Экономическая политика. 2021. Т. 16. № 4. С. 84–103 DOI: 10.18288/1994-5124-2021-4-84-103

Экономика отраслевых рынков

Место ИКТ и предпринимательства в формировании устойчивых цепочек поставок

Родион РОГУЛИН

Родион Сергеевич Рогулин —
ассистент кафедры математики и моделирования,
Владивостокский государственный
университет экономики и сервиса
(РФ, 690033, Владивосток, ул. Гоголя, 44);
ассистент кафедры прикладной математики,
механики, управления и программного обеспечения,
Дальневосточный федеральный университет
(РФ, 690091, Владивосток, ул. Суханова, 8)
E-mail: rafassiaofusa@mail.ru

Аннотация

В настоящее время управление цепочками поставок переживает значительную цифровую трансформацию, вызванную пандемией COVID-19. Целью исследования является оценка роли цифровых технологий и предпринимательства в повышении эффективности цепочек поставок в докризисный и посткризисный периоды. Рассматриваются ВВП на душу населения как величина, характеризующая степень благосостояния страны в докризисный период, индекс эффективности логистики LPI, определяющий степень развитости логистической среды в стране, индекс цифровой жизни TIDL, оценивающий степень развитости экономики с позиций цифровизации, индекс предпринимательства GEI, отражающий степень развитости предпринимательства в стране. Проведен кластерный анализ стран по коэффициентам регрессии зависимости ВВП на душу населения от года. Итогом кластерного анализа явилось разбиение множества стран на кластеры, из которых для дальнейшего анализа выбраны отдельные экономики. Результатом работы стали выводы о значительной связи между ИКТ и логистикой, между уровнем развития предпринимательства и эффективностью логистики в докризисный период. Показано, что развитые экономики имеют высокую степень развития логистических систем, высокие значения рейтинга цифровой жизни и уровня предпринимательства, чего нельзя сказать о странах со средним и ниже уровнями развития. Главные выводы исследования заключаются в следующем: во-первых, активное внедрение ИКТ дает возможность восстановить разрушенные кризисом цепочки поставок, повысить их эффективность, во-вторых, развитие предпринимательства в стране дает серьезный толчок к повышению эффективности цепочек поставок, вследствие чего бизнес в условиях пандемии получает не только шанс выжить, но и значительные выгоды. Работа ограничена отсутствием данных посткризисных периодов, поэтому существует огромный спектр для дополнения текущего исследования на тему стабильности и устойчивости цепочек поставок в период и после пандемий.

Ключевые слова: логистика, цифровые технологии, предпринимательство.
JEL: L90, N70.

Работа подготовлена при поддержке DAAD (German Academic Exchange Service) и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках программы «Иммануил Кант».

Введение

Цепочки поставок (supply chain, SC) имеют серьезное влияние на экономику и общество. Взаимодействия в системах SC достаточно сложны и связаны зачастую нетривиальным образом со всеми сферами общественной жизни: социальной, экономической, политической и духовной [Ivanov, 2020].

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) и управление цепочками поставок (supply chain management, SCM) в течение последних двадцати лет привлекают большое внимание как ученых, так и практиков. Сегодня безнадежно устарели доступные для менеджеров по логистике инструменты управления (личное управление, системы ручного отслеживания, системы обработки заказов с преобладанием бумаги и проводные каналы связи). Авторы работ [Рогулин, 2020; Dolgui et al., 2020; Van Hoek, 2020] утверждают, что успех любой системы управления цепочками поставок, которые представляют собой сложную сеть поставщиков, заводов, складов, распределительных центров и предприятий розничной торговли, зависит от качества управления этими механизмами.

При наступлении продолжительных чрезвычайных ситуаций (бедствий, пандемий, мировых и локальных войн и пр.) значительно вырастает спрос на качественные современные цифровые и компьютерные системы, разработанные для предприятий, компаний и организаций любой отрасли, поскольку только такие программы способны обеспечить стабильные уровни прибыльности, конкурентоспособности, качества продукции, предотвращать сбои в глобальных SC [Dolgui et al., 2020].

Один из таких сбоев в глобальных SC был вызван пандемией COVID-19, которая серьезно ударила по экономике. Как отмечено в работе [Van Hoek, 2020], от 79 до 96% цепочек поставок были подвергнуты влиянию пандемии. Многие отрасли столкнулись с массовой покупательской паникой, а фабрики и склады крупнейших мировых компаний оказались в карантинной зоне. Цепочки поставок продуктов питания и пищевая промышленность потребовали наиболее серьезной трансформации: на пути продукта до конечного потребителя пришлось принимать дополнительные меры безопасности, поскольку в процесс вовлекается больше людей (а следовательно, и больше потенциальных источников инфекции), