимости основных фондов России: если стоимость основных фондов России увеличится на 1,0 %, то ВВП России вырастет примерно на 0,15 %. Таким образом, экономика России является трудоемкой, для устойчивого экономического роста этой страны важны развитие человеческого капитала и привлечение новой рабочей силы.

Производственная функция для ВВП Беларуси за 1995–2023 гг. выглядит следующим образом:

$$\ln(GDP_B) = -14,5008 + 4,5318 \cdot \ln(\text{Labour}_B) + 0,11893 \cdot \ln(OF_{B_{\text{lag}3}}) + \varepsilon,$$

где $\ln(GDP_B)$ – логарифм ВВП Беларуси; $\ln(\text{Labour}_B)$ – логарифм рабочей силы Беларуси; $\ln(OF_{B_{\text{lag}3}})$ – логарифм стоимости основных фондов Беларуси, взятой с лагом 3. Обозначим, что $R^2 = 0,762$, т. е. модель объясняет 76,2 % вариации ВВП Беларуси. Параметры модели значимы. Случайные остатки распределены нормально. Автокорреляция случайных остатков отсутствует. Коэффициент при логарифме рабочей силы Беларуси указывает на эластичность ВВП Беларуси по рабочей силе Беларуси: при увеличении рабочей силы на 1,0 % ВВП Беларуси возрастает в среднем на 4,53 %, т. е. вклад труда в экономику Беларуси является значительным. Коэффициент при логарифме стоимости основных фондов Беларуси показывает эластичность ВВП Беларуси по стоимости основных фондов Беларуси: если стоимость основных фондов Беларуси, взятая с лагом 3, увеличится на 1,0 %, то ВВП Беларуси вырастет примерно на 0,12 %. Можно сделать вывод о том, что экономика Беларуси так же, как и экономика России, является трудоемкой; на экономику республики более существенно влияют развитие человеческого капитала и увеличение трудовых ресурсов, чем изменение стоимости основных фондов.

При изучении зависимости ВВП России и ВВП Беларуси от потоков импорта товаров и услуг использовалось их разделение (импорт из страны – ключевого партнера и импорт из остальных стран). Этот подход позволяет более точно оценить значимость взаимной торговли и влияние альтернативных внешнеэкономических потоков на экономики двух стран.

Полученная с помощью обобщенного метода наименьших квадратов с поправкой Прейса – Винстена модель ВВП России имеет вид

$$GDP_R = -8,96 \cdot 10^{10} + 4,258 \cdot \text{Imp}_{\text{non_B}} + 154,28 \cdot \text{Imp}_B + 0,336 \cdot \text{Imp}_{\text{non_B}_{\text{lag}1}} + \varepsilon.$$

Отметим, что $R^2 = 0,998$, т. е. модель объясняет 99,8 % вариации ВВП России. Случайные остатки распределены нормально. Автокорреляция случайных остатков отсутствует (значение статистики Дарбина – Уотсона составило 1,821). Процессы авторегрессионной условной гетероскедастичности отсутствуют.

Таким образом, имеет место положительное влияние импорта товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси на ВВП России. Краткосрочный мультиплексор равен 4,258 долл. США

при неизменном импорте товаров и услуг из Беларуси в Россию. Значимость лаговой переменной может свидетельствовать о задержке в использовании покупаемых товаров, например, в производственных процессах. Долгосрочный мультипликатор равен 4,594 долл. США, т. е. при единичном увеличении импорта товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси ВВП России в долгосрочной перспективе увеличится в среднем на 4,594 долл. США. Коэффициент при переменной, обозначающей импорт товаров и услуг из Беларуси в Россию, показывает, что его единичное увеличение связано с увеличением ВВП России в среднем на 154,28 долл. США при неизменном импорте товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси. Лаговая переменная импорта товаров и услуг из Беларуси в Россию оказалась незначимой. Данный факт свидетельствует о том, что импортные товары, поступающие в Россию из Беларуси, используются и потребляются в более короткие промежутки времени, чем импортные товары, поступающие в Россию из третьих стран.

Для сравнения влияния разных направлений импорта товаров и услуг на ВВП России были рассчитаны коэффициенты эластичности. Эластичность ВВП России по импорту товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси, рассчитанная на основе их средних значений в долгосрочной перспективе, составляет 0,967 %, т. е. при увеличении импорта товаров и услуг из третьих стран на 1,0 % от среднего значения, а также при неизменном импорте товаров и услуг из Беларуси ВВП России в долгосрочной перспективе возрастет примерно на 0,967 % от среднего значения. Эластичность ВВП России по импорту товаров и услуг из Беларуси в Россию, рассчитанная на основе их средних значений, равняется 0,116 %, т. е. при увеличении импорта товаров и услуг из Беларуси на 1,0 % от среднего значения, а также при неизменном импорте товаров и услуг из третьих стран ВВП России возрастет на 0,116 % от среднего значения. Исходя из полученных данных, влияние импорта товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси на ВВП России значительно превышает влияние импорта из Беларуси в Россию на этот показатель. Данный факт можно объяснить различием масштабов экономик России и Беларуси.

Для более детального анализа следует рассчитать точечные значения эластичности. На рис. 5 отражена динамика значений эластичности ВВП России по импорту товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси в 1995–2021 гг. Эластичность ВВП России по импорту товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси, рассчитанная на основе их средних значений в краткосрочной перспективе, составляет 0,896 %. В первые годы рассматриваемого периода значения эластичности превышали 0,896 %. Впоследствии влияние импорта товаров и услуг из третьих стран в Россию уменьшилось, значение эластичности стабилизировалось на уровне 0,86 %. Данный факт может говорить о снижении зависимости российской экономики от импорта товаров и услуг из других стран.

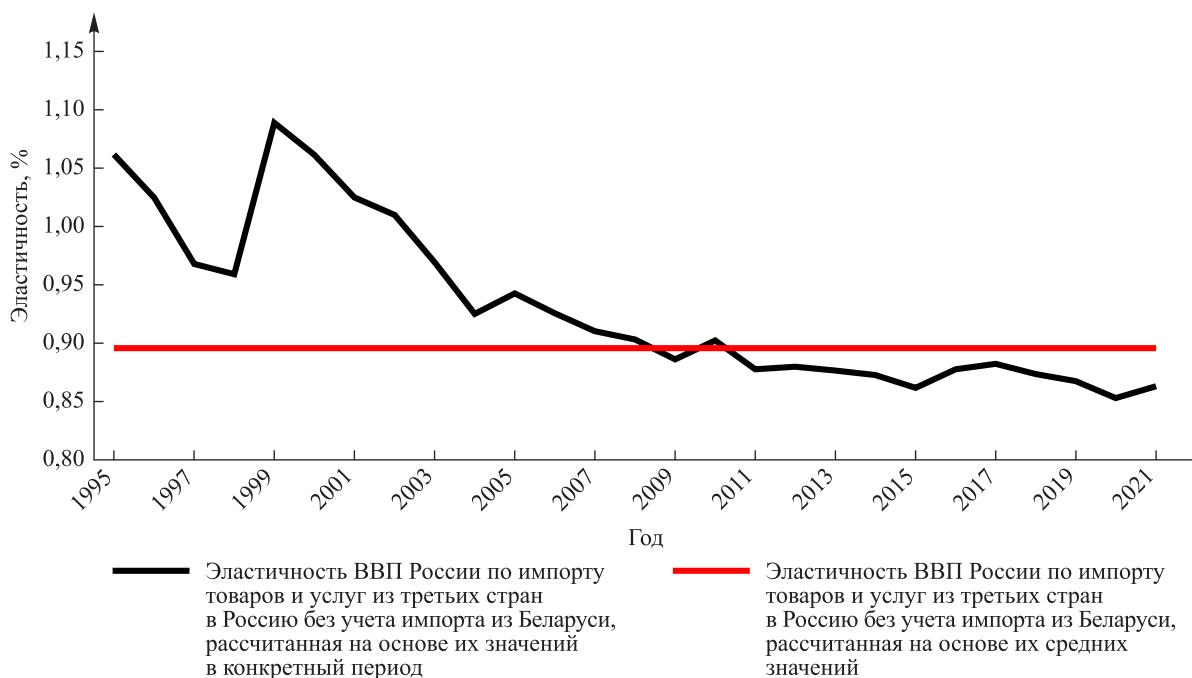


Рис. 5. Динамика значений эластичности ВВП России по импорту товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси в 1995–2021 гг.

Fig. 5. Dynamics of values of elasticity of Russia's GDP to imports of goods and services from third countries to Russia excluding imports from Belarus in 1995–2021

На рис. 6 показана динамика значений эластичности ВВП России по импорту товаров и услуг из Беларуси в Россию в 1995–2021 гг. Эластичность ВВП России по импорту товаров и услуг из Беларуси в Россию, рассчитанная на основе их средних значений, равняется 0,116 %. В начале указанного периода наблюдался стремительный подъем значения эластичности до пикового значения 0,25 %. Впоследствии влияние белорусского импорта снизилось и установилось на уровне около 0,116 %, что свидетельствует о стабильной, хотя и ограниченной роли импорта товаров и услуг из Беларуси в российской экономике.

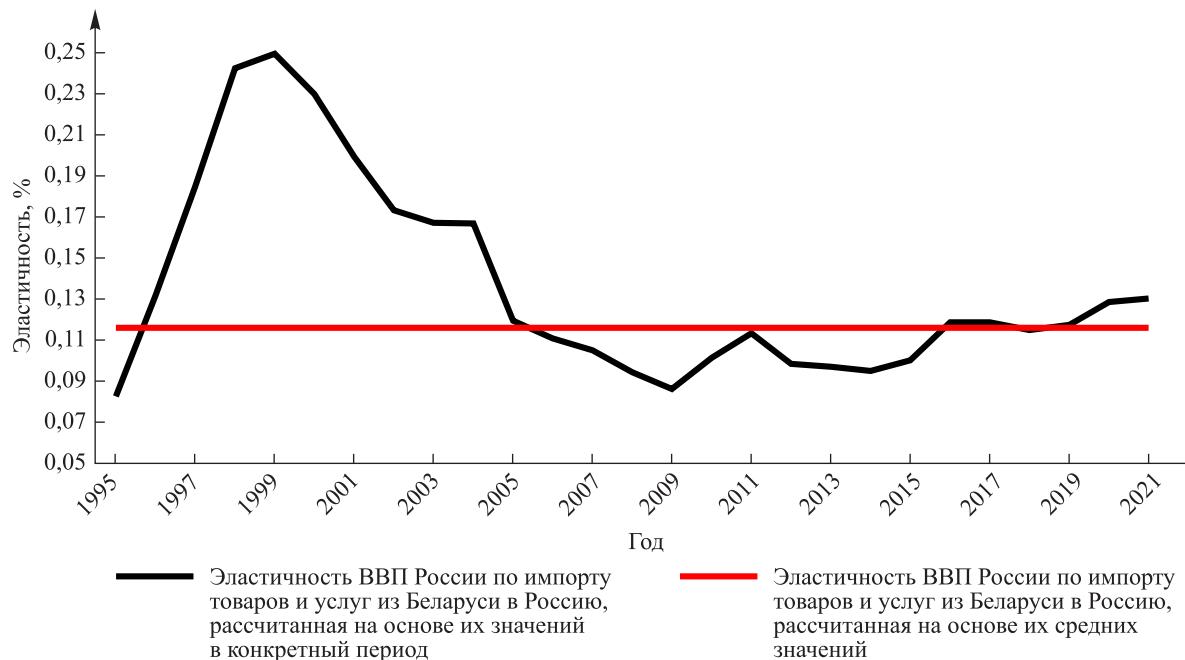


Рис. 6. Динамика значений эластичности ВВП России по импорту товаров и услуг из Беларуси в Россию в 1995–2021 гг.

Fig. 6. Dynamics of values of elasticity of Russia's GDP to imports of goods and services from Belarus to Russia in 1995–2021

Следовательно, импорт товаров и услуг из Беларуси в Россию оказывает умеренное, но постоянное воздействие на ВВП России, тогда как лаговые эффекты и импорт товаров и услуг из третьих стран в Россию без учета импорта из Беларуси имеют более выраженные, однако менее стабильные влияния. Полученный вывод подчеркивает значимость учета торговых связей при разработке экономической политики и внешнеэкономических стратегий сотрудничества двух государств.

Таким образом, экономики стран Союзного государства значительно взаимосвязаны. Для достижения стабильного и долгосрочного роста необходимо перейти от существующей торговли, ориентированной на потребление, к инвестиционным проектам, которые создают новые ценности.

Полученная с помощью обобщенного метода наименьших квадратов с поправкой Прейса – Винстена модель ВВП Беларуси имеет следующий вид:

$$GDP_B = 7,083\ 05 \cdot 10^8 + 1,576\ 58 \cdot Imp_R + 1,521\ 03 \cdot Imp_{non_R_{lag1}} + \varepsilon.$$

Обозначим, что $R^2 = 0,966$, т. е. модель объясняет 96,6 % вариации ВВП Беларуси. Параметры модели значимы. Случайные остатки распределены нормально. Автокорреляция случайных остатков отсутствует (значение статистики Дарбина – Уотсона составило 2,024). Процессы авторегрессионной условной гетероскедастичности отсутствуют. Модель показывает, что величина импорта товаров и услуг, поступающих из России в Беларусь, благоприятно сказывается на величине ВВП Беларуси.

Для сравнения влияния разных направлений импорта товаров и услуг на ВВП Беларуси были рассчитаны коэффициенты эластичности. Эластичность ВВП Беларуси по импорту товаров и услуг из третьих стран в Беларусь без учета импорта из России, рассчитанная на основе их средних значений, соответствует 0,488 %. Эластичность ВВП Беларуси по импорту товаров и услуг из России в Беларусь, рассчитанная на основе их средних значений, является равной 0,521 %. Полученные значения эластичности демонстрируют, что импорт товаров и услуг из России в Беларусь оказывает большее воздействие на ВВП Беларуси, чем импорт товаров и услуг из третьих стран в Беларусь. Следовательно, существующий союз России и Беларуси является значимым, сотрудничество целесообразно продолжать.

Нами было проверено воздействие таких политico-экономических шоков, как мировой кризис 2008 г., пандемия COVID-19 и санкционные ограничения, на торговые отношения России и Беларусь. Выяснилось, что данные события значимым образом не повлияли на ВВП России и ВВП Беларусь.

Иностранные инвестиции в научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки играют ключевую роль в развитии экономики страны, поскольку они способствуют технологическому прогрессу, инновационному развитию и повышению конкурентоспособности национальных предприятий. Для Союзного государства иностранные инвестиции являются одним из самых главных направлений укрепления сотрудничества. На основе оценки изменений этих инвестиций можно определить общую эффективность существования указанного объединения, проанализировать области конкурентных преимуществ и разработать стратегии дальнейшего развития. Ввиду отсутствия в открытом доступе необходимых данных, касающихся Союзного государства, было изучено взаимовлияние прямых инвестиций на экономики стран – членов объединения.

Степень влияния инвестиций из Беларуси в Россию и инвестиций из третьих стран в Россию без учета инвестиций из Беларуси на ВВП России в 2000–2023 гг. отражена в модели

$$GDP_R = 1,641 \cdot 10^{11} + 226,696 \cdot Inv_{from_B} + 5,861 \cdot Inv_{non_B} + 6,634 \cdot 10^{10} \cdot T + \varepsilon,$$

где T – номер периода времени. Отметим, что $R^2 = 0,822$. Параметры модели значимы. Случайные остатки распределены нормально. Гетероскедастичность по тестам Уайта и Бреуша – Пагана отсутствует. Значение статистики Дарбина – Уотсона попадает в зону неопределенности, что требует более подробного анализа. Данная модель показывает положительное влияние на ВВП России инвестиций, направленных из Беларуси и третьих стран в Россию. Эластичность ВВП России по инвестициям из Беларуси в Россию, рассчитанная на основе их средних значений, составляет 0,171 %. Эластичность ВВП России по инвестициям из третьих стран в Россию без учета инвестиций из Беларуси, рассчитанная на основе их средних значений, соответствует 0,097 %. Таким образом, инвестиции из Беларуси играют в экономике России более важную роль, чем инвестиции из третьих стран.

С помощью рассматриваемой модели был сделан прогноз ВВП России на 2024–2028 гг. Прогнозные значения объясняющих переменных получены на основе уравнений трендов, составленных с опорой на анализ исходных данных, и представлены в табл. 2. Установлено, что, несмотря на все макроэкономические шоки и сократившиеся инвестиции из зарубежных стран, за исключением Беларуси, прогнозируется рост ВВП России. Данное заключение подтверждает вывод о высокой значимости белорусских инвестиций для экономики России.

Таблица 2

Прогнозные значения ВВП России на 2024–2028 гг., долл. США

Table 2

Forecast values of Russia's GDP for 2024–2028, US dollars

Год	Значение ВВП	Доверительный интервал прогноза	
		Нижняя граница	Верхняя граница
2024	2 379 796 551 219	1 766 552 807 788	2 993 040 294 649
2025	2 455 107 334 405	1 841 863 590 974	3 068 351 077 836
2026	2 530 418 117 591	1 917 174 374 160	3 143 661 861 022
2027	2 605 728 900 777	1 992 485 157 347	3 218 972 644 208
2028	2 681 039 683 964	2 067 795 940 533	3 294 283 427 395

Модель влияния инвестиций из России в Беларусь на ВВП Беларусь в 1999–2023 гг. имеет вид

$$GDP_B = -1,723 9 \cdot 10^{11} + 4,695 43 \cdot 10^{11} \cdot z_1 + 1,020 2 \cdot 10^{10} \cdot \ln(Inv_{from_R}) - 2,055 51 \cdot 10^{10} \cdot z_1 \cdot \ln(Inv_{from_R}) + \varepsilon, \quad (1)$$

где z_1 – фиктивная переменная социально-экономических шоков 2009–2023 гг.; $\ln(Inv_{from_R})$ – логарифм инвестиций из России в Беларусь. Обозначим, что $R^2 = 0,872$. Случайные остатки распределены нормально. Автокорреляция случайных остатков отсутствует. Коэффициент при переменной z_1 указывает на то, что за 2009–2023 гг. произошел значительный рост ВВП Беларуси. Коэффициент при логарифме инвестиций из России в Беларусь свидетельствует о положительном влиянии на ВВП Беларуси увеличения объема инвестиций из России в Беларусь. Однако коэффициент регрессии при произведении фиктивной переменной

социально-экономических шоков 2009–2023 гг. и логарифма инвестиций из России в Беларусь, корректирующий воздействие российских инвестиций в кризисные годы, показывает, что в это время имело место отрицательное влияние инвестиций на рост ВВП. Если бы социально-экономические шоки не произошли, то российские инвестиции значительно повлияли бы на рост ВВП Беларуси. Значения эластичности ВВП Беларуси по инвестициям из России в Беларусь, рассчитанные на основе их средних значений в докризисный и кризисный периоды, составляют 0,384 и –0,109 % соответственно.

В соответствии с моделью (1) был сделан прогноз ВВП Беларуси на 2024–2028 гг. Прогнозные значения объясняющей переменной получены на основе уравнений трендов, составленных с опорой на анализ исходных данных, и отражены в табл. 3. Определено, что в ближайшие 5 лет ВВП Беларуси будет снижаться. Такой прогноз объясняется учетом данных за период, когда происходили социально-экономические шоки.

Таблица 3

Прогнозные значения ВВП Беларуси на 2024–2028 гг.,
рассчитанные по модели (1), долл. США

Table 3

Forecast values of Belarus' GDP for 2024–2028,
calculated by model (1), US dollars

Год	Значение ВВП	Доверительный интервал	
		Нижняя граница	Верхняя граница
2024	50 166 581 433	33 568 842 493	66 764 320 373
2025	48 172 723 314	31 574 984 374	64 770 462 255
2026	46 178 865 196	29 581 126 256	62 776 604 136
2027	44 185 007 077	27 587 268 137	60 782 746 018
2028	42 191 148 959	25 593 410 019	58 788 887 899

Степень влияния на ВВП Беларуси инвестиций из России в Беларусь в 1999–2008 гг. (в благоприятных экономических условиях, без экономических шоков) отражена в модели

$$GDP_B = 2,147\,63 \cdot 10^{10} + 6,051\,47 \cdot 10^7 \cdot pc_{Inv_{from_R}} + \varepsilon, \quad (2)$$

где $pc_{Inv_{from_R}}$ – объясняющая переменная, обозначающая процентное изменение инвестиций из России в Беларусь. Отметим, что $R^2 = 0,4503$. Случайные остатки распределены нормально. Автокорреляция случайных остатков отсутствует. Эластичность ВВП Беларуси по приросту инвестиций из России в Беларусь, рассчитанная на основе их средних значений, равняется 0,515 %.

С помощью модели (2) был сделан прогноз ВВП Беларуси на 2024–2028 гг. Прогнозные значения объясняющей переменной получены на основе уравнений трендов, составленных с опорой на анализ исходных данных, и представлены в табл. 4. При исключении негативных социально-экономических факторов влияние российских инвестиций на ВВП Беларуси способствовало бы значительному экономическому росту. Можно утверждать, что российские инвестиции вносят большой вклад в развитие Беларуси.

Таблица 4

Прогнозные значения ВВП Беларуси на 2024–2028 гг.,
рассчитанные по модели (2), долл. США

Table 4

Forecast values of Belarus' GDP for 2024–2028,
calculated by model (2), US dollars

Год	Значение ВВП	Доверительный интервал	
		Нижняя граница	Верхняя граница
2024	70 386 665 848	38 985 219 866	101 788 111 830
2025	72 447 343 203	41 045 897 220	103 848 789 185
2026	74 508 020 557	43 106 574 575	105 909 466 539
2027	76 568 697 912	45 167 251 930	107 970 143 894
2028	78 629 375 267	47 227 929 285	110 030 821 249

Заключение

Союз России и Беларуси значительно влияет на экономику каждого из его участников. Сотрудничество стран в рамках Союзного государства открывает новые возможности для укрепления экономической интеграции, достижения стратегических целей, совершенствования инфраструктуры и повышения конкурентоспособности на мировом рынке. Преимущества такого взаимодействия проявляются не только в области экономики, но и в политической, социальной и культурной сферах, что создает устойчивую основу для дальнейшего развития России и Беларуси. Также укрепление связей в рамках Союзного государства играет ключевую роль в обеспечении безопасности и стабильности в странах – членах данного объединения, что особенно актуально в современных условиях геополитических изменений. Кроме того, взаимодействие между Россией и Беларусью способствует обмену опытом и передовыми технологиями, что, в свою очередь, может привести к инновационному развитию и повышению уровня жизни населения. Углубление интеграции в рамках Союзного государства может стать важным шагом к созданию единого экономического и политического пространства, способного эффективно реагировать на вызовы времени и обеспечивать высокое благосостояние граждан.

Библиографические ссылки

1. Астратова ГВ. Союзное государство России и Белоруссии: эффективность развития в новых экономических условиях. *Вестник евразийской науки* [Интернет]. 2023 [прочитировано 2 декабря 2024 г.];1. Доступно по: <https://esj.today/PDF/61ECVN123.pdf>.
2. Перегудова ЕЮ. Экономические и организационные аспекты межрегионального взаимодействия в Союзном государстве Беларусь и России в условиях цифровизации. *Вестник евразийской науки* [Интернет]. 2020 [прочитировано 5 декабря 2024 г.];4. Доступно по: <https://esj.today/PDF/46ECVN420.pdf>.
3. Шацкая ЕЮ. Анализ практики международного сотрудничества Республики Беларусь и Российской Федерации в рамках реализации социально-экономических цифровых проектов. *Экономика и бизнес: теория и практика*. 2020;6:282–285. DOI: 10.24411/2411-0450-2020-10576.
4. Днепров МЮ, Михайлюк ОВ. Цифровая экономика как новая экономическая категория. *Вопросы инновационной экономики*. 2019;4:1279–1294. DOI: 10.18334/vinec.9.4.41249.
5. Преснякова ЕВ. Инвестиционные эффекты интеграции Беларусь и России в рамках Евразийского экономического союза. *Россия и современный мир*. 2020;4:119–139. DOI: 10.31249/rsm/2020.04.07.
6. Господарик ЕГ, Ковалёв ММ. Математическое моделирование эффектов интеграции на примере ЕАЭС. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2023;1:36–50. EDN: HFZATO.

Статья поступила в редколлегию 30.12.2024.
Received by editorial board 30.12.2024.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ИНТЕГРАЦИЯ РОССИИ И БЕЛАРУСИ: ПЕРСПЕКТИВЫ РОСТА И ОБМЕНА ИННОВАЦИЯМИ¹

Е. Д. КОПНОВА¹⁾, К. А. ЖУРАВЛЕВА¹⁾, И. В. КОРЯКОВ¹⁾,
А. К. РУДЕНКО¹⁾, Н. Р. УВАРОВ¹⁾

¹⁾Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
ул. Мясницкая, 11, 101000, г. Москва, Россия

Аннотация. Рассматриваются перспективы экономического сотрудничества России и Беларуси в рамках интеграционных объединений ЕАЭС, ШОС и БРИКС в условиях влияния санкций. Применялись методы эконометрического моделирования для оценки ключевых экономических характеристик, таких как ВВП Беларуси и объем взаимной торговли, а также показателей инвестиционных потоков и инновационного взаимодействия. Использовалась модель авторегрессионной интегрированной скользящей средней с внешними входными данными (*ARIMAX*), а также гравитационная модель внешней торговли, что позволило учесть временные тренды и внешние факторы, влияющие на экономические прогнозы. Результаты исследования показывают позитивные изменения в экономике Беларуси с небольшим спадом в 2022 г., прогнозируют увеличение объема взаимной торговли и взаимного обмена инновациями. Прогнозы взаимных инвестиций, напротив, указывают на снижение этих инвестиций в долгосрочной перспективе. Ожидается дальнейшее укрепление экономической интеграции и улучшение политических и финансовых позиций стран на международной арене.

Ключевые слова: экономическая интеграция; гравитационная модель; модель *ARIMAX*; модель экспоненциального сглаживания; прогнозирование.

¹Статья написана по результатам участия авторов в XI Евразийской студенческой олимпиаде по аналитической экономике и прогнозированию в рамках заочного отборочного тура.

Образец цитирования:

Копнова ЕД, Журавлева КА, Коряков ИВ, Руденко АК, Уваров НР. Экономическая интеграция России и Беларуси: перспективы роста и обмена инновациями. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2025;1:36–46. EDN: NOWAOS

For citation:

Kopnova ED, Zhuravleva KA, Koryakov IV, Rudenko AK, Uvarov NR. Economic integration of Russia and Belarus: prospects for growth and exchange of innovations. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2025;1:36–46. Russian.
EDN: NOWAOS

Авторы:

Елена Дмитриевна Копнова – кандидат технических наук, доцент; доцент департамента статистики и анализа данных факультета экономических наук.

Кристина Алексеевна Журавлева – студентка факультета экономических наук. Научный руководитель – Е. Д. Копнова.

Иван Владимирович Коряков – студент факультета экономических наук. Научный руководитель – Е. Д. Копнова.

Александра Константиновна Руденко – студентка факультета экономических наук. Научный руководитель – Е. Д. Копнова.

Николай Романович Уваров – студент факультета экономических наук. Научный руководитель – Е. Д. Копнова.

Authors:

Elena D. Kopnova, PhD (engineering), docent; associate professor at the department of statistics and data analysis, faculty of economics.

ekopnova@hse.ru

https://orcid.org/0000-0002-8429-141X

Kristina A. Zhuravleva, student at the faculty of economics.

kazhuravleva@edu.hse.ru

https://orcid.org/0009-0006-6021-7334

Ivan V. Koryakov, student at the faculty of economics.

ivkoryakov_1@edu.hse.ru

https://orcid.org/0009-0003-5640-8507

Alexandra K. Rudenko, student at the faculty of economics.

akrudenko@edu.hse.ru

https://orcid.org/0009-0009-5138-006X

Nikolay R. Uvarov, student at the faculty of economics.

nruvarov@edu.hse.ru

https://orcid.org/0009-0002-9814-758X

ECONOMIC INTEGRATION OF RUSSIA AND BELARUS: PROSPECTS FOR GROWTH AND EXCHANGE OF INNOVATIONS

*E. D. KOPNOVA^a, K. A. ZHURAVLEVA^a, I. V. KORYAKOV^a,
A. K. RUDENKO^a, N. R. UVAROV^a*

^a*National Research University Higher School of Economics, 11 Mjasnickaja Street, Moscow 101000, Russia*

Corresponding author: E. D. Kopnova (ekopnova@hse.ru)

Abstract. The article examines the prospects for economic cooperation between Russia and Belarus within the framework of the EAEU, SCO and BRICS integration associations, with an emphasis on the impact of sanctions and their consequences for the economic growth of the countries. The study includes the use of econometric modelling methods to evaluate the forecast of key economic characteristics, such as the GDP of Belarus and the volume of mutual trade, as well as indicators of investment flows and innovative interaction. The autoregressive integrated moving average model with external input data (*ARIMAX*) was used, as well as the gravity model of foreign trade, which allowed taking into account time trends and external factors influencing forecasts. The exponential smoothing methodology was also used. The results show positive trends in the Belarusian economy with a slight decline in 2022, and a projected increase in mutual trade and the exchange of innovations. Forecasts of mutual investments, on the contrary, indicate a decline in the long term. Further strengthening of economic integration and improvement of the countries' political and financial positions in the international arena are expected.

Keywords: economic integration; gravity model; *ARIMAX* model; exponential smoothing model; forecasting.

Введение

Взаимодействие объединений ЕАЭС, ШОС и БРИКС играет важную роль для увеличения доли общего рынка стран – участниц этих объединений на мировой арене. По словам председателя Коллегии Евразийской экономической комиссии М. В. Мясниковича, пространство Большой Евразии характеризуется уникальными торговыми-экономическими и транспортно-логистическими возможностями, которые в сочетании с человеческим капиталом и ресурсами стран БРИКС могут значительно усилить эффект от такого взаимодействия на мировой арене.

Согласно экспертным оценкам уровень реализации общих рынков в рамках ЕАЭС значительно отличается от уровня, предусмотренного договором: рынок труда функционирует примерно на 70 %, рынок товаров – на 65 %, рынок услуг – на 45 %, а рынок капитала – лишь на 40 %². Это обуславливает необходимость совершенствования механизмов интеграции, повышения их гибкости и адаптивности. Такой подход позволит не только углубить внутреннее сотрудничество между странами союза, но и усилить позиции ЕАЭС на международной арене, превратив его в значимого игрока, способного влиять на глобальные процессы.

Исследователи отношений стран – участниц ЕАЭС отмечают, что улучшение механизмов интеграции осуществляется за счет достижения достаточной таможенной защиты этих стран, интенсификации коммерческого и инвестиционного взаимодействия партнеров, развития производственной сферы. При этом одной из причин низкого товарооборота между странами-участницами является ориентированность на экспорт природных ресурсов в страны, не входящие в интеграционные союзы. Ученые рекомендуют уделить особое внимание созданию инновационной сферы, которая в долгосрочном периоде могла бы способствовать сокращению технологического разрыва между странами региона и западными государствами, а также снизить риск попадания в «ловушку догоняющего развития» [1].

Изучение отношений государств внутри интеграционных союзов становится еще более актуальным ввиду событий, развернувшихся в 2022 г. В работе [2], в частности, отмечается, что в результате санкций со стороны Запада объем ВВП России и Беларуси сократился на 2,1 и 4,7 % соответственно в 2022 г., в то время как ВВП других стран, входящих в ЕАЭС, увеличился, что связано с ростом экспорта в Россию и Беларусь, рынок которых покинуло большое количество иностранных продавцов. Главные мировые торговые потоки и трансграничные транспортные логистики также подверглись значительным изменениям, существенно увеличились товарооборот и экспорт услуг стран ЕАЭС и БРИКС.

Анализ сотрудничества России и Беларуси отдельно от других стран важен ввиду того, что их экономики значительно пострадали вследствие санкций со стороны западных государств в 2022 г. В настоящем

²Евразийская экономическая интеграция: теория и практика : учеб. пособие / редкол.: С. Ю. Глазьев [и др.]. М. : Проспект, 2023. С. 648.

исследований изучается будущее сотрудничества Союзного государства в рамках интеграционных объединений ЕАЭС, ШОС, БРИКС. Для оценки эффективности данного союза используется метод прогнозирования экономических показателей, характеризующих ВВП, взаимную и внешнюю торговлю, взаимные инвестиции, взаимный обмен инновациями, строительство общих цифровых экосистем для взаиморасчетов в национальных валютах. Ниже рассматриваются различные способы прогнозирования этих показателей, известные в литературе по заявленной теме.

В работе [3] исследуется влияние внешних и внутренних факторов на формирование ВВП стран бывшего СССР. Применяется корреляционно-регрессионный анализ. В качестве регрессоров используются следующие показатели: доля промышленности, доля экспорта во внешнеторговом обороте, доля услуг в ВВП, доля экспорта во внешнеторговом обороте, валовое накопление основного капитала, коэффициент рабочей силы, уровень безработицы, индекс человеческого потенциала. Отмечается, что сельское хозяйство оказывает сдерживающее влияние на ВВП стран бывшего СССР. Индекс человеческого развития, отражающий социально-экономический прогресс страны через показатели здоровья, образования и материального благополучия ее населения, существенно влияет на зависимую переменную, причем чем больше времени проходит, тем эффект от его воздействия более заметен.

Результаты прогнозирования внешнеторговых показателей с использованием инструментария эконо-метрического моделирования, а также методов машинного обучения, представленные в статье [4], показывают, что при сочетании разных моделей можно получить лучшие прогнозы и повысить точность предсказаний показателей внешней торговли. Исследование [4] подтверждает, что комплексный подход позволяет достичь более надежных результатов для анализа торговых потоков, в том числе для прогнозирования взаимной торговли между странами.

В статьях белорусских новостных агентств³ показано, каким образом прогнозирование взаимных инвестиций между Россией и Беларусью зависит от роста экономической интеграции в рамках ЕАЭС. При этом основными методами исследования являются эконо-метрическое моделирование, анализ макроэкономических данных и использование сценарных подходов. В частности, принимаются во внимание такие факторы, как политическая и финансовая стабильность, регулирование финансовых рынков и налоговая политика. Результаты прогнозирования указывают на стабильный рост взаимных инвестиций при сохранении текущих экономических условий и усилении интеграции в сферах энергетики и инфраструктуры.

Взаимный обмен инновациями между странами, который играет ключевую роль в глобальном технологическом прогрессе, обсуждается в работе [5]. Показана роль искусственного интеллекта как одного из ведущих факторов, способствующих активному обмену технологиями и знаниями между государствами. Такое сотрудничество позволяет странам не только обмениваться инновациями, но и совместно решать вопросы безопасности, борясь с киберугрозами, обеспечивать устойчивое развитие. Искусственный интеллект используется в международных отношениях как инструмент для улучшения дипломатии и переговорных процессов и для изменения баланса сил в мировой политике, что содействует усилению взаимного обмена инновациями и развитию международного сотрудничества.

Анализ исследований показывает, что результаты прогнозирования основных макроэкономических показателей способствуют совершенствованию стратегического планирования, направленному на улучшение совместных экономических позиций, укрепление политической интеграции и развитие конкурентоспособности на глобальной арене.

Материалы и методы исследования

В целях прогнозирования ВВП, объема взаимного обмена инновациями и объема взаимных инвестиций использовали математическую модель для анализа случайных процессов – модель авторегрессионной интегрированной скользящей средней с внешними входными данными (*autoregressive integrated moving average extended, ARIMAX*), которая позволяет оценить прогноз анализируемого временного ряда с учетом дополнительных внешних воздействий.

Общее уравнение модели *ARIMAX* имеет следующий вид:

$$Y_t = c + \alpha t + \varphi_1 Y_{t-1} + \varphi_2 Y_{t-2} + \dots + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \beta X_t + \varepsilon_t,$$

где Y_t – зависимая переменная (временной ряд); X_t – экзогенные переменные (внешние факторы); c – константа; φ_i – коэффициенты авторегрессионной части (AR); θ_i – коэффициенты скользящего среднего (МА); ε_t – ошибка (случайное возмущение); β – коэффициенты влияния экзогенных переменных на Y_t .

³Беларусь и Россия сблизили подходы к развитию финансового рынка Союзного государства // Евразия. Эксперт : сайт. 22 авг. 2024 г. URL: <https://eurasia.expert/belarus-i-rossiya-sblizili-podkhody-k-razvitiyu-finansovogo-ryntka-soyuznogo-gosudarstva/> (дата обращения: 10.12.2024) ; Россия и Беларусь: партнерство и взаимодействие в экономической сфере // Sputnik. Беларусь : сайт. 8 июля 2024 г. URL: <https://sputnik.by/20240708/rossiya-i-belarus-partnerstvo-i-vzaimodeystvie-v-ekonomicheskoy-sfere-1087890236.html> (дата обращения: 10.12.2024).

Для определения спецификации модели проверяли стационарность анализируемого случайного процесса с помощью расширенного теста Дики – Фуллера (*augmented Dickey–Fuller test, ADF-test*) и процедуры Доладо – Дженкинсона – Сосвилла-Ривьера (*Dolado – Jen-Kinson – Sosvilla-Rivero procedure*) и учитывали в тестовой регрессии возможность наличия тренда и константы, а также дополнительных лагов процесса. Для нестационарных процессов на стационарность тестировали их разности, определяли порядок интегрируемости процессов. Чтобы выяснить порядок авторегрессии и скользящего среднего в модели, для стационарных процессов рассчитывали оценки значений функций автокорреляции и частной корреляции. Модели оценивали методом наименьших квадратов (МНК) или методом максимального правдоподобия (ММП). Анализ качества оцененной модели включал проверку ее статистической значимости, а также статистической значимости отдельных параметров. Кроме того, проверяли гипотезы на соответствие остатков модели нормальному закону распределения вероятностей, об отсутствии автокорреляции остатков, а также об отсутствии гетероскедастичности. В первом случае обычно использовали тест Жака – Бера (*Jarque – Bera test*), во втором – тест Льюинга – Бокса (*Ljung – Box test*), в третьем – тест Бреуша – Пагана (*Breusch – Pagan test*).

Сначала проанализировали временной ряд ВВП Республики Беларусь с 2005 по 2021 г.⁴ Поскольку автокорреляция этого ряда, в том числе и частная, не была выявлена, для прогнозирования уровня ВВП решили использовать более простой метод, а именно модель экспоненциального сглаживания с модификацией, которая учитывает и тренд, и сезонность ряда.

Введем следующие обозначения: Y_t – фактическое значение временного ряда в момент t ; L_t – оценка уровня ряда в момент t ; T_t – оценка тренда в момент t ; S_t – оценка сезонности в момент t ; m – длина сезонного периода; α , β , γ – коэффициенты сглаживания (принимают значения в диапазоне от 0 до 1).

Формула для оценки текущего уровня ряда с учетом сезонности имеет вид

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-m}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}),$$

где S_{t-m} – значение сезонной компоненты для предыдущего сезона.

Оценка тренда ряда обновляется на основе изменения уровня:

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}.$$

Оценка сезонной компоненты обновляется на основе отношения фактического значения временного ряда к оценке его уровня:

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma) S_{t-m}.$$

Прогноз значения на h шагов вперед рассчитывается по формуле

$$\hat{Y}_{t+h} = (L_t + hT_t)S_{t-m+h \bmod m},$$

где $L_t + hT_t$ – прогнозируемый уровень ряда с учетом тренда; $S_{t-m+h \bmod m}$ – сезонная компонента для будущего периода.

Коэффициенты сглаживания (α – скорость обновления уровня; β – скорость обновления тренда; γ – скорость обновления сезонности) показывают, насколько быстро модель адаптируется к изменениям.

Получили итоговую оценку модели:

$$GDP_{t+h} = (L_t + hT_t)S_{t-6+h \bmod m},$$

$$L_t = 0,895\,308\,2 \frac{GDP_t}{S_{t-m}} + 0,104\,691\,8(L_{t-1} + T_{t-1}),$$

$$T_t = T_{t-1},$$

$$S_t = S_{t-6}.$$

Для прогнозирования объема взаимного обмена инновациями (а именно платежей за интеллектуальную собственность в миллионах долларов США) между Россией и Беларусью (переменная *Innovations*) применяли модель *ARIMAX*.

В качестве внешних факторов использовали валовые внутренние расходы на исследования и разработки (R & D-расходы), выраженные в процентах от ВВП для обеих стран, сводный индекс интеграции

⁴World Economic Outlook Database // International Monetary Fund : website. URL: <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/weo-database/2024/October> (date of access: 10.12.2024).

для обеих стран и число организаций, выполняющих научные исследования и разработки в каждой из стран. Данные рассматривали за период 2005–2021 гг.⁵

Для расчета сводного индекса интеграции применяли следующую формулу [6]:

$$I_{\text{intra}} = \sqrt[6]{\text{ShareExp}_{\text{intra}}^g \cdot \text{ShareImp}_{\text{intra}}^g \cdot \text{ShareExp}_{\text{intra}}^s \cdot \text{ShareImp}_{\text{intra}}^s \cdot \text{ShareFdi}_{\text{intra}}^{\text{inf}} \cdot \text{ShareFdi}_{\text{intra}}^{\text{outf}}},$$

где $\text{ShareExp}_{\text{intra}}^g$ – доля взаимного экспорта товаров в совокупном экспорте товаров объединения; $\text{ShareImp}_{\text{intra}}^g$ – доля взаимного импорта товаров в совокупном импорте товаров объединения; $\text{ShareExp}_{\text{intra}}^s$ – доля взаимного экспорта услуг в совокупном экспорте услуг объединения; $\text{ShareImp}_{\text{intra}}^s$ – доля взаимного импорта услуг в совокупном импорте услуг объединения; $\text{ShareFdi}_{\text{intra}}^{\text{inf}}$ – доля взаимных входных прямых иностранных инвестиций (ПИИ) в совокупных входных ПИИ, полученных объединением; $\text{ShareFdi}_{\text{intra}}^{\text{outf}}$ – доля взаимных вывезенных ПИИ в совокупных вывезенных ПИИ объединения.

Временной ряд объема взаимного обмена инновациями, а также временные ряды внешних факторов исследовали на стационарность. В результате исследования для всех указанных переменных гипотеза о наличии единичного корня в характеристическом многочлене соответствующего случайного процесса отвергалась⁶, так что ряды были признаны стационарными. В качестве примера приведем результаты процедуры тестирования для прогнозируемой переменной Innovations. При выборе оптимальной спецификации тестового уравнения использовали критерий Акаике, тестовое уравнение оценивали с константой и с шестью лагами разности testируемой переменной, тестовая статистика составила –3,1843, соответствующее ей асимптотическое *p*-значение равнялось 0,0209.

Построили корреляционную матрицу и матрицу статистической значимости коэффициентов корреляций между рассматриваемыми переменными. На основе этого отбросили переменные, которые статистически значимо⁷ коррелировали между собой или статистически незначимо коррелировали с прогнозируемой переменной.

В итоге остались три экзогенные переменные: R & D-расходы в Беларуси ($R\&D_{\text{exp}}$), сводный индекс интеграции в Беларуси (I_{intra}) и число организаций R & D в России ($R\&D_q$).

В результате анализа графиков оценок автокорреляционной и частной автокорреляционной функций временного ряда объема взаимного обмена инновациями решили использовать модель ARIMAX (1, 0, 1) с трендом:

$$\text{Innovations}_t = c + \alpha t + \varphi_1 \text{Innovations}_{t-1} + \theta \varepsilon_{t-1} + \beta_1 R\&D_{\text{exp}}_t + \beta_2 I_{\text{intra}}_t + \beta_3 R\&D_q_t + \varepsilon_t.$$

Оценка модели приведена в табл. 1.

Таблица 1

Оценка модели ARIMAX (1, 0, 1)

Table 1

Evaluation of the model ARIMAX (1, 0, 1)

Показатели	Обозначения	Оценка коэффициента
Константа	–	–7822,8974*
Тренд	t	3,9256**
Лаг первого порядка зависимой переменной, AR(1)	Innovations_{t-1}	0,3638
Лаг первого порядка скользящей средней, MA(1)	ε_{t-1}	0,9384
R & D-расходы в Беларуси	$R\&D_{\text{exp}}_t$	2,5848
Сводный индекс интеграции в Беларуси	I_{intra}_t	–2,7646
Число организаций R & D в России	$R\&D_q_t$	–0,0117
<i>Объем выборки n = 17, F(6, 10) = 36,930**, LR-stat. = 12,363*, R² = 0,925</i>		

Примечания: 1. Зависимая переменная – объем взаимного обмена инновациями между Беларусью и Россией в текущий момент времени (переменная Innovations_t). 2. Символом * показана значимость на уровне 0,05, символом ** – значимость на уровне 0,01.

⁵UNECE Statistical Database // UNECE : website. URL: <https://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/en/STAT/> (date of access: 10.12.2024).

⁶Здесь и далее значимость статистических гипотез определяли на уровне 0,05.

⁷Здесь и далее анализ статистической значимости осуществляли на уровне 0,05.

Гипотезы о соответствии остатков модели нормальному закону распределения вероятности и об отсутствии автокорреляции первого порядка не отвергались. Однако гипотеза об отсутствии гетероскедастичности остатков была отвергнута.

Из табл. 1 видно, что оценка модели является статистически значимой. Она обладает достаточно высокой объясняющей способностью. При этом большинство оценок параметров оказались статистически незначимыми. Возможно, это связано с наличием гетероскедастичности в модели и требует ее совершенствования.

Оценку модели *ARIMAX* (1, 0, 1) использовали для прогнозирования объема взаимного обмена инновациями между Беларусью и Россией до 2027 г. на основании значений экзогенных переменных, спрогнозированных с помощью авторегрессионной модели первого порядка.

Далее модель *ARIMAX* применяли для прогнозирования размера взаимных инвестиций (переменная *Investment*). В качестве прогнозируемой переменной выступало суммарное количество инвестиций Беларуси в период с 2007 по 2021 г., в качестве экзогенных переменных рассматривали следующие показатели: ВВП России⁸ и Беларуси, обменный курс российского рубля к доллару США⁹, обменный курс белорусского рубля к доллару США¹⁰ и показатели инфляции в вышеупомянутых странах¹¹.

Для выбора спецификации так же, как и в предыдущем случае, проводили анализ стационарности рассматриваемых временных рядов, а также корреляционный анализ связей между ними. В качестве оптимальной модели выбрали модель *ARIMAX* (2, 2, 1). При этом в модель вошла только одна экзогенная переменная – курс белорусского рубля к доллару США (*ER_B*):

$$\Delta^2 \text{Investment}_t = \phi_1 \Delta^2 \text{Investment}_{t-1} + \phi_2 \Delta^2 \text{Investment}_{t-2} + \theta \varepsilon_{t-1} + \beta_1 \text{ER_B}_t + \varepsilon_t.$$

Оценка модели *ARIMAX* (2, 2, 1) представлена в табл. 2.

Таблица 2

Оценка модели *ARIMAX* (2, 2, 1)

Table 2

Evaluation of the model *ARIMAX* (2, 2, 1)

Показатели	Обозначения	Оценка коэффициента
Лаг первого порядка зависимой переменной, AR(1)	$\Delta^2 \text{Investment}_{t-1}$	1,6320*
Лаг второго порядка зависимой переменной, AR(2)	$\Delta^2 \text{Investment}_{t-2}$	0,8665*
Лаг первого порядка скользящей средней, MA(1)	ε_{t-1}	0,9762
Курс белорусского рубля к доллару США	ER_B_t	-438,844
<i>Объем выборки n = 15, F(4, 12) = 55,484*, LR-stat. = 33,330*, R² = 0,810</i>		

Примечания: 1. Зависимая переменная – разность второго порядка суммарного количества инвестиций Беларуси в текущий момент времени (переменная $\Delta^2 \text{Investment}_t$). 2. Символом * показана значимость на уровне 0,01.

Гипотезы об отсутствии автокорреляции остатков первого порядка и гетероскедастичности не отвергались. При этом была отвергнута гипотеза о соответствии остатков нормальному закону распределения вероятностей.

Из табл. 2 видно, что оценка модели является статистически значимой. Она обладает достаточно высокой объясняющей способностью. Однако оценка коэффициента при экзогенной переменной оказалась статистически незначимой.

Далее оценку модели *ARIMAX* (2, 2, 1) использовали для прогнозирования размера взаимных инвестиций до 2027 г. включительно с учетом прогнозных значений экзогенной переменной, определенных на основе авторегрессионной модели первого порядка.

Для прогнозирования объемов торговли применяли гравитационную модель международной торговли [6], в которую был внедрен экспоненциальный тренд для учета временной динамики. Модель

⁸UNECE Statistical Database // UNECE : website. URL: <https://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/en/STAT/> (date of access: 10.12.2024).

⁹Статистика внешнего сектора // Банк России : сайт. URL: https://www.cbr.ru/statistics/macro_itm/external_sector/pb/ (дата обращения: 10.12.2024).

¹⁰Средний официальный курс белорусского рубля по отношению к иностранным валютам // Национальный банк Республики Беларусь : сайт. URL: <https://www.nbrb.by/statistics/rates/avgrate> (дата обращения: 10.12.2024).

¹¹UNECE Statistical Database // UNECE : website. URL: <https://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/en/STAT/> (date of access: 10.12.2024).

описывает зависимость торговли между странами i и j от ВВП этих двух стран (GDP), от экономического или физического расстояния между странами (D) и от дополнительных факторов (Z) (например, эффекты интеграции) с учетом тренда (γ_t):

$$T_{ij} = \gamma_t \frac{GDP_i^\lambda \cdot GDP_j^\mu}{D_{ij}^\delta} e^{Z_{ij}},$$

где $\gamma_t = e^{\alpha + \beta t}$.

Путем логарифмирования модель линеаризовали и оценивали МНК или ММП. Анализ качества оцененной модели включал проверку обычных гипотез для ее остатков: гипотезы о соответствии ее остатков нормальному закону распределения вероятностей, гипотезы об отсутствии автокорреляции и гетероскедастичности остатков. Применили те же тесты, что и для анализа остатков модели *ARIMAX*.

Объем торговли между Россией и Беларусью¹² (T_{ij}) решили предсказывать в миллионах долларов США с использованием следующих независимых переменных: ВВП Беларуси в текущих ценах (в миллионах долларов США), ВВП России в текущих ценах (в миллионах долларов США) (GDP_i , GDP_j); физического расстояния между двумя странами (в километрах) (D_{ij}), а также с использованием фиктивной переменной, указывающей на факт вхождения Беларуси в Таможенный союз в 2010 г. (DUM). Для оценки модели применяли временные ряды этих переменных на временном промежутке с 2005 по 2021 г.

Регрессионное уравнение в логарифмах для этих данных имеет вид

$$\ln(T_{ij,t}) = \alpha + \beta t + \lambda \ln(GDP_{i,t}) + \mu \ln(GDP_{j,t}) - \delta \ln(D_{ij}) + \theta DUM_t + \varepsilon_t.$$

С помощью ADF-теста мы убедились, что все преобразованные переменные являются стационарными (на уровне значимости 0,05).

Оценка модели представлена в табл. 3.

Таблица 3

Оценка гравитационной модели

Table 3

Evaluation of the gravity model

Показатели	Обозначения	Оценка коэффициента
Константа	–	–39,083 97**
Тренд	t	0,020 76**
Логарифм ВВП страны-экспортера	GDP_i	–0,492 85*
Логарифм ВВП страны-импортера	GDP_j	1,311 52**
Эффект интеграции	DUM	–0,069 68
<i>Объем выборки n = 17, F(4, 12) = 154,626**, R² = 0,981</i>		

Примечания: 1. Зависимая переменная – логарифм объема торговли ($\ln(T_{ij})$). 2. Символом * показана значимость на уровне 0,05, символом ** – значимость на уровне 0,01.

Из табл. 3 видно, что оценка модели является статистически значимой на уровне 0,05. Она имеет достаточно высокую объясняющую способность. При этом анализ остатков модели показал, что гипотеза о соответствии их нормальному закону распределения вероятностей и гипотеза об отсутствии гетероскедастичности не отвергаются, однако гипотеза об отсутствии автокорреляции остатков до второго порядка включительно отвергается, что свидетельствует о необходимости совершенствования модели.

Положительная оценка коэффициента при показателе тренда означает, что при прочих равных объем торговли ежегодно растет в среднем на 2,08 %. Рост ВВП страны-экспортера на 1 % ассоциирован со снижением торговли на 0,49 %. Возможно, с ростом ВВП страны стремятся снизить зависимость внутреннего рынка от взаимной торговли и диверсифицировать внешнеэкономические связи. Рост ВВП страны-импортера на 1 % связан с увеличением торговли на 1,31 %. Влияние членства Беларуси в Таможенном союзе является статистически незначимым. Так как рассматриваемое физическое расстояние между странами не меняется во времени, то эта переменная из оценки модели была исключена.

Оценку гравитационной модели использовали для прогнозирования объемов торговли между Россией и Беларусью до 2029 г. Анализ проводили на основе предсказанных значений ВВП двух стран, которые представлены на сайте Международного валютного фонда.

¹²Средний официальный курс белорусского рубля по отношению к иностранным валютам // Национальный банк Республики Беларусь : сайт. URL: <https://www.nbrb.by/statistics/rates/avgrate> (дата обращения: 10.12.2024).

Результаты

На рис. 1 приведены фактические и прогнозные значения ВВП Беларуси. Прогноз ВВП показывает стабильный восходящий тренд ВВП Беларуси с 2021 г., за исключением небольшого снижения в 2022 г., что можно связать с геополитической ситуацией в 2022 г. и большими санкционными пакетами против союзной России. Максимальное значение прогнозируется в 2026 г., после чего в 2027 г. ожидается спад. В целом прогноз указывает на положительную динамику ВВП с преобладанием роста, что может свидетельствовать об улучшении экономических условий.



Рис. 1. График прогнозирования ВВП Беларуси до 2027 г. по результатам оценки модели экспоненциального сглаживания

Fig. 1. Graph of GDP forecast for Belarus until 2027 based on the results of the exponential smoothing model assessment

На рис. 2 представлен график прогнозируемых объемов торговли между Россией и Беларусью, полученный на основе оценки гравитационной модели международной торговли.



Рис. 2. Объем взаимной торговли между Россией и Беларусью по результатам оценки гравитационной модели

Fig. 2. Volume of mutual trade between Russia and Belarus based on the results of the gravity model assessment

На рис. 2 хорошо виден положительный тренд объемов взаимной торговли между Россией и Беларусью.

Фактические инвестиции России и Беларуси, представленные на рис. 3, достигли своего максимума в 2017 г. Начиная с 2017 г. наблюдается устойчивый тренд на снижение, который, по прогнозам, продолжится до 2027 г. В прогнозе видны небольшие колебания в 2024–2025 гг., но общий тренд остается нисходящим.



Рис. 3. График обмена инвестициями между Россией и Беларусью по результатам оценки ARIMAX (2, 2, 1)

Fig. 3. Graph of investment exchange between Russia and Belarus based on the results of the assessment ARIMAX (2, 2, 1)

График взаимного обмена инновациями между Россией и Беларусью представлен на рис. 4.

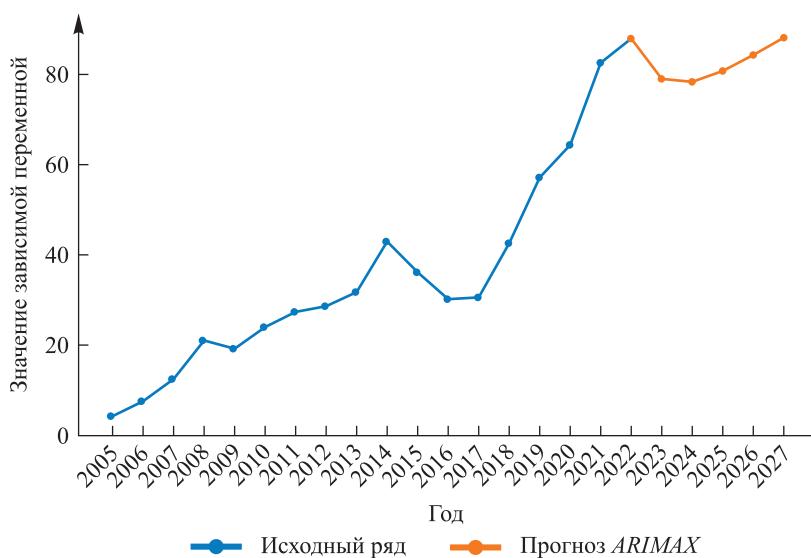


Рис. 4. График взаимного обмена инновациями между Россией и Беларусью по результатам оценки ARIMAX (1, 0, 1)

Fig. 4. Graph of mutual innovation exchange between Russia and Belarus based on the results of the assessment ARIMAX (1, 0, 1)

Из рис. 4 видно, что значения прогнозируемого показателя резко снижаются в 2023 г., но после 2024 г. возрастают. Спад взаимного обмена инновациями между Россией и Беларусью, вероятно, вызван событиями 2022 г. В целом с каждым годом скорость обмена инновациями возрастает, что говорит об успешном развитии сотрудничества России и Беларуси в этой сфере.

Обсуждение

В целях прогнозирования ВВП использовали модель экспоненциального сглаживания, ориентированную на анализ временных паттернов, включая тренды и сезонность. Указанный подход и подход, предложенный в работе [3], имеют как общие черты, так и существенные различия. Оба подхода опираются на исследование экономической динамики, однако методология А. П. Цыпина [3] основана на проведении корреляционно-регрессионного анализа, направленного на выявление долгосрочных

структурных связей между макроэкономическими показателями (например, доля промышленности или уровень безработицы) и ВВП. Такой подход обеспечивает прозрачность интерпретации степени влияния отдельных факторов. Однако модель экспоненциального сглаживания фокусируется на адаптации к краткосрочным изменениям и циклическим колебаниям, что делает ее эффективной для прогнозирования в условиях нестабильности временных рядов.

В работе [4] проведен подробный анализ точности и применимости различных моделей прогнозирования объемов внешней торговли. Автор рассматривает как статические эконометрические модели, так и модели временных рядов. В настоящем исследовании мы расширили методологию применения гравитационной модели международной торговли, используемой в работе [4], дополнив ее экспоненциальным трендом для учета временной динамики.

Прогнозирование взаимных инвестиций в рамках ЕАЭС, описанное в статьях белорусских новостных агентств, осуществляется на основе эконометрического моделирования и сценарных подходов. Использование эконометрического инструментария позволяет учесть такие факторы, как политическая и финансовая стабильность, регулирование финансовых рынков, налоговая политика, а также изменения в сферах энергетики и инфраструктуры. Преимуществами этих подходов являются глубокий анализ причинно-следственных связей и учет широкого круга факторов, которые могут влиять на инвестиционные потоки между странами. Сценарный подход позволяет предсказать развитие событий в зависимости от изменений внешних и внутренних условий, что дает возможность адаптации параметров моделей к различным экономическим ситуациям. Однако применение такой методологии может быть ограничено точностью прогнозов, поскольку сильно зависит от правильной идентификации ключевых факторов и выбора соответствующих эконометрических моделей. Кроме того, долгосрочные прогнозы могут быть подвержены рискам, связанным с изменившимися политическими и экономическими условиями. Используемая нами модель *ARIMAX* позволяет учесть риски, описанные выше, и определить прогнозы для взаимных инвестиций в рамках ЕАЭС.

Методы прогнозирования объема взаимного обмена инновациями, представленные в работе [5], включают анализ патентов, научных публикаций, сетевых взаимодействий и образовательных инициатив. Эти методы акцентируют внимание на качественных аспектах обмена, таких как развитие научных и образовательных проектов, и позволяют исследовать долгосрочные тенденции и международное сотрудничество в области инноваций. Используемая в нашем исследовании модель *ARIMAX*, в свою очередь, делает краткосрочные предсказания и учитывает временной ряд прогнозируемого показателя, а также экзогенные факторы, характеризующие особенности политической и экономической ситуации. Она моделирует влияние внешних факторов на обмен инновациями, что делает ее более гибкой для краткосрочного прогноза.

Заключение

В ходе проведенного исследования была достигнута основная цель – оценка перспектив экономического сотрудничества между Россией и Беларусью в рамках интеграционных объединений ЕАЭС, ШОС и БРИКС с учетом влияния санкций и других внешних факторов. Эконометрические модели, а именно модель экспоненциального сглаживания, *ARIMAX* и гравитационная модель, позволили осуществить прогнозирование ключевых экономических показателей, таких как ВВП, объем взаимной торговли, взаимные инвестиции и обмен инновациями.

Полученные результаты подтверждают гипотезу о положительном влиянии экономической интеграции на торговые и инвестиционные отношения между странами, несмотря на существующие экономические вызовы. В частности, результаты прогнозирования указывают на рост ВВП Беларуси и объемов взаимной торговли, а также на усиливающееся сотрудничество между странами в сфере инноваций. Вместе с тем прогнозируемое снижение взаимных инвестиций в долгосрочной перспективе подчеркивает необходимость дальнейшего развития инвестиционной политики и повышения привлекательности совместных проектов.

Значимость исследования заключается в расширении научных подходов к анализу экономической интеграции и прогнозированию в условиях политической и экономической нестабильности. Результаты могут быть использованы для оптимизации экономической политики стран и улучшения механизмов их сотрудничества в рамках интеграционных объединений. Однако исследование имеет и ряд ограничений. В будущем потребуется доработка моделей для более корректного учета влияния нестабильности политической и экономической ситуации, а также для совершенствования методов прогнозирования в условиях глобальных изменений.

Библиографические ссылки

1. Зубенко ВВ, Аварский СА. Взаимодополняемость экономик стран – членов ЕАЭС: между прошлым и будущим. *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2016;12(11):127–142. EDN: XAAWWH.
2. Господарик Е, Дутин С, Королева А. Евразийский экономический союз: экономика, торговля, логистика в условиях санкций. *Банкаўскі веснік*. 2023;8:34–40. EDN: ANFKOK.
3. Цыпин АП. Эконометрическое моделирование влияния факторов на ВВП постсоветских стран. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Экономика. Управление. Право*. 2018;18(4):407–412. DOI: 10.18500/1994-2540-2018-18-4-407-412.
4. Турунцева МЮ. Прогнозы внешнеторговых показателей: сравнительный анализ качественных свойств различных моделей. *Российский внешнеэкономический вестник*. 2011;2:35–45. EDN: PCDRLB.
5. Гришанина ТА. Искусственный интеллект в международных отношениях: роль и направления исследования. *Вестник РГГУ. Серия: Политология. История. Международные отношения*. 2021;4:10–18. DOI: 10.28995/2073-6339-2021-4-10-18.
6. Господарик ЕГ, Ковалёв ММ. Математическое моделирование эффектов интеграции на примере ЕАЭС. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2023;1:36–50. EDN: HFZATO.

Статья поступила в редакцию 30.12.2024.

Received by editorial board 30.12.2024.

СЦЕНАРИЙ РАЗВИТИЯ СОЮЗНОГО ГОСУДАРСТВА РОССИИ И БЕЛАРУСИ В РАМКАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ИНТЕГРАЦИОННЫХ ОБЪЕДИНЕНИЯХ¹

**О. Л. ШЕМЕТКОВА¹⁾, Г. В. ИВАНКОВА¹⁾, Е. В. ВОЛКОВА¹⁾,
И. В. ЦВЕТКОВ¹⁾, Е. А. ШУГАЕВА¹⁾, В. Д. ЮНДА¹⁾**

¹⁾Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова,
пер. Стремянный, 36, 115054, г. Москва, Россия

Аннотация. Рассматривается актуальное экономическое положение стран – членов Союзного государства. Обосновывается необходимость этого союза для России и Беларуси, а также важность дальнейшего развития объединения. Экономика Беларуси в значительной степени связана с экономикой России, которая занимает лидирующие позиции по различным сегментам в Союзном государстве и является более финансово и экономически развитой. Для анализа и иллюстрации текущей ситуации применяются ранжирование стран по рейтингу скорости развития экономики, индексу инновационного развития и индексу развития информационно-коммуникационных технологий, однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) для двух государств. Выделяются основные риски взаимодействия в интеграционных объединениях (инфляционные, санкционные, кадровые, логистические и валютные), а также их влияние на экономику обеих стран. В рамках исследованных показателей прогнозируется динамика ВВП и внешнеторгового оборота Беларуси, объемов взаимной торговли и взаимных инвестиций между Россией и Беларусью. Для моделирования и построения прогнозных значений используются разные подходы и алгоритмы: регрессии различных функциональных форм, модель ARIMA (ARIMAX), экспоненциальное слаживание и модель Prophet. Анализ отражает потенциальные положительные эффекты от участия Союзного государства в интеграционных объединениях и сотрудничества с новыми партнерами. Делается вывод о том, что

¹⁾Статья написана по результатам участия авторов в XI Евразийской студенческой олимпиаде по аналитической экономике и прогнозированию в рамках заочного отборочного тура.

Образец цитирования:

Шеметкова ОЛ, Иванкова ГВ, Волкова ЕВ, Цветков ИВ, Шугаева ЕА, Юнда ВД. Сценарий развития Союзного государства России и Беларуси в рамках взаимодействия в интеграционных объединениях. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2025;1:47–56.

EDN: OGPRVE

For citation:

Shemetkova OL, Ivankova GV, Volkova EV, Tsvetkov IV, Shugaeva EA, Yunda VD. The scenario of the development of the Union State of Russia and Belarus in the framework of cooperation in integration associations. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2025;1:47–56. Russian.

EDN: OGPRVE

Авторы:

Ольга Леонидовна Шеметкова – кандидат физико-математических наук, доцент; заведующий кафедрой высшей математики Высшей школы кибернетикой, математики и статистики.

Галина Владимировна Иванкова – старший преподаватель кафедры высшей математики Высшей школы кибернетикой, математики и статистики.

Елена Витальевна Волкова – студентка Высшей школы кибернетикой, математики и статистики. Научный руководитель – Г. В. Иванкова.

Илья Валерьевич Цветков – студент специального факультета талантливой молодежи «Форсайт». Научный руководитель – Г. В. Иванкова.

Елизавета Александровна Шугаева – студентка Высшей школы кибернетикой, математики и статистики. Научный руководитель – Г. В. Иванкова.

Владимир Дмитриевич Юнда – студент Высшей школы финансов. Научный руководитель – Г. В. Иванкова.

Authors:

Olga L. Shemetkova, PhD (physics and mathematics), docent; head of the department of higher mathematics, Higher School of Cybertechnology, Mathematics and Statistics.

shemetkova.ol@rea.ru

<https://orcid.org/0009-0004-8754-3303>

Galina V. Ivankova, senior lecturer at the department of higher mathematics, Higher School of Cybertechnology, Mathematics and Statistics.

ivankova.gv@rea.ru

<https://orcid.org/0000-0003-2573-9074>

Elena V. Volkova, student at the Higher School of Cybertechnology, Mathematics and Statistics.

volkova.ev11@mail.ru

Ilya V. Tsvetkov, student at the special faculty of talented youth «Forsyth».

valerij.czvetkov.69@gmail.com

Elizaveta A. Shugaeva, student at the Higher School of Cybertechnology, Mathematics and Statistics.

elizaveta1shugaeva@yandex.ru

Vladimir D. Yunda, student at the Higher School of Finance.

vladimiryunda@bk.ru



Беларуси и России необходимо продолжать строительство общих платежных систем расчета, обмен инновациями для наращивания производственного и экономического потенциала, технологического развития.

Ключевые слова: интеграция; прогнозирование макроэкономических показателей; дисперсионный анализ; ANOVA; моделирование.

THE SCENARIO OF THE DEVELOPMENT OF THE UNION STATE OF RUSSIA AND BELARUS IN THE FRAMEWORK OF COOPERATION IN INTEGRATION ASSOCIATIONS

O. L. SHEMETKOVA^a, G. V. IVANKOVA^a, E. V. VOLKOVA^a,
I. V. TSVETKOV^a, E. A. SHUGAEVA^a, V. D. YUNDA^a

^aPlekhanov Russian University of Economics, 36 Stremjannyj Lane, Moscow 115054, Russia

Corresponding author: G. V. Ivankova (ivankova.gv@rea.ru)

Abstract. The current economic situation of the member countries of the Union State is considered. The necessity of this union for Russia and Belarus, as well as the importance of further development of the association are substantiated. The economy of Belarus is largely linked to the economy of Russia, which occupies a leading position in various segments in the Union State and is more financially and economically developed. To analyse and illustrate the current situation, the ranking of countries by the rating of the speed of economic development, the index of innovative development and the index of information and communication technology development, one-factor analysis of variance (ANOVA) for the two states are used. The main risks of interaction in integration associations (inflation, sanctions, personnel, logistics and currency) are identified, as well as their effect on the economy of both countries. Within the framework of the studied indicators, the dynamics of GDP and foreign trade turnover of Belarus, volumes of mutual trade and mutual investments between Russia and Belarus are predicted. Different approaches and algorithms are used for modelling and constructing forecast values: regressions of various functional forms, the ARIMA (ARIMAX) model, exponential smoothing and the Prophet model. The analysis reflects the potential positive effects of the Union State's participation in integration associations and cooperation with new partners. It is concluded that Belarus and Russia need to continue building common payment systems, exchanging innovations to build up production and economic potential, and technological development.

Keywords: integration; forecasting of macroeconomic indicators; analysis of variance; ANOVA; modelling.

Введение

В современных условиях динамичного развития международных экономических связей государства все больше ориентируются на международные организации, способствующие интеграции стран.

Россия имеет важное значение для экономики государств – членов ЕАЭС, обеспечивая основные объемы энергоресурсов, а также играя ключевую роль в торговле потребительскими товарами и машиностроительной продукцией. Санкции против России оказывают негативное влияние не только на ее внутреннюю экономику, но и на экономику стран-партнеров в рамках ЕАЭС, которые сталкиваются с угрозой вторичных санкций. Кроме того, усиление санкционного давления требует поиска альтернативных источников инвестиций и технологического развития. С 2017 по 2021 г. наблюдался рост прямых иностранных инвестиций в экономику России, что свидетельствовало о сохранении интереса зарубежных партнеров к возможностям российского рынка. Однако в 2022 г. и далее этот показатель демонстрировал снижение в связи с ужесточением санкционных мер и изменением международной конъюнктуры [1].

В 2023 и 2024 гг. Россия сосредоточила усилия на укреплении отношений с государствами БРИКС+, которые стали для нее ключевыми партнерами в обеспечении альтернативных поставок и стимулировании экономического роста в условиях санкционного давления. Россия является членом ШОС и занимает важную позицию в этой организации как один из экспортёров нефти, газа и других природных ресурсов внутри объединения [2]. Также Россия сотрудничает со странами ШОС в области безопасности, внося вклад в борьбу с международным терроризмом и киберугрозами, обеспечение стабильности в Центральной Азии.

Геополитическая ситуация и внешнее давление стимулируют развитие экономических связей с другими государствами, не поддерживающими санкции. Большое внимание уделяется укреплению сотрудничества

со странами Ближнего Востока, что помогает компенсировать потерю некоторых западных рынков и поставок. Примером подобного сотрудничества являются взаимоотношения России и ОАЭ. В марте 2023 г. начались переговоры по соглашению о создании зоны свободной торговли между ЕАЭС и ОАЭ, которое улучшит инвестиционный климат, условия товарооборота и логистики, обмен технологиями². В 2022 г. основная доля импорта в Россию из ОАЭ приходилась на пластмассы, каучук, резину, продукцию химической промышленности, а также машины, оборудование, аппаратуру.

Беларусь является экспортно ориентированным государством с развитыми промышленностью и сельским хозяйством. Главные экспортные позиции страны – продукция нефтехимии, машиностроения, металлургии, деревообработки, сельскохозяйственного производства и химической промышленности (калийные удобрения). К основным торговым партнерам Беларуси относятся Россия, Китай, ОАЭ, Германия, Польша, Турция, Казахстан, Бразилия, Италия, Узбекистан, Литва и Индия. Беларусь вместе с Россией входит в состав ЕАЭС и Союзного государства. Поскольку Россия находится в условиях санкционного давления, которые могут оказывать негативное влияние и на Беларусь, республике необходимо рассматривать новые варианты международного сотрудничества. Так, в июле 2024 г. Беларусь официально вступила в ШОС, а в октябре того же года на саммите БРИКС+ в Казани ей был предложен статус партнера данного объединения. Все вышесказанное делает актуальным изучение перспектив развития страны с учетом участия в интеграционных объединениях [3].

Союзное государство в целом и Беларусь в частности стремятся к развитию новых торговых отношений с восточными странами. Например, во время официального визита А. Г. Лукашенко в Пакистан был подписан контракт на поставку 2,7 тыс. тракторов производства ОАО «Минский тракторный завод»³.

Авторы публикации [4] отмечают, что интеграция более выгодна малым странам, которые, попадая на рынки сбыта экономически более развитых партнеров, получают доступ к новым технологиям и рынку капитала. Кроме того, союз значительно укрепляет позиции его участников, особенно малых, в отношениях с сильными соседями. Таким образом, для Беларуси с достаточно большой экономикой весьма актуально вхождение в состав объединений, страны-члены которых имеют еще более крупные экономики. Подобными объединениями являются ШОС и БРИКС+. В работе [5] авторы говорят о важности России в качестве стратегического партнера Беларуси. Однако при этом они отмечают необходимость для республики расширять международное сотрудничество, вступать в интеграционные союзы, в том числе с европейскими странами, что невозможно в текущей ситуации.

Для определения взаимозависимости экономик стран – членов Союзного государства и экономик стран – участниц ШОС, БРИКС+ и ЕАЭС авторами настоящей статьи был проведен однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Примененный метод позволил выявить, насколько подобна динамика ВВП Беларуси и России и государств – членов вышеперечисленных интеграционных объединений. Для большинства из рассматриваемых стран наблюдаются высокие *p*-значения и низкие величины *F*-критерия, что говорит о схожести уровней развития их экономик. Наибольшие *p*-значения отмечаются при сравнении динамики ВВП Беларуси с динамикой ВВП Индии, ОАЭ, Китая и России, все перечисленные страны входят в состав БРИКС+. Среди государств ЕАЭС Беларусь и Россия имеют высокую близость только друг с другом. Взаимозависимость стран – членов Союзного государства в рамках изучаемых объединений укрепляет их интеграцию [6].

Далее было рассмотрено состояние экономики актуальных стран – участниц ШОС, БРИКС+ и ЕАЭС с использованием трех показателей – рейтинга стран по скорости развития экономики, индекса инновационного развития и индекса развития информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). По темпам роста ВВП среди стран ШОС Беларусь занимает 9-е место, Россия – 10-е место, лидерами являются Индия, Узбекистан и Кыргызстан, средние темпы роста ВВП которых превышают 6,0 %⁴. По темпам роста ВВП среди государств ЕАЭС Беларусь располагается на 4-м месте, Россия – на 5-м месте, лидерами являются Кыргызстан и Армения. Стоит подчеркнуть текущее положение стран – членов Союзного государства: они находятся на близких позициях и имеют низкую относительно других стран скорость развития экономики, что может быть связано с геополитической ситуацией и санкционным давлением [7].

В 2024 г. лидирующие места по инновационному развитию в рассматриваемых интеграционных объединениях занимали Китай, ОАЭ, Индия и Россия. Беларусь находилась в рейтингах ниже середины, однако, несмотря на это, страны – члены Союзного государства имеют небольшой разрыв в значениях индекса инновационного развития [8].

²Петрова А. Торгово-инвестиционное сотрудничество России и ОАЭ: обзор форматов взаимодействия // Росконгресс : сайт. URL: <https://roscongress.org/materials/torgovo-investitsionnoe-sotrudnichestvo-rossii-i-uae-obzor-formatov-vzaimodeystviya/> (дата обращения: 10.04.2025).

³МТЗ отправит почти три тысячи тракторов в Пакистан в следующем году // Factories.by : сайт. URL: <https://factories.by/news/mtz-otpravit-pochti-tri-tysyachi-traktorov-v-pakistan-v-sleduyuschem-godu> (дата обращения: 10.04.2025).

⁴Real GDP growth: annual percent change // International Monetary Fund : website. URL: https://www.imf.org/external/datamapper/ngdp_rpch@weo/oemdc/advec/weoworld/ (date of access: 10.04.2025).

Согласно данным за 2024 г. Беларусь и Россия входили в пятерку лидеров по индексу развития ИКТ среди рассматриваемых 17 стран [9]. Высокий уровень развития ИКТ в государствах ШОС, БРИКС+ и ЕАЭС может способствовать расширению торговли и инвестиций между странами, углублению их экономической интеграции. Индекс развития ИКТ показывает стремление России и Беларуси взаимодействовать с другими государствами в сфере создания общих цифровых экосистем. Так, в 2019 г. Евразийская экономическая комиссия завершила разработку концепции создания экосистемы цифровых транспортных коридоров в рамках цифровой повестки ЕАЭС. Проект был совместно разработан тремя странами – Беларусью, Россией и Казахстаном.

Кроме того, запущен проект «Работа без границ», нацеленный на выстраивание большой экосистемы содействия трудоустройству, в которой будут развиваться сервисы, связанные с электронными трудовыми книжками и смарт-контрактами [10]. Через эту платформу граждане государств – членов ЕАЭС смогут получать доступ к удаленным сервисам, которые им необходимы в связи с переездом в другую страну, сменой места работы и т. д.

В июне 2024 г. стало известно, что Россия, Китай и Казахстан планируют подписать соглашение о разработке и внедрении единой цифровой платформы по аналогии с цифровым транспортным коридором Союзного государства и Казахстана. Благодаря возможности использовать электронные торговые площадки в настоящее время в интеграционных объединениях увеличивается объем взаимной торговли и взаимных инвестиций между странами-партнерами.

В рамках БРИКС планируется создать многостороннюю цифровую расчетно-платежную платформу *BRICS Bridge*. Ожидается, что данная платформа поможет сблизить финансовые рынки государств – членов БРИКС и увеличить взаимный торговый оборот, а также повысить долю национальных валют в расчетах между странами. Стороны смогут рассчитываться друг с другом практически мгновенно, а затраты на проведение таких платежей будут минимальными.

Приведенные примеры интеграций и цифровых платформ взаимодействия государств отражают высокую степень цифровизации, а также расширение возможностей для увеличения торгового оборота.

Рассматривая новые направления сотрудничества Беларуси, стоит упомянуть, что с 1 января 2025 г. она присоединилась к БРИКС в качестве страны-партнера. Формат БРИКС+ является новым инструментом в деятельности БРИКС, позволяющим этому объединению привлекать к своей работе различные страны Глобального Юга [3; 6].

Таким образом, объединения ШОС, БРИКС+ и ЕАЭС являются выгодными союзами как для Беларуси, так и для России, поскольку участие в них обеспечивает расширение внешнеторговых связей, налаживание международных цепочек поставок, появление новых направлений сотрудничества и сохранение ранее имевшихся партнеров в условиях санкционного давления [11].

Материалы и методы исследования

В ходе работы проанализирована динамика макроэкономических показателей (ВВП) Беларуси и России с 2008 по 2023 г. в целях прогнозирования их будущего развития в контексте взаимодействия в рамках Союзного государства [12; 13]. В качестве потенциальных факторов, влияющих на исследуемые показатели, рассмотрены уровень инфляции, уровень безработицы, объемы экспорта и импорта, валютный курс к доллару США, курс нефти марки Brent, ключевая ставка и реальная заработная плата. Перед построением парных и факторных моделей прогнозирования осуществлен сбор макроэкономических данных. Для приведения всех переменных к единому масштабу выполнена нормализация собранных данных, что позволило улучшить сходимость моделей и повысить корректность их интерпретации.

Для проведения исследования использованы разные подходы и алгоритмы: регрессии различной функциональной формы, модель *ARIMA* (*ARIMAX*), экспоненциальное сглаживание и модель *Prophet*, которые были реализованы в среде Python. Модели обучены на всех тренировочных данных за выбранный период (2008–2023), после чего выполнен прогноз на тестовых данных. Для валидации качества прогнозов использована метрика SMAPE.

Далее с помощью регрессионного анализа (линейной, линейно-логарифмической, логарифмически-линейной, логарифмической и полиномиальной моделей) отобраны наиболее значимые факторы. Методом перебора различных комбинаций признаков-предикторов определен их оптимальный набор, обеспечивающий наилучшее значение по метрике SMAPE. После этого проведено повторное обучение моделей на отобранных значимых факторах и вновь оценена метрика качества прогноза. На финальном этапе выбрана модель, демонстрирующая наилучшие показатели точности и использующая наиболее значимые признаки-предикторы. В статье не интерпретированы оценки параметров в построенных многофакторных моделях, поскольку целью работы было построение наиболее точных моделей с учетом ограниченного доступа к данным.

Результаты

Оптимальный набор факторов для прогнозирования темпов роста реального ВВП Беларуси был сформирован на основе детального анализа значимости признаков-предикторов. Наилучшие результаты по метрике показала комбинация следующих факторов: уровня инфляции в Беларуси (инфляция_РБ), объема импорта Беларуси (импорт_РБ), курса нефти марки Brent (нефть), ключевой ставки в Беларуси (ключевая ставка_РБ) и реальной заработной платы в Беларуси (реальная зарплата_РБ). Среди протестированных моделей наиболее точной оказалась линейно-логарифмическая регрессия, обеспечивающая наилучшее соответствие прогнозных значений фактическим данным:

$$\ln(\text{ВВП}) = 4,6385 + 0,0176 \cdot \text{инфляция_РБ} - 0,0133 \cdot \text{импорт_РБ} - 0,0261 \cdot \text{нефть} - 2,6747 \cdot \text{ключевая ставка_РБ} + 0,0103 \cdot \text{реальная зарплата_РБ}.$$

Анализ динамики темпов роста реального ВВП Беларуси в 2008–2023 гг. выявил как фазы экономического подъема, так и фазы замедления, обусловленные глобальными и внутренними вызовами. За указанный период экономика Беларуси показала стабильные, но колеблющиеся темпы роста с заметными спадами в 2015, 2016 и 2020 гг., связанными с внешними шоками и кризисными явлениями. Прогноз на 2024–2027 гг. указывает на замедление темпов роста реального ВВП (рис. 1). Хотя прогнозные значения остаются в положительной области, очевидно, что белорусская экономика сталкивается с геополитическими рисками, а также рисками стагнации, обусловленной структурными ограничениями, зависимостью от импорта сырья и необходимостью диверсификации экспорта.



Рис. 1. Динамика и прогноз темпов роста реального ВВП Беларуси в 2008–2027 гг.

Fig. 1. Dynamics and forecast of growth rates of real GDP of Belarus in 2008–2027

В контексте вышеуказанных обстоятельств углубление экономической интеграции с Россией может стать для Беларуси стратегическим фактором стабилизации и развития. Масштаб российской экономики значительно (в десятки раз) превышает белорусский рынок, что открывает дополнительные возможности для привлечения инвестиций, развития экспортно ориентированных отраслей, а также получения доступа к российским финансовым и технологическим ресурсам. Россия остается крупнейшим торговым партнером Беларуси, что делает дальнейшую экономическую кооперацию естественным шагом к повышению устойчивости национальной экономики.

Наибольшее влияние на прогнозирование объема взаимной торговли между Россией и Беларусью оказали следующие факторы: ключевая ставка в России и Беларуси (ключевая ставка_РФ и ключевая ставка_РБ соответственно), уровень инфляции в Беларуси (инфляция_РБ), обменный курс белорусского рубля к доллару США (курс_РБ), курс нефти марки Brent (нефть), а также реальная заработная плата в Беларуси (реальная зарплата_РБ). Кроме того, значительную роль сыграли объемы экспорта России и Беларуси (экспорт_РФ и экспорт_РБ соответственно). Среди протестированных моделей наилучшую точность прогноза продемонстрировала линейно-логарифмическая регрессия:

$$\begin{aligned} \text{взаимная торговля} = & 33,80 + 1,55 \cdot \text{ключевая ставка_РФ} - 2,71 \cdot \text{экспорт_РФ} + \\ & + 2,27 \cdot \text{инфляция_РБ} + 3,09 \cdot \text{экспорт_РБ} + 4,89 \cdot \text{курс_РБ} + 5,76 \cdot \text{нефть} - \\ & - 2,89 \cdot \text{ключевая ставка_РБ} + 1,50 \cdot \text{реальная зарплата_РБ}. \end{aligned}$$

Анализ взаимной торговли между Россией и Беларусью в 2008–2023 гг. свидетельствует о волатильности показателей, но общий тренд указывает на ее рост, особенно в последние годы. В частности, после снижения объема торговли в 2015–2016 гг. наблюдалось его уверенное восстановление, а к 2023 г. данный показатель достиг 50,0 млрд долл. США. Согласно прогнозу, основанному на линейно-логарифмической модели, учитывающей ключевые макроэкономические факторы, к 2027 г. объем взаимной торговли между Россией и Беларусью может составить 52,0 млрд долл. США (рис. 2).

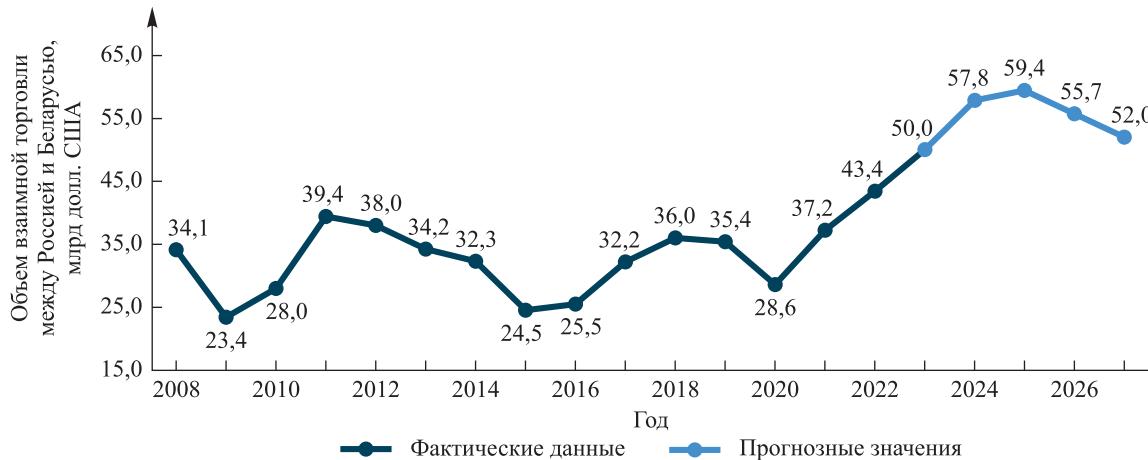


Рис. 2. Динамика и прогноз объема взаимной торговли между Россией и Беларусью в 2008–2027 гг.
Fig. 2. Dynamics and forecast of the volume of mutual trade between Russia and Belarus in 2008–2027

Анализ текущих и прогнозных показателей взаимной торговли между странами свидетельствует о том, что Беларусь продолжит укреплять торгово-экономические отношения с Россией, поскольку это обеспечивает устойчивое развитие и адаптацию к внешним экономическим вызовам. Российский рынок остается ключевым для белорусского экспорта, а Союзное государство создает уникальные условия для дальнейшей экономической интеграции.

Далее рассмотрим внешнеторговый оборот Беларуси (рис. 3). Внешняя торговля является ключевым элементом экономического развития республики, обеспечивающим поступление валютной выручки, устойчивость промышленного сектора и стабильность финансовой системы. В последние десятилетия торговые связи Беларуси с Россией приобрели стратегическое значение, так как именно российский рынок остается основным направлением экспорта белорусских товаров.



Рис. 3. Динамика и прогноз внешнеторгового оборота Беларуси в 2009–2027 гг.
Fig. 3. Dynamics and forecast of foreign trade turnover of Belarus in 2009–2027

Статистические данные за 2009–2023 гг. демонстрируют колебание объема внешней торговли, однако общий тренд остается положительным. Если в 2009 г. внешнеторговый оборот Беларуси составлял 49,9 млрд долл. США, то к 2023 г. этот показатель вырос до 82,9 млрд долл. США.

Согласно прогнозу, основанному на логарифмической модели, учитывающей ключевые макроэкономические факторы, к 2027 г. объем внешней торговли Беларуси может достигнуть 94,1 млрд долл. США. В качестве факторов, наиболее значимо влияющих на объем внешней торговли, были определены ключевая ставка в России (ключевая ставка_РФ), уровень инфляции в России (инфляция_РФ), уровень безработицы в Беларуси (безработица_РБ), обменный курс белорусского рубля к доллару США (курс_РБ) и ключевая

ставка в Беларусь (ключевая ставка_РБ). Эти показатели отражают условия глобального и регионального экономического климата, влияя на конкурентоспособность белорусского экспорта и доступ к внешним рынкам:

$$\text{внешняя торговля} = 69270 - 4475 \cdot \ln(\text{ключевая ставка_РФ}) - 4227 \cdot \ln(\text{инфляция_РФ}) - 9261 \cdot \ln(\text{безработица_РБ}) + 6028 \cdot \ln(\text{курс_РБ}) + 9662 \cdot \ln(\text{ключевая ставка_РБ}).$$

Сотрудничество с Россией остается наиболее выгодным и устойчивым вариантом для Беларуси в условиях неопределенности мировой экономики. Во-первых, географическая и экономическая интеграция двух стран обеспечивает свободный доступ белорусских товаров на российский рынок (без тарифных и административных барьеров), что значительно снижает экспортные издержки. Во-вторых, российские компании являются основными покупателями белорусской продукции, особенно в таких отраслях, как машиностроение, нефтехимия и сельское хозяйство. Высокий уровень кооперации делает белорусскую промышленность зависимой от российского спроса, но одновременно гарантирует стабильные объемы экспорта даже в кризисные периоды. В-третьих, торгово-экономическое сотрудничество с Россией позволяет Беларуси получать энергоресурсы по ценам ниже рыночных, что обеспечивает белорусским производителям конкурентное преимущество на внешних рынках.

В последние годы наблюдается устойчивая положительная динамика капиталовложений между двумя странами, что свидетельствует о высоком уровне экономического сотрудничества. Анализ показывает значительный рост объема взаимных инвестиций: если в 2008 г. данный показатель составлял 2,6 млрд долл. США, то к 2023 г. он увеличился до 10,3 млрд долл. США. Согласно прогнозу, основанному на линейно-логарифмической модели, которая учитывает ключевые макроэкономические факторы, к 2027 г. объем взаимных инвестиций может составить 11,4 млрд долл. США. Среди факторов, влияющих на динамику взаимных инвестиций, были использованы ключевая ставка в России (ключевая ставка_РФ), уровень инфляции в России и Беларусь (инфляция_РФ и инфляция_РБ соответственно), объемы экспорта и импорта Беларуси (экспорт_РБ и импорт_РБ соответственно), обменный курс белорусского рубля к доллару США (курс_РБ), курс нефти марки Brent (нефть) и реальная заработная плата в Беларусь (реальная зарплата_РБ). Эти показатели определяют привлекательность инвестиционной среды и формируют условия для углубления экономического партнерства между странами:

$$\begin{aligned} \text{взаимные инвестиции}_t = & -0,24 - 0,33 \cdot \text{ключевая ставка}_\text{РФ}_{t-1} + 0,48 \cdot \text{инфляция}_\text{РФ}_{t-1} + \\ & + 1,96 \cdot \text{инфляция}_\text{РБ}_{t-1} - 2,56 \cdot \text{экспорт}_\text{РБ}_{t-1} + 2,48 \cdot \text{импорт}_\text{РБ}_{t-1} + 0,65 \cdot \text{курс}_\text{РБ}_{t-1} + \\ & + 1,1 \cdot \text{нефть}_{t-1} + 1,23 \cdot \text{реальная зарплата}_\text{РБ}_{t-1} + 2,45 \cdot \text{взаимные инвестиции}_{t-1}, \end{aligned}$$

где t – прогнозный период; $t-1$ – предыдущий период.

Российские инвесторы заинтересованы в расширении присутствия в Беларусь, что обеспечивает стабильный приток капитала в промышленность, энергетику и транспорт республики. Близость экономических моделей и единое экономическое пространство создают благоприятные условия для совместных проектов и крупных инфраструктурных инициатив. В отличие от западных партнеров Россия заинтересована в долгосрочном развитии белорусской экономики, что выражается в более гибких условиях финансирования и поддержке ключевых отраслей. Беларусь получает доступ к стратегически важным ресурсам, включая энергоснабжением по сниженным ценам, что способствует повышению инвестиционной привлекательности страны.

Анализ прогнозных значений указывает на сохранение положительной тенденции роста с фазами замедления взаимных инвестиций между Россией и Беларусью (рис. 4).



Рис. 4. Динамика и прогноз объема взаимных инвестиций между Россией и Беларусью в 2008–2027 гг.

Fig. 4. Dynamics and forecast of the volume of mutual investments between Russia and Belarus in 2008–2027

Политика экономической интеграции в рамках Союзного государства формирует устойчивую базу для дальнейшего расширения взаимных капиталовложений, что делает сотрудничество с Россией не только выгодным, но и необходимым для долгосрочного экономического развития Беларуси.

Обсуждение

При интеграции Беларуси в рамках Союзного государства в ЕАЭС, ШОС и БРИКС+ наблюдается изменение структуры импорта в сторону увеличения доли товаров, ввозимых из Китая, Индии и других крупных стран, входящих в указанные объединения. Вследствие этого ожидается рост уровня инфляции в Беларуси с текущих 5,5 % до значений, близких к российским значениям, которые по итогам января 2025 г. были равны 9,92 %⁵. Данное обстоятельство подтолкнет Национальный банк Республики Беларусь к повышению ключевой ставки, что увеличит стоимость кредитования для локальных организаций и приведет к росту стоимости их продукции, снизив ее привлекательность для потребителей, поскольку уже сейчас прослеживаются тенденции к замещению местных товаров аналогами из зарубежных стран, так как низкие таможенные пошлины, действующие при продажах товаров между странами – участниками вышеуказанных интеграционных объединений, позволяют импортерам конкурировать с локальными производителями. Тем не менее стоит отметить, что существующая структура товарооборота в Союзном государстве устойчива, так как большую ее часть составляют российские товары, которые уже заняли свою нишу на рынке, и вытеснить их оттуда будет крайне затруднительно.

Существует вероятность введения вторичных санкций, также возможно продление санкций в отношении частных компаний и правительенного аппарата в целом, если западные контролирующие органы уличат их во взаимодействии с подсанкционными компаниями из других стран. Данный фактор негативно повлияет на внешнюю торговлю стран – членов Союзного государства, так как немногие зарубежные компании готовы брать на себя риск оказаться в санкционном списке.

При интеграции Союзного государства в международные организации существует риск перетока кадров в страны с более высоким уровнем заработной платы⁶. Средняя заработная плата в Беларуси и России является сопоставимой и растет с примерно одинаковой скоростью, но в абсолютных значениях в других странах – участницах интеграционных объединений она больше⁷, что может привести к перетоку рабочей силы⁸. Более ярко будет выражен переток квалифицированных кадров, так как разница в зарплатах в динамично развивающихся отраслях еще значительнее. Следует отметить, что уровень безработицы в Беларуси и России был рекордно низким, поэтому с учетом указанных факторов последствия оттока кадров из экономики Союзного государства будут крайне болезненными и приведут к дефициту рабочей силы⁹. Для уменьшения негативного эффекта следует ввести новые корпоративные практики, направленные на расширение экспертизы сотрудников, чтобы в случае перехода специалиста в международную компанию его можно было быстро заменить и избежать остановки операционных процессов¹⁰.

Интеграция Беларуси в рамках Союзного государства в международные объединения приведет к изменению устоявшихся логистических цепочек. В первую очередь это коснется маршрутов поставки товаров из Европы, поскольку в случае интеграции Беларуси в ШОС и БРИКС+ с большой вероятностью потребность в данных маршрутах значительно уменьшится из-за появления товаров-аналогов, произведенных в странах – участницах этих организаций. За 2023 г. совокупный товарооборот между Беларусью и ЕС составил 10,32 млрд долл. США, из которых объем экспорта был равен 1,56 млрд долл. США, а объем импорта – 8,76 млрд долл. США [7]. Основная доля импорта приходится на продукцию европейского автопрома – новые и бывшие в употреблении автомобили и запчасти к ним. Для России это также является негативным фактором, так как для части импортируемых товаров конечным пунктом назначения является именно российский рынок.

⁵Обзор инфляции. Ноябрь 2024 года // Национальный банк Республики Беларусь : сайт. URL: <https://www.nbrb.by/publications/inflation/inflation-2024-11.pdf> (дата обращения: 10.04.2025).

⁶Динамика номинальной и реальной среднемесячной заработной платы // Национальный статистический комитет Республики Беларусь : сайт. URL: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/ssrd-mvf_2/natsionalnaya-stranitsa-s-vodnyh-dannyh-zarobotnaya-plata_2/ (дата обращения: 10.04.2025).

⁷Рынок труда, занятость и заработная плата // Федеральная служба государственной статистики : сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/labor_market_employment_salaries (дата обращения: 10.04.2025).

⁸Среднегодовая заработная плата в Китае // Trading Economics : сайт. URL: <https://ru.tradingeconomics.com/china/wages> (дата обращения: 10.04.2025).

⁹Уровень безработицы в России // Trading Economics : сайт. URL: <https://ru.tradingeconomics.com/russia/unemployment-rate> (дата обращения: 10.04.2025).

¹⁰Уровень безработицы в Беларуси // Trading Economics : сайт. URL: <https://ru.tradingeconomics.com/belarus/unemployment-rate> (дата обращения: 10.04.2025).

Следует отметить, что совокупный товарооборот Беларуси с 2021 г. остается практически неизменным. По этой причине возможность выхода на новые рынки является крайне привлекательной для национальной экономики¹¹. Например, стоимость тонны хлористого калия¹² на Ванкуверской бирже в 2022 г. составляла 1200 долл. США, притом что в конце 2021 г. его средняя цена колебалась от 202 до 400 долл. США за тонну. Подобный скачок стал результатом неопределенности по вопросу поставок сырья из Беларуси. Интеграция Союзного государства в ШОС и БРИКС+ позволит странам-участникам стабилизировать цены на хлористый калий и другие ресурсы и обеспечить ценовую стабильность.

В случае интеграции Союзного государства в ШОС и БРИКС+ доля валют стран – участниц данных объединений в его экономике значительно вырастет, что может привести к девальвации местных валют, так как по договоренности взаиморасчеты внутри этих организаций производятся в национальных валютах¹³. На момент написания статьи в тройку лидеров по обороту входили китайский юань, российский рубль и индийская рупия. Указанное обстоятельство подтолкнет к дальнейшему развитию цифровых валют стран – членов всех вышеперечисленных объединений. В настоящее время у Беларуси и России существует большое количество совместных цифровых платформ, позволяющих проводить взаиморасчеты в национальных валютах, например платежные системы «Мир» и «Белкарт», работающие без перебоев в обеих странах. Еще в 2014 г. в России был создан собственный аналог межбанковской системы SWIFT – Система передачи финансовых сообщений (СПФС). В рамках последнего визита в Минск главы Центрального банка Российской Федерации стороны констатировали, что интеграция платежных сервисов между странами завершена¹⁴.

На сегодняшний день в государствах БРИКС+ закреплены принципы устойчивого развития, которые регламентируют сферу ответственности каждой страны за выполнение нормативов и регулируют отношения в данной сфере. В случае интеграции Союзного государства в это объединение России и Беларуси также придется следовать установленным правилам и выделять часть бюджета на развитие зеленых инициатив, таких как «Чистые реки БРИКС», «Партнерство городов БРИКС» и «Платформа экологически чистых технологий БРИКС»¹⁵. В настоящее время Беларусь не вносит значительного вклада в общемировую эмиссию парниковых газов из-за структуры своей промышленности, основу которой составляют машиностроение и сельское хозяйство, но с течением времени данный показатель может измениться, поэтому принятие ESG-стандартов сегодня заложит фундамент для углеродной нейтральности страны в будущем¹⁶.

Заключение

Проведенный анализ показал, что экономический рост Беларуси в значительной степени зависит от внешнеэкономических связей с Россией. По этой причине усиление интеграции в торговых отношениях с Россией является крайне важным для республики. Также необходимо, чтобы продолжали работу совместные предприятия, на которых используются как российские, так и белорусские передовые возможности производства.

По мнению авторов, взаимозависимость государств в интеграционных объединениях требует постоянного мониторинга экономических показателей и разработки прогнозов для более эффективного планирования и оценки последствий интеграционных процессов. В целях корректировки построенной модели прогнозных значений ключевых показателей, таких как ВВП, объемы взаимной торговли и взаимных инвестиций, будет проведено дальнейшее исследование, что позволит своевременно корректировать стратегии и усиливать координацию между странами в рамках Союзного государства.

Библиографические ссылки

1. Сибирская АВ, Сулайков АА. Влияние санкционного давления на экономики стран Союзного государства. *Постсоветские исследования* [Интернет]. 2023 [прочитано 14 апреля 2025 г.];6(6):695–703. Доступно по: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_54746475_17474496.pdf.
2. Пилипенко ВВ. Анализ экономического взаимодействия в Шанхайской организации сотрудничества. *Вестник университета*. 2024;2:124–132. DOI: 10.26425/1816-4277-2024-2-124-132.

¹¹Общая информация о внешней торговле: направления, задачи, итоги за актуальный период // Министерство иностранных дел Республики Беларусь : сайт. URL: <https://www.mfa.gov.by/trade/> (дата обращения: 10.04.2025).

¹²Кирейшин А. Куда идут калийные потоки из Беларуси и что происходит у конкурентов // Myfin : сайт. URL: <https://myfin.by/article/ryntki/22616-kuda-idut-kalijnye-potoki-iz-belarusi-i-cto-proishodit-u-konkurentov> (дата обращения: 10.04.2025).

¹³О подписании Договора о создании пула условных валютных резервов стран БРИКС // Банк России : сайт. URL: https://www.cbr.ru/press/pr/?file=15072014_221921if2014-07-15t20_09_12.htm (дата обращения: 10.04.2025).

¹⁴Альтернативы SWIFT-переводам // ВТБ : сайт. URL: <https://www.vtb.ru/articles/perevody/kakie-alternativy-est-u-swift-perevodov/> (дата обращения: 10.04.2025).

¹⁵Зеленые инициативы стран БРИКС // BRICS : портал. URL: <https://infobrics.org/post/34807> (дата обращения: 10.04.2025).

¹⁶О Национальной стратегии развития экономики замкнутого цикла (циркулярной экономики) Республики Беларусь на период до 2035 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 29 мая 2024 г. № 393. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22400393> (дата обращения: 10.04.2025).

3. Муратшина КГ. Формат «БРИКС плюс»: истоки, особенности институционализации, региональная специфика. *Ars Administrandi (Искусство управления)*. 2019;11(1):135–150. DOI: 10.17072/2218-9173-2019-1-135-150.
4. Хомбак ЕИ, Господарик ЕГ. Применение метода DEA для оценки экономической эффективности ЕАЭС. В: Королёва АА, Короткевич АИ, Стефанович ЛИ, Машевская ОВ, Шпарун ДВ, Табала ДЧ, редакторы. *Банковский бизнес и финансовая экономика: глобальные тренды и перспективы развития. Материалы VIII Международной научно-практической конференции молодых ученых, магистрантов и аспирантов; 19 мая 2023 г.; Минск, Беларусь*. Минск: БГУ; 2023. с. 325–328.
5. Liu Z, Dunford M, Liu W. Coupling national geo-political economic strategies and the Belt and Road Initiative: the China – Belarus Great Stone Industrial Park. *Political Geography*. 2021;84:102296. DOI: 10.1016/j.polgeo.2020.102296.
6. Румянцев ВА, Гончарик НВ. О роли ЕАЭС для Республики Беларусь в условиях применения недружественными странами санкционной политики. В: Герасимов ВИ, редактор. *Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. Выпуск 6, часть 1*. Москва: [б. и.]; 2023. с. 454–456.
7. Господарик ЕГ, Ковалёв ММ. Математические модели рейтингового анализа. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2023;2:4–19. EDN: OYCNAG.
8. Dutta S, Lanvin B, Rivera León L, Wunsch-Vincent S, editors. *Global innovation index – 2024: unlocking the promise of social entrepreneurship*. 17th edition. Geneva: World Intellectual Property Organisation; 2024. 323 p. DOI: 10.34667/tind.50062.
9. International Telecommunication Union. *Measuring digital development. The ICT development index – 2024*. Geneva: International Telecommunication Union; 2024. IV, 38 p. (ITU publications).
10. Чистякова ЕА, Соколова ОЮ, Захарова СВ. Общие цифровые экосистемы стран ЕАЭС. *Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета*. 2020;2:37–40. EDN: HSITGT.
11. Господарик Е, Дутин С, Королёва А. Евразийский экономический союз: экономика, торговля, логистика в условиях санкций. *Банкаўскі веснік*. 2023;8:34–40. EDN: ANFKOK.
12. Ивченко ЮС. Определение основных факторов уровня валового регионального продукта методами эконометрического моделирования по совокупности регионов Российской Федерации. *Статистика и экономика*. 2019;16(6):4–18. DOI: 10.21686/2500-3925-2019-6-4-18.
13. Balungu DM, Kumar A. Forecasting the economic growth of Sverdlovsk Region: a comparative analysis of machine learning, linear regression and autoregressive models. *Journal of Applied Economic Research*. 2024;23(3):674–695. DOI: 10.15826/vestnik.2024.23.3.027.

Статья поступила в редакцию 30.12.2024.
Received by editorial board 30.12.2024.

УДК 339.138

*М. Деловое администрирование, экономика бизнеса, маркетинг, бухгалтерский учет, экономика персонала
M. Business Administration, Business Economics, Marketing, Accounting, Personnel Economics*

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАРКЕТИНГОВЫХ МЕТРИК НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ *CASCA²DE*

Э. Г. ЧУРЛЕЙ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Применение системного подхода в маркетинговой деятельности компании требует введения количественных оценок, что обусловлено возрастающими потоками информации. Построение систем маркетинговых метрик целесообразно проводить после завершения информационного аудита. При разработке системы маркетинговых метрик на основе модели *CASCA²DE* учитываются задачи различных заказчиков и пользователей, ресурсное обеспечение и форматы хранения данных.

Ключевые слова: метрика; система метрик; модель *CASCA²DE*; количественная оценка; информационный аудит; среда функционирования; метод 5W2H.

FORMATION OF A MARKETING METRICS SYSTEM BASED ON THE *CASCA²DE* MODEL

E. G. CHURLEI^a

^aBelarusian State University, 4 Nizaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

Abstract. The use of a systems approach in the company's marketing activities requires the introduction of quantitative assessments, which is due to the increasing flows of information. It is advisable to build marketing metrics systems after the completion of an information audit. The development of a marketing metrics system based on the *CASCA²DE* model takes into account the tasks of various customers and users, resource provision and storage formats of data.

Keywords: metric; metrics system; *CASCA²DE* model; quantitative assessment; information audit; operating environment; 5W2H method.

Образец цитирования:

Чурлей ЭГ. Формирование системы маркетинговых метрик на основе модели *CASCA²DE*. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2025;1:57–70.

EDN: WENENZL

For citation:

Churlei EG. Formation of a marketing metrics system based on the *CASCA²DE* model. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2025;1:57–70. Russian.

EDN: WENENZL

Автор:

Эдуард Генрихович Чурлей – кандидат экономических наук, доцент; доцент кафедры аналитической экономики и эконо-метрики экономического факультета.

Author:

Eduard G. Churlei, PhD (economics), docent; associate professor at the department of analytical economics and econometrics, faculty of economics.

churlei@bsu.by

<https://orcid.org/0000-0002-1980-4418>



Введение

В настоящее время вопросы количественных оценок маркетинговой деятельности компании приобретают все более важное значение как с точки зрения формирования теоретических подходов к их изучению, так и с позиции работы с ними. Одним из часто применяемых способов подобных оценок является использование маркетинговых метрик, что позволяет в количественном формате отразить текущий результат, сравнивая его с нормативными значениями (при их наличии в компании), а также рассматривая составляющие маркетинговой деятельности в динамике. В научной среде данные вопросы исследуются давно и пристально, но не меньший интерес представляет применение маркетинговых метрик в реальном бизнесе.

Сегодня перед собственниками и специалистами компаний возникает проблема формирования списков маркетинговых метрик, возможных для использования в целях оценки эффективности маркетинговой деятельности как на различных этапах, так и в процессе создания систем. В открытых источниках встречаются упоминания о таких метриках, как коэффициент конверсии (*conversion rate, CR*), пожизненная ценность клиента (*customer lifetime value, CLV*), стоимость привлечения клиента (*customer acquisition cost, CAC*), коэффициент рентабельности инвестиций (*return on investment, ROI*), коэффициент возврата маркетинговых инвестиций (*return on marketing investment, ROMI*) и др. Однако причины использования именно этих маркетинговых метрик и вопрос о достаточности их количества вызывают споры в среде ученых и практиков. Также первые рассуждают о необходимости, достаточности и методологической чистоте маркетинговых метрик, а вторые задают дополнительный вопрос, касающийся информационной обеспеченности расчета (применения) указанных выше и других маркетинговых метрик. Следует пояснить, что среди собственников компаний и управляющих ими возникают сомнения в возможности использования маркетинговых метрик на предприятии, не обеспеченном не только внешними данными для их расчета, но и точной информацией из внутренних маркетинговых информационных систем.

Проблемным полем является вопрос о системности и направлениях применения результатов расчета маркетинговых метрик в компании с точки зрения выделения полного спектра пользователей. На современном этапе развития предприятий целесообразно рассматривать построение системы маркетинговых метрик. При разработке системного подхода стоит принимать во внимание и последовательность действий, учитывающих методологическую чистоту для проведения процедур в реальном секторе. Определенную сложность создает и скорость развития систем искусственного интеллекта, полагаясь на которые ряд специалистов строят предположения о возможности полной автоматизации формирования систем маркетинговых метрик для предприятия.

Основная часть

Чтобы сформировать систему маркетинговых метрик, необходимо сформулировать цель ее создания в рассматриваемой компании [1]. В ходе проведения настоящего исследования среди целей создания подобных систем были выявлены усиление контроля на предприятии, определение направлений совершенствования маркетинговой функции, выработка стратегических альтернатив, создание элементов сбалансированной системы показателей (*balanced scorecard, BSC*) и др.

Для понимания состояния вопроса, касающегося систем маркетинговых метрик, были проведены 15 глубинных интервью. Их участниками стали руководители и сотрудники компаний, имеющие более 5 лет опыта в создании и применении маркетинговых метрик.

Проведенные исследования показывают, что в среде практиков вместо понятия «метрика» часто используются тюжественные, по мнению специалистов, термины. Они представлены в табл. 1. В настоящем исследовании под термином «маркетинговые метрики» будут подразумеваться «отслеживаемые на регулярной основе количественные показатели, при помощи которых может быть дана количественная оценка маркетинговой деятельности компании» [2, с. 114].

Исследования, выполненные крупными консалтинговыми компаниями, показали, что 89 % лидеров в области маркетинга для оценки эффективности их компаний используют стратегические метрики, такие как доход, доля рынка и пожизненная ценность клиента¹. Российские ученые [2] выявили, что к маркетинговым метрикам относят метрики, отражающие результативность продаж и финансовые показатели в большей степени, чем собственно маркетинговые метрики. Этот факт заставляет задуматься о необходимости не только формирования системы маркетинговых метрик, но и проведения работ по донесению информации о сущности данных метрик. Также одним из вариантов решения этого вопроса может быть проведение маркетингового аудита для понимания принятых в компании подходов и рассматриваемых в ней процессов.

¹Our team MIT Technology Review Insights // MIT Technology Review : website. URL: <https://www.technologyreview.com/author/mit-technology-review-insights/> (date of access: 15.07.2024).

Таблица 1

**Термины, применяемые специалистами
для обозначения расчетных маркетинговых величин**

Table 1

Terms used by experts to denote calculated marketing values

Термин	Характеристика	Источник
Метрика	Численная мера (как правило, в финансовых подразделениях), представляющая часть данных компании в конкретной области и способствующая принятию решений	<i>Kerzner H. R. Project management. Metrics, KPIs, and dashboards: a guide to measuring and monitoring project performance. New York : John Wiley & Sons, 2011. 448 p.</i>
Переменная	Величина, способная изменяться и отражающая цены, процентные ставки, уровни дохода, количество товаров и т. д. Выделяют экзогенные переменные (причины их изменения лежат за пределами модели) и эндогенные переменные (они определяются факторами в рамках модели). Переменные, являющиеся экзогенными в одной модели, могут быть экзогенными и (или) эндогенными в другой модели	<i>Блэк Дж. Экономика. Толковый словарь / под общ. ред. И. М. Осадчей. М. : Весь мир, 2000. 830 с.</i>
Коэффициент	Показатель, фактор, параметр, представляющий отношение двух однородно исчисленных величин (чаще всего в денежном выражении); числовой множитель в функциональной зависимости	<i>Райзберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. 2-е изд., испр. М. : Инфра-М, 1999. 479 с.</i>
Показатель	Величина, критерий, уровень, измеритель, которые позволяют судить о состоянии экономики страны, региона, предприятия, семьи и изменении этого состояния (развитии, росте, спаде и т. д.). Принято различать количественные и качественные, единичные и групповые (агрегированные, синтетические, обобщенные), аналитические, прогнозные, плановые, расчетные, отчетные и статистические показатели	
Индекс	Экономический и статистический показатель, характеризующий в относительном виде изменение экономических величин, параметров экономических и социальных процессов за определенный период времени, равный отношению конечной величины к исходной. Индекс исчисляется по отношению к базовому индексу, базовой величине, которая соответствует определенному году, принятому в качестве точки отсчета	
Оценка	Систематическая, объективная проверка соответствия, результативности и (или) эффективности деятельности	<i>Сычев Н. Г., Ильин В. В., Крикунов А. В., Ермилов В. Г. Толковый словарь аудиторских, налоговых и бюджетных терминов / под ред. Н. Г. Сычева, В. В. Ильина. М. : Финансы и статистика, 2003. 272 с.</i>
Величина	Количественная характеристика размеров социально-экономических явлений, их соотношения, степени измерений, взаимосвязи	<i>Борисов А. Б. Большой экономический словарь. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Кн. мир, 2006. 543 с.</i>
Индикатор	Экономический показатель, измеритель, позволяющий в определенной степени предвидеть, в каком направлении следует ожидать развития экономических процессов	<i>Словарь финансово-экономических терминов / А. В. Шаркова [и др.] ; под общ. ред. М. А. Эскиндарова. 4-е изд. М. : Дашков и К, 2021. 1168 с.</i>
Маркетинговые метрики	Данные о маркетинговых кампаниях, каналах, процедурах, отклике клиентов для отслеживания эффективности деятельности по управлению взаимоотношениями с клиентами	<i>Hirschowitz A. Transforming customer insight into customer value // J. of Target., Measurement and Anal. for Market. 2001. № 2. P. 168–178.</i>

Необходимо отметить, что в настоящее время функции маркетингового аудита выходят за рамки проверки финансовой деятельности предприятия². По мнению экспертов, он подразумевает всестороннее, систематическое, независимое исследование маркетинговой среды, целей, стратегий компании в целях выявления проблем и скрытого потенциала, а также для разработки плана действий по улучшению маркетинга [3]. Среди способов проведения маркетингового аудита выделяют самоаudit, перекрестный аудит, аудит со стороны вышестоящих подразделений или организаций, аудит со стороны специального аудиторского подразделения, внешний экспертный аудит и аудит, проводимый специальной группой [4]. Опыт осуществления маркетингового аудита автором статьи и результаты исследований других ученых позволяют назвать основных заказчиков маркетингового аудита. Ими являются собственник и генеральный директор компании. В практике проведения маркетингового аудита не встречались ситуации с заказчиком в лице руководителя отдела маркетинга, что вполне объяснимо опасениями последнего.

Изучение тенденций рынка позволяет сделать вывод о росте интереса не только к пониманию состояния маркетинговой функции на предприятии, но и к оценке эффективности применения маркетинговых метрик. Следует отметить, что процедуры формирования используемых маркетинговых метрик основываются на информационном обеспечении, что, в свою очередь, требует от компаний глубинного подхода к созданию маркетинговых информационных систем. Таким образом, информационный аудит, проводимый в рамках маркетингового аудита, обуславливает необходимость изучения составляющих информационного обеспечения маркетинговой функции на предприятии [3; 4]. Данный контекст определяется расширением спектра вопросов, включаемых в процессы маркетингового аудита, за счет повышения внимания к обеспечению необходимыми сведениями для выполнения маркетинговой функции.

Информационный аудит требует выделения проблемного поля, связанного с недостатком информации для работы маркетинговых подразделений компаний, что ориентирует на изучение и определение информационных разрывов. Следует отметить, что в работах ученых пошаговая процедура проведения информационного аудита с отражением его объектов представлена неполно.

Понятие «маркетинговая информация» многогранно. Оно обозначает данные, получаемые путем исследования процесса обмена различных субъектов рынка (включая маркетинг) результатами общественно полезной деятельности³. Собственно информационный аудит, будучи частью маркетингового аудита, подразумевает сбор маркетинговой информации и получение ответов на вопросы, касающиеся понимания характеристик действий и распределения ролей среди специалистов, ответственных за работу с маркетинговой информацией (табл. 2).

Таблица 2

**Характеристика ролей специалистов
в информационном маркетинговом обеспечении**

Table 2

**Characteristics of the roles of specialists
in information marketing support**

Роль специалиста	Выполняемое специалистом действие	Характеристика роли специалиста
Заказчик	Сосредоточиваться, фокусироваться (<i>concentrate</i>)	Формирование запросов на маркетинговое информационное обеспечение, первичное определение целей и задач
Организатор	Управлять, организовывать, администрировать (<i>administer</i>)	Планирование процедур и ресурсов, разработка и проведение мероприятий по сбору и анализу информации, поиск исполнителей и подрядчиков, оформление документации, контроль за выполнением работ
Сборщик информации (исследователь)	Изучать (<i>study</i>)	Организация и выполнение работ по сбору информации на основе созданного дизайна исследования

²Малый экономический словарь / авт. и сост.: А. Н. Азрилиян [и др.]; под ред. А. Н. Азрилияна. 3-е изд. М. : Ин-т новой экономики, 2005. 1084 с.

³Багиев Г. Л., Тарасевич В. М., Анн Х. Маркетинг : учеб. для вузов / под общ. ред. Г. Л. Багиева. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Экономика, 2001. 718 с.

Окончание табл. 2
Ending of the table 2

Роль специалиста	Выполняемое специалистом действие	Характеристика роли специалиста
Аналитик	Вычислять (<i>calculate</i>)	Настройка системы анализа собранных данных, выполнение их анализа, проверка гипотез, подготовка прогнозов
Хранитель информации	Накапливать, собирать, хранить (<i>accumulate</i>)	Проектирование систем хранения информации, настройка производительности систем хранения, обеспечение безопасности хранения, выполнение резервного копирования
Распространитель информации	Рекламировать, извещать (<i>advertise</i>)	Организация действий, направленных на получение информации определенным кругом лиц или передачу информации определенному кругу лиц
Контролер (аудитор)	Диагностировать, анализировать (<i>diagnose</i>)	Обеспечение предоставления данных об эффективности организации работ по сбору, анализу и использованию информации в компании
Пользователь	Использовать, извлекать выгоду (<i>exploit</i>)	Обращение к собранным и проанализированным данным за получением необходимых сведений, использование этих данных для принятия управленческих решений

Таким образом, возможно создание модели маркетингового информационного обеспечения *CASCAADE* (далее – *CASCA²DE*), название которой образовано из начальных букв слов, обозначающих действия, выполняемые специалистами при работе с маркетинговой информацией и необходимые для формирования системы маркетинговых метрик. Кроме того, название модели отражает такой аспект смысла, как осуществление действий в логичном, последовательном, взаимозависимом порядке (*cascade* – передавать информацию, сообщая ее нескольким людям, которые затем передают ее другим людям⁴).

Информационный маркетинговый аудит имеет прямую связь с информационной и, соответственно, аналитической культурой компании [5]. Исследователи обращают внимание на наличие взаимосвязей между компонентами «информационный маркетинговый аудит», «информационная культура», «аналитическая культура» и «система формирования маркетинговых метрик». Последовательность данных компонентов образует схему, которая отражает цепочку действий, выполняющихся на пути создания системы от заказчика до пользователя.

Можно сделать вывод о том, что информационный аудит в маркетинге – это систематический процесс сбора и анализа данных о полноте маркетингового информационного обеспечения компании для определения направлений его совершенствования в рамках принятия управленческих решений. Взаимосвязь между компонентами информационного маркетингового аудита представлена на рис. 1.

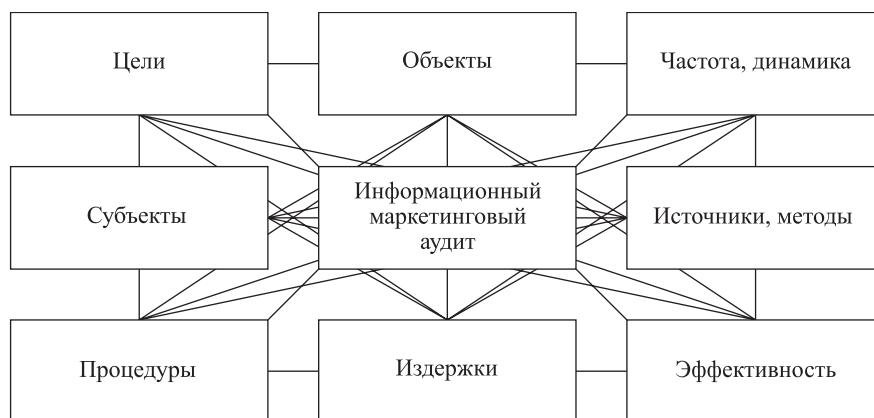


Рис. 1. Взаимосвязь между компонентами информационного маркетингового аудита
Fig. 1. Relationship between the components of information marketing audit

⁴Cascade // Cambridge dictionary : website. URL: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/cascade> (date of access: 15.07.2024).

При организации и реализации работ по аудиту роли специалистов могут объединяться, что определяется множеством факторов: спецификой отрасли, размером компании, организационной структурой и т. д. В процессе проведения информационного маркетингового аудита следует обращать внимание на существующие в компании исследования и оценку эффективности применения собранных данных различными специалистами, а также необходимо фиксировать компоненты процессов организации и проведения работ по аудиту (табл. 3).

Таблица 3

**Характеристика компонентов
информационного маркетингового аудита и роли ответственных за них специалистов
в маркетинговом информационном обеспечении**

Table 3

**Characteristics of the components of information marketing audit and the roles
of responsible specialists in marketing information support**

Компонент информационного маркетингового аудита	Характеристика компонента	Роль специалиста, ответственного за компонент
Цели	Описание необходимости сбора, анализа и использования информации	Заказчик, пользователь
Объекты	То, о чем собирается маркетинговая информация	Заказчик, организатор
Частота, динамика	Временные интервалы для собираемых данных; развитие, изменение информационных потоков	Сборщик информации (исследователь)
Субъекты	Участники информационного маркетингового аудита (заказчик, организатор, сборщик информации (исследователь), аналитик, хранитель информации, распространитель информации, контролер (аудитор), пользователь)	Организатор, сборщик информации (исследователь), аналитик, пользователь
Источники, методы	Перечень информационных ресурсов; способы, применяемые для сбора и анализа данных	Сборщик информации (исследователь), контролер (аудитор)
Процедуры	Организация работ, сбор, анализ, распространение и хранение информации	Сборщик информации (исследователь), аналитик, хранитель информации, контролер (аудитор)
Издержки	Временные, человеческие, финансовые, трудовые затраты	Организатор, контролер (аудитор)
Эффективность	Оценка результативности применения собранных данных и выполненных анализов как инструментов управления компанией	Контролер (аудитор), пользователь

Информация, расположенная на рис. 1 и в табл. 3, может лечь в основу подхода к проведению информационного маркетингового аудита, при котором каждый компонент данного процесса является базой для формирования вопросов об организации и проведении работ по аудиту. Эти вопросы касаются следующих аспектов:

- целей организации маркетингового информационного обеспечения компании;
- распределения ролей среди специалистов компании в процессе маркетингового информационного обеспечения;
- частоты сбора маркетинговой информации;
- основных принципов обработки маркетинговых данных;

- стоимости сбора, анализа и хранения маркетинговой информации;
- мест и способов хранения собранных маркетинговых данных;
- направлений распространения маркетинговой информации;
- частоты и направлений применения маркетинговых данных;
- оценки эффективности использования маркетинговой информации.

Проблема ответственности является актуальной еще и по причине особого внимания собственников и руководителей компаний к оценке количественных показателей работы маркетинговых департаментов организаций. Назначение ответственных позволяет решать вопросы организации, хранения и распределения данных, что было обозначено выше.

Процедуры маркетингового аудита, а также выполняемые в его рамках процедуры информационного аудита могут становиться основой для построения или корректировки маркетинговой информационной системы. Системный подход требует учета связей между ними, а также достижения единства, что позволяет сформировать взаимозависимость между компонентами системы. Специалисты не одно десятилетие глубоко рассматривают вопросы системности подхода к созданию маркетинговых информационных систем. Существуют разные виды данных систем. Тем не менее уже в 1970–80-х гг. отмечалась необходимость наличия в маркетинговых информационных системах не только внутренних, но и внешних данных, обязательно включающих пользователей собираемой маркетинговой информации и важные сведения о внешней среде, например информацию о клиентах [6].

Специалисты [7] выделили важные взаимосвязанные элементы, необходимые для построения маркетинговой информационной системы. Они отражены на рис. 2. С элементами блока I связано выполнение таких действий, как характеристика бизнеса, выделение проблемных полей, отражение системы управления и определение положения сотрудников при принятии управленческих решений. Под элементами блока II подразумеваются выделение исследуемых и анализируемых объектов, определение информационного поля, принятие решений относительно используемых методов сбора и анализа информации, организация и координация работ по сбору информации, анализ собранных данных, визуализация, оценка и контроль результата. Элементы блока III предполагают необходимость формирования основных принципов работы с аппаратной и программной частями в системе информационного обеспечения, отражение технологий обработки, хранения и визуализации информации, особенностей процессов. Элементы блока IV связаны с оценкой эффективности и выгоды, что позволяет сформулировать выводы о результирующей работе маркетинговой информационной системы. Центральным элементом маркетинговой информационной системы является подход к аналитическому подкреплению процесса принятия управленческих решений на предприятии, разработанный на основе применения маркетинговых инструментов. На рис. 3 в виде схемы комплексного исследования среды функционирования предприятия отражены принципы данного подхода.



Рис. 2. Элементы маркетинговой информационной системы

Fig. 2. Elements of a marketing information system

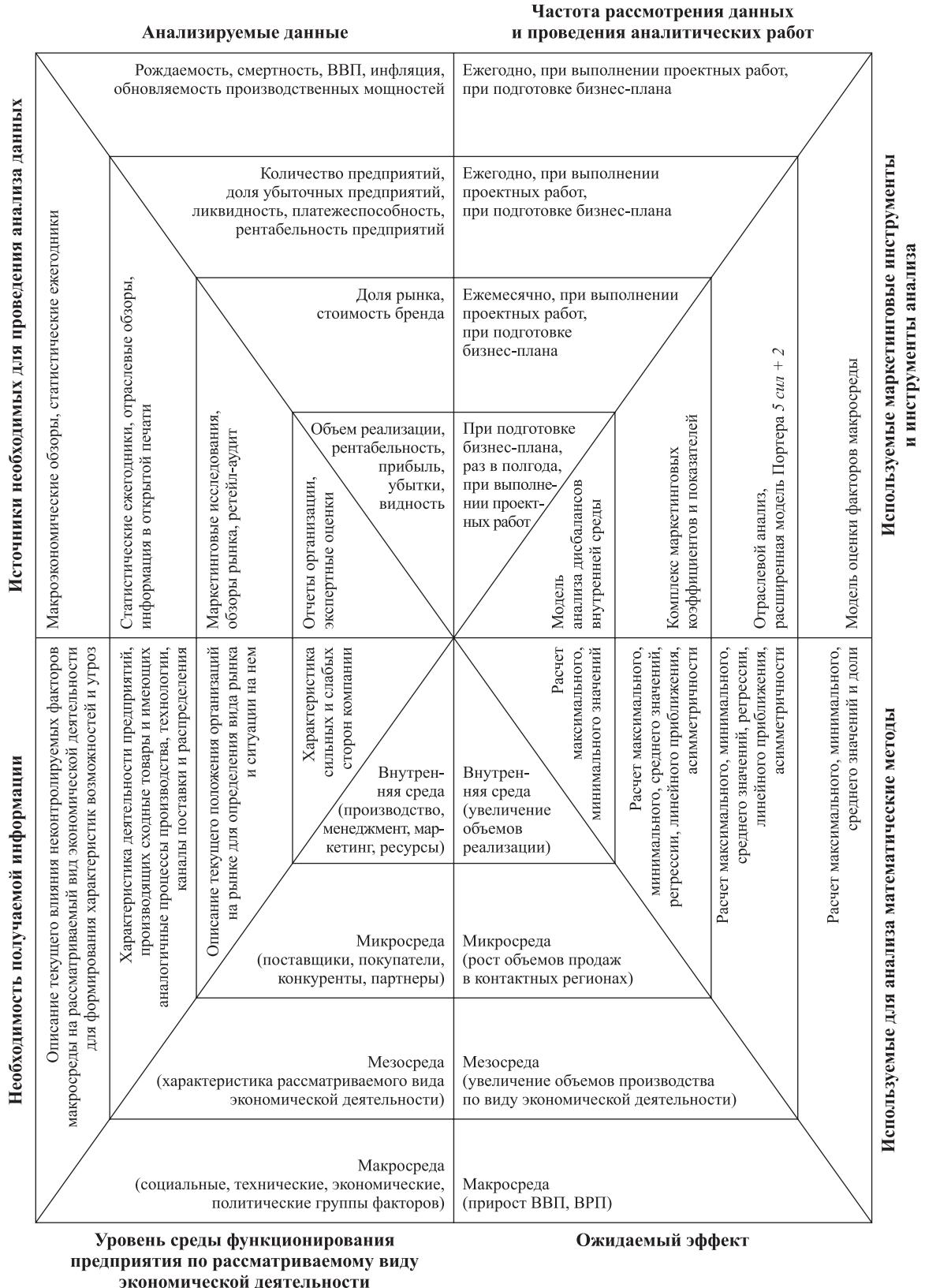


Рис. 3. Схема комплексного исследования среды функционирования предприятия. Источник: [8]

Fig. 3. Scheme of a comprehensive study of the enterprise operating environment. Source: [8]

Исследования показывают, что в настоящее время существует несколько способов формирования систем маркетинговых метрик на предприятиях. По результатам экспертного интервью и на основе изучения литературных источников среди них выделяют заказ у экспертов, копирование у конкурентов, опору на известные системы глобальных компаний, адаптацию существующих примеров, самостоятельное создание системы маркетинговых метрик. Для формализации данного процесса и повышения эффективности систем маркетинговых метрик на первых этапах целесообразно не только определить проблемное поле, цели и задачи для выбранной организации, выделить заказчиков и пользователей этих систем, но и принять решение о способе их построения. Практика показывает, что в большинстве случаев заказчиком подобных систем является собственник или руководитель. Среди пользователей, помимо упомянутых лиц, стоит выделить руководителей отдела маркетинга и специалистов отдела маркетинга (особенно маркетологов-аналитиков).

Согласно выполненным исследованиям системы маркетинговых метрик целесообразно формировать на предприятии, если присутствует поддержка со стороны собственника и руководителя компании, применяются принципы аналитической конкуренции при реализации стратегии организации, существует ориентир на аналитическую культуру во внутренней среде предприятия, достигнут максимально возможный уровень обеспеченности информацией для принятия управленческих решений в области маркетинга, а также если компания является маркетингово ориентированной. В то же время исследования и практика показывают, что нецелесообразно выполнять работы с системами маркетинговых метрик при отсутствии их необходимости в компании, а также при безразличии руководства к маркетингу.

Сложности, с которыми сталкиваются предприятия при формировании систем маркетинговых метрик, возникают вследствие незнания и непонимания того, кто является заказчиком, исполнителем и пользователем. Указанный процесс предполагает учет как размера и отраслевой специализации бизнеса, так и количества метрик, необходимых для работы. Результаты проведения информационного маркетингового аудита свидетельствуют о важности не только частоты получения данных для расчета метрик, но и чистоты собираемой информации и используемых для этого методик. При формировании систем маркетинговых метрик опыт маркетолога-аналитика может быть полезен только в случае наличия достаточной экспертизы. Тем не менее следует учитывать направления применения систем маркетинговых метрик в деятельности компании. Кроме того, необходимо понимать, что маркетинговые метрики являются частью общей системы метрик предприятия и имеют значительное количество связей.

Одним из способов формирования систем маркетинговых метрик может служить известный метод 5W2H. Он представляет собой систему вопросов («кто?», «что?», «где?», «когда?», «почему?», «как часто?», «сколько?»), с помощью которых осуществляются поиск и сбор необходимых данных [9; 10]. Как было указано выше, для построения систем маркетинговых метрик должны быть выполнены следующие действия: фокусировка, управление, изучение, вычисление, хранение, извещение, диагностика и использование. Сопоставление вопросов по методу 5W2H и ролей специалистов в маркетинговом информационном обеспечении, выполняющих перечисленные действия, позволяет подготовить шаблон для формирования системы маркетинговых метрик (табл. 4).

Процедура формирования и использования систем маркетинговых метрик имеет циклический характер. Она предполагает применение разных подходов, схем, шаблонов, что подразумевает постоянное обновление собираемых данных и реновацию целей и задач для поддержания актуальности подобных аналитических систем. Последовательность действий, выполняемых при построении и использовании системы маркетинговых метрик, описана в табл. 5. Комплекс маркетинговых коэффициентов и показателей, отраженный в данной таблице, является неотъемлемой частью системы маркетингового информационного обеспечения.

В настоящее время существует несколько систем маркетинговых метрик, однако процедура их формирования описана не в полном объеме, что не всегда позволяет применить ее на практике. Среди этих систем целесообразно выделить метрики, разработанные М. Джейфри (15 метрик) [11], П. Феррисом (более 55 метрик) [12], Дж. Э. Девисом (более 100 метрик) [13] и др.

В контексте применения маркетинговых метрик в компаниях логичным видится проведение их аудита по способу, предложенному Б. Фелпсом [14, с. 40–41]. Аудит необходим для понимания полноты системы существующих маркетинговых метрик, глубины проникновения в процедуры принятия управленческих решений и многих других вопросов. Среди идей, описанных исследователем, внимания заслуживает использование шаблонов для аудита метрик.

Шаблон для формирования системы маркетинговых метрик, составленный на основе модели CASCA²DE

Таблица 4

Table 4

Template for forming a marketing metrics system based on the CASCA²DE model

Роль специалиста в маркетинговом информационном обеспечении, выполняющего необходимое для построения системы маркетинговых метрик действие						
Вопросы по методу SW2H	Заказчик (C)	Организатор (A)	Сборщик информации (исследователь) (S)	Аналитик (C)	Хранитель информации (A)	Контролер (аудитор) (D)
Кто?	Должность	Должность	Должность	Должность	Должность	Должность
Что?	Объект	План работ	Результаты исследований	Данные для хранения	Данные для распространения	Структура аудиторского отчета
Где?	Место хранения данных	Источник данных	Система для выполнения расчетов	Место хранения данных по выполненным исследованиям и расчетам	Направления распространения данных в компании	Платформа для обратной связи по используемым данным
Когда?	Сроки	Временные рамки для плана	Даты сбора данных	График анализа данных	График предоставления отчетности	Время предоставления обратной связи
Почему?	Цели и задачи	Обоснование составляющих плана	Обоснование источников данных	Обоснование методов расчета	Обоснование необходимости хранения по видам данных и результатов	Обоснование необходимости информирования по сотрудникам и видам данных
Как часто?	Частота обновления запросов	Частота сбора и анализа процедур	Частота проведения расчетов	Частота обновления данных	Частота распространения данных	Частота сбора обратной связи
Сколько?	Количество ресурсов	Бюджет	Объем данных для сбора	Объем данных для анализа	Объем данных для хранения	Составляющие и количество проверок

Примечание. При формировании системы маркетинговых метрик компания заменяет выделенную курсивом информацию на конкретные данные.

Таблица 5

Характеристика этапов организации и применения системы маркетинговых метрик

Table 5

Characteristics of the stages of organisation and application of a marketing metrics system

Номер этапа	Название этапа	Характеристика
1	Определение целей и задач проекта	Установление конечных целей организации и реализации проекта. Определение временных диапазонов для осуществления каждого этапа. Назначение лиц, ответственных за прохождение этапов. Оценка ресурсных составляющих
2	Разработка правил	Исследование теоретических подходов. Формирование правил. Сбор статистических данных. Осуществление бенчмаркинга. Создание шаблонов
3	Формирование терминологического поля	Формулирование определений, используемых в компании в процессе создания системы маркетинговых метрик
4	Организация и реализация маркетингового аудита	Контроль и оценка текущей ситуации для определения проблем
5	Организация и проведение информационного маркетингового аудита	Контроль и оценка текущей ситуации в области маркетингового информационного обеспечения, в том числе аудит существующих маркетинговых метрик
6	Разработка системного подхода	Формирование общих принципов создания системы маркетинговых метрик в компании на основе модели <i>CASCA²DE</i>
7	Разработка маркетинговых метрик	Формирование маркетинговых метрик для компании, их проверка по методу 5W2H
8	Контроль (аудит)	Оценка эффективности созданной системы маркетинговых метрик

Следует отметить, что ряд компаний, применяющих маркетинговые метрики или собирающихся это сделать, задаются вопросом о способах создания собственных метрик. Поскольку, как было отмечено выше, в настоящее время процедуры формирования собственных метрик представлены не в полном объеме, предлагается использовать подход, разработанный автором данного исследования. Этот подход позволяет описать структуру любой маркетинговой метрики под запрос компании (рис. 4). При построении системы собственных метрик следует учитывать связи с лицами, ответственными за формирование и использование маркетинговых метрик (см. рис. 2, блок I).

На рис. 5 с опорой на разработанный автором настоящей статьи подход отражено место клиентских метрик в системе маркетинговых метрик предприятия. В рамках данного подхода обращается внимание на необходимость взаимосвязей между ними, основывающихся на сетевых моделях [16].

Таким образом, для формирования системы маркетинговых метрик компании требуется наличие определенных аспектов. К ним относятся:

- системный подход;
- система информационного обеспечения, которая уточняется по результатам информационного маркетингового аудита;
- определенная частота сбора, анализа и применения метрик;
- ответственные специалисты и пользователи;
- нормативные значения.

Наглядно представить процесс применения модели *CASCA²DE* в рамках маркетингового информационно-аналитического обеспечения позволяет рассмотрение карты пути клиента (*customer journey map*, CJM), отражающей все точки контакта клиента с предприятием на протяжении их взаимодействия, с позиции различных взаимосвязанных параметров, например таких, как конкретные метрики, частота их применения, ответственные специалисты (департаменты компании) и пользователи, нормативные значения, принятые в организации или полученные на основании бенчмаркинга (табл. 6). С помощью данного подхода можно создать любую систему маркетинговых метрик независимо от их типа (клиентские метрики, продуктовые маркетинговые метрики и т. д.). Кроме того, его использование способствует достижению таких результатов, как повышение скорости принятия управленческих решений, улучшение понимания необходимых для создания системы маркетинговых метрик процессов, эффективное управление ими, воздействие на заинтересованные стороны.

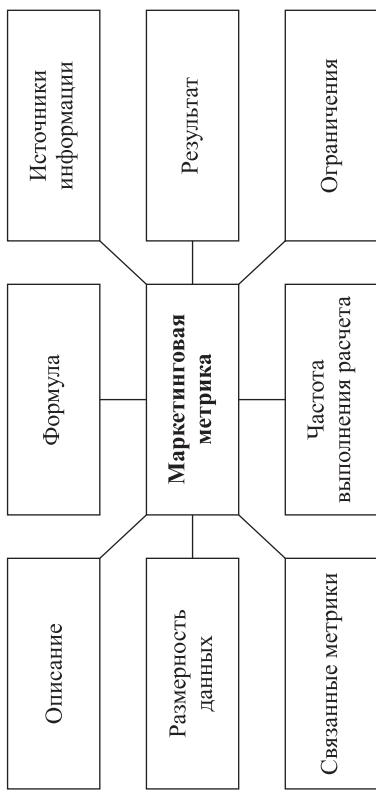


Рис. 4. Структура маркетинговой метрики.

Источник: [15]

Fig. 4. Marketing metric structure.
Source: [15]

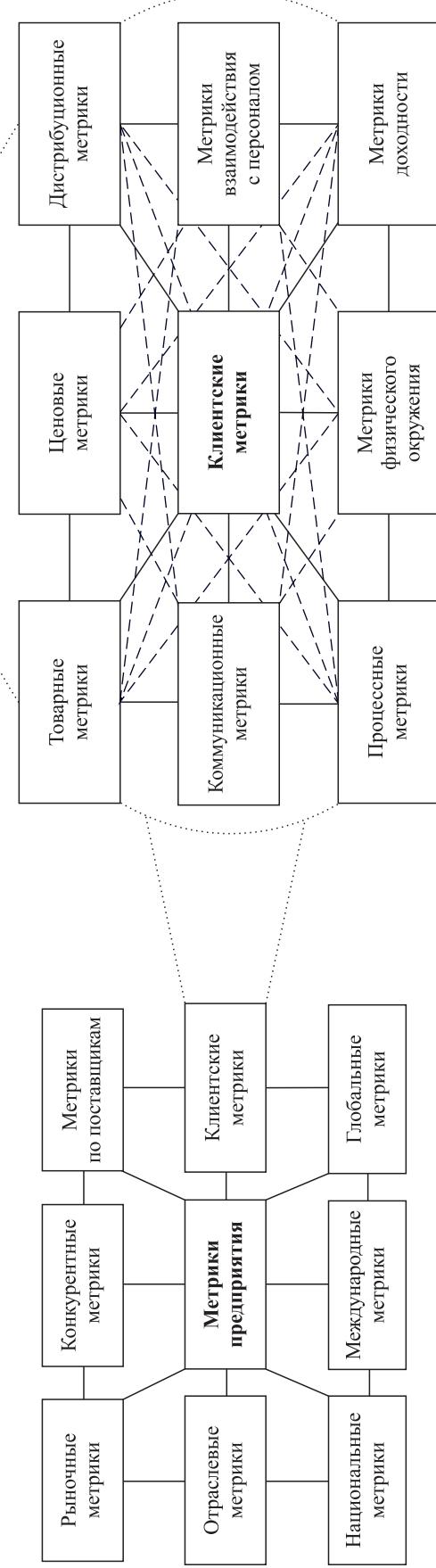


Рис. 5. Место клиентских метрик в системе маркетинговых метрик предприятия.

Источник: [15]

Fig. 5. Place of customer metrics in the system of marketing metrics of the enterprise.
Source: [15]

Таблица 6

Table 6

Пример применения маркетинговых метрик на каждом этапе пути клиента во взаимоотношениях с предприятием, составленный на основе модели *CASCA²DE*

An example of applying marketing metrics at each stage of the customer journey in an enterprise relationship based on the *CASCA²DE* model

Параметры	Рассмотрение			Приобретение			Этап		
	Осознание	Сбор информации	Первый контакт	Заключение договора	Ожидание поставки	Представление продукта	В течение первого года	В течение второго года и последующих лет	Сервис
Метрика	IdI	Web-metrics	NPS, Serv	C ₁ , K _{ii}	CES, FCR	Q _i	NPS	C _i , WoMI	CSI
Частота применения метрики	Раз в месяц	Постоянно	Раз в квартал	Раз в месяц	Раз в месяц	Раз в квартал	Раз в полгода	Раз в месяц, раз в квартал	Раз в квартал
Заказчик (C)	С, Р	ДМ	ДМ, ДП	ДМ, СХ	ДП	ДП, ДПр	С, Р, ДП, СХ	С, Р, ДМ, СХ	С, Р, ДМ, СХ
Организатор (A)	ДМ	ДМ, СХ	ДМ, ДП	ДМ, ДП	ДМ, ДП	ДМ, ДП	ДКК	ДС	ДС
Сборщик информации (исследователь) (S)	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ
Аналитик (С)	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ
Хранитель информации (A)	ОИТ	ОИТ	ОИТ	ОИТ	ОИТ	ОИТ	ОИТ	ОИТ	ОИТ
Распространитель информации (A)	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ	ДМ
Контролер (аудитор) (D)	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК	ДК
Пользователь (E)	ДМ, ДП, СХ	ДМ, ДП, Пр	ДМ, ДП	ДМ, ДП, СХ	СХ	ДКК, Пр	ДП, ДКК, Пр	С, Р, ДМ, СХ, Пр	С, Р, ДМ, СХ, Пр
Нормативные значения	8 раз	–	40 %, +2	75 %, 10 %	8, 1	8, 65 %	70 %	85 %, 30 %	90 %, 70 %
									90 %, 7

Примечание. Используемые обозначения: С – собственник; Р – руководитель; ДМ – департамент маркетинга; ДП – департамент продаж; СХ – департамент клиентского опыта; Пр – департамент производства; ДКК – департамент контроля качества; ДС – департамент сервиса; ОИТ – отдел информационных технологий; ДК – отдел информационных технологий; Пр – департамент контроля качества; П – продуктологи.

Заключение

Роль количественных оценок в маркетинге возрастает, что требует большего внимания к использованию маркетинговых метрик в деятельности компаний. Одним из инструментов определения обеспеченности основы для расчетов метрик выступает информационный аудит, позволяющий выяснить достаточность, актуальность и точность собираемых данных. Предложенная в статье модель *CASCA²DE*, включающая описание ролей участников и их действий на каждом этапе формирования системы маркетинговых метрик, является возможной к применению.

Библиографические ссылки

1. Манушин ДВ. Определение принципов формирования оптимальной системы экономических показателей. *Актуальные проблемы экономики и права*. 2011;1:95–101.
2. Ребязина ВА, Давий АО, Карлова ЯИ. Анализ использования маркетинговых метрик российскими компаниями – производителями товаров повседневного спроса. *Вестник Московского университета. Серия 6, Экономика*. 2016;1:108–130. DOI: 10.38050/01300105201616.
3. Dryl W. *Audyta marketyngowa*. Warszawa: CeDeWu; 2018. 223 s.
4. Wilson A. *Marketing audit check lists: a guide to effective marketing resource realization*. London: McGraw Hill; 1993. 215 p.
5. Davis J, Miller GJ, Russell A. *Information revolution: using the information evolution model to grow your business*. New York: Wiley; 2006. 224 p.
6. Eldon YL. Marketing information systems in the top U. S. companies: a longitudinal analysis. *Information & Management*. 1995; 28:13–31. DOI: 10.1016/0378-7206(94)00030-M.
7. Мхитарян СВ. *Маркетинговая информационная система*. Москва: Эксмо; 2006. 336 с.
8. Чурлей ЭГ. *Формирование механизма управления предприятием на основе маркетинговых инструментов* [диссертация]. Минск: БГУ; 2014. 205 с.
9. Jinks T. *Psychological perspectives on reality, consciousness and paranormal experience*. [S. l.]: Springer; 2019. Chapter 4, The 5W1H method; p. 41–44.
10. Мюллер Дж. *Тиражия показателей: как одержимость цифрами угрожает образованию, здравоохранению, бизнесу и власти*. Турко С, редактор. Москва: Альпина Паблишер; 2019. 266 с.
11. Джейфри М. *Маркетинг, основанный на данных: 15 показателей, которые должен знать каждый*. Миронов П, переводчик. Москва: Манн, Иванов и Фербер; 2013. 384 с.
12. Farris PW, Bendle NT, Pfeifer PE, Reibstein DJ. *Marketing metrics: 50+ metrics every executive should master*. [S. l.]: Wharton School Publishing; 2006. 384 p.
13. Davis JA. *Measuring marketing: 110+ key metrics every marketer needs*. New York: John Wiley & Sons; 2003. 320 p.
14. Phelps B. *Smart business metrics: measure what really counts and manage what makes the difference*. New York: Ft Pr; 2004. 207 p.
15. Чурлей ЭГ. Формирование системы маркетинговых метрик оценки уровней удовлетворенности и лояльности клиентов. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2022;1:48–64.
16. Пейдж С. *Модельное мышление: как анализировать сложные явления с помощью математических моделей*. Москва: Манн, Иванов и Фербер; 2020. 528 с.

Статья поступила в редколлегию 09.09.2024.
Received by editorial board 09.09.2024.

УДК 338.27

О. Экономическое развитие, инновации, технологические изменения и рост
O. Economic Development, Innovation, Technological Change, and Growth

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА МОНЕТАРНОЙ СИСТЕМЫ И УРОВНЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ

Е. Г. ГОСПОДАРИК^{1), 2)}, Г. М. РАДКЕВИЧ¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

²⁾Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
пр. Ленинградский, 49, 125167, г. Москва, Россия

Аннотация. С помощью эконометрических моделей изучается влияние на экономический рост страны таких факторов, как денежно-кредитная система и уровень цифровизации. В рамках первой эконометрической модели построен прогноз роста ВВП на душу населения до 2050 г. по обменному курсу в постоянных долларах США 2015 г. Показателями, отражающими качество монетарной системы, выступили валовое накопление капитала, темп роста денежной массы и доля общих резервов в валовом внешнем долге. В рамках второй эконометрической модели в качестве факторов, оказывающих влияние на уровень цифровизации, рассматривались количество интернет-пользователей и абонентов мобильной связи, экспорт информационных технологий, индекс инноваций в рейтинге Всемирной организации интеллектуальной собственности. Результаты исследования показали, что за счет ускорения выполнения повседневных задач с помощью интернета и мобильной связи, упрощения рабочих процессов и возрастания производительности труда происходит рост благосостояния страны.

Ключевые слова: экономический рост; цифровизация; панельная модель роста; монетарная система; денежная масса; доля общих резервов в валовом внешнем долге.

MODELLING THE IMPACT OF DIGITALISATION ON ECONOMIC GROWTH

C. G. GOSPODARIK^{a, b}, H. M. RADKEVICH^a

^aBelarusian State University, 4 Nizaliezhnasci Avenue, Minsk 220030, Belarus

^bFinancial University under the Government of the Russian Federation,
49 Leningradskij Avenue, Moscow 125167, Russia

Corresponding author: C. G. Gospodarik (gospodarik@bsu.by)

Abstract. Econometric models are used to study the impact on the country's economic growth of such factors as the monetary system and the level of digitalisation. Within the first econometric model were built the forecast of growth GDP per capita until 2050 at the exchange rate in constant 2015 US dollars. As indicators reflecting the quality of the monetary

Образец цитирования:

Господарик ЕГ, Радкевич ГМ. Моделирование влияния качества монетарной системы и уровня цифровизации на экономический рост. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2025;1:71–87.

EDN: JIECSZ

For citation:

Gospodarik CG, Radkevich HM. Modelling the impact of digitalisation on economic growth. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2025;1:71–87. Russian.
EDN: JIECSZ

Авторы:

Екатерина Геннадьевна Господарик – кандидат экономических наук, доцент; заведующий кафедрой аналитической экономики и эконометрики экономического факультета¹⁾, доцент кафедры бизнес-аналитики²⁾.

Герман Максимович Радкевич – студент экономического факультета. Научный руководитель – Е. Г. Господарик.

Authors:

Catherine G. Gospodarik, PhD (economics), docent; head of the department of analytical economics and econometrics, faculty of economics^a, and associate professor at the department of business analysis^b.

gospodarik@bsu.by

Herman M. Radkevich, student at the faculty of economics.



system were used gross capital formation, money supply growth rate, and the share of total reserves in gross external debt. The second econometric model considers the number of Internet users and mobile subscribers, information technology exports, and the innovation index in the World Intellectual Property Organisation rating as factors influencing the level of digitalisation. The results of the study show that the country's welfare is growing due to the acceleration of everyday tasks using the Internet and mobile communications, simplification of work processes, and increased labour productivity.

Keywords: economic growth; digitalisation; panel growth model; monetary system; money supply; share of total reserves in gross external debt.

Введение

Наблюдается стремительный рост цифровых трансформаций в экономике. Следовательно, логично предположить, что уровень цифровизации страны влияет на ее экономический рост, равно как и качество монетарной системы влияет на уровень в инвестициях. В научных статьях Е. Г. Господарик, М. М. Ковалёв уже рассматривали влияние уровня цифровизации и качества монетарной системы на экономический рост страны, а в работе «Анализ влияния цифрового и финансового развития на экономический рост: моделирование на примере Республики Беларусь» Е. Г. Господарик и П. В. Лосякина изучали влияние качества финансовой системы на экономический рост. В настоящей статье с помощью эконометрических моделей конкретизируются эти влияния в современных условиях.

Эконометрическая панельная модель роста с учетом цифровизации

Модель строится на панели из 11 европейских стран, в которую вошли Греция, Чехия, Венгрия, Португалия, Болгария, Австрия, Швейцария, Сербия, Бельгия, Швеция, а также Беларусь. Общий критерий отбора этой панели стран – примерно одинаковая численность населения, а следовательно, схожие объемы внутреннего рынка цифровых технологий. Кроме того, скорость и масштаб внедрения цифровых технологий зависят от численности населения и его цифровых компетенций, что важно при оценке влияния странового уровня цифровизации на экономический рост.

В качестве эндогенной переменной в работе использован ВВП по ППС на душу населения (GDP_{PC}), а в качестве экзогенных переменных (факторов) были взяты количество интернет-пользователей на 100 человек (IUsers), количество абонентов мобильной связи на 100 человек (Mobile), экспорт информационных технологий (Ex, в процентах от общего экспорта товаров), индекс инноваций в рейтинге Всемирной организации интеллектуальной собственности (InovIndex).

Статистические ряды за период с 2015 по 2024 г. взяты из баз данных *The Global Economy* и *Всемирный банк*. Пропуски в данных спрогнозированы с помощью среднегодовых темпов роста (*compound annual growth rate*, CAGR).

В примененной в исследовании сквозной модели (*pooled model*) анализа панельных данных объединили временные и пространственные наблюдения без учета их индивидуальных особенностей, т. е. предположили гомогенность параметров модели и не учитывали индивидуальные и случайные (временные) эффекты. Кроме того, с помощью логарифмирования избавились от их размерности.

Для проверки стационарности прологарифмированных временных рядов применим тесты Левина – Лина – Чу (*Levin – Lin – Chu test*, LLC) и Филлипса – Перрона (*Phillips – Perron test*, PP) (рис. 1).

Ряд	Тест	Значение статистики теста	Prob.
$\ln(GDP_{PC})$	LLC	−8,586 62	0,000 0
	PP	114,671	0,000 0
$\ln(Ex)$	LLC	−10,523 7	0,000 0
	PP	60,633 1	0,000 0
$\ln(InovIndex)$	LLC	−6,044 17	0,000 0
	PP	51,573 2	0,000 4
$\ln(Mobile)$	LLC	−9,914 96	0,000 0
	PP	100,757	0,000 0
$\ln(IUsers)$	LLC	−11,832 5	0,000 0
	PP	69,314 7	0,000 0

Рис. 1. Результаты тестов LLC и PP по временным рядам
(составлено в программе Eviews)

Fig. 1. LLC and PP time series test results
(compiled in the programme Eviews)

По итогам проведенных тестов LLC и PP все переменные (временные ряды) не имеют единичного корня, являются стационарными, а также имеют значимый тренд. Эндогенная переменная и экзогенные переменные после логарифмирования могут быть внесены в первоначальную модель без корректировок. Внесем в нее в качестве экзогенного фактора также переменную тренда (@Trend).

Необходимо проверить отсутствие мультиколлинеарности между экзогенными переменными, т. е. определить, существует ли зависимость между независимыми переменными. Условия, при которых эта взаимосвязь отсутствует, дают наиболее качественные показатели при экзогенных переменных и показывают удовлетворительное качество итоговой эконометрической модели.

Для установления наличия или отсутствия зависимости между экзогенными переменными построим корреляционную матрицу (рис. 2).

Факторы	Mobile	IUsers	InovIndex	Ex
Mobile	1	–	–	–
IUsers	0,009 0	1	–	–
InovIndex	0,216 8	0,533 0	1	–
Ex	–0,053 8	0,011 5	0,097 2	1

Рис. 2. Корреляционная матрица экзогенных переменных
(составлено в программе Eviews)

Fig. 2. Correlation matrix for exogenous factors
(compiled in the programme Eviews)

Из рис. 2 видно, что взаимозависимость между экзогенными переменными является удовлетворительной, т. е. мультиколлинеарность между независимыми переменными отсутствует.

Начальная эконометрическая модель с фиксированными эффектами и пути ее улучшения. Начальную модель построим с помощью метода наименьших квадратов (*panel least squares*, PLS) (рис. 3), в ней экзогенная переменная @Trend выступает временным фактором, который будет отражать ежегодный рост ВВП по ППС на душу населения.

Эндогенная переменная		In(GDP _{PC})		
Метод		PLS		
Variable	Coeff.	Std. error	t-Stat.	Prob.
C	0,297 387	0,985 090	0,301 889	0,763 3
@Trend	0,032 333	0,006 466	5,000 599	0,000 0
In(Mobile)	–0,222 828	0,160 561	–1,387 809	0,168 2
In(IUsers)	1,478 781	0,178 496	8,284 655	0,000 0
In(Ex)	0,003 355	0,015 341	0,218 692	0,827 3
In(InovIndex)	1,227 594	0,076 504	16,046 09	0,000 0
<i>R</i> ²		0,917 432		
F-stat.		231,114 7		
Prob.(F-stat.)		0,000 000		
DW-stat.		0,290 403		
Akaike		–1,134 670		

Рис. 3. Начальная эконометрическая модель (составлено в программе Eviews)

Fig. 3. Initial econometric model (compiled in the programme Eviews)

Коэффициенты при переменных @Trend, ln(IUsers) и ln(InovIndex) являются статистически значимыми, а коэффициенты при переменных ln(Mobile) и ln(Ex) – статистически незначимыми. Коэффициент детерминации (R^2) равен 0,917 432, следовательно, вариация эндогенной переменной объясняет уравнение регрессии на 91,7 %. Согласно рис. 3 о статистической значимости модели в целом свидетельствует показатель prob.(F-stat.), который равен 0. По статистике Дарбина – Уотсона (*Durbin – Watson statistics*, DW-stat.) выдается значение 0,290 403, что, в свою очередь, подтверждает наличие в остатках модели сильной положительной автокорреляции, которая является одним из нарушений предпосылок метода наименьших квадратов (МНК).

Для улучшения начальной модели определим случайные и фиксированные эффекты с помощью теста Хаусмана (*Hausman test*) и теста отношения правдоподобия (*likelihood ratio test, LR*)¹.

По LR-тесту выдвигаются следующие гипотезы:

$H_0: p > \alpha$ (подходит сквозная модель),

$H_1: p \leq \alpha$ (подходит модель со случайными и фиксированными эффектами).

Перед проведением LR-теста применим фиксированные эффекты для определения предпочтительности между сквозной регрессионной моделью и моделью с фиксированными эффектами (рис. 4).

χ^2 -Stat.	d. f.	Prob.
258,215 044	10	0,000 0

Рис. 4. LR-тест для модели с фиксированными эффектами
(составлено в программе Eviews)

Fig. 4. LR test for fixed effects model
(compiled in the programme Eviews)

Из рис. 4 видно, что вероятностное значение теста равно нулю при статистике теста 258,22, количество степеней свободы – 10. При условии, что $\alpha = 1\%$, гипотеза H_0 отвергается, принимается гипотеза H_1 , так как $p < \alpha$. Следовательно, модель сквозной регрессии не подходит, а модель с фиксированными эффектами будет более благоприятной.

Проведем тест Хаусмана для определения предпочтительности между моделью с фиксированными эффектами и моделью со случайными эффектами, выдвинув следующие гипотезы:

$H_0: p > \alpha$ (подходит модель со случайными эффектами),

$H_1: p \leq \alpha$ (подходит модель с фиксированными эффектами).

Результаты теста представлены на рис. 5.

χ^2 -Stat.	d. f.	Prob.
38,232 188	5	0,000 0

Рис. 5. Тест Хаусмана для модели со случайными эффектами
(составлено в программе Eviews)

Fig. 5. Hausman test for random effects model
(compiled in the programme Eviews)

При $\chi^2 = 38,23$ и пяти степенях свободы вероятность равна 0. Из этого следует, что при $\alpha = 1\%$ гипотеза H_0 отвергается, принимается гипотеза H_1 . Результаты теста Хаусмана показали, что модель с фиксированными эффектами по странам лучше, чем модель со случайными эффектами.

Таким образом, преобразуем начальную модель в модель с фиксированными эффектами (рис. 6).

Эндогенная переменная		In(GDP _{PC})		
Метод		PLS		
Variable	Coeff.	Std. error	t-Stat.	Prob.
C	4,984 442	1,016 570	4,903 195	0,000 0
@Trend	0,037 787	0,003 485	10,842 94	0,000 0
In(Mobile)	0,276 333	0,109 549	2,522 465	0,013 3
In(IUsers)	0,956 632	0,134 679	7,103 044	0,000 0
In(Ex)	-0,045 043	0,035 217	-1,279 025	0,204 0
In(InevIndex)	-0,014 548	0,130 758	-0,111 258	0,911 6
R^2		0,992 105		
F-stat.		787,501 6		
Prob.(F-stat.)		0,000 000		
DW-stat.		1,233 678		
Akaike		-3,314 060		

Рис. 6. Модель с фиксированными эффектами (составлено в программе Eviews)

Fig. 6. Model with fixed effects (compiled in the programme Eviews)

¹Васенкова Е. И., Абакумова Ю. Г., Бокова С. Ю. Практикум по эконометрике : учеб.-метод. пособие. Минск : БГУ, 2015. 139 с.

Экзогенные переменные @Trend и ln(IUsers) имеют значимые коэффициенты, так как вероятность равна 0 при $\alpha = 1\%$ ($p < \alpha$). Коэффициент при переменной ln(Mobile) является значимым при $\alpha = 2\%$ и prob. = 0,013 3. Экзогенные переменные ln(Ex) и ln(IovIndex) имеют статистически незначимые коэффициенты, так как к ним не может быть применим ни один уровень α , также это следует из неравенства $p > \alpha$. Коэффициент детерминации составляет 0,992 105, что свидетельствует об объясняющей способности вариации эндогенной переменной на 99,2 %. Сама модель с фиксированными эффектами является статистически значимой, так как prob.(F-stat.) = 0. Однако статистика Дарбина – Уотсона равна 1,233 678, что все еще может подтверждать наличие положительной автокорреляции в остатках модели. Таким образом, модель является не совсем удовлетворительной, поскольку имеет незначимые коэффициенты при экзогенных переменных ln(Ex) и ln(IovIndex) и сомнительную статистику Дарбина – Уотсона.

Для дальнейшей коррекции ошибок исключим из модели наиболее незначимую переменную ln(IovIndex) со значением вероятности статистики по коэффициенту 0,911 6 (рис. 7).

Эндогенная переменная		ln(GDP _{pc})		
Метод		PLS		
Variable	Coeff.	Std. error	t-Stat.	Prob.
C	4,907 047	0,737 422	6,654 326	0,000 0
@Trend	0,037 867	0,003 393	11,160 48	0,000 0
ln(Mobile)	0,279 226	0,105 864	2,637 604	0,009 8
ln(IUsers)	0,958 490	0,132 943	7,209 769	0,000 0
ln(Ex)	-0,045 366	0,034 914	-1,299 362	0,197 0
R^2		0,992 104		
F-stat.		852,614 7		
Prob.(F-stat.)		0,000 000		
DW-stat.		1,232 415		
Akaike		-3,332 111		

Рис. 7. Начальная эконометрическая модель с фиксированными эффектами и переменными @Trend, ln(Mobile), ln(IUsers), ln(Ex) (составлено в программе Eviews)

Fig. 7. Initial econometric model with fixed effects and variables @Trend, ln(Mobile), ln(IUsers), ln(Ex) (compiled in the programme Eviews)

В этой модели (см. рис. 7) есть незначительные изменения:

- коэффициент при переменной ln(Mobile) является статистически значимым уже при $\alpha = 1\%$;
- немного уменьшено значение вероятности статистики при коэффициенте ln(Ex), но коэффициент по-прежнему является незначимым при любом допустимом уровне α ;
- коэффициент детерминации, как и статистика Дарбина – Уотсона (1,23), остался практически аналогичным и составил 0,992;
- модель является статистически значимой на уровне $\alpha = 1\%$ и при prob.(F-stat.) = 0.

Таким образом, качество модели необходимо улучшить. Для этого проанализируем динамику остатков модели в целях проверки наличия выбросов на основании графика остатков, представленного на рис. 8.

Из графика остатков (см. рис. 8) отчетливо видны два существенных выброса, а именно в Греции (2020) и Болгарии (2023), для их корректировки введем фиктивные переменные D_Greece_2020 и D_Bulgaria_2023 (рис. 9).

Введение дополнительных фиктивных переменных привело к улучшению показателей статистики Дарбина – Уотсона, следовательно, автокорреляция в остатках модели, вероятнее всего, отсутствует. Коэффициенты при остальных переменных являются статистически значимыми на уровне $\alpha = 1\%$, кроме коэффициента при переменной ln(Mobile), который значим при $\alpha = 2\%$. Введенные фиктивные переменные D_Greece_2020 и D_Bulgaria_2023 имеют значимые коэффициенты при $\alpha = 1\%$. Вариация эндогенной переменной объясняет уравнение регрессии на 99,3 %. Сама модель тоже является значимой при $\alpha = 1\%$, так как вероятностное значение статистики F равно 0, и, следовательно, вывод делается из условия $p < \alpha$. Однако коэффициент при переменной ln(Ex) статистически незначим, так как его вероятностное значение больше любого возможного значения, уровень значимости которого соответствует принятию гипотезы. Поэтому экзогенную переменную ln(Ex) исключим из состава модели (рис. 10).

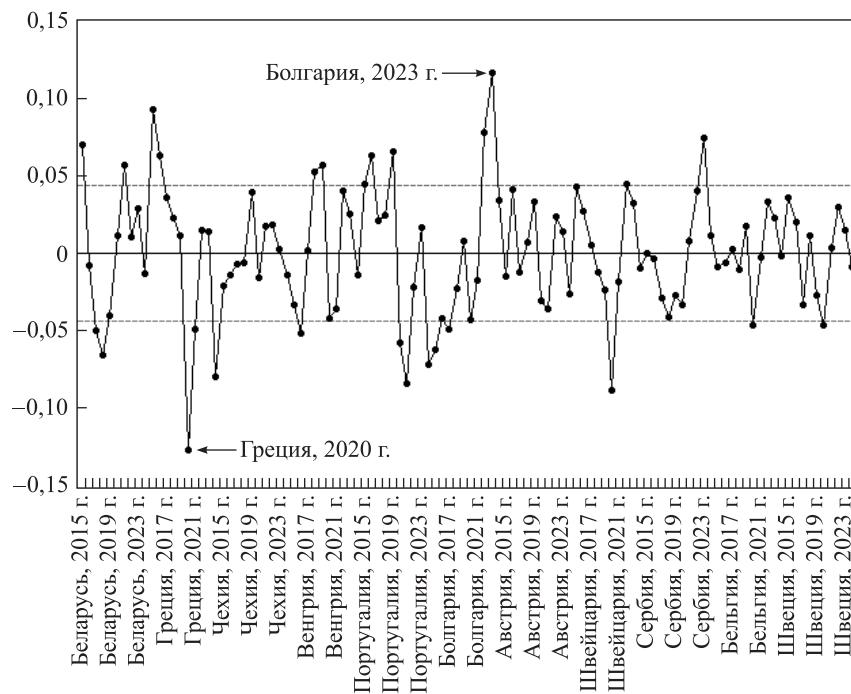


Рис. 8. График остатков модели с фиксированными эффектами и переменными @Trend, ln(Mobile), ln(IUsers), ln(Ex) (составлено в программе Eviews)

Fig. 8. Plot of model residuals with fixed effects and variables @Trend, ln(Mobile), ln(IUsers), ln(Ex) (compiled in the programme Eviews)

Метод	Эндогенная переменная		ln(GDP _{PC})	
	Variable	Coeff.	Std. error	PLS
C	5,352 238	0,681 867	7,849 386	0,000 0
@Trend	0,038 774	0,003 123	12,414 44	0,000 0
ln(Mobile)	0,246 044	0,097 307	2,528 523	0,013 1
ln(IUsers)	0,887 613	0,123 734	7,173 562	0,000 0
ln(Ex)	-0,026 081	0,032 190	-0,810 226	0,419 9
D_Greece_2020	-0,145 939	0,041 834	-3,488 529	0,000 7
D_Bulgaria_2023	0,124 434	0,042 446	2,931 616	0,004 2
<i>R</i> ²		0,993 549		
F-stat.		895,253 3		
Prob.(F-stat.)		0,000 000		
DW-stat.		1,380 514		
Akaike		-3,497 899		

Рис. 9. Модель с фиксированными эффектами и переменными @Trend, ln(Mobile), ln(IUsers), ln(Ex), D_Greece_2020, D_Bulgaria_2023 (составлено в программе Eviews)

Fig. 9. Model with fixed effects and variables @Trend, ln(Mobile), ln(IUsers), ln(Ex), D_Greece_2020, D_Bulgaria_2023 (compiled in the programme Eviews)

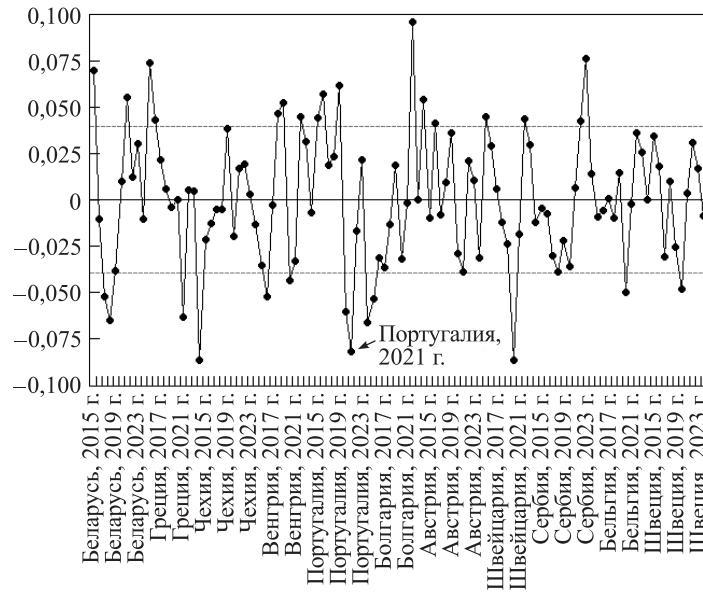


Рис. 10. График остатков модели с фиксированными эффектами и переменными @Trend, ln(Mobile), ln(IUsers), ln(Ex), D_Greece_2020, D_Bulgaria_2023 (составлено в программе Eviews)

Fig. 10. Plot of model residuals with fixed effects and variables @Trend, ln(Mobile), ln(IUsers), ln(Ex), D_Greece_2020, D_Bulgaria_2023 (compiled in the programme Eviews)

На рис. 10 присутствует несколько выбросов в остатках по различным странам. Ввести новую фиктивную переменную предлагаются лишь по Португалии (2021), так как чрезмерное количество корректирующих переменных приведет к неправильным результатам модели, несмотря на общие улучшения в статистике. Кроме того, исключим незначимую переменную ln(Ex). Итоговая модель представлена на рис. 11.

Метод	Эндогенная переменная		ln(GDP _{PC})		
	Variable	Coeff.	Std. error	t-Stat.	Prob.
C	5,448 946	0,614 766	8,863 444	0,000 0	
@Trend	0,039 085	0,003 002	13,019 57	0,000 0	
ln(Mobile)	0,240 915	0,092 668	2,599 763	0,010 9	
ln(IUsers)	0,864 352	0,112 403	7,689 756	0,000 0	
D_Greece_2020	-0,149 847	0,040 512	-3,698 790	0,000 4	
D_Bulgaria_2023	0,125 003	0,041 338	3,023 912	0,003 2	
D_Portugal_2021	-0,094 275	0,040 531	-2,325 983	0,022 2	
<i>R</i> ²		0,993 861			
F-stat.		940,988 8			
Prob.(F-stat.)		0,000 000			
DW-stat.		1,498 891			
Akaike		-3,547 410			

Рис. 11. Итоговая модель с фиксированными эффектами и переменными @Trend, ln(Mobile), ln(IUsers), D_Greece_2020, D_Bulgaria_2023, D_Portugal_2021 (составлено в программе Eviews)

Fig. 11. Final model with fixed effects and variables @Trend, ln(Mobile), ln(IUsers), D_Greece_2020, D_Bulgaria_2023, D_Portugal_2021 (compiled in the programme Eviews)

Итоговая модель имеет следующие характеристики:

- 1) коэффициенты при переменных @Trend и IUsers являются статистически значимыми при $\alpha = 1\%$;
- 2) коэффициенты при переменной ln(Mobile) и фиктивных переменных D_Greece_2020, D_Bulgaria_2023 являются статистически значимыми при $\alpha = 1\%$, коэффициент при фиктивной переменной D_Portugal_2021 является значимым при $\alpha = 3\%$;
- 3) изменчивость зависимой переменной ln(GDP_{PC}) объясняется уравнением на 99,4 %;

4) модель является статистически значимой, так как $\text{prob.}(F\text{-stat.}) = 0 < \alpha$ (при $\alpha = 1\%$);

5) значение статистики Дарбина – Уотсона, равное 1,49, возросло по сравнению со значением статистики Дарбина – Уотсона, полученным в предыдущей модели. Возможно отсутствие автокорреляции в остатках.

Модель, представленную на рис. 11, можно считать итоговой, так как она имеет значимые коэффициенты, очень высокую объясняющую способность и, следовательно, обладает удовлетворительностью и качеством. Для подтверждения этого вывода необходимо проверить выполнимость предпосылок МНК.

Проверка выполнимости предпосылок МНК показала, что в остатках модели отсутствует автокорреляция, остатки гомоскедастичны и имеют нормальное распределение.

В целях проверки вышеуказанных предпосылок проводятся следующие тесты:

1) построение коррелограммы остатков модели (проверка автокорреляции остатков);

2) тест Жака – Бера (*Jarque – Bera test*) (проверка нормального распределения остатков) с гипотезами

$$H_0: p > 0,05 \text{ (остатки нормально распределены),}$$

$$H_1: p < 0,05 \text{ (нормального распределения остатков нет);}$$

3) тест Уайта (*White test*) с применением модели остатков (проверка гомоскедастичности остатков) с гипотезами

$$H_0: p > 0,05 \text{ (остатки гомоскедастичны),}$$

$$H_1: p < 0,05 \text{ (остатки гетероскедастичны).}$$

Первым делом построим коррелограмму остатков итоговой модели (рис. 12).

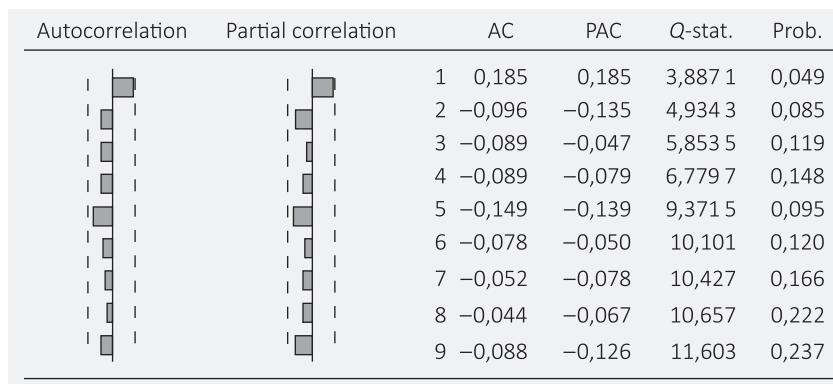


Рис. 12. Коррелограмма остатков итоговой модели (составлено в программе Eviews)

Fig. 12. Correlogram of the residuals of the final model (compiled in the programme Eviews)

Наблюдается несущественная положительная автокорреляция остатков первого порядка, слабо значимая при $\alpha = 5\%$ и не выходящая за доверительный интервал. Следовательно, факт наличия сильной автокорреляции отвергается, одна из предпосылок МНК выполняется.

Проведем тест Жака – Бера для определения нормального распределения остатков модели (рис. 13).

F-stat.	Prob.	Итог
0,084 392	0,958 682	H_0

Рис. 13. Тест Жака – Бера для итоговой модели (составлено в программе Eviews)

Fig. 13. Jarque – Bera test for the final model (compiled in the programme Eviews)

Значение статистики F (0,084 392) имеет вероятность, равную 0,958 682, что согласно условию принятия гипотез свидетельствует об отклонении гипотезы H_1 и согласуется с результатом H_0 , т. е. можно сделать вывод о нормальном распределении остатков.

Тест на гомоскедастичность остатков, а именно тест Уайта, будем проводить построением отдельной модели остатков в качестве эндогенной переменной. Для этого создадим отдельную переменную остатков с названием «Е» и построим аналогичную итоговой модель, в которой абсолютно все переменные, в том числе и саму эндогенную переменную, возведем в квадрат. Принятие или отклонение гипотезы H_0 будем осуществлять на основе автоматически рассчитанной вероятности статистики F .

Метод	Эндогенная переменная		E ² PLS		
	Variable	Coeff.	Std. error	t-Stat.	Prob.
C	0,011 185	0,006 096	1,834 773	0,069 4	
@Trend ²	1,13E-05	7,67E-06	1,473 698	0,143 6	
ln(IUsers) ²	-0,000 317	0,000 197	-1,605 116	0,111 5	
ln(Mobile) ²	-0,000 178	0,000 218	-0,814 037	0,417 5	
D_Greece_2020 ²	-0,001 543	0,001 774	-0,869 778	0,386 4	
D_Bulgaria_2023 ²	-0,001 790	0,001 790	-0,999 824	0,319 7	
D_Portugal_2021 ²	-0,001 341	0,001 766	-0,759 582	0,449 2	
<i>F</i> -stat.			0,911 663		
Prob.(<i>F</i> -stat.)			0,489 706		

Рис. 14. Модель остатков для проведения теста Уайта (составлено в программе *Eviews*)Fig. 14. Residual model for White test (compiled in the programme *Eviews*)

Из рис. 14 видно, что $\text{prob.}(\text{F-stat.}) = 0,489\ 706 > 0,05$, вследствие чего гипотеза H_0 принимается, остатки итоговой модели являются гомоскедастичными.

Абсолютно все предпосылки МНК выполняются, статистическое качество итоговой модели высокое, модель в целом удовлетворительная.

Итоговую модель можно использовать для формулирования оценочных суждений о степени влияния уровня цифровизации на ВВП по ППС на душу населения в зависимости от факторов, связанных с использованием интернета и мобильной связи.

Прогностическая способность модели при помощи ретрополяции. В табл. 1 представлены средние абсолютные ошибки прогноза эндогенной переменной $\ln(\text{GDP}_{\text{PC}})$ по каждой стране в процентах.

Таблица 1

Средние абсолютные ошибки прогноза по странам

Table 1

Average absolute forecast errors by country

Страна	Абсолютная ошибка прогноза (MAPE), %
Беларусь	0,35
Греция	0,30
Чехия	0,12
Венгрия	0,33
Португалия	0,34
Болгария	0,29
Австрия	0,21
Швейцария	0,27
Сербия	0,26
Бельгия	0,17
Швеция	0,19

Примечание. Составлено в программе *MS Excel*.

Полученные ошибки прогноза имеют удовлетворительное значение. Средняя ошибка по всем странам составляет 0,26 %. Поскольку ошибка имеет значение меньше 1 %, то прогноз обладает очень высокой точностью.

Выводы и интерпретация результатов по модели. Итоговая модель имеет вид

$$\begin{aligned} \ln(\text{GDP}_{\text{PC}}) = & 5,448\ 945\ 954\ 53 + 0,039\ 085\ 048\ 911\ 3 \cdot @\text{Trend} + \\ & + 0,864\ 352\ 438\ 839 \cdot \ln(\text{IUsers}) + 0,240\ 915\ 427\ 249 \cdot \ln(\text{Mobile}) - 0,149\ 847\ 112\ 376 \cdot D_{\text{Greece}}_{\text{2020}} + \\ & + 0,125\ 003\ 332\ 894 \cdot D_{\text{Bulgaria}}_{\text{2023}} - 0,094\ 275\ 357\ 218\ 5 \cdot D_{\text{Portugal}}_{\text{2021}}. \end{aligned}$$

Следует отметить, что уравнение регрессии итоговой модели является схожим с производственной функцией Кобба – Дугласа (*Cobb – Douglas function*) в прологарифмированном виде:

$$\ln(\text{GDP}_{\text{PC}}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{IUsers}) + \beta_2 \ln(\text{Mobile}) + \beta_3 @\text{Trend},$$

где β_0 – автономный уровень ВВП по ППС на душу населения; β_1 – коэффициент эластичности по количеству интернет-пользователей на 100 человек населения; β_2 – коэффициент эластичности по количеству абонентов мобильной связи на 100 человек населения; β_3 – ежегодный коэффициент роста ВВП по ППС на душу населения.

Далее можем преобразовать формулу в исходный вид, т. е. избавиться от натурального логарифма эндогенной переменной $\ln(\text{GDP}_{\text{PC}})$. Получим следующее равенство с основаниями множителей в виде числа Эйлера и эндогенных переменных IUsers и Mobile:

$$\text{GDP} = e^{5,448\,945\,954\,53} \cdot \text{IUsers}^{0,864\,352\,438\,839} \cdot \text{Mobile}^{0,240\,915\,427\,249} \cdot e^{0,039\,085\,048\,911\,3} \cdot @\text{Trend}.$$

Далее можем рассчитать автономный уровень ВВП по ППС на душу населения при условии, что β_1 , β_2 и β_3 равны 0:

$$e^{\beta_0} = e^{5,448\,945\,954\,53} \approx 232,513.$$

Понятно, что базовый уровень ВВП по ППС на душу населения при условии полного отсутствия других формирующих факторов составляет около 233 долл. США.

Далее приведем трактовку оставшихся факторов:

1) с каждым новым годом увеличение ВВП по ППС на душу населения за счет научно-технического прогресса и развития информационного сектора происходит на 3,9 % по отношению к предыдущему периоду;

2) при увеличении количества интернет-пользователей на 1 % от среднего значения ВВП по ППС на душу населения растет на 0,864 %;

3) рост количества абонентов мобильной связи на 1 % от среднего значения приводит к увеличению ВВП по ППС на душу населения на 0,241 %.

Предлагаем взять средний ВВП по ППС на душу населения по всем странам и посмотреть, каким будет прирост в денежном эквиваленте.

Сумма среднего ВВП по ППС на душу населения по всем странам равна 43 747,4 долл. США. Приведем интерпретацию основных переменных:

1) ВВП по ППС на душу населения ежегодно увеличивается за счет научно-технического прогресса и развития информационного сектора приблизительно на 1706,1 долл. США по отношению к предыдущему периоду в среднем по странам;

2) рост среднего значения количества интернет-пользователей на 1 % приводит к увеличению ВВП по ППС на душу населения на 377,9 долл. США в среднем по странам;

3) при изменении количества абонентов мобильной связи на 1 % от среднего значения прирост ВВП по ППС на душу населения составляет 105,4 долл. США в среднем по странам.

Для более наглядной трактовки необходимо провести расчет количества людей, составляющего 1 % от среднего значения по всем странам (табл. 2).

Таблица 2

Расчет средних значений общего количества абонентов мобильной связи и интернет-пользователей

Table 2

Calculation of average values of the total number of mobile subscribers and internet users

Страна	Численность населения	1 % от общего количества абонентов мобильной связи	1 % от общего количества интернет-пользователей
Беларусь	9 178 298	114 838,86	87 083,69
Греция	10 361 295	111 083,44	972,87
Чехия	10 873 689	142 912,89	1249,77
Венгрия	9 589 872	100 827,91	941,53
Португалия	10 525 347	134 903,37	1189,98
Болгария	6 430 370	74 045,71	621,02
Австрия	9 132 383	105 944,78	1028,09
Швейцария	8 849 852	102 091,89	1006,32

Окончание табл. 2
Ending of the table 2

Страна	Численность населения	1 % от общего количества абонентов мобильной связи	1 % от общего количества интернет-пользователей
Сербия	6 618 026	79 833,25	705,41
Бельгия	11 822 592	116 960,90	1121,07
Швеция	10 536 632	130 886,04	1264,88
<i>Среднее значение</i>	–	110 393,55	8834,97

Таким образом, при увеличении количества абонентов мобильной связи в среднем на 110,4 тыс. человек будет наблюдаться изменение ВВП по ППС на душу населения в размере 105,4 долл. США, или 0,241 %, в среднем для всех стран при прочих равных, а при увеличении количества интернет-пользователей в среднем на 8,8 тыс. человек ВВП по ППС на душу населения будет прирастать на 377,9 долл. США, или 0,864 %, в среднем для всех стран.

Далее предлагаем установить наличие постоянной отдачи от масштаба при помощи теста Вальда (*Wald test*), который применяется в случае, если необходимо проверить гипотезу параметров модели. В настоящий момент условие постоянной отдачи от масштаба будет выступать следующими гипотезами:

$$H_0: \beta_1 + \beta_2 = 1 \text{ (постоянная отдача от масштаба),}$$

$$H_1: \beta_1 + \beta_2 \neq 1 \text{ (убывающая или возрастающая отдача от масштаба).}$$

Тест проводится по степеням переменных количества интернет-пользователей и абонентов мобильной связи (рис. 15).

Статистика теста	Значение статистики теста	d. f.	Prob.
t-Stat.	0,770 962	93	0,442 7
F-stat.	0,594 382	(1, 93)	0,442 7
χ^2	0,594 382	1	0,440 7

Рис. 15. Тест Вальда для проверки наличия постоянной отдачи от масштаба
(составлено в программе *Eviews*)

Fig. 15. Wald test to test for the presence of constant returns to scale
(compiled in the programme *Eviews*)

Из рис. 15 видно, что значения вероятности по всем статистикам существенно больше $\alpha = 5\%$, следовательно, имеется гипотеза H_0 о постоянной отдаче от масштаба.

Можно предположить, что постоянное пропорциональное улучшение доступа к интернету и мобильной связи приводит к аналогичному пропорциональному росту экономического благосостояния (ВВП по ППС на душу населения).

Приведем основные выводы по модели экономического роста с учетом цифровизации:

1. Высокий коэффициент детерминации в итоговой модели (0,993) свидетельствует о том, что количество интернет-пользователей и абонентов мобильной связи, а также трендовая компонента достоверно описывают динамику ВВП по ППС на душу населения, следовательно, влияют на него, что и подтверждается вышеуказанными расчетами.

2. Присутствует отдача от масштаба, т. е. планомерное пропорциональное улучшение доступа к интернету и мобильной связи в странах приводит к пропорциональному росту экономического благосостояния (ВВП по ППС на душу населения).

3. Построенная панельная эконометрическая модель является качественной и обладает удовлетворительными прогностическими характеристиками, что указывает на ее адекватность и эффективность.

4. Полученные значения коэффициентов эластичности по количеству интернет-пользователей и абонентов мобильной связи указывают на рост ВВП по ППС на душу населения. Однако больший рост происходит за счет тренда, который выступает временным научно-технологическим фактором, т. е. можно предположить, что постоянное развитие сектора информационно-компьютерных технологий и приток инвестиций в эту область позволят иметь ежегодный рост ВВП по ППС на душу населения в размере 1706,1 долл. США, или 3,9 %, по всем странам выборки.

5. Значения коэффициентов при переменных тренда, числа интернет-пользователей и абонентов мобильной связи показывают, что при условии появления в каждой стране 110 394 интернет-пользователей, или 1 %, средний прирост ВВП по ППС на душу населения по всем странам составит 377,9 долл. США, или 0,864 %, при условии появления в каждой стране дополнительных 8834 абонентов мобильной связи средний прирост ВВП по ППС на душу населения по всем странам составит 105,4 долл. США, или 1 %,

а за счет развития информационно-компьютерных технологий ВВП по ППС на душу населения прирастет на 1706,1 долл. США, или 3,9 %.

6. Уровень цифровизации влияет на экономический рост за счет ускорения выполнения повседневных задач с помощью интернета и мобильной связи, упрощения рабочих процессов и возрастания производительности труда.

Эконометрическая модель роста с учетом качества финансовой системы

Для изучения влияния факторов финансовой системы на экономический рост в качестве эндогенной переменной был выбран реальный ВВП на душу населения (GDP_{PC} , в постоянных долларах США по обменному курсу 2015 г.), а в качестве экзогенных переменных выступили темп роста валового накопления капитала (*gross capital formation*, GCF) и две переменные финансового сектора, а именно темп роста денежной массы (*broad money*, M3, BM) и доля общих резервов в валовом внешнем долге (*total reserves*, TR, в процентах от общего внешнего долга), т. е. доля международных (золотовалютных) резервов во внешнем долге страны.

Для расчета темпов экономического роста исходные показатели были взяты из баз данных Всемирного банка, а недостающие показатели за 2022–2024 гг. – из Национального банка Республики Беларусь или спрогнозированы с помощью показателя среднегодового темпа роста (CAGR). Реальный ВВП на душу населения в постоянных долларах США 2015 г. позволяет оценивать динамику экономического роста без искажений, вызванных инфляцией или девальвацией.

Согласно определению Всемирного банка валовое накопление капитала (ранее валовые внутренние инвестиции) включает в себя расходы на обновление основных фондов и изменение товарно-материальных запасов. К основным фондам относятся улучшение земли, закупка оборудования, строительство инфраструктуры и зданий, а к запасам – товары, хранящиеся у фирм для нивелирования колебаний производства и продаж. Валовое накопление капитала помогает оценивать, насколько эффективно финансовое посредничество в стране, при котором сбережения могут переходить в инвестиции. Положительная динамика валового накопления указывает на рост основного капитала, который способствует развитию инфраструктуры, промышленности и, как следствие, росту реального ВВП на душу населения.

Денежная масса является одним из главных индикаторов качества финансовой системы, так как может определять ее способность обеспечивать и поддерживать кредитование экономики, а также удерживать финансовые потоки страны в ликвидном и стабильном состоянии.

Доля общих резервов в валовом внешнем долге показывает способность страны обслуживать свои обязательства, т. е. обеспечивать внешнюю финансовую надежность экономики, а также оценивать степень внешней устойчивости и зависимость от иностранных заимствований. Данный показатель выступает как экзогенная переменная для описания динамики реального ВВП и как фактор стабильности и безопасности финансовой системы.

Результаты проверки временных рядов экзогенных переменных и эндогенной переменной на стационарность при использовании расширенного теста Дики – Фуллера (*augmented Dickey – Fuller test*, ADF), теста Квятковского – Филлипса – Шмидта – Шина (*Kwiatkowski – Phillips – Schmidt – Shin test*, KPSS), а также теста Филлипса – Перрона приведены на рис. 16.

Ряд	Тест	Спецификация теста	Значение статистики теста	t-Крит.	Итог
GDP_{PC}	ADF	Intercept	–2,362 069	–2,991 878	H_0 – наличие единичного корня, ряд нестационарен
	KPSS	Trend and intercept	0,178 789	0,146 000	H_1 – ряд нестационарен
	PP	Intercept	–2,243 852	–2,991 878	H_0 – наличие единичного корня, ряд нестационарен
BM	ADF	Trend and intercept	–3,680 311	–3,612 199	H_1 – отсутствие единичного корня, ряд стационарен
	KPSS	Trend and intercept	0,100 876	0,146 000	H_0 – ряд стационарен
	PP	Intercept	–3,663 453	–3,612 199	H_1 – отсутствие единичного корня, ряд стационарен
TR	ADF	None	–0,005 062	–1,957 204	H_0 – наличие единичного корня, ряд нестационарен
	KPSS	Intercept	0,102 744	0,463 000	H_0 – ряд стационарен
	PP	Intercept	–3,542 249	–2,998 064	H_1 – отсутствие единичного корня, ряд стационарен
GCF	ADF	Intercept	–3,160 412	–2,991 878	H_1 – отсутствие единичного корня, ряд стационарен
	KPSS	Trend and intercept	0,100 722	0,146 000	H_0 – ряд стационарен
	PP	Intercept	–3,179 770	–2,991 878	H_1 – отсутствие единичного корня, ряд стационарен

Рис. 16. Тесты на проверку стационарности временных рядов (составлено в программе Eviews)

Fig. 16. Time series stationarity tests (compiled in the programme Eviews)

Из рис. 16 видно, что экзогенные временные ряды по всем тестам являются стационарными и их можно использовать в модели в исходном виде без преобразований. Эндогенная переменная GDP_{PC}

становится стационарной при взятии абсолютных разностей первого порядка, которые обозначим через $D(GDP_{PC})$, т. е. речь идет об абсолютных приростах реального ВВП на душу населения. Так как экзогенные переменные являются стационарными, а эндогенная переменная стационарна в приростах, искомая модель будет относиться к типу *ARIMAX* (*autoregressive integrated moving average extended*), который характеризуется присутствием независимых факторов и совмещением двух типов моделей, а именно авторегрессионной модели (*AR*) и модели скользящего среднего (*MA*), с добавлением эндогенного временного ряда в разностях:

$$D(GDP_{PC}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot BM + \beta_2 \cdot GCF + \beta_3 \cdot TR + \varepsilon_t,$$

где ε_t – случайная ошибка.

Корреляционный анализ эндогенной переменной и экзогенных переменных представлен на рис. 17.

Переменные	D(GDP _{PC})	GCF	TR	BM
D(GDP _{PC})	1	–	–	–
GCF	0,864 7	1	–	–
TR	0,460 6	0,296 1	1	–
BM	0,797 8	0,861 1	0,382 4	1

Рис. 17. Корреляционная матрица эндогенной переменной и экзогенных переменных (составлено в программе *Eviews*)

Fig. 17. Correlation matrix of endogenous and exogenous variables (compiled in the programme *Eviews*)

Из рис. 17 видно, что существует достаточная зависимость между ростом валового капитала и ростом денежной массы, так как широкая денежная масса выступает источником инвестиций в стране. Поэтому в начальную модель следует внести мультипликативную переменную $GCF*BM$ для исключения возможной мультиколлинеарности, а также для рассмотрения совместного влияния факторов на показатель $D(GDP_{PC})$.

Начальное построение модели представлено на рис. 18.

Эндогенная переменная		D(GDP _{PC}) ARMA CLS		
Метод	Variable	Coeff.	Std. error	t-Stat.
	C	–582,453 9	59,878 35	–9,727 286
	TR	16,617 07	3,563 776	4,662 770
	BM*GCF	339,635 0	37,130 70	9,147 014
	AR (1)	–0,239 858	0,370 919	–0,646 658
	MA (1)	–0,518 979	0,355 062	–1,461 658
R^2		0,820 538		
F-stat.		20,574 94		
Prob.(F-stat.)		0,000 002		

Рис. 18. Начальная модель *ARIMAX* (составлено в программе *Eviews*)

Fig. 18. Initial model *ARIMAX* (compiled in the programme *Eviews*)

Анализ начальной модели *ARIMAX* (см. рис. 18) позволяет сделать следующие выводы:

1) коэффициенты при экзогенных переменных TR, BM*GCF являются статистически значимыми при $\alpha = 1\%$, но коэффициенты при моделях *AR*(1) и *MA*(1) незначимы при любом значении α ;

2) коэффициент детерминации (0,82) показывает, что уравнение регрессии модели описывает изменения эндогенной переменной $D(GDP_{PC})$ на 82 %, т. е. данная модель имеет достаточно высокую объясняющую способность. Значимость коэффициента детерминации также не отвергается ($prob.(F\text{-stat.}) = 0,000\ 0 < 0,05$), следовательно, начальная модель является статистически значимой. Однако начальная модель недостаточно качественная, так как в ней имеются незначимые коэффициенты при авторегрессии и скользящем среднем первых порядков.

Далее предлагается изменить порядок скользящего среднего эмпирическим методом, так как иная комбинация авторегрессии и скользящего среднего может оказывать более качественное воздействие на значимость коэффициентов модели. Порядки авторегрессии и скользящего среднего подбираются

с учетом наблюдения за общим качеством модели и ее изменением. После подбора новых порядков авторегрессии и скользящего среднего получим новую модель (рис. 19), в которой наблюдаются значительные улучшения.

Метод	Эндогенная переменная		D(GDP _{PC})		
	Variable	Coeff.	Std. error	t-Stat.	Prob.
C	–581,049 9	38,522 52	–15,083 38	0,000 0	
TR	15,010 45	2,886 668	5,199 922	0,000 1	
BM*GCF	368,391 4	26,268 51	14,024 07	0,000 0	
AR (1)	–0,841 905	0,086 040	–9,785 000	0,000 0	
MA (2)	–0,954 840	0,039 071	–24,438 39	0,000 0	
<i>R</i> ²			0,871 042		
F-stat.			30,395 11		
Prob.(F-stat.)			0,000 000		

Рис. 19. Модель ARIMAX с эмпирическим подбором AR(1) и MA(2) (составлено в программе Eviews)

Fig. 19. Model ARIMAX with empirical fitting of AR(1) and MA(2) (compiled in the programme Eviews)

Значимость коэффициентов при авторегрессии первого порядка и скользящем среднем второго порядка подтверждается на уровне $\alpha = 1\%$, также на аналогичном уровне значимы коэффициенты при переменных TR и BM*GCF и значим постоянный компонент C. Значение коэффициента детерминации модели ARIMAX с эмпирическим подбором AR(1) и MA(2) увеличилось по сравнению со значением коэффициента детерминации исходной модели на 0,05. Коэффициент детерминации является статистически значимым при $\alpha = 1\%$, поэтому модель является статистически значимой в целом и может признаваться качественной. Для улучшения объясняющей способности модели проанализируем график остатков (рис. 20).

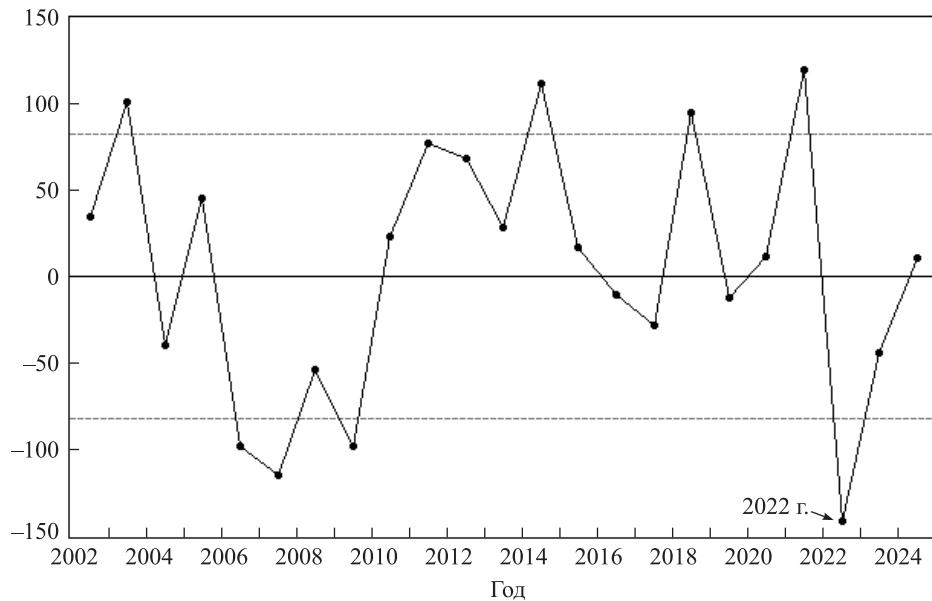


Рис. 20. Графическое изображение остатков модели (составлено в программе Eviews)

Fig. 20. Graphic representation of the model residues (compiled in the programme Eviews)

Наблюдаемый наибольший выброс в остатках модели приходится на 2022 г., поэтому введем фиктивную корректирующую переменную D2022 (рис. 21).

При условии, что порядки авторегрессии и скользящего среднего являются статистически значимыми, аддитивные экзогенные переменные, как и фиктивная переменная D2022, имеют значимые коэффициенты, поэтому можно признать модель итоговой с объясняющей способностью 91,9 %. Проверим выполнение предпосылок МНК с помощью теста Бреуша – Годфри (Breusch – Godfrey test, LM) и тестов Уайта и Жака – Бера.

Эндогенная переменная		D(GDP _{PC})		
Метод		ARMA CLS		
Variable	Coeff.	Std. error	t-Stat.	Prob.
C	-591,721 1	30,793 06	-19,216 06	0,000 0
TR	20,893 84	2,915 930	7,165 413	0,000 0
BM*GCF	286,098 5	32,861 05	8,706 311	0,000 0
D2022	-206,719 6	62,481 35	-3,308 500	0,004 2
AR (1)	-0,908 320	0,062 116	-14,622 98	0,000 0
MA (2)	-0,969 439	0,041 843	-23,168 38	0,000 0
<i>R</i> ²		0,918 921		
F-stat.		38,534 45		
Prob.(F-stat.)		0,000 000		

Rus. 21. Модель временных рядов с фиктивной переменной D2022
(составлено в программе *Eviews*)

Fig. 21. Time series model with dummy variable D2022
(compiled in the programme *Eviews*)

Результаты тестов по предпосылкам МНК представлены на рис. 22, который показывает, что модель является статистически значимой и качественной.

Тесты	F-stat.	Prob.	Итог
LM	0,058 626	0,943 3	H ₀
White	1,897 202	0,143 3	H ₀
Jarque – Bera	0,727 377	0,695 1	H ₀

Rus. 22. Тесты проверки предпосылок МНК
(составлено в программе *Eviews*)

Fig. 22. Tests of OLS assumptions
(compiled in the programme *Eviews*)

Проверим также представленную модель на наличие ошибок спецификации с помощью теста Рэмси (*Ramsey test, RESET*) (рис. 23).

Test statistics	Value	d. f.	Prob.
t-Stat.	0,695 667	16	0,496 6
F-stat.	0,483 953	(1, 16)	0,496 6

Rus. 23. Тест на наличие ошибок спецификации
(составлено в программе *Eviews*)

Fig. 23. Ramsey test
(compiled in the programme *Eviews*)

Итак, качество модели подтверждено, модель имеет следующий вид:

$$D(GDP_{PC}) = -591,72 + 20,89 \cdot TR + 286,1 \cdot BM*GCF - 206,72 \cdot D2022 - 1,88 + \varepsilon_t.$$

Приступим к трактовке коэффициентов при экзогенных переменных модели. Сначала рассмотрим коэффициент авторегрессии, который показывает зависимость текущего значения реального ВВП от его предыдущих значений. Реальный ВВП на душу населения – это динамичный показатель, выражается в абсолютных приростах и обладает инерционностью, т. е. определенную долю нынешнего показателя прироста можно объяснять как показатель прошлых периодов. Это свойство сохраняется длительное время, именно поэтому начальная модель (см. рис. 17) была построена с возможностью определения зависимости прироста реального ВВП на душу населения от его предшествующих значений. Поскольку порядок авторегрессии равен 1, это означает, что текущее значение абсолютного прироста реального ВВП на душу населения объясняется значением прироста прошлого года: увеличение прироста реального ВВП на душу населения на 1 долл. США в прошлом периоде будет приводить к замедлению прироста на -0,908 320 долл. США в текущем периоде.

Возрастание абсолютного прироста реального ВВП на душу населения при одновременном увеличении темпа роста денежной массы на 1 % и валового накопления капитала на 1 % рассчитано (в долларах США) как

$$(1,01 \cdot 1,01) - 1 = 0,0201, \\ 286,1 \cdot 0,0201 \approx 5,75.$$

Такое влияние роста денежной массы на экономическое благосостояние Беларуси может быть обосновано стимулированием совокупного спроса, расширением кредитования и увеличением инвестиций, что формирует валовое накопление капитала (производственные мощности и др.).

Возрастание на 1 % доли общих резервов во внешнем долге даст увеличение абсолютного прироста реального ВВП на душу населения в размере 20,89 долл. США. Увеличение доли резервов во внешнем долге снижает вероятность долгового кризиса, повышает экономическую стабильность и способствует росту реального ВВП.

Точность построенной модели проверим с помощью ретрополяции и расчета средней абсолютной ошибки прогноза. Ретроспективный прогноз проведем по реальному ВВП на душу населения, а не по его абсолютному приросту (табл. 3).

Таблица 3

Расчет абсолютных ошибок статистического ретроспективного прогноза

Table 3

Calculation of absolute errors of statistical retro-forecasting

Год	Фактические значения GDP_{PC} , долл. США	Прогнозные значения GDP_{PC} , долл. США	Абсолютная ошибка прогноза (MAPE), %
2000	2615,4	—	—
2001	2753,0	—	—
2002	2910,4	2945,2	1,20
2003	3137,3	3072,7	2,06
2004	3520,4	3524,6	0,12
2005	3877,7	3816,0	1,59
2006	4291,7	4320,0	0,66
2007	4682,2	4792,3	2,35
2008	5177,7	5189,8	0,23
2009	5200,8	5322,0	2,33
2010	5616,1	5588,7	0,49
2011	5941,7	5854,7	1,46
2012	6052,7	6046,2	0,11
2013	6115,4	6116,9	0,02
2014	6212,9	6129,4	1,34
2015	5967,1	5944,8	0,37
2016	5811,2	5855,1	0,76
2017	5964,9	5989,2	0,41
2018	6165,9	6109,4	0,92
2019	6267,7	6310,3	0,68
2020	6252,0	6336,3	1,35
2021	6457,7	6423,6	0,53
2022	6206,6	6292,8	1,39
2023	6482,8	6490,8	0,12
2024	6755,3	6734,5	0,31

Примечание. Составлено в программе MS Excel.

Общий ряд абсолютных ошибок по ретроспективному прогнозу является удовлетворительным, наибольшая ошибка прогноза наблюдается за 2007 г. (2,35 %). Средняя абсолютная ошибка прогноза за рассматриваемый период равна 0,904 %. Так как ошибка крайне мала, модель является качественной и может использоваться как прогностический инструмент.

Построим динамический прогноз реального ВВП на душу населения Беларуси до 2050 г. по сценарию развития событий, при котором сохраняются среднегодовые тенденции роста экзогенных переменных на уровне значений периода 2000–2024 гг.: доля общих резервов во внешнем долге составляет 22,9 %, темп роста денежной массы – 7 % в год, темп роста валового накопления капитала – 6 % в год.

Результаты динамического прогноза представлены на рис. 24.

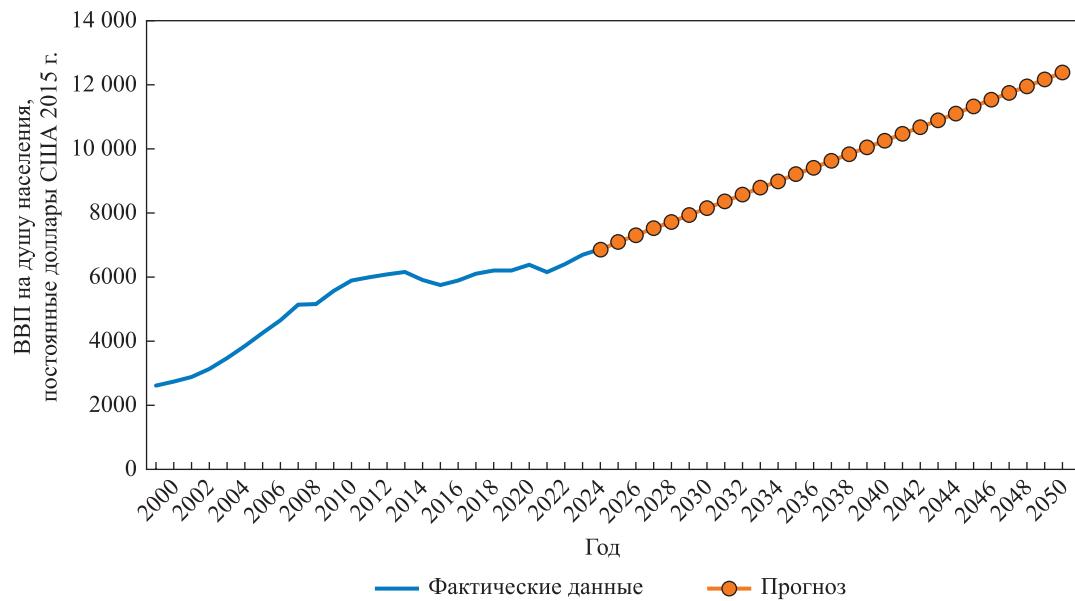


Рис. 24. Динамический прогноз ВВП на душу населения на 2025–2050 гг. по обменному курсу в постоянных долларах США 2015 г. (составлено в программе MS Excel)

Fig. 24. Dynamic forecast of GDP per capita for 2025–2050 at exchange rate in constant 2015 US dollars (compiled in the programme MS Excel)

Из рис. 24 следует, что при сохранении общих тенденций к 2040 г. Беларусь будет иметь реальный ВВП на душу населения в размере 10 151 постоянный доллар США 2015 г. и к 2050 г. – 12 291 постоянный доллар США 2015 г.

При добавлении с течением времени фактических значений реального ВВП на душу населения в эндогенный временной ряд, а также дополнительных данных об изменении сценария в экзогенные факторы точность прогноза на перспективу будет возрастать и позволит иметь представление о будущей степени роста экономики Беларуси.

Библиографические ссылки

1. Головенчик ГГ. Цифровая трансформация белорусской экономики в условиях цифровой глобализации. Минск: ИВЦ Минфина; 2022. 376 с.
2. Головенчик ГГ, Ковалёв ММ. Цифровая трансформация и экономический рост (на примере белорусской экономики). *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2018;1:102–121. EDN: VKMRZP.
3. Господарик ЕГ, Ермак ВД. Моделирование влияния уровня образования и цифровизации на экономический рост. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2022;2:81–92. EDN: OQWDWW.
4. Сопоев АЮ, Казарян МЛ. Цифровая экономика как фактор экономического роста. *Научный лидер*. 2023;33:17–19. EDN: EEWGUO.
5. Господарик ЕГ, Лосякина ПВ. Анализ влияния цифрового и финансового развития страны на ее экономический рост на примере Беларуси. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2022;1:65–78. EDN: QAQLSF.

Статья поступила в редакцию 01.04.2025.
Received by editorial board 01.04.2025.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОТБОРА ЗНАЧИМЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРЕДПРИЯТИЙ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПРИ АНАЛИЗЕ ДОТАЦИОННОСТИ

А. В. КУЗНЕЦОВА¹⁾, Л. Р. БОРИСОВА²⁾

¹⁾Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН,
ул. Косыгина, 4, 119334, г. Москва, Россия

²⁾Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
пр. Ленинградский, 49, 125167, г. Москва, Россия

Аннотация. Представлен оригинальный метод поиска связи финансово-экономических показателей с дотационностью регионов Российской Федерации. Как наиболее значимые с точки зрения потребностей регионов в дотациях параметры рассмотрены данные по предприятиям и организациям, а также касающиеся основных фондов показатели. Выделены две группы регионов: регионы, нуждающиеся в дотациях, и регионы, не нуждающиеся в дотациях. Методами машинного обучения в выделенных группах выявлены различия по отчетным данным предприятий и организаций, а также основным фондам. Наиболее важными показателями за 2020 г., по которым группы отличаются друг от друга, стали число и оборот организаций, сальдированный финансовый результат (разность прибыли и убытка), удельный вес убыточных организаций, кредиторская и дебиторская задолженности организаций, просроченная задолженность по заработной плате в расчете на одного работника, число малых предприятий на 10 000 человек населения и др. Такой подход (классификация методами оптимально достоверных разбивок и статистически взвешенных синдромов) только начинает использоваться в данной области. Найденные закономерности позволяют более точно обрисовать паттерн («портрет») каждого региона Российской Федерации и дадут возможность прогнозировать их дотационный статус в будущем. Набор значимых характеристик позволяет повысить точность прогноза и разработать план по выходу из группы регионов, нуждающихся в дотациях, в группу регионов, не нуждающихся в дотациях.

Ключевые слова: методы машинного обучения; статистика; *data science*; экономические показатели; дотационные регионы; субъекты Российской Федерации.

Образец цитирования:

Кузнецова АВ, Борисова ЛР. Применение многопараметрических методов машинного обучения для отбора значимых количественных характеристик предприятий в регионах Российской Федерации при анализе дотационности. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика.* 2025;1:88–96.

EDN: JITKVA

For citation:

Kuznetsova AV, Borisova LR. Application of multiparametric machine learning methods for selection of significant quantitative characteristics of enterprises in the regions of the Russian Federation in the analysis of subsidisation. *Journal of the Belarusian State University. Economics.* 2025;1:88–96. Russian.
EDN: JITKVA

Авторы:

Анна Викторовна Кузнецова – кандидат биологических наук; старший научный сотрудник лаборатории математической биофизики.

Людмила Робертовна Борисова – кандидат физико-математических наук, доцент; доцент кафедры математики и анализа данных факультета информационных технологий и анализа больших данных.

Authors:

Anna V. Kuznetsova, PhD (biology); senior researcher at the laboratory of mathematical biophysics.

azforus@yandex.ru

https://orcid.org/0000-0002-0297-7013

Ludmila R. Borisova, PhD (physics and mathematics), docent; associate professor at the department of mathematics and data analysis, faculty of information technology and big data analysis.

lrborisova@fa.ru

https://orcid.org/0000-0002-5757-0341

APPLICATION OF MULTIPARAMETRIC MACHINE LEARNING METHODS FOR SELECTION OF SIGNIFICANT QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF ENTERPRISES IN THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION IN THE ANALYSIS OF SUBSIDISATION

A. V. KUZNETSOVA^a, L. R. BORISOVA^b

^a*Emanuel Institute of Biochemical Physics of Russian Academy of Sciences,
4 Kosygina Street, Moscow 119334, Russia*

^b*Financial University under the Government of the Russian Federation,
49 Leningradskij Avenue, Moscow 125167, Russia*

Corresponding author: L. R. Borisova (lrborisova@fa.ru)

Abstract. In this paper, we present an original method for searching a connection between financial-economic characteristics and the subsidisation of the regions of the Russian Federation. The dataset contained data on enterprises and organisations, as well as indicators related to fixed assets, as the most significant in terms of the regions' needs for subsidies. Two groups of regions were identified: regions with high subsidies and regions without them. Machine learning methods were used to establish differences in the reporting data of enterprises and organisations, as well as fixed assets, in the identified groups. In 2020, the most important indicators by which the groups differed from each other were the number and turnover of organisations, the balanced financial result (difference of profit and loss), the share of unprofitable organisations, accounts payable and receivable of organisations, overdue wage arrears per employee, the number of small enterprises per 10 000 people, etc. This approach (classification using optimally reliable partitioning and statistically weighted syndromes) is just beginning to be used in this area. The found dependences will allow us to more accurately outline the pattern («portrait») of each region of the Russian Federation with the possibility of further forecasting its subsidised status. A set of significant characteristics will improve the accuracy of the forecast and propose a plan for moving from the subsidised group to the group of self-sufficient subjects of the Russian Federation.

Keywords: machine learning methods; statistics; data science; economic indicators; subsidised regions; subjects of the Russian Federation.

Введение

В Российскую Федерацию входят 89 регионов, которые находятся в разных климатических поясах, отличаются по степени освоенности, количеству полезных ископаемых, плотности населения. Актуальным вопросом становится анализ дотационных регионов, выявление основных критериев, по которым отличаются субъекты Российской Федерации с разной степенью экономической самостоятельности.

В работе [1] приводится наиболее полная с точки зрения негативного влияния на бюджетное состояние и уровень дотационности регионального бюджета классификация социально-экономических факторов. Нивелировать проблемы региональной диспропорции и социально-экономической дифференциации мезоуровня возможно лишь с учетом множества детерминант, которые субъективно и (или) объективно систематически действуют на текущее и перспективное состояние регионов страны, изменяют их бюджетные характеристики. Для анализа причин регионального неравенства важно выявить и сгруппировать регионы, наиболее зависимые от федерального центра. Для перехода современной России из категории ведущих развивающихся стран (БРИКС) в категорию развитых стран (ОЭСР) необходимо обеспечить сбалансированное состояние региональной экономики.

В Российской Федерации регионов-доноров в три раза меньше, чем дотационных регионов. На них, кроме обеспечения собственных трат, ложится нагрузка по финансированию дотационных субъектов (у регионов-доноров доход, а соответственно, и перечисления в российский бюджет превышают их потребности и расходы). В регионах-донорах нет проблем с инвестициями, часто в них находятся крупные залежи полезных ископаемых, активно развивается промышленность, изготавливается продукция с высокой прибавочной стоимостью, идущая на экспорт. В первую пятерку регионов-доноров входят два региона с крупными залежами полезных ископаемых и два мегаполиса с высокой инвестиционной привлекательностью, развитой финансовой сферой, технологичными производствами. В порядке убывания поступлений в бюджет из этих регионов их список выглядит следующим образом: Ханты-Мансийский автономный округ, Москва, Ямало-Ненецкий автономный округ, Санкт-Петербург, Московская область. К ним можно добавить такие хорошо развитые регионы, как Свердловская область, Татарстан, Красноярский край, а также Липецкую и Кемеровскую области.

У основной части регионов Российской Федерации уровень дотационной поддержки составляет примерно 19–20 %. При этом существуют хронически дотационные регионы, большая часть которых в течение длительного времени формируют свой бюджет за счет дотаций из федерального центра более чем на 50 %. В той или иной степени помощи из центра требуют 68 регионов. Основной причиной такого положения является отсутствие у чиновников мотивации предпринимать какие-то действия, чтобы изменить сложившуюся ситуацию, когда из центра стабильно поступает необходимое количество денежных средств. Немалое число регионов даже при наличии значительных поступлений из федерального бюджета и огромных собственных ресурсов находятся в упадке и не развиваются [2; 3].

Обозначенную проблему можно решить путем проведения комплексных мероприятий для развития данных регионов: стимулирования инвестиций в экономику, развития инфраструктуры, обучения и повышения квалификации населения, поддержки развития сельского хозяйства и т. д. Внедрение таких мер позволит снизить зависимость дотационных регионов от федерального бюджета, стимулировать их экономическое развитие и улучшить качество жизни населения.

Необходимо создать механизм оценки дотационности регионов Российской Федерации и выявить основные слабые стороны, для чего можно применить современные подходы и методы *data science*, основанные на многопараметрическом анализе данных. *Data science* играет ключевую роль в создании механизма оценки дотационности регионов.

Методология машинного обучения хорошо изложена в работе [4] на примере оценки инвестиционной деятельности различных регионов Российской Федерации с использованием программного продукта *MatLab 2018b*. В ней сделан акцент на том, что алгоритм обучения применяется для обнаружения в данных знаний или свойств и их изучения. Качество или количество данных будут влиять на эффективность обучения и прогнозирования. Машинное обучение представляет собой метод, который подразумевает работу с данными. Эта система меняется вместе с изменением входящих в нее данных. В идеале она должна одновременно подсказывать пути изменения характеристик объектов, которые позволят им отвечать нужным требованиям. Такой подход принято называть *data science*, а специалистов этого профиля – *data scientists*. Методы машинного обучения используются в различных областях, например в менеджменте при оценке риска, производстве, разработке рекомендательных систем [5–7].

В данной работе мы предлагаем как результаты применения всем известных методов машинного обучения, работающих в режиме автоклассификации системы анализа данных *data master azforus*, так и оригинальные методы, обладающие определенными преимуществами [8–10]. Одним из таких преимуществ является прозрачное решение, позволяющее наглядно представлять объекты на диаграммах рассеяния в окружении похожих объектов, выявлять набор значимых показателей и рекомендовать конкретные действия по управлению объектами в нужном направлении.

Методами машинного обучения на обучающей выборке был выделен набор наиболее информативных показателей, так или иначе влияющих на отнесение предприятия к определенной группе: группе регионов, нуждающихся в дотациях (группа 1), или группе регионов, не нуждающихся в дотациях (группа 2). В ходе исследований использовались различные методы машинного обучения, в том числе оригинальные логико-статистические методы (*data science*) [11], оценивалась достоверность найденных закономерностей, основанных на построении оптимальных достоверных разбиений признакового пространства [12]. Использование логико-статистических методов позволило провести анализ, не делая априорных предложений о виде вероятностных распределений. Эти методы также эффективны при работе с выборкой любого размера и большим количеством плохо структурированных признаков.

Материалы и методы исследования

В базу данных для исследования вопросов дотационности вошли 46 регионов, разделенных на две группы. Для проведения контроля решающего правила оставили 36 регионов. В группу 1 вошли 22 дотационных региона: Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия (Алания), Чечня, Башкортостан, Тыва, Бурятия, Якутия, Крым, Чувашия, Ставропольский, Забайкальский, Алтайский, Камчатский края, Брянская, Ивановская, Ростовская, Кировская, Курганская области, Чукотский автономный округ.

В группу 2 вошли 24 региона, не нуждающихся в дотациях: города Москва и Санкт-Петербург, Белгородская, Калужская, Липецкая, Московская, Тульская, Ярославская, Вологодская, Ленинградская, Мурманская, Нижегородская, Самарская, Свердловская, Пермская, Сахалинская, Тюменская, Иркутская области, Ненецкий, Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий автономные округа, Краснодарский и Красноярский края, Татарстан.

Финансово-экономические показатели были отобраны на сайте Федеральной службы государственной статистики из баз данных, представленных в ежегодных сборниках «Регионы России» за 2020 и 2021 гг. Количество финансово-экономических показателей составило 14. Валидация осуществлялась методом скользящего контроля (*leave-one-out*). Анализу подверглись 47 регионов, 22 из них отнесены к группе 1, 25 – к группе 2 (табл. 1).

При анализе данных методами машинного обучения были использованы шесть традиционных методов, входящих в режим автоклассификации системы анализа данных *data master azforus*: адаптивный бустинг, деревья решений, градиентный бустинг, метод ближайших соседей, метод опорных векторов, линейный дискриминантный анализ. При использовании режима автоклассификации методы ранжируются по результатам ROC AUC. Далее на лучших наборах методов вычисляется ансамбль методов, т. е. их совокупность. Сравниваются результаты ансамблей из трех, пяти, семи или девяти методов. Лучший ансамбль отбирается для решающего правила.

Кроме перечисленных методов машинного обучения, были использованы также два оригинальных метода: метод оптимально достоверных разбиений (метод ОДР) и метод статистически взвешенных синдромов (метод СВС). Метод ОДР основан на разбиении пространства значений показателя границей разбиения таким образом, чтобы с одной стороны от нее преобладали объекты одной группы сравнения, а с другой стороны – объекты другой группы. Значимость найденной закономерности оценивалась с помощью перестановочного теста Монте-Карло. Этот метод очень затратен по времени, если число объектов больше тысячи, но для задач с небольшим числом объектов (как в случае с регионами) он обладает неоспоримым преимуществом, поскольку решает проблему черного ящика. Из всего объема данных отбираются только значимые показатели. Классификация проводится методом СВС, осуществляющим голосование по базовым множествам. Автономная программа «Прогноз» на основе решающего правила метода СВС позволяет вводить данные одного или нескольких объектов вручную, загружать их файлом или брать из обучающей выборки. После распознавания на наглядных диаграммах рассеяния можно наблюдать расположение объекта в кругу похожих на него объектов. Также можно создать план перевода объекта из группы 1 (регион, требующий дотаций) в группу 2 (регион, обеспечивающий себя самостоятельно).

При использовании любого метода распознавание произвольного объекта может быть представлено в виде последовательного выполнения двух операций. На первом шаге вычисляются так называемые оценки за группы (классы) – вещественные величины, отражающие меру родства объекта классу. На втором шаге производится собственно распознавание. Обычно при этом используется пороговое правило: если оценка объекта за класс K больше некоторого порога d , то объект относится к классу K , если оценка объекта за класс K меньше порога d , то объект не относится к классу K . Для многих методов оценки обычно вычисляются таким образом, что в результате они принадлежат отрезку $[0; 1]$. В этом случае оценки могут интерпретироваться как вероятности принадлежности классам. Обычно в задачах распознавания с двумя непересекающимися классами сумма оценок за эти классы равна 1. Все показатели эффективности, кроме ROC AUC, зависят от величины порога d . Как правило, наилучшим и наиболее сбалансированным является коллективное решение с максимальным значением по показателю *accuracy* и *F*-критерию, а также с высокими значениями по другим показателям.

Результаты и их обсуждение

Применение традиционных методов статистики. Использование теста Манна – Уитни – Уилкоксона свидетельствует, что 11 из 14 показателей заметно различаются для групп сравнения. Для каждой группы приведены средние значения (см. табл. 1, значение 1 и значение 2). Три показателя (удельный вес убыточных организаций, просроченная задолженность по заработной плате в расчете на одного работника, число индивидуальных предпринимателей на 10 000 человек населения) оказались незначимыми.

Наиболее важными показателями стали оборот организаций, сальнированный финансовый результат (разность прибыли и убытка), дебиторская и кредиторская задолженности организаций, число малых предприятий на 10 000 человек населения, среднесписочная численность работников, выручка от реализации товаров (работ, услуг) малых предприятий. По всем этим показателям дотационные регионы имеют более низкие значения, чем регионы, которые сами себя обеспечивают. Приведенное в последнем столбце таблицы *p*-значение близко к нулю для всех исследуемых показателей. Этот результат свидетельствует, что две группы существенно отличаются друг от друга по этим показателям.

Таблица 1
Результаты теста Манна – Уитни – Уилкоксона
Table 1
Mann – Whitney – Wilcoxon test results

Показатели	Количество регионов группы 1	Значение 1	Количество регионов группы 2	Значение 2	p-Значение
Число организаций	22	22 289,5	25	84 687,6	0,001
Оборот организаций, млрд руб.	22	480,324	25	5510,4	0
Сальдированный финансовый результат, млн руб.	22	33 055,4	25	485 542,8	0
Кредиторская задолженность организаций, млн руб.	22	182 284,7	25	2 170 680,6	0
Дебиторская задолженность организаций, млн руб.	22	125 035,5	25	2 175 510,0	0
Число малых предприятий на 10 000 человек населения	22	81,316	25	141,6	0
Среднесписочная численность работников	22	56,736	25	238,6	0
Выручка от реализации товаров (работ, услуг) малых предприятий, млн руб.	22	267,664	25	1501,1	0
Численность работников, занятых в бизнесе индивидуального предпринимателя, в 2021 г.	22	59,482	25	140,1	0,003
Средняя численность работников, занятых в бизнесе индивидуального предпринимателя	22	50,895	25	101,9	0,006
Выручка от реализации товаров в индивидуальном предпринимательстве, млн руб.	22	127,168	25	327,4	0,003

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3 приводятся показатели за 2020 г., если не указано иное.

Одномерные разбиения. Метод ОДР применялся для показателей, указанных в табл. 1. Был выявлен такой же набор значимых показателей. Преимуществом данного метода является получение границ разбиения, которые отделяют значения одной из исследуемых групп от значений другой группы. В табл. 2 названные границы приведены во втором столбце. Знания о них позволяют наметить план вывода объекта из группы 1 в группу 2. Отметим, что приведенные в предпоследнем столбце табл. 2 значения F-критерия влияют на разделение групп: чем больше значение F-критерия, тем более очевидно разделение групп.

Таблица 2
Одномерные разбиения методом оптимально достоверных разбиений
Table 2
One-dimensional partitions by the method of optimally reliable partitions

Показатели	Граница разбиения	Квадрант 1		Квадрант 2		F-критерий	p-Значение
		Количество (доля) регионов группы 1	Количество (доля) регионов группы 2	Количество (доля) регионов группы 1	Количество (доля) регионов группы 2		
Оборот организаций, млн руб.	947,4	20 (90,9 %)	2 (8 %)	2 (9,1 %)	23 (92 %)	31,620	0,00050
Общая дебиторская задолженность организаций, млн руб.	135 110	18 (81,8 %)	1 (4 %)	4 (18,2 %)	24 (96 %)	28,800	0,00050
Общая кредиторская задолженность организаций, млн руб.	198 461	18 (81,8 %)	1 (4 %)	4 (18,2 %)	24 (96 %)	28,800	0,00050
Сальдированный финансовый результат, млн руб.	61 624	19 (86,4 %)	5 (20 %)	3 (13,6 %)	20 (80 %)	20,190	0,00050
Выручка от реализации товаров (работ, услуг) малых предприятий, млн руб.	308,3	17 (77,3 %)	4 (16 %)	5 (22,7 %)	21 (84 %)	17,400	0,00050
Число малых предприятий на 10 000 человек населения	113,5	19 (86,4 %)	7 (28 %)	3 (13,6 %)	18 (72 %)	15,780	0,00067

Окончание табл. 2
Ending of the table 2

Показатели	Граница разбиения	Квадрант 1		Квадрант 2		F-критерий	p-значение
		Количество (доля) регионов группы 1	Количество (доля) регионов группы 2	Количество (доля) регионов группы 1	Количество (доля) регионов группы 2		
Среднесписочная численность работников	91,25	18 (81,8 %)	7 (28 %)	4 (18,2 %)	18 (72 %)	13,320	0,00100
Численность работников, занятых в бизнесе индивидуального предпринимателя, в 2021 г.	60,8	17 (77,3 %)	6 (24 %)	5 (22,7 %)	19 (76 %)	13,010	0,00200
Число организаций	29 985	17 (77,3 %)	7 (28 %)	5 (22,7 %)	18 (72 %)	11,130	0,00767
Выручка от реализации товаров в индивидуальном предпринимательстве, млн руб.	164,2	17 (77,3 %)	8 (32 %)	5 (22,7 %)	17 (68 %)	9,428	0,02033
Средняя численность работников, занятых в бизнесе индивидуального предпринимателя	51,5	16 (72,7 %)	7 (28 %)	6 (27,3 %)	18 (72 %)	9,169	0,02800

Оборот организаций, дебиторская и кредиторская задолженности организаций, сальдированный финансовый результат, выручка от реализации товаров – наиболее значимые показатели из всей исследуемой базы.

Двумерные разбиения. Двумерные разбиения позволяют более детально выявить значимые закономерности на парах показателей. К рассматриваемым значимым показателям добавились еще удельный вес убыточных организаций и число индивидуальных предпринимателей на 10 000 человек населения (табл. 3, рис. 1). Выявлена отрицательная корреляция показателей для группы 2 (см. рис. 1).

Таблица 3

Двумерные разбиения

Table 3

Two-dimensional partitions

Номер пары показателей	Показатели	Хи-квадрат	Граница разбиения	p-Значение
1	Число организаций	23,55	29 985	0,022670
	Удельный вес убыточных организаций, %	–	38,6	0,000333
2	Число организаций	21,32	30 536	0,045000
	Число индивидуальных предпринимателей на 10 000 человек населения	–	202	0,001000
3	Сальдированный финансовый результат, млн руб.	32,52	–14 128	0,000500
	Общая кредиторская задолженность организаций, млн руб.	–	182 128	0,029000
4	Удельный вес убыточных организаций, %	23,71	39,3	0,000670
	Среднесписочная численность работников	–	80,7	0,048670
5	Удельный вес убыточных организаций, %	27,55	39,85	0,000500
	Выручка от реализации товаров (работ, услуг) малых предприятий, млн руб.	–	308,3	0,033670
6	Удельный вес убыточных организаций, %	23,71	39,3	0,000500
	Численность работников, занятых в бизнесе индивидуального предпринимателя, в 2021 г.	–	60,8	0,047670
7	Удельный вес убыточных организаций, %	20,26	39,3	0,002330
	Средняя численность работников, занятых в бизнесе индивидуального предпринимателя	–	38,7	0,015000

Окончание табл. 3
Ending of the table 3

Номер пары показателей	Показатели	Хи-квадрат	Граница разбиения	p-Значение
8	Общая дебиторская задолженность организаций, млн руб.	34,91	152 910	0,027670
	Число индивидуальных предпринимателей на 10 000 человек населения	—	230,5	0,000500
9	Общая кредиторская задолженность организаций, млн руб.	31,94	182 128	0,028670
	Общая дебиторская задолженность организаций, млн руб.	—	73 444	0,001000

Примечание. Прочерк обозначает, что вычисления по методу «хи-квадрат» для безразмерных признаков не проводились.

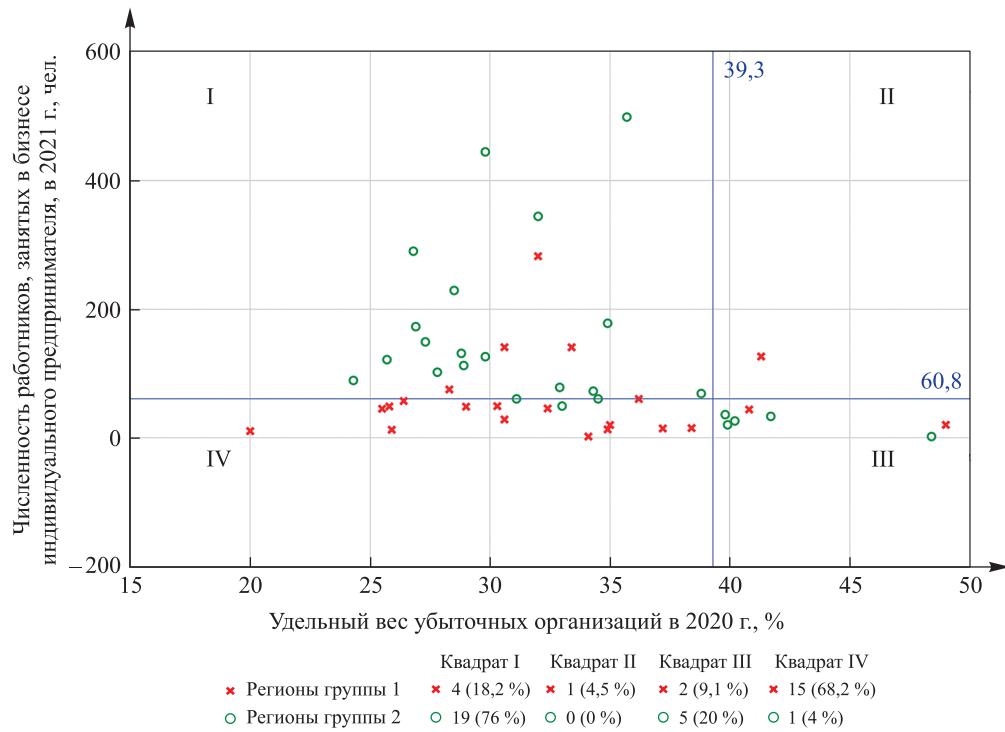


Рис. 1. Двумерная диаграмма рассеяния (p -значение по оси абсцисс равно 0,047 666 67, p -значение по оси ординат составляет менее 0,0005)

Fig. 1. Two-dimensional hattering diagram (p -value on axis abscissa is 0.047 666 67, p -value on axis ordinate is less than 0.0005)

Результаты автоклассификации. Результаты использования методов машинного обучения, участвовавших в автоклассификации, расположены по убывающей. Самыми эффективными оказались методы, указанные в табл. 4. Наилучшее значение основного показателя качества распознавания объектов при скользящем контроле ROC AUC составляет 0,915 (чем ближе этот показатель к единице, тем лучше распознавание).

Таблица 4

Результаты распознавания семи методов машинного обучения на скользящем контроле

Table 4

Recognition results of seven machine learning methods based on sliding control

Метод	Чувствительность	Специфичность	F-оценка	AUC
Адаптивный бустинг	0,909	0,920	0,909	0,915
Метод статистически взвешенных синдромов	0,818	0,800	0,800	0,877
Деревья решений	0,864	0,880	0,864	0,872
Градиентный бустинг	0,773	0,920	0,829	0,869
Метод ближайших соседей	0,773	0,920	0,829	0,846
Метод опорных векторов	0,773	0,760	0,756	0,835
Линейный дискриминантный анализ	0,818	0,640	0,735	0,729

Заметим, что F -оценка – мера точности работы модели, основанная на метриках *precision* и *recall*. Чем ближе значение F -оценки к единице (100 %), тем лучше модель справляется с задачей классификации. Если F -оценка равна нулю, модель полностью не справляется с задачей классификации. Этот показатель отличается от F -критерия (см. табл. 2).

Результаты исследования свидетельствуют, что Башкортостан, Ставропольский край и Ростовская область имеют достаточный потенциал, чтобы выйти из группы 1. Ярославская область и Ненецкий автономный округ, хотя и находятся в группе 2, рисуют потерять свой статус (табл. 5, рис. 2).

Таблица 5

Результаты применения ансамбля из пяти методов

Table 5

The results of the ensemble of five methods

Группа	Общее количество (доля) объектов	Количество (доля) правильно включенных объектов	Количество (доля) ошибочно включенных объектов
Группа 1	22 (46,8 %)	19 (86,4 %)	3 (13,6 %)
Группа 2	25 (53,2 %)	23 (92,0 %)	2 (8,0 %)
Всего	47 (100 %)	42 (89,4 %)	5 (10,6 %)

Чистый контроль. Группу регионов, которые в начале исследования не вошли в обучающую выборку, подвергли распознаванию с помощью автономной программы «Прогноз» с «зашитым» в нее решающим правилом.

Из 34 субъектов Российской Федерации 25 были отнесены к группе 1 (Архангельская область, Архангельская область без Ненецкого автономного округа, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская, Тверская, Новгородская, Псковская, Пензенская, Саратовская, Ульяновская, Астраханская, Томская, Магаданская области, Тюменская область без автономных округов, Еврейская автономная область, г. Севастополь, республики Марий Эл, Мордовия, Карелия, Адыгея, Калмыкия, Хакасия, Коми).

К группе 2 алгоритмом распознавания были отнесены Калининградская, Новосибирская, Челябинская, Волгоградская, Омская, Амурская, Удмуртская области, Приморский и Хабаровский края.

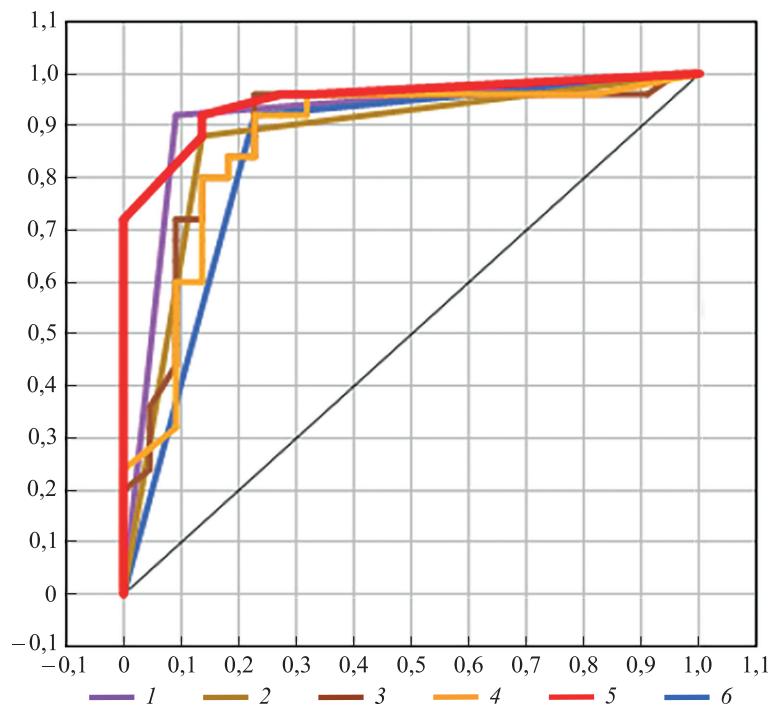


Рис. 2. ROC-кривая для ансамбля из шести методов:
 1 – аддитивный бустинг; 2 – деревья решений; 3 – метод опорных векторов; 4 – градиентный бустинг;
 5 – линейный дискриминантный анализ; 6 – метод ближайших соседей

Fig. 2. ROC-curve for an ensemble of six methods:

1 – adaptive boosting; 2 – decision trees; 3 – support vector machine; 4 – extreme gradient boosting;
 5 – linear discriminant analysis; 6 – k -nearest neighbours algorithm

Заключение

Результаты анализа, проведенного методами машинного обучения, свидетельствуют, что наиболее значимыми показателями для исследуемых регионов стали число и оборот организаций, сальнированный финансовый результат, удельный вес убыточных организаций, дебиторская и кредиторская задолженность организаций, просроченная задолженность по заработной плате в расчете на одного работника, число малых предприятий на 10 000 человек населения. Авторы статьи считают, что, поскольку предложенный математический подход показал эффективность в поиске ключевых социально-экономических факторов, можно применить аналогичную технологию для анализа более полной базы данных, содержащей информацию о промышленных и других предприятиях, образовательных учреждениях, социальных службах и объектах, привлекательных для инвестиций.

Метод ОДР и метод СВС позволяют создать план перевода объекта из группы 1 в группу 2 и показывают, на какие ключевые показатели необходимо обращать внимание в первую очередь и каких границ требуется достичь для того, чтобы увеличить вероятность благоприятного прогноза.

Для каждого региона группы 1 можно создать четкий план по переводу его в группу 2. В данный план должны входить 20 значимых показателей с границами разбиения, которые нужно перейти. После достижения этой цели вероятность отказа региона от дотаций из центра станет вполне реальной. Такой подход выведет практику работы с дотационными регионами на высокий научный уровень.

Библиографические ссылки

1. Таштамиров МР, Байсаева МУ, Баташев РВ. Систематизация факторов и условий высокой дотационности региональных бюджетов. *Фундаментальные исследования*. 2020;11:185–192. DOI: 10.17513/fr.42896.
2. Энеева МН, Ульбашева АР, Уянаева ХБ. Факторы и причины дотационности региональных экономик СКФО. *Terra economicus*. 2010;4(3):173–176.
3. Алимурадов МК, Мидов АЗ, Одинцов СВ. Стратегический анализ бюджетной обеспеченности высокодотационных регионов. *Экономическое возрождение России*. 2021;2:114–129. DOI: 10ю37930/1990-9780-2021-2-68-113-129.
4. Кричевский МЛ, Мартынова ЮА. Использование методов машинного обучения для оценки инвестиционной деятельности различных регионов России. *Вопросы инновационной экономики*. 2019;9(4):1557–1572. DOI: 10.18334/vinec.9.4.41432.
5. Chandrinos SK, Sakkas G, Lagaros ND. AIRMS: a risk management tool using machine learning. *Expert Systems with Applications*. 2018;105:34–48. DOI: 10.1016/j.eswa.2018.03.044.
6. Stanula P, Ziegenbein A, Metternich J. Machine learning algorithms in production: a guideline for efficient data source selection. *Procedia CIRP*. 2018;78:261–266.
7. Portugal I, Alencar P, Cowan D. The use of machine learning algorithms in recommender systems: a systematic review. *Expert Systems with Applications*. 2018;97:205–227. DOI: 10.1016/j.eswa.2017.12.020.
8. Борисова ЛР, Кузнецова АВ. Использование работающего компьютерного тренажера Data Master Azforus для обучения методам машинного обучения. В: Королькова ИА, редактор. *Цифровая трансформация социальных и экономических систем. Материалы Международной научно-практической конференции; 28 января 2022 г.; Москва, Россия*. Москва: Московский университет имени С. Ю. Витте; 2022. с. 264–270.
9. Кирилук ИЛ, Кузнецова АВ, Сенько ОВ. Исследование взаимосвязи производственных функций и социально-экономических показателей российских регионов методом оптимальных разбиений. *Информационные технологии и вычислительные системы*. 2021;1:20–31. DOI: 10.14357/20718632210103.
10. Сенько ОВ, Кузнецова АВ, Воронин ЕМ, Кравцова ОА, Борисова ЛР, Кирилук ИЛ и др. Методы интеллектуального анализа данных в исследованиях COVID-19. *Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика*. 2022;1:83–96. DOI: 10.33581/2520-6508-2022-1-83-96.
11. Кузнецова АВ, Сенько ОВ. Возможности использования методов Data Mining при медико-лабораторных исследованиях для выявления закономерностей в массивах данных. *Врач и информационные технологии*. 2005;1:49–56.
12. Senko OV, Kuznetsova AV, Malygina NA, Kostomarova IV. Method for evaluating of discrepancy between regularities systems in different groups. *Information Technologies & Knowledge*. 2011;5(1):46–54.

Статья поступила в редакцию 18.10.2024.
Received by editorial board 18.10.2024.

УДК 334.7.021

О. Экономическое развитие, инновации, технологические изменения и рост
O. Economic Development, Innovation, Technological Change, and Growth

УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕГРАЦИЕЙ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА: СУЩНОСТЬ, ПРЕДПОСЫЛКИ И ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

ЛЮ ЮЭ¹⁾, И. В. УСТИНОВИЧ¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 67, 220013, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Эффективная интеграция науки и промышленности играет ключевую роль в формировании инновационно ориентированной экономики, стимулируя технологические прорывы и обеспечивая устойчивый рост. Оценка факторов, влияющих на эту интеграцию, имеет существенное значение для принятия политических и стратегических решений. Данное исследование основано на анализе панельных данных 31 провинции Китая за период 2011–2022 гг. С помощью модели взвешивания энтропии и модели сопряженной координации проведена комплексная оценка уровня интеграции науки и промышленности в Китае. Двухфакторная панельная квантитативная модель с фиксированными эффектами также позволила выявить влияние различных факторов, включая входящие и исходящие прямые иностранные инвестиции, протяженность общественного транспорта, уровень медицинского и санитарного обслуживания, а также темпы урбанизации, на уровень интеграции науки и промышленности. Результаты исследования демонстрируют значительное усиление координации между научной сферой и промышленностью в Китае, особенно в восточных регионах страны. Выявлено, что поступление прямых иностранных инвестиций и развитие общественного транспорта оказывают значительное влияние на улучшение интеграции науки и промышленности, в то время как урбанизация не всегда играет ключевую роль в этом процессе. Кроме того, установлено, что на поздних этапах развития уровень интеграции также начинает зависеть от исходящих иностранных инвестиций, что подчеркивает важность международного сотрудничества в сфере науки и технологий. Полученные выводы имеют значительную практическую ценность и могут быть использованы для разработки стратегий по повышению эффективности взаимодействия науки и промышленности не только в Китае, но и в других странах, заинтересованных в стимулировании инновационного развития. Исследование подчеркивает важность государственного регулирования, международных инвестиций и инфраструктурного развития в процессе формирования высокотехнологичной и конкурентоспособной экономики.

Ключевые слова: развитие науки; развитие промышленности; комплексное развитие; анализ факторов влияния; инновационная экономика; международные инвестиции; государственная политика.

Образец цитирования:

Лю Юэ, Устинович ИВ. Управление интеграцией науки и производства: сущность, предпосылки и основные тенденции. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика*. 2025;1:97–107 (на англ.).
EDN: GNZHDF

For citation:

Liu Yue, Ustinovich IV. The integration management of science and industry: essence, backgrounds and main trends. *Journal of the Belarusian State University. Economics*. 2025;1:97–107.
EDN: GNZHDF

Авторы:

Лю Юэ – аспирант кафедры бизнес-администрирования факультета маркетинга, менеджмента, предпринимательства. Научный руководитель – И. В. Устинович.

Ирина Валерьевна Устинович – кандидат экономических наук, доцент; доцент кафедры бизнес-администрирования факультета маркетинга, менеджмента, предпринимательства.

Authors:

Liu Yue, postgraduate student at the department of business administration, faculty of marketing, management and entrepreneurship.

18646335496@163.com

https://orcid.org/0000-0001-9330-8861

Irina V. Ustinovich, PhD (economics), docent; associate professor at the department of business administration, faculty of marketing, management and entrepreneurship.

ustinovich@bntu.by

https://orcid.org/0000-0002-8288-0878

THE INTEGRATION MANAGEMENT OF SCIENCE AND INDUSTRY: ESSENCE, BACKGROUNDS AND MAIN TRENDS

LIU YUE^a, I. V. USTINOVICH^a

^aBelarusian National Technical University, 67 Niezaliezhnasci Avenue, Minsk 220013, Belarus

Corresponding author: I. V. Ustinovich (ustinovich@bntu.by)

Abstract. The integration of science and industry is crucial for fostering an innovation-driven economy, accelerating technological advancements, and ensuring sustainable growth. Understanding of the factors influencing this integration is essential for strategic decision-making. This study analyses panel data from 31 Chinese provinces in 2011–2022. We employ the entropy-weighted model and the coupling coordination model to comprehensively assess the level of science – industry integration in China. Additionally, a two-way fixed-effects panel quantile model examines the impact of inward and outward foreign direct investment, public transportation infrastructure, healthcare service capacity, and urbanisation rates on integration. The findings indicate a measurable increase in science – industry coordination in China, particularly in the eastern regions, where policy support and investment have driven advancements in technology transfer and innovation capacity. Foreign direct investment and public transportation expansion significantly enhance integration, while urbanisation's influence varies, showing stronger effects in highly industrialised areas. Additionally, outward foreign investment becomes a key driver at later development stages, highlighting the role of international collaboration. These insights provide valuable guidance for developing strategies to strengthen science-industry interactions, not only in China but also in other countries aiming for innovation-driven growth. The research underscores the need for targeted government policies, strategic international investments, and infrastructure expansion to foster deeper science – industry integration, ultimately driving technological progress and economic competitiveness.

Keywords: science development; industry development; integrated development; influencing factors analysis; innovation economy; international investment; government policy.

Introduction

Industry, as the lifeline of economic development, reflects a country's comprehensive national strength. Economic globalisation and the rapid development of science have made the competition faced by countries around the world increasingly fierce. The traditional closed self-development and output innovation management model of industry can no longer meet the current market demand for innovation, and industry must seek external knowledge sources. For this reason, the science and industry integration management model came into being [1]. Because the science and industry integration management can effectively promote the gathering of innovation resources and the transformation of scientific and technological achievements, countries such as the United States, the United Kingdom, Japan, and China have formulated corresponding policies to promote the integration of science and industry, and even regard it as a national innovation strategy [2; 3]. Based on this, the present study first combed the background of science and industry integration management to accurately understand its essence. On this basis, this study also used the entropy value empowerment model to scientifically evaluate the science and industry development level in China and used the coupling coordination model to explore the integration development trend of science and industry in China, in order to contribute to the high-quality integration management of science and industry.

Existing studies mainly use the entropy weighting method, principal component analysis method and factor analysis method to evaluate the level of science development and industry development. For example, some researchers [4; 5] respectively built a 12-item indicator system including three dimensions of science input, science output and science environment and a 10-item indicator system including three dimensions of industry process, industry resources and industry environment, and they used the TOPSIS order relation method and factor analysis methods to measure and evaluate the science development level of Liaoning Province in China from 2012 to 2016 and the industry development level of Xinjiang Province in China in 2014. The principal component analysis method based on the European innovation scoreboard to measure the science development level and industry development level of EU countries from 2012 to 2019 was used by A. Kleszcz. The researcher analysed its influencing factors [6]. The study found that R & D expenditure, institutional support, and information level are important factors affecting science development level [7–9]. Economic development level, human capital and scientific and technological innovation significantly affect industry development level [10; 11].

Most of the existing studies treat science and industry as two independent entities, measuring and analysing their development levels and influencing factors respectively. Few scholars have examined the coordinated development level and influencing factors between science and industry. Industry is an important driving force for promoting economic growth, while science is an important way to achieve the transformation of the economic

development model from extensive scale to value-added quality. Strengthening the integrated development of science and industry is of great significance to enhancing innovation potential and promoting high-quality economic development. To this end, this paper takes China as the object, adopts the entropy weighting method and the coupling coordination model to evaluate and measure the development level of science and industry in China and their integrated development trend, and on this basis analyses the factors affecting the integrated development of the two, and proposes countermeasures for the existing problems.

Before the 19th century, science and technology developed relatively independently. With the advent of the Second Industrial Revolution, mankind entered the electrical age. Science was no longer a purely theoretical study, and technological progress needed to be supported by scientific research. At the end of the 19th century, German dye manufacturers took the lead in establishing industrial laboratories and hired professional researchers to conduct research. The establishment of industrial research laboratories combined the generation and application of new knowledge. Subsequently, companies *Kodak*, *General electric*, and *Bell telephone system* in the United States also established their own industrial laboratories [12]. The establishment of industrial research laboratories marked the emphasis on scientific research and technological progress within the industry, which actively promoted the establishment of exchanges and cooperation between industry and universities and research institutes.

The earliest example of cooperation between industry and universities can be traced back to the Terman's innovation management model created by Stanford University in the United States in the 1950s. This model fully utilised the advantages of both parties and created legends such as Silicon Valley and Boston Route 128, which had a wide impact worldwide [13]. Since the 1970s, with the rise of emerging technologies, the integration of science and industry management has become a hot topic in academic research. Scholars have successively proposed concepts such as synergetics theory, national innovation system, and triple helix model, which have important theoretical and practical significance for strengthening the management of science and industry integration. Entering the 21st century, developed countries such as the United States, Germany, and Japan have been enhancing the connection between science and industry, and strengthening the management of science and industry integration has become one of the important policies for countries to maintain their competitiveness and enhance their innovation capabilities [14].

At the beginning of the founding of the People's Republic of China in 1949, the industrial foundation was weak. International technical assistance and returning scientists were the main forces for China's industrial technological progress at that time. During this period, China implemented a highly centralised science and technology management system. The industry mainly undertook production functions, and scientific and technological research and development was the responsibility of research institutes and universities. Under the cooperation of industry management departments, research institutes and universities carried out exchanges and cooperation with industry [15]. After the reform and opening up in 1978, China implemented the development policy of market for technology. Technology introduction and foreign direct investment gradually became the main forces for China's industrial technological progress. During this period, the status of industry as a subject of technological innovation began to stand out, and some large and medium-sized state-owned industries began to employ and train researchers.

In addition, driven by the market operation mechanism, industry actively sought to cooperate with research institutes and universities to improve its own innovation capabilities. As the conditions for independent innovation in China's industry gradually matured, in 2006 the Chinese government made improving independent innovation capabilities a national development strategy. During this period, China's industrial independent research and development capabilities and technology digestion and absorption capabilities continued to improve. China's industry integrated and utilised high-quality scientific and technological innovation resources from around the world through the establishment of overseas research and development centres and reverse acquisitions of overseas high-tech industries to improve its own industrial research and development capabilities [16].

However, it should be noted that with the diversification of innovation management paradigms, although the management form of the integration of science and industry has changed, its essence is always guided by the government. Science and industry explore the infinite possibilities of knowledge through the exchange and sharing of knowledge, and promote the transfer of science and technology to the industrial sector, thereby accelerating the commercialisation of scientific and technological achievements [17; 18]. In this process, science, as the subject of knowledge innovation, provides industry with original theoretical research and professional and technical personnel, and its resource needs are scientific and technological research and development funds and technology application scenarios. As a subject of technological innovation, industry has advantages such as scientific and technological research and development funds, market information, and the creation of technological value. Its resource needs are cutting-edge technological concepts, research results, and professional talents. As the subject of institutional innovation, the government provides policy and environmental guarantees to support the deep integration of science and industry by issuing corresponding policies and

building communication and cooperation platforms. When the advantages and needs of science and industry are complementary, industry will gain more profits and further promote industrial upgrading, thereby providing science with more abundant R & D funds and technology application scenarios, better supporting it to explore unknown research fields and break through existing research results, which will in turn have a positive interactive effect on industry development and lay a solid foundation for it to gain more profits (fig. 1).

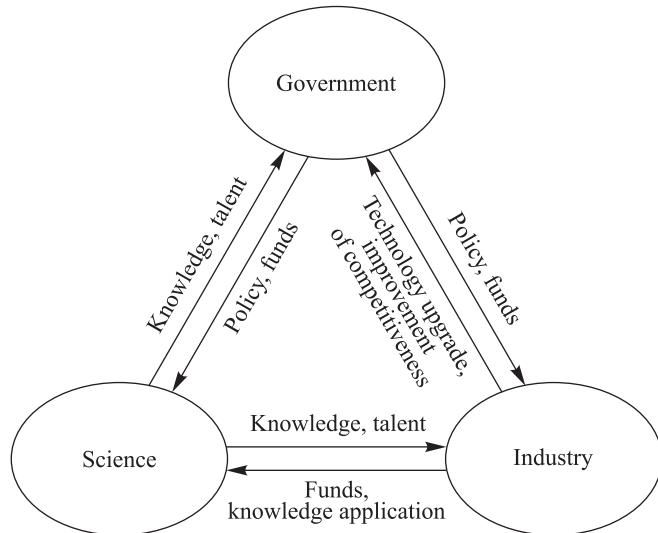


Fig. 1. The logical relations of science, industry and government

Materials and methods

Model building. In order to effectively and comprehensively reflect the development level of science and industry, this study uses the entropy value weighting method to integrate the single indicators of science and industry, and makes an objective and comprehensive evaluation of the development level of science and industry through linear weighted summation. The specific models are built as follows.

The first step is to use the deviation standardisation method to standardise each original indicator:

$$y_{\text{Science}_{i,j}} = \frac{x_{\text{Science}_{i,j}} - \min(x_{\text{Science}_j})}{\max(x_{\text{Science}_j}) - \min(x_{\text{Science}_j})} \cdot 0.999 + 0.001,$$

$$y_{\text{Industry}_{i,j}} = \frac{x_{\text{Industry}_{i,j}} - \min(x_{\text{Industry}_j})}{\max(x_{\text{Industry}_j}) - \min(x_{\text{Industry}_j})} \cdot 0.999 + 0.001,$$

where $y_{\text{Science}_{i,j}}$ and $x_{\text{Science}_{i,j}}$ represent the j^{th} original indicator of the science development level of province i after and without standardisation respectively; $y_{\text{Industry}_{i,j}}$ and $x_{\text{Industry}_{i,j}}$ represent the j^{th} original indicator of the industry development level of province i after and without standardisation respectively; $\max(x_{\text{Science}_j})$ and $\min(x_{\text{Science}_j})$ represent the maximum and minimum values of the j^{th} indicator of the science development level respectively; $\max(x_{\text{Industry}_j})$ and $\min(x_{\text{Industry}_j})$ represent the maximum and minimum values of the j^{th} indicator of the industry development level respectively.

The second step is to calculate the entropy value of each indicator:

$$H_{\text{Science}_j} = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n p_{\text{Science}_{i,j}} \ln p_{\text{Science}_{i,j}},$$

$$H_{\text{Industry}_j} = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n p_{\text{Industry}_{i,j}} \ln p_{\text{Industry}_{i,j}},$$

where H_{Science_j} represents the entropy value of the j^{th} indicator in the science development evaluation indicator system; H_{Industry_j} represents the entropy value of the j^{th} indicator in the industry development evaluation

indicator system; $p_{\text{Science}_{i,j}} = \frac{y_{\text{Science}_{i,j}}}{\sum_{l=1}^n y_{\text{Science}_{i,l}}}$ and $p_{\text{Industry}_{i,j}} = \frac{y_{\text{Industry}_{i,j}}}{\sum_{l=1}^n y_{\text{Industry}_{i,l}}}$. In addition, when $p_{\text{Science}_{i,j}}$ and $p_{\text{Industry}_{i,j}} = 0$, let $p_{\text{Science}_{i,j}} \ln p_{\text{Science}_{i,j}}$ and $p_{\text{Industry}_{i,j}} \ln p_{\text{Industry}_{i,j}} = 0$, thereby ensuring that the values of H_{Science_j} and H_{Industry_j} are between 0 and 1.

The third step is to calculate the weight of each indicator:

$$w_{\text{Science}_j} = \frac{1 - H_{\text{Science}_j}}{\sum_{j=1}^m (1 - H_{\text{Science}_j})} = \frac{1 - H_{\text{Science}_j}}{m - \sum_{j=1}^m H_{\text{Science}_j}},$$

$$w_{\text{Industry}_j} = \frac{1 - H_{\text{Industry}_j}}{\sum_{j=1}^m (1 - H_{\text{Industry}_j})} = \frac{1 - H_{\text{Industry}_j}}{m - \sum_{j=1}^m H_{\text{Industry}_j}},$$

where w_{Science_j} represents the weight of the j^{th} indicator in the science development evaluation indicator system; w_{Industry_j} represents the weight of the j^{th} indicator in the industry development evaluation indicator system. The values of w_{Science_j} and w_{Industry_j} are both between 0 and 1, and satisfy $\sum_{j=1}^m w_{\text{Science}_j}$ and $\sum_{j=1}^m w_{\text{Industry}_j} = 1$.

The fourth step is to calculate the comprehensive score of science development level and industry development level:

$$S_{\text{Science}_i} = \sum_{j=1}^m w_{\text{Science}_j} y_{\text{Science}_{i,j}},$$

$$S_{\text{Industry}_i} = \sum_{j=1}^m w_{\text{Industry}_j} y_{\text{Industry}_{i,j}},$$

where the larger the values of S_{Science_i} and S_{Industry_i} , the higher the science development level and industry development level of province i .

The fifth step is to establish a coupling coordination model based on the evaluation results of the development level of science and industry and the coupling concept in physics to measure the integration development level of science and industry:

$$D_{i,t} = \sqrt{C_{i,t} T_{i,t}},$$

$$C_{i,t} = \left(S_{\text{Science}_{i,t}} S_{\text{Industry}_{i,t}} \right) / \left[\frac{S_{\text{Science}_{i,t}} + S_{\text{Industry}_{i,t}}}{2} \right]^2,$$

$$T_{i,t} = w_1 S_{\text{Science}_{i,t}} + w_2 S_{\text{Industry}_{i,t}},$$

where $S_{\text{Science}_{i,t}}$ and $S_{\text{Industry}_{i,t}}$ represent the development level of science and the development level of industry of province i in period t respectively; $C_{i,t}$, $T_{i,t}$ and $D_{i,t}$ respectively represent the coordination degree, comprehensive development level and coupling coordination degree between science development level and industry development level of province i in period t . Among them, $D_{i,t}$ reflects the level of integrated development of science and industry. Its value range is 0–1. The larger its value is, the higher the coupling coordination between science and industry, and the higher the level of integrated development between science and industry. Values w_1 and w_2 represent the weights of the two systems, and $w_1 + w_2 = 1$. Since this study considers science and industry to be equally important, both w_1 and w_2 are assigned a value of 0.5.

Indicator selection and weighting. Based on the principles of systematicity, scientificity, representativeness and availability, and referring to existing research [19–22], this study determined a total of 21 indicators for the development level of science and industry. The selected indicator names, impact directions, measurement units and indicator weights are shown in the table 1.

Table 1

Evaluation indicator system for science and industry development

Evaluation object	Indicator names (impact directions)	Measurement units	Indicator weights
Science development	R & D personnel (+)	Person per year	0.093 7
	R & D funding (+)	10 thsd yan	0.102 5
	New product funding (+)	10 thsd yan	0.100 3
	New product sales revenue (+)	10 thsd yan	0.097 9
	Number of invention patent applications accepted (+)	Item	0.004 4
	Number of utility model patent applications accepted (+)	Item	0.091 4
	Number of design patent applications accepted (+)	Item	0.140 5
	Number of invention patent applications granted (+)	Item	0.002 1
	Number of utility model patent applications granted (+)	Item	0.101 6
	Number of design patent applications granted (+)	Item	0.144 8
Industry development	Technology market turnover (+)	100 mln yan	0.135 8
	Number of industrial enterprises (+)	Enterprise	0.226 4
	Industrial added value (+)	100 mln yan	0.170 3
	Total assets of industrial enterprises (+)	100 mln yan	0.144 8
	Total profits of industrial enterprises (+)	100 mln yan	0.118 3
	Return on assets (+)	%	0.009 9
	Asset-liability ratio (-)	%	0.028 4
	Asset liquidity (+)	—	0.027 6
	Inventory turnover rate (+)	%	0.056 4
	Financial reporting complexity (-)	—	0.047 4
	Number of people employed in the secondary industry (+)	10 thsd people	0.170 6

Notes: 1. In the second column sign «+» displays positive contribution of index; sign «-» displays negative contribution of index.
 2. In the third column sign «—» displays the absence of measurement unit.

Empirical model building. In order to further analyse the influencing factors of the development level of China's science and industry integration, this study established the empirical analysis model to explore the influencing factors that can effectively improve the development level of China's science and industry integration, in order to provide policy inspiration for government departments.

In terms of variable selection, the explained variable is the integration of science and industry development in China, which is measured by the calculation model set earlier. Based on the reference to existing research [23; 24], this study selected inward foreign direct investment, outward foreign direct investment, length of public buses and trams operation, medical and health service capacity (measured by the ratio of medical and health personnel to the number of medical and health institutions) and urbanisation rate (measured by the ratio of urban population to permanent population) as explanatory variables.

In terms of model setting, in order to evaluate the impact of various explanatory variables on the different distribution positions of China's science and industry integration development level, and to ensure that the evaluation results will not be affected by the extreme values of China's science and industry integration development level, this study chooses to establish the two-way fixed effect panel quantile regression model to evaluate the impact of various explanatory variables on China's science and industry integration development at different distribution levels, and selects representative 25th, 50th, 75th quantiles as the low, medium and high levels of China's science and industry integration development. The specific model settings are as follows:

$$Q_{i,t,\varphi}(D_{i,t}|X_{i,t}) = \beta_{0,\varphi} + \beta_{1,\varphi}IFDI_{i,t} + \beta_{2,\varphi}OFDI_{i,t} + \beta_{3,\varphi}BUS_{i,t} + \beta_{4,\varphi}MED_{i,t} + \beta_{5,\varphi}UR_{i,t} + \\ + province_i + year_t + \mu_{i,t,\varphi},$$

where φ represents the quantile condition; i represents the province; t represents the year; $Q_{i,t,\varphi}(D_{i,t}|X_{i,t})$ represents the development of China's science and industry integration under the φ quantile condition and

various explanatory variables; $\beta_{1,\varphi}, \beta_{2,\varphi}, \beta_{3,\varphi}, \beta_{4,\varphi}$ and $\beta_{5,\varphi}$ represent the regression coefficients of each explanatory variable under the φ quantile condition; $IFDI_{i,t}$, $OFDI_{i,t}$, $BUS_{i,t}$, $MED_{i,t}$, and $UR_{i,t}$, represent the inward foreign direct investment, outward direct investment, public buses and trams operating length, medical and health service capacity and urbanisation rate of province i in year t , respectively; $province_i$ and $year_t$ represent province and year fixed effects respectively; $\beta_{0,\varphi}$ and $\mu_{i,t,\varphi}$ represent the constant term and random interference term under the φ quantile condition, respectively.

Data source and description. The data for evaluating the development level of science and industry of each province in this study are all from the «China Statistical Yearbook» and «China Science and Technology Statistical Yearbook», covering a total of 21 related indicators of science and industry development of 31 provinces (municipalities and autonomous regions) in China from 2011 to 2022. In terms of regional division, this study divides China's 31 provinces (municipalities and autonomous regions) into the eastern region, central region and western region according to the classification indicators of the China National Bureau of Statistics.

Results and discussion

Before deeply analysing the measurement results and influencing factors of the integrated development of science and industry in China, in order to ensure that China's scientific development, industrial development and the integrated development of science and industry are of reference significance to Belarus and can provide policy inspiration for Belarusian government departments, this study first conducted a comparative analysis of the scientific development, industrial development and the integrated development of science and industry in China and Belarus. Based on the availability of data, this study selected the number of R & D organisations and R & D expenditures as evaluation indicators of scientific development, and selected industrial output value and the number of industrial organisations as evaluation indicators of industrial development. The research time was set to 2019–2022, and the measurement method was consistent with the calculating model in the method and methodology, that is, the entropy value weighting model and the coupling coordination model. The measurement results are shown in table 2.

Table 2

Comparison between China and Belarus

Year	China			Belarus		
	Science development index	Industry development index	Integrated development index	Science development index	Industry development index	Integrated development index
2019	0.8478	0.7881	0.9041	0.0037	0.0017	0.0503
2020	0.8651	0.8148	0.9163	0.0021	0.0012	0.0393
2021	0.9279	0.9636	0.9724	0.0010	0.0021	0.0380
2022	0.9389	1.0	0.9844	0.0016	0.0026	0.0449

The results show that compared with Belarus, China's scientific development level, industry development level and the integration development of science and industry are all ahead of Belarus, which means that studying the integration development of science and industry in China has positive practical reference significance and theoretical policy implications for Belarus. Therefore, this study will further analyse the measurement results and influencing factors of the integration development of science and industry in China.

The measurement results of the integrated development level of science and industry in China show that from a national perspective, the integrated development level of science and industry in China has been on an upward trend from 2011 to 2022, and the coupling coordination degree between the two has also increased from 0.2988 to 0.4112 during this period, an increase of 37.62 %, with an average annual growth of 2.95 %. Among them, 2020 and 2021 are the two years with the fastest growth rate during the observation period, with an increase of 4.54 and 5.57 % respectively (all this data is in the table 3 and fig. 2). This may be related to the decision-making and deployment of improving the system and mechanism of scientific and technological innovation made by the 4th plenary session of the 19th Central Committee held at the end of 2019. This decision has clarified the direction for China's scientific and technological innovation work in the future. However, it should be noted that the integrated development level between science and industry in China is still on the verge of disharmony as a whole, and there is a lot of space for improvement.

Table 3

**Measurement results of the integrated development level
of science and industry in China**

Year	Nationwide	Eastern region	Central region	Western region
2011	0.298 8	0.395 1	0.290 4	0.216 2
2012	0.311 5	0.413 6	0.304 0	0.222 9
2013	0.321 6	0.427 7	0.313 4	0.229 7
2014	0.326 2	0.431 7	0.319 0	0.234 2
2015	0.333 5	0.441 7	0.326 1	0.239 3
2016	0.342 2	0.452 6	0.337 4	0.244 1
2017	0.348 6	0.459 8	0.345 1	0.249 0
2018	0.359 5	0.476 5	0.354 4	0.255 8
2019	0.367 6	0.485 9	0.366 1	0.260 2
2020	0.384 3	0.511 5	0.379 9	0.270 6
2021	0.405 7	0.539 8	0.401 4	0.285 7
2022	0.411 2	0.546 3	0.407 6	0.289 8

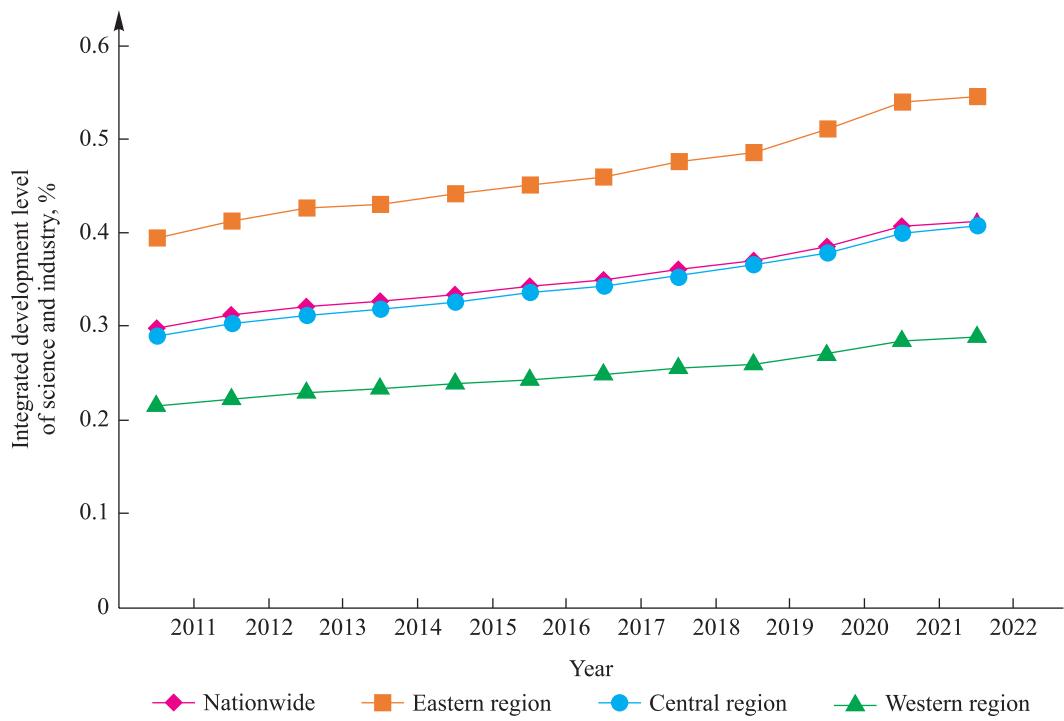


Fig. 2. Trends in the integrated development level of science and industry in China

From a regional perspective, the integrated development level of science and industry varies greatly among different regions in China. Specifically, the coupling coordination degree between science and industry in the eastern region increased from 0.395 1 in 2011 to 0.546 3 in 2022, an increase of 38.27 %, with an average annual growth of 2.99 %. Overall, it is in a barely coordinated state, and its integrated development level has always been higher than that of the national, central and western regions during the observation period. This is probably because the eastern region is the most economically developed region in China. Benefiting from its own geographical advantages, advantages in the concentration of innovative resources and policy advantages, its integrated development level of science and industry can reach a coordinated state.

The coupling coordination degree between science and industry in the central region increased from 0.290 4 in 2011 to 0.407 6 in 2022, an increase of 40.36 %, with an average annual growth of 3.13 %. Although the integrated development level of science and industry in the central region is on par with the national average,

its growth rate is ahead of the national level, the eastern region and the western region. This shows that science and industry in the central region are actively establishing a cooperative relationship. For example, Jiangxi Province took the lead in issuing a provincial-level document in the country in 2012 (the Decision on vigorously promoting collaborative innovation in science and technology) to support the integrated management of science and industry. Subsequently, other provinces in the central region successively issued corresponding documents to support integrated management. The central region attaches importance to the integrated management of science and industry, which is an important reason for the rapid growth of its integrated development level.

The coupling coordination degree between science and industry in the western region increased from 0.2162 in 2011 to 0.2898 in 2022, an increase of 34.04 %, with an average annual growth of 2.70 %. During the observation period, the integrated development level of science and industry in the western region did not achieve a leap, and has been in a stage of disharmony. Although the economic development level of the western region has been effectively improved since the introduction of the western development policy, the western region is still the weakest region in China's economic development. At the same time, due to the lack of effective communication and cooperation between science and industry, the level and growth rate of integrated development of science and industry in the western region are lower than those in the national, eastern and central regions.

Table 4 reports the analysis of influencing factors of the integration of science and industry in China. The results show that when the development level of integration of science and industry in China is at a low level (25th quantile), inward foreign direct investment, the length of public buses and trams operation, and medical and health service capacity can effectively promote the improvement of China's science and industry integration development level at a significance level of 1 %. Specifically, every 1 % increase in inward foreign direct investment will significantly increase China's science and industry integration development level by 0.0206 %. Every 1 % increase in the length of public buses and trams operation will significantly increase China's science and industry integration development level by 0.0114 %. Every 1 % increase in medical and health service capacity will significantly increase China's science and industry integration development level by 0.0052 %. In terms of promotion, when China's science and industry integration development level is at a low level, inward foreign direct investment is bigger than length of public buses and trams operation that is bigger than medical and health service capacity. However, inward foreign direct investment and urbanisation rate will not have a statistically significant impact on the development level of integration of science and industry in China at this time.

Table 4

Analysis of influencing factors

Variable	Level		
	Low (25 th quantile)	Medium (50 th quantile)	High (75 th quantile)
Inward foreign direct investment	0.0206*** (0.0033)	0.0164*** (0.0048)	0.0124*** (0.0039)
Outward foreign direct investment	0.0032 (0.0059)	0.0136 (0.0088)	0.0168** (0.0072)
Length of public buses and trams operation	0.0114*** (0.0011)	0.0100*** (0.0016)	0.0091*** (0.0013)
Medical and health service capacity	0.0052*** (0.0016)	0.0072*** (0.0023)	0.0069*** (0.0019)
Urbanisation rate	0.0075 (0.0744)	-0.0165 (0.1103)	-0.0264 (0.0899)
Constant term	0.1505** (0.0752)	0.1331 (0.1115)	0.1607* (0.0908)
Province-fixed	+	+	+
Year-fixed	+	+	+
<i>R</i> ²	0.8804	0.8853	0.9117
Size of the sample	372	372	372

Notes: 1. The sign * indicates $p < 0.1$, the sign ** indicates $p < 0.05$, the sign *** indicates $p < 0.01$.
2. The numbers in brackets are standard errors. 3. Sign «+» indicates the presence of a sign.

When the development level of integration of science and industry in China is at a medium level (50th quantile), inward foreign direct investment, public buses and trams operating length, and medical and health service capacity can effectively promote the improvement of China's science and industry integration development level at a significance level of 1 %. Specifically, every 1 % increase in inward foreign direct investment will significantly increase China's science and industry integration development level by 0.016 4 %. Every 1 % increase in public buses and trams operating length will significantly increase China's science and industry integration development level by 0.010 0 %. Every 1 % increase in medical and health service capacity will significantly increase China's science and industry integration development level by 0.007 2 %. In terms of promotion, when China's science and industry integration development level is at a medium level, inward foreign direct investment is bigger than public buses and trams operating length that is bigger than medical and health service capacity. However, inward foreign direct investment and urbanisation rate will not have a statistically significant impact on China's development level of integration of science and industry at this time.

When the development level of integration of science and industry in China is at a high level (75th quantile), inward foreign direct investment, outward direct investment, public buses and trams operating length, and medical and health service capacity can effectively promote the improvement of China's science and industry integration development level at the significance level of 1; 5; 1; 1 %, respectively. Specifically, every 1 % increase in inward foreign direct investment will significantly increase China's science and industry integration development level by 0.012 4 %. Every 1 % increase in outward direct investment will significantly increase China's science and industry integration development level by 0.016 8 %. Every 1 % increase in public buses and trams operating length will significantly increase China's science and industry integration development level by 0.009 1 %. Every 1 % increase in medical and health service capacity will significantly increase China's science and industry integration development level by 0.006 9 %. In terms of promotion, when China's science and industry integration development level is at a high level, outward direct investment is bigger than inward foreign direct investment that is bigger than public buses and trams operating length that is bigger than medical and health service capacity. However, the urbanisation rate will not have a statistically significant impact on China's science and industry integration development level at this time.

In summary, no matter what the development level of China's integration of science and industry, inward foreign direct investment, the length of public buses and trams operation, and medical and health service capacity can always significantly promote China's science and industry integration development level. But outward foreign direct investment will only have a significant promoting effect on China's science and industry integration development level when the development level is at a high level, and at this time, the promoting effect of outward foreign direct investment is significantly higher than that of inward foreign direct investment, the length of public buses and trams operation, and medical and health service capacity. As for the urbanisation rate, it will not have a statistically significant impact on the development level of China's integration of science and industry.

Conclusions

This study examines the integration of science and industry in China from 2011 to 2022, evaluating its development levels and identifying key influencing factors. The results indicate that while China has made significant progress in strengthening the coordination between science and industry, regional disparities remain evident. The eastern regions demonstrate higher levels of integration due to stronger policy support, investment, and infrastructure, whereas central and western regions experience slower progress. Empirical analysis reveals that inward foreign direct investment, public transportation infrastructure, and healthcare service capacity consistently contribute to improving science – industry integration across all development stages. However, outward foreign direct investment plays a crucial role only when integration reaches a higher level, emphasising the importance of international collaboration in advancing industrial innovation. In contrast, urbanisation does not have a statistically significant impact, suggesting that the expansion of urban areas alone is insufficient to drive deeper science – industry integration without complementary policies and infrastructure development. A comparative analysis between China and Belarus highlights the significant gap in the level of science – industry integration between the two countries. While China has rapidly advanced through strong governmental support, foreign investment, and industrial policies, Belarus still faces structural challenges in fostering effective cooperation between science and industry. The findings suggest that Belarus can benefit from adopting some of China's successful strategies, such as enhancing financial and institutional support for industrial innovation, attracting more foreign investment, and improving the mechanisms for knowledge and technology transfer. Strengthening industry – academia collaboration and ensuring a more innovation-friendly infrastructure could also help Belarus accelerate its integration process. These findings provide valuable insights for policymakers and industry leaders in both China and Belarus. To further enhance science-industry

integration, China should adopt region-specific strategies, ensuring that underdeveloped areas receive targeted support. Meanwhile, Belarus can leverage China's experience to formulate policies that strengthen its national innovation system. By addressing these factors, both countries can advance toward a more innovation-driven and sustainable economic model.

References

1. Ankrah S, Al-Tabbaa O. Universities – industry collaboration: a systematic review. *Scandinavian Journal of Management*. 2015;31(3):387–408. DOI: 10.1016/j.scaman.2015.02.003.
2. Rajalo S, Vadi M. University – industry innovation collaboration: reconceptualization. *Technovation*. 2017;62–63:42–54. DOI: 10.1016/j.technovation.2017.04.003.
3. Yanwei Wang, Yuhua Jiang, Shuxue Tian, Yu Zheng, Shihang Zhou, Shuhua Cheng. Research on the four collaborative innovation mechanisms of industry – education integration based on the concept of community. *Journal of Educational Technology and Innovation*. 2023;5(4):20–33. DOI: 10.16209/j.cnki.cust.2022.04.007.
4. Yang Chen, Weiwei Li, Pingtao Yi. Evaluation of city innovation capability using the TOPSIS-based order relation method: the case of Liaoning Province, China. *Technology in Society*. 2020;63:101330. DOI: 10.1016/j.techsoc.2020.101330.
5. Liu Dan, Wang Xue, Zhang Shengyi. Research on the industrial development level of various regions in Xinjiang based on factor analysis. *Xinjiang zhixue daxue xuebao*. 2016;1:21–24. Chinese.
6. Kleszcz A. Principal components of innovation performance in European Union countries. *The Polish Statistician*. 2021;66(8):24–45. DOI: 10.5604/01.3001.0015.2305.
7. Pegkas P, Staikouras C, Tsamadias C. Does research and development expenditure impact innovation? Evidence from the European Union countries. *Journal of Policy Modeling*. 2019;41(5):1005–1025. DOI: 10.1016/j.jpolmod.2019.07.001.
8. Ben Youssef A, Boubaker S, Omri A. Entrepreneurship and sustainability: the need for innovative and institutional solutions. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018;129:232–241. DOI: 10.1016/j.techfore.2017.11.003.
9. Xue Baoqi. The spatiotemporal pattern and influencing factors of urban innovation capability in the Yellow River Basin. *Zhongguo shamo*. 2022;6:116–124. Chinese.
10. Zhang Yongkai, Bi Xiaomei, Yang Chunyue. Analysis on industrial green development efficiency and its influencing factors in nine provinces (regions) along the Yellow River. *Hebei shifan daxue xuebao (ziran kexue ban)*. 2024;2:181–193. Chinese.
11. Liu Zhixiong, Lu Yang. An empirical study on the factors affecting the high-quality development of Guangxi industry. *Yulin shifan xueyuan xuebao*. 2019;4:34–41. Chinese.
12. Furman JL, MacGarvie MJ. Academic science and the birth of industrial research laboratories in the US pharmaceutical industry. *Journal of Economic Behavior & Organization*. 2007;63(4):756–776. DOI: 10.1016/j.jebo.2006.05.014.
13. Zhu Guilong, Zhang Yi, Chen Kaihua. The evolution of international research in industry-university-research collaboration. *Kexue xue yanjiu*. 2015;11:1669–1686. Chinese.
14. Шумилин ИГ, Устинович ИВ. Методологические подходы к разработке институциональных преобразований для формирования и развития научно-промышленного комплекса (на примере Республики Беларусь). *Экономика науки*. 2024;10(4):63–74. DOI: 10.22394/2410-132X.484.
15. Liang Yongmei. China's century-long exploration of industrial technological progress: process, experience and outlook – a perspective on the century-long struggle of the Communist Party of China. *Jingji yu guanli yanjiu*. 2021;11:3–19. Chinese.
16. He Jun, Tao Ssiyu. Co-evolution of innovation system and technological capability: 70 years of China's industrial technological progress. *Jingji zongheng*. 2019;10:64–73. Chinese.
17. Rossoni AL, de Vasconcellos EPG, de Castilho Rossoni RL. Barriers and facilitators of university – industry collaboration for research, development and innovation: a systematic review. *Management Review Quarterly*. 2024;74:1841–1877. DOI: 10.1007/s11301-023-00349-1.
18. Rybniček R, Konigsgruber R. What makes industry – university collaboration succeed? A systematic review of the literature. *Journal of Business Economics*. 2019;89:221–250. DOI: 10.1007/s11573-018-0916-6.
19. Jing Li, Hong Fang, Sultana Easmin Siddika. Investigation of the relationship among university – research institute – industry innovations using a coupling coordination degree model. *Sustainability*. 2018;10(6):1954. DOI: 10.3390/su10061954.
20. Zhizhen Cui, Erling Li. Does industry – university – research cooperation matter? An analysis of its coupling effect on regional innovation and economic development. *Chinese Geographical Science*. 2022;32:915–930. DOI: 10.1007/s11769-022-1308-y.
21. Wang Haijun, Tian Xiaoran. Dynamic comprehensive evaluation of coupling coordination effect of regional industry-university-research innovation system and analysis of influencing factors. *Zhongguo gaoxiao keji*. 2023;4:65–72. Chinese.
22. Liang Shaobo, Song Yan, Li Jizu. Evaluation and spatiotemporal evolution of coupling coordination degree of industry-university-research complex system. *Xitong kexue xuebao*. 2024;32(2):126–130. Chinese.
23. Ali N, Phoungthong K, Khan A, Abbas S, Dilanchiev A, Tariq S, et al. Does FDI foster technological innovations? Empirical evidence from BRICS economies. *Plos One*. 2023;18(3):e0282498. DOI: 10.1371/journal.pone.0282498.
24. Thanh Tam Nguyen-Huu, Ngoc-Sang Pham. FDI spillovers, new industry development, and economic growth. *Journal of Public Economic Theory*. 2024;26(1):e12670. DOI: 10.1111/jpet.12670.

Received by editorial board 02.02.2025.

УДК 330.342

О. Экономическое развитие, инновации, технологические изменения и рост
O. Economic Development, Innovation, Technological Change, and Growth

СОВРЕМЕННЫЕ ГИБРИДНЫЕ СТРУКТУРЫ В СТРАНАХ С ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОЙ МАТРИЦЕЙ Х-ТИПА

О. И. ЛАВРОВА¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Отмечается, что особенностью белорусской институциональной системы *X*-типа является ее ориентация на планово-распределительный тип экономических отношений и административные методы государственного управления. Обосновывается актуальность консолидации агентов из различных институциональных секторов. Рассматриваются теоретические основы координационного процесса, позволяющие обосновать формирование адекватных национальной экономике гибридных форм организации субъектных отношений. Делается акцент на роли цифровых средств массовой информации как гаранта успешного интеграционного взаимодействия при движении к единой цели, а также позиции государства как ключевого координатора и стратега эффективного социально-экономического развития Республики Беларусь.

Ключевые слова: координация; государственное регулирование; институциональная система; бизнес-сети; информационные потоки; алгоритмы.

MODERN HYBRID STRUCTURES IN THE COUNTRIES WITH X-TYPE INSTITUTIONAL MATRIX

O. I. LAVROVA^a

^aBelarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
6 P. Browki Street, Minsk 220013, Belarus

Abstract. It is noted that the peculiarity of the Belarusian institutional system of *X*-type is its orientation to the planned-distributive type of economic relations and administrative methods of state management. It is pointed out that the task of consolidation of agents from different institutional sectors is relevant. The theoretical foundations of the coordination process are considered which make it possible to justify the formation of hybrid forms of organisation of subject relations adequate to the national economy. Emphasis is placed on the role of digital media as a guarantor of successful integration interaction in moving towards a common goal, as well as the position of the state as a key coordinator and strategist of effective socio-economic development of the Republic of Belarus.

Keywords: coordination; government regulation; institutional system; business networks; information flows; algorithms.

Образец цитирования:

Лаврова ОИ. Современные гибридные структуры в странах с институциональной матрицей *X*-типа. Журнал Белорусского государственного университета. Экономика. 2025;1:108–115. EDN: EIVCHD

For citation:

Lavrova OI. Modern hybrid structures in the countries with *X*-type institutional matrix. Journal of the Belarusian State University. Economics. 2025;1:108–115. Russian.
EDN: EIVCHD

Автор:

Ольга Игоревна Лаврова – кандидат экономических наук, доцент; декан инженерно-экономического факультета.

Author:

Olga I. Lavrova, PhD (economics), docent; dean of the faculty of engineering and economics.
o.lavrova@bsuir.by
<https://orcid.org/0009-0006-5069-2123>

Введение

Интерес к исследованию особенностей институциональной системы Республики Беларусь не ослабевает до сих пор, как и продолжают приниматься попытки качественно ее улучшить путем внедрения импортируемых рыночных институтов, поскольку эффективные «правила игры» инициируют экономический рост, блокируют оппортунистическое поведение и страхуют экономических агентов от принятия неверных решений. Политике всех стран без исключения характерно государственное регулирование, однако вопрос оптимального сочетания планово-административных и рыночных методов, а также инструментов воздействия на процесс воспроизведения капитала остается актуальным и одним из самых дискутируемых в научной среде.

Дихотомия плана и рынка, государства и бизнеса, социализма и капитализма реализована в теории институциональных матриц [1], согласно которой Республику Беларусь, а также Китайскую Народную Республику, Российскую Федерацию и ряд других государств с присущей им перераспределительной и централизованно управляемой системой можно отнести к группе стран с восточной матрицей *X*-типа, которая представляет собой фундаментальную конструкцию из устоявшихся неформальных правил и норм поведения, не поддающихся быстрым изменениям и значительным корректировкам. Этой же терминологии в классификации институциональных систем придерживается А. И. Лученок, применяя теорию матриц *X*- и *Y*-типа в анализе белорусской централизованной финансовой системы [2]. В связи с этим целесообразно совершенствовать формальные институты, внедрять прогрессивные формы и способы организации экономической деятельности, не слепо копировать чужие «рецепты» накопления богатства и успешного развития, а последовательно реализовывать цели и задачи макроэкономической политики в рамках нашей институциональной матрицы.

В странах бывшего соцлагеря долгое время доминировали коллективистские ценности, что на современном этапе выражается в практике социально ответственного ведения бизнеса, культуре потребления и специфике производственного процесса, в частности в склонности к кооперированному труду. С учетом этого необходимо исследовать возможности координационного механизма управления экономиками *X*-типа, позволяющего объединить и действовать акторов из различных институциональных секторов, согласовать их частные и общественные интересы во имя достижения общих стратегических целей. Важнейшей стратегической задачей для Республики Беларусь является такая организация хозяйственной жизни, в соответствии с которой национальная экономика посредством согласованного изменения разрозненных субъектов (государства, бизнеса, населения) развивалась бы как цельный организм без антагонизма и противоречий в интересах.

«Планирующая» подсистема (по терминологии Дж. К. Гэлбрейта [3]) Республики Беларусь, представленная крупными государственно-частными промышленными холдингами и агрохолдингами, принципиально отличается от описываемого американским экономистом корпоративного сектора. Восточная экономическая подсистема является централизованно управляемой, в ней только определенные виды капиталов могут свободно «переливаться» из одной отрасли (компании) в другую. Финансовое регулирование капитала осуществляется преимущественно нерыночными методами, а такой гибкий инструмент, как фондовый рынок, в Республике Беларусь развит слабо и представлен в ограниченных масштабах.

Однако, на наш взгляд, ценность концепции, разработанной Дж. К. Гэлбрейтом, состоит в том, что учений обозначил различия в целях корпораций («планирующей» подсистемы) и предпринимателей (рыночной подсистемы) [3], которые сходны с целями таких же макрогрупп в странах с институциональной матрицей *X*-типа. Различия заключаются в путях и средствах достижения этих целей, применении инновационных форм организации и взаимодействия, лежащих в основе координационного механизма (о них и пойдет речь в настоящей статье). Необходимо также учитывать, что функционирование иерархических структур предъявляет более высокие требования к полноте информации, поэтому важно отследить влияние коммуникации и информационного обмена на эффективность гибридных форм координации в условиях институциональной системы Республики Беларусь.

Теоретические аспекты координации экономических систем

Под координацией нами понимается процесс маневрирования взаимосвязанными структурными элементами социально-экономической системы, предусматривающий согласованность их поведения при движении к достижению общих целей и задач. Л. В. Решетова отмечает, что «координация – это функция институтов, призванная обеспечивать согласованность и взаимосвязь между элементами системы управления, создать бесперебойность и непрерывность процесса управления» [4, с. 3]. Внимание при координации всегда сосредоточено на коллективном действии, которое дает определенные свободы и перспективы индивидуальным субъектам, обеспечивая при этом их контроль и соблюдение «правил игры».

Однако в научной литературе, посвященной преимущественно предметной области теорий организаций и менеджмента, координация, как ключевая функция управления, рассматривается главным образом на уровне фирмы либо цепочек создания стоимости. Так, в исследованиях конца XX в. пристальный интерес экономистов вызывала прежде всего проблема выстраивания скоординированных внутрифирменных отношений, в то время как на современном этапе актуальны исследования межфирменных интеграционных взаимодействий, в том числе в глобальном контексте. В зависимости от уровней управления, направления связей и содержания объекта координации можно провести типологизацию различных координационных процессов (рис. 1).



Рис. 1. Типология координационных процессов

Fig. 1. Typology of coordination processes

Известные формы координации (рынок и иерархия) являются полярно противоположными и в современных условиях усложнения экономических процессов и явлений в чистом виде не применяются. В управленческой теории и практике как на микро-, так и макроуровне все чаще рассматриваются преимущества гибридных структур. В западной литературе пристальное внимание уделяется вопросам объединения капиталов на основе партнерства и сотрудничества, в связи с чем изучается феномен экосистем, а также обосновывается эффективность функционирования организованных на принципах горизонтальной координации различных видов бизнес-сетей, что органично вписывается в общественное устройство и институциональный каркас экономической системы *Y*-типа.

Для стран с институциональной матрицей *X*-типа характерно доминирование вертикально организованных структур на основе института власти. Гибридные формы, в которых акцент сделан на горизонтальных связях и потенциале самоорганизации (те же бизнес-сети), «приживаются» плохо. Так, стоит отметить не совсем успешный опыт создания и развития промышленных инновационных кластеров в Российской Федерации и Республике Беларусь. Таким образом, в первую очередь должны быть разработаны теоретические основы координации с обоснованием адекватных национальной экономике форм ее организации, способов и инструментов их практической реализации.

В соответствии с принципами согласованности и взаимосвязи элементов экономической системы теоретическая модель координации должна предусматривать гибридный формат взаимодействия государственных и частных структур. В рамках такой модели субъекты координации (государство и бизнес)

согласуют свои интересы и стремления, приводящие к повышению потенциала экономической системы за счет организации эффективного распределения ресурсов (объекта координации). В модель должен быть встроен трехуровневый механизм реализации вертикальных и горизонтальных координирующих взаимодействий. На первом, государственном уровне этого механизма осуществляется стратегическое целеполагание и планирование, а также грамотно выстраивается система стимулов и ограничений. На последующих уровнях посредством формирования новых рыночных и смешанных образований, обеспечивающих за счет сокращения внутренних трансакционных издержек и их переноса на внешний контур получение дополнительной прибавочной стоимости, рост деловой активности, расширение и диверсификацию производства, достигаются цели и выполняется план мероприятий.

Однако за рамками данной конструкции остается ряд вопросов об элементах модели и ее структуре, выражаемых в описании функциональных характеристик с учетом влияния факторов коммуникации и информационного обмена, которые позволяют снизить асимметрию информации в процессе выполнения вертикальных и горизонтальных координирующих действий. Кроме того, необходимо уделить особое внимание роли современных цифровых средств массовой информации, выступающих в качестве гаранта взаимодействия, а также проблемам формирования идеологической основы для успешной реализации поставленных целей и задач.

Функциональные элементы модели координации

Прежде всего рассмотрим основные элементы теоретической модели координации, отражающие ее внутреннее устройство, важнейшие аспекты и экономическое содержание процесса (см. таблицу).

Элементы координации экономической системы

Elements of coordination of the economic system

Уровень координации	Элемент	Функциональные характеристики и аспекты
Вертикальный	Главный координатор (президент)	Определяет стратегические цели и приоритеты развития национальной экономики
	Органы государственного управления, их руководители	Осуществляют постановку задач, мониторинг, контроль. Выражают преимущественно общественные интересы через призму мировоззрения элит
	Государственные организации, их руководители	Реализуют функции экономических агентов. Выражают как частные, так и общественные интересы
	Информационные потоки и организующие их системы	Информация поступает из отчетов, обращений, протоколов заседаний для систематизации и хранения в информационных системах
	Планы, поручения, приказы	Выступают как инструмент власти в иерархической подсистеме
	Коммуникация по вертикали (совещания, встречи)	Является инструментом информационного обмена в ситуациях неопределенности, сложности задач и кризисных проявлений
Горизонтальный	Коммерческие организации	Осуществляют экономическую деятельность. Выражают частные интересы (получение прибыли)
	Рыночные сигналы и аналитика данных	Сигналы поступают относительно уровня и динамики цен, поведенческих стратегий конкурентов и других рыночных агентов
	Стандарты качества, условия контракта, регламенты	Формальные институты координации используются в типичных и предсказуемых ситуациях взаимодействия
	Коммуникация по горизонтали (межфирменная)	Осуществляется посредством неформальных институтов – коммуникационных технологий и алгоритмов (в частности, платформ, мессенджеров и социальных сетей). Характерно проведение бизнес-форумов, встреч, выставок
Надстроечный (внешний)	Современные цифровые СМИ	Выступают гарантом координационного взаимодействия структур разных уровней, имеющих различные интересы
	Государственная идеология	Формирует общие ценности для консолидации общества

На вертикальном уровне координации функционируют в основном государственные структуры и институты во главе с президентом страны. Экономические агенты в этой подсистеме (так называемый государственный корпоративный сектор), как правило, организованы в форме холдингов и концернов, т. е. представляют собой вертикально интегрированные структуры. Их природа принципиально отличается от западных корпораций, в деятельности которых максимально задействованы преимущества горизонтальной коопeração, реализованы принципы разделения труда в глобальной мир-системной организации формата центр – периферия.

Горизонтальный уровень координации представлен частным сектором, включающим малый бизнес, предпринимателей и самозанятых. По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь за 2023 г., более четверти белорусского ВВП обеспечивалось субъектами малого и среднего предпринимательства¹. Их взаимодействие с вертикальным уровнем ограничено фискальными задачами и производственной деятельностью на квазирынках, например, частные образовательные или медицинские центры осуществляют производство общественных благ с разрешения и под контролем государства. Горизонтальные связи в белорусской практике ведения бизнеса реализуются в форме традиционных моделей межфирменной интеграции, которые должны быть гарантированно взаимовыгодны и обладать низким уровнем риска. Примерами данных моделей могут служить цепи поставок, цепочки создания стоимости с выведением непрофильных видов деятельности на аутсорсинг, коллаборации и различные формы делового сотрудничества.

Координация на вертикальном и горизонтальном уровнях реализуется посредством информационного обмена и коммуникации. С. И. Паринов справедливо выделяет этот фактор в качестве определяющего в управлении координационными процессами фирмы. Исследователь рассматривает прямые и косвенные способы коммуникации либо их отсутствие в зависимости от типа и формы организации (иерархия, рынок, гибрид) [5].

Способы коммуникации и характер информационных потоков будут различаться при переходе на следующий, более высокий уровень координации. На уровне вертикали государственной власти чаще всего используют формальные инструменты директивного управления (планы, приказы, поручения, распоряжения), а неформальные, персонифицированные инструменты, применяемые на совещаниях и при переговорах, являются скорее вспомогательными средствами для более тщательной проработки вопросов и снятия неопределенности. Следовательно, на вертикальном уровне необходимо создавать информационные потоки в целях передачи органам власти и лицам, принимающим решения, полной и достоверной информации. На горизонтальном (межфирменном) уровне координации информационные потоки циркулируют в рамках сетевого взаимодействия участников посредством цифровых каналов коммуникации – социальных сетей, мессенджеров, платформ, обеспечивающих деловое общение, обратную связь с поставщиками и потребителями, а также возможность при помощи алгоритмов оценивать рыночные тенденции и просчитывать поведение конкурентов.

Самым сложным аспектом координационного процесса является согласованное и целенаправленное взаимодействие структур разных уровней, имеющих различные интересы. В связи с этим необходимо разработать методику организации и координации гибридных структур на основе функционирования элементов обоих уровней. Гарантом их успешной работы могут выступать современные цифровые СМИ, объективно освещающие координационные процессы и осуществляющие их неформальный внешний контроль. Условием взаимодействия субъектов без принуждения должна служить государственная идеология, продвигающая коллективистские ценности и ориентиры на консолидацию общества.

Методика организации и координации гибридных структур в институциональной системе X-типа

В целях раскрытия потенциала экономики и повышения ее производительности за счет организационных и управленческих инновационных решений необходимо разработать алгоритм формирования гибридных структур, предусматривающий объединение элементов (субъектов) вертикального и горизонтального уровней координации на основе принципов взаимной обусловленности и нацеленности на общий результат. Такое единство обязательно должно быть соотнесено с особенностями развития производительных сил в белорусском обществе. В работе алгоритма предлагается задействовать важнейшие экономические институты собственности и конкуренции, непосредственно связанные с институтом власти, который определяет стремление субъектов как государственного, так и частного сектора к доминированию и занятию монополистического положения. Наглядное представление работы алгоритма изображено на рис. 2.

¹Удельный вес ВДС субъектов МСП в ВВП [Электронный ресурс]. URL: <https://dataportal.belstat.gov.by/osids/indicator-info/10203100001> (дата обращения: 01.06.2025).



Рис. 2. Алгоритм формирования гибридных структур

Fig. 2. Algorithm for the formation of hybrid structures

Исходя из работы алгоритма, можно выделить гибридные структуры двух типов: 1) гибридную структуру с трансформацией прав собственности и образованием группы предприятий, которые объединены общими целями и долевым участием в капитале друг друга (кольцевые структуры²); 2) гибридную структуру без изменений отношений собственности, т. е. формирование новых агентов на принципах независимой интеграции. Такими агентами могут являться как государственные организации, функционирующие на основе системы денежных стимулов и конкурентной среды, так и частно-государственные объединения – цепочки создания стоимости смешанного формата³, а также рыночные новообразования наподобие модульных бизнес-сетей, востребованных на квазирынках общественных благ (рынках научных, образовательных, медицинских услуг и др.).

Таким образом, предлагаемая методика организации и координации гибридных структур включает следующие этапы:

- 1) оценку текущей ситуации в экономике на предмет проблемных (перспективных) областей и зон (не)эффективности, требующих перераспределения ресурсов между сферами;
- 2) постановку стратегических целей и задач с учетом технологической основы и потенциала их достижения, выявление групп интересов, мотивов и границ их поведения;
- 3) запуск вышеизложенного алгоритма формирования гибридных структур и выход на итоговый результат его работы;
- 4) определение источников и объемов финансирования соответствующей гибридной структуры с учетом особенностей централизованного воспроизведения капитала в странах с институциональной системой *X*-типа, разработку целевых показателей – критериев эффективности и результативности ее деятельности;

²Кольцевая структура является типичной гибридной формой организации бизнеса в Японии, о чем подробно изложено в работе [6].

³Успешным примером функционирования таких цепочек в белорусской промышленности является линейная структура бизнеса компаний фешен-индустрии.

5) координацию работы гибридных структур на основе мониторинга целевых показателей, разработанных на предыдущем этапе, а также организации информационного обмена и коммуникации, в том числе с использованием медиатехнологий и цифровых СМИ, осуществляющих внешний неформальный контроль интеграционных и координационных процессов.

Для апробации предложенной методики и встроенного в нее алгоритма рассмотрим кейс формирования гибридных структур на современном квазирынке фундаментальных научных исследований, успешно организованного в институциональной системе *Y*-типа.

Фундаментальная наука является сферой общественных благ, как правило финансируемой и полностью регулируемой государством. В Республике Беларусь используется программно-целевой метод управления фундаментальными исследованиями, который предполагает представление научными организациями на конкурсной основе тематики и описания своих работ по приоритетным научным направлениям. Их экспертиза осуществляется Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь, который включает прошедшие конкурсный отбор работы в государственные программы научных исследований. Результативность выполнения заданий программ оценивается по сложившимся в мировой практике критериям публикационной активности: количеству опубликованных работ, их цитируемости, степени освещения в научной среде посредством выступлений на международных конференциях и семинарах и др.

В современном западном мире фундаментальная наука приобрела черты квазирынка, поскольку регулирование части процессов в данной сфере стало осуществляться на рыночной основе. Речь идет прежде всего о сегменте научных публикаций, для которого товаром является статья, а ресурсами – знания и время. Наиболее полные и известные базы научных публикаций принадлежат частным компаниям (например, библиографической базой Scopus владеет голландское издательство «Elsevier»⁴).

В соответствии с вышеизложенной авторской методикой и алгоритмом формирования гибридных структур полагаем, что единство общественных и частных целей обеспечивается объединением исследователей и повышением объективности результатов их работы для государства, получением прибыли и изъятием ценности за счет освоения новых рыночных ниш в издательском бизнесе для рыночных структур.

Экономический механизм регулирования данного рынка возник на основе цифровой трансформации института рецензирования и реализован таким образом, что ученому (автору статьи) для получения грантового финансирования и различных стимулирующих выплат, а также для подтверждения научного статуса и выполнения квалификационных требований необходимо иметь публикации, рецензируемые в престижных журналах, а также широко освещаемые и признаваемые научной общественностью [7]. Услуги по опубликованию и размещению материалов в базе данных предоставляются частными издательскими домами, деятельность которых организована в гибридной форме взаимодействия (в формате модульных бизнес-сетей с монопольной властью компании-координатора). Так, автор публикации может сам оплатить размещение статьи и доступ читателей к ней, а также консультационные и прочие услуги (например, услуги переводчика, редактора, рецензента), представляющие собой сеть технологически связанных рынков. Координация взаимодействия носит строго регламентированный характер: соблюдение стандартов оформления статьи жестко контролируется.

Задача эффективной аллокации ресурсов в этом случае решается посредством переноса внутренних издержек научных организаций на внешний контур, что обуславливает образование гибридных структур – сети частных компаний, оказывающих комплекс издательских услуг на квазирынке научных публикаций. Данный кейс можно использовать в практике организации бизнеса на других рынках, требующих более эффективного распределения ресурсов (рынках образования, здравоохранения и др.). Однако в отличие от институциональной системы *Y*-типа в странах с матрицей *X*-типа главным координатором выступает не частная компания, а государство.

Заключение

Рассмотрены теоретико-методологические основы координационного процесса, обуславливающего интеграцию субъектов вертикального и горизонтального уровней в гибридные структуры, которые имеют специфические черты и особенности в странах с институциональной матрицей *X*-типа, включая Республику Беларусь. Для более глубокого и предметного понимания принципов работы теоретической модели координации описаны и систематизированы ее функциональные элементы, представлена типология координационных процессов, расширяющая взгляд на координацию с позиций организации внутрифирменных и межфирменных взаимодействий.

⁴Elsevier : website. URL: <https://www.elsevier.com/> (date of access: 03.09.2024).

Опираясь на действие институтов власти и собственности, конкуренции и кооперации в условиях цифровой коммуникационной среды и информационного обмена, предложена методика организации и координации гибридных структур, включающая алгоритм их формирования на основе единства целей и трансформации прав собственности. При отсутствии последней частный и государственный капиталы могут объединяться без владельческого контроля, формируя в том числе модульные бизнес-сети на квазирынках общественных благ. Предложенные варианты форм гибридной организации подтверждаются эмпирически рядом успешных кейсов из белорусской, китайской и частично японской практики государственного регулирования экономики с институциональной системой *X*-типа. В отличие от традиционного представления гибридных форм организации в виде сетей предложенный в настоящей работе подход предусматривает следование принципам иерархии во главе с государством – главным стратегом и координатором развития экономики и общественной жизни.

Библиографические ссылки

1. Кирдина СГ. *Институциональные матрицы и развитие России: введение в X–Y-теорию*. Санкт-Петербург: Нестор-история; 2014. 468 с. EDN: TTDPAN.
2. Лученок АИ. *Институты правят экономикой*. Минск: Беларуская наука; 2018. 279 с. EDN: AOZEDR.
3. Пороховский АА. «Планирующая» система Дж. К. Гэлбрейта: 50 лет спустя. *Российский экономический журнал*. 2017; 1:71–88.
4. Решетова ЛВ. *Координация воспроизводственного процесса и модернизация России*. Ульяновск: Ульяновский государственный университет; 2020. 177 с.
5. Паринов СИ. Микроуровень процессов экономической координации. *Вопросы экономики*. 2023;2:127–144. DOI: 10.32609/0042-8736-2023-2-127-144.
6. Дементьев ВЕ, Евсюков СГ, Устюжанина ЕВ. Гибридные формы организации бизнеса: к вопросу об анализе межфункциональных взаимодействий. *Российский журнал менеджмента*. 2017;15(1):89–122. DOI: 10.21638/11701/spbu18.2017.105.
7. Романов ЕВ. Публикационная активность российских университетов: от «академического капитализма» к «академическому социализму». *Вопросы экономики*. 2023;2:100–115. DOI: 10.32609/0042-8736-2023-2-100-115.

Статья поступила в редколлегию 07.10.2024.
Received by editorial board 07.10.2024.

АННОТАЦИИ ДЕПОНИРОВАННЫХ В БГУ РАБОТ INDICATIVE ABSTRACTS OF THE PAPERS DEPOSITED IN BSU

УДК 658.7:339.138(075.8) + 005.932:339.138(075.8)

Маркетинг логистических услуг : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 6-05-1036-01 «Таможенное дело» / БГУ ; сост. Е. М. Еловая. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 134 с. : ил., табл. Библиогр.: с. 131–134. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/322482>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 28.11.2024, № 017628112024. Текст : электронный.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальности 6-05-1036-01 «Таможенное дело». Содержание ЭУМК предполагает рассмотрение процесса эффективности применения маркетинговых концепций и инструментов маркетинга в области логистики, а также изучение следующих вопросов: теоретических основ маркетинга логистических услуг, информационного обеспечения маркетинговой деятельности, маркетинговых исследований в логистике, моделирования поведения потребителей в логистике, товарной политики и ее связи с требованиями логистики, ценовой политики и ее роли в логистике, политики товародвижения в логистике, коммуникационной политики и ее роли в логистике, стратегического планирования в логистике. Для студентов учреждений высшего образования, для преподавателей и аспирантов, для тех, кто получает дополнительное высшее образование, для специалистов-практиков в области коммерции, маркетинга, логистики, управления складским, транспортным и торговым бизнесом.

УДК 338.48:004(075.8)

Цифровые технологии в туризме : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность» / БГУ ; сост. А. П. Безрученок. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2024. 48 с. Библиогр.: с. 45–46. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/322754>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 05.12.2024, № 017905122024. Текст : электронный.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальностей 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность» факультета географии и геоинформатики БГУ. В содержании ЭУМК в соответствии с действующей учебной программой излагаются теоретические, методологические и прикладные основы использования цифровых технологий в индустрии туризма и гостеприимства. Рассматриваются следующие вопросы: информационные технологии в туризме, наземном и воздушном транспорте, гостиничном бизнесе, деятельности ресторанов и др. Отдельный раздел посвящен геоинформационным системам в туристической индустрии. В ЭУМК представлены примеры вопросов к зачету и темы лабораторных заданий по дисциплине.

УДК 339.138.01(075.8)

Черченко Н. В. Теория маркетинга : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 6-05-0412-04 «Маркетинг» : в 2 ч. Ч. 1 / Н. В. Черченко, С. П. Мармашова ; Ин-т бизнеса БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2025. 84 с. : ил. Библиогр.: с. 83–84. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/326898>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 10.03.2025, № 003710032025. Текст : электронный.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Теория маркетинга» предназначен для студентов специальности 6-05-0412-04 «Маркетинг». В ЭУМК содержатся четыре раздела: теоретический, практический, контроля знаний и вспомогательный, которые содержат тезисы лекций для теоретического изучения учебной дисциплины, вопросы для обсуждения на практических занятиях, ситуации для анализа и домашние задания, тематику рефератов, контрольные вопросы аттестации и контрольный тест, учебную программу дисциплины «Теория маркетинга» и рекомендуемые для изучения дисциплины литературные источники. ЭУМК может быть использован студентами других экономических специальностей.

УДК 339.138.01(075.8)

Черченко Н. В. **Теория маркетинга** : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 6-05-0412-04 «Маркетинг» : в 2 ч. Ч. 2 / Н. В. Черченко, С. П. Мармашова ; Ин-т бизнеса БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2025. 59 с. : ил. Библиогр.: с. 58–59. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/326901>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 10.03.2025, № 003810032025. Текст : электронный.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Теория маркетинга» предназначен для студентов специальности 6-05-0412-04 «Маркетинг». В ЭУМК содержатся четыре раздела: теоретический, практический, контроля знаний и вспомогательный, которые содержат тезисы лекций для теоретического изучения учебной дисциплины, вопросы для обсуждения на практических занятиях, ситуации для анализа и домашние задания, тематику курсовых работ, контрольные вопросы аттестации и тест, учебную программу дисциплины «Теория маркетинга» и рекомендуемые для изучения дисциплины литературные источники. ЭУМК может быть использован студентами других экономических специальностей.

УДК 339.138:004.6(075.8)

Интеллектуальный анализ данных в маркетинге : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец. 7-06-0412-04 «Маркетинг» / Ин-т бизнеса БГУ ; сост. П. В. Лежанская. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2025. 41 с. Библиогр.: с. 41. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/326927>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 10.03.2025, № 003910032025. Текст : электронный.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов специальности 7-06-0412-04 «Маркетинг». В ЭУМК содержатся материалы, предполагающие изучение следующих вопросов: сущности интеллектуального анализа данных в маркетинге; концепций интеллектуального анализа данных; анализа данных, относящихся к деятельности предприятия; методов интеллектуального анализа данных; этапов процесса интеллектуального анализа данных в маркетинге; инструментальных средств анализа данных; прикладного обеспечения анализа данных в маркетинге; информационного обеспечения принятия маркетинговых решений; маркетинговой деятельности на основе интеллектуального анализа баз данных; сущности программного обеспечения интеллектуального анализа данных в маркетинге; основных программных продуктов интеллектуального анализа данных.

UDC 339.138:004.6(075.8)

Liazhanskaya P. **Intellectual analysis of data in marketing** : electron. didact.-methodical complex for the speciality 7-06-0412-04 «Marketing» / P. Liazhanskaya ; School of Business of BSU. Electron. text data. Minsk : BSU, 2025. 35 p. Bibliogr.: p. 35. Available from: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/326928>. Screen title. Deposited in BSU 10.03.2025, No. 004010032025. Text : electronic.

The didactic-methodical complex of the academic discipline is intended for students majoring in 7-06-0412-04 «Marketing». The content of the electronic didactic-methodical complex involves studying the following issues: the essence of data mining in marketing; concepts of data mining; analysis of data related to the activities of the enterprise; methods of data mining; stages of the process of data mining in marketing; instrumental means of data analysis; application support for data analysis in marketing; information support for making marketing decisions; marketing activities based on database mining; the essence of software for data mining in marketing; main software products for data mining.

УДК 338.486(075.8)

Трифонова И. К. **Экономика туризма** : электрон. учеб.-метод. комплекс для спец.: 1-31 02 04 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность», 6-05-0532-07 «Геотехнологии туризма и экскурсионная деятельность» / И. К. Трифонова, А. Н. Титов ; БГУ. Электрон. текстовые дан. Минск : БГУ, 2025. 122 с. Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/329047>. Загл. с экрана. Деп. в БГУ 05.05.2025, № 006205052025. Текст : электронный.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Экономика туризма» предназначен для студентов, получающих высшее образование по географическому профилю в сфере туризма. Материалы электронного пособия, составленные с учетом отечественного и зарубежного опыта ведущих специалистов в области экономики туризма, базируются на актуальных источниках информации и новейших методиках. ЭУМК структурно представлен четырьмя основными разделами: теоретическим, практическим, контроля знаний и вспомогательным. Использование ЭУМК в образовательном процессе способствует формированию у студентов прочных теоретических знаний в области туризма как вида экономической деятельности.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Шестакова К. В., Карпенко Е. М.</i> Методологические концепты исследования социально-экономических систем	4
<i>Дутин С. Р.</i> Оптимизационные модели выбора местоположения логистических центров в электронной торговле	10
<i>Некрасова А. А.</i> Особенности развития финансовой интеграции стран Центральной Америки и Карибского бассейна на современном этапе	15
<i>Нерадовская Ю. В., Калашников Г. И., Костюченко Я. А., Музалевская С. А., Сапрыкина М. С.</i> Союзное государство: анализ эффективности интеграции России и Беларуси	24
<i>Копнова Е. Д., Журавлева К. А., Коряков И. В., Руденко А. К., Уваров Н. Р.</i> Экономическая интеграция России и Беларуси: перспективы роста и обмена инновациями	36
<i>Шеметкова О. Л., Иванкова Г. В., Волкова Е. В., Цветков И. В., Шугаева Е. А., Юнда В. Д.</i> Сценарий развития Союзного государства России и Беларуси в рамках взаимодействия в интеграционных объединениях	47
<i>Чурлей Э. Г.</i> Формирование системы маркетинговых метрик на основе модели <i>CASCA²DE</i>	57
<i>Господарик Е. Г., Радкевич Г. М.</i> Моделирование влияния качества монетарной системы и уровня цифровизации на экономический рост	71
<i>Кузнецова А. В., Борисова Л. Р.</i> Применение многопараметрических методов машинного обучения для отбора значимых количественных характеристик предприятий в регионах Российской Федерации при анализе дотационности	88
<i>Лю Юэ, Устинович И. В.</i> Управление интеграцией науки и производства: сущность, предпосылки и основные тенденции	97
<i>Паврова О. И.</i> Современные гибридные структуры в странах с институциональной матрицей <i>X</i> -типа	108
Аннотации депонированных в БГУ работ	116

CONTENTS

<i>Shestakova K. V., Karpenka E. M.</i> Methodological concepts of socio-economic systems study...	4
<i>Dutin S. R.</i> Optimisation models for choosing the location of logistics centres in electronic commerce	10
<i>Nekrasova A. A.</i> The peculiarities of the financial integration development of the Central America and the Caribbean countries at the present stage.....	15
<i>Neradovskaya Y. V., Kalashnikov G. I., Kostyuchenko Y. A., Muzalevskaya S. A., Saprykina M. S.</i> The Union State: analysing the effectiveness of integration of Russia and Belarus	24
<i>Kopnova E. D., Zhuravleva K. A., Koryakov I. V., Rudenko A. K., Uvarov N. R.</i> Economic integration of Russia and Belarus: prospects for growth and exchange of innovations.....	36
<i>Shemetkova O. L., Ivankova G. V., Volkova E. V., Tsvetkov I. V., Shugaeva E. A., Yunda V. D.</i> The scenario of the development of the Union State of Russia and Belarus in the framework of cooperation in integration associations.....	47
<i>Churlei E. G.</i> Formation of a marketing metrics system based on the <i>CASCA²DE</i> model.....	57
<i>Gospodarik C. G., Radkevich H. M.</i> Modelling the impact of digitalisation on economic growth...	71
<i>Kuznetsova A. V., Borisova L. R.</i> Application of multiparametric machine learning methods for selection of significant quantitative characteristics of enterprises in the regions of the Russian Federation in the analysis of subsidisation	88
<i>Liu Yue, Ustinovich I. V.</i> The integration management of science and industry: essence, backgrounds and main trends	97
<i>Lavrova O. I.</i> Modern hybrid structures in the countries with <i>X</i> -type institutional matrix	108
Indicative abstracts of the papers deposited in BSU	116

Журнал включен Высшей аттестационной комиссией Республики Беларусь в Перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим наукам.
Журнал включен в библиографическую базу данных научных публикаций «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ).

**Журнал Белорусского
государственного университета.
Экономика.
№ 1. 2025**

Учредитель:
Белорусский государственный университет

Юридический адрес: пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Республика Беларусь.
Почтовый адрес: пр. Независимости, 4,
220030, г. Минск, Республика Беларусь.
Тел. (017) 259-70-74, (017) 259-70-75.
E-mail: jecon@bsu.by

URL: <https://journals.bsu.by/index.php/economy>

«Журнал Белорусского государственного университета. Экономика» издается с января 1969 г.
До 2017 г. выходил под названием «Веснік БДУ.
Серыя 3, Гісторыя. Эканоміка. Права»
(ISSN 2308-9172).

Редакторы *M. D. Баранова, A. S. Люкевич,
C. R. Пинчук, M. A. Подголина, O. A. Семенец,*
Технический редактор *A. R. Голик*
Корректор *L. A. Меркуль*

Подписано в печать 30.05.2025.
Тираж 25 экз.

© БГУ, 2025

**Journal
of the Belarusian State University.
Economics.
No. 1. 2025**

Founder:
Belarusian State University

Registered address: 4 Niezaliezhnasci Ave.,
Minsk 220030, Republic of Belarus.
Correspondence address: 4 Niezaliezhnasci Ave.,
Minsk 220030, Republic of Belarus.
Tel. (017) 259-70-74, (017) 259-70-75.
E-mail: jecon@bsu.by
URL: <https://journals.bsu.by/index.php/economy>

«Journal of the Belarusian State University. Economics»
published since January, 1969.
Until 2017 named «Vesnik BDU.
Seryja 3, Gісторыя. Эканоміка. Права»
(ISSN 2308-9172).

Editors *M. D. Baranova, A. S. Lyukevich,
S. R. Pinchuk, M. A. Podgolina, O. A. Semenets*
Technical editor *A. R. Golik*
Proofreader *L. A. Merkul'*

Signed print 30.05.2025.
Edition 25 copies.

© BSU, 2025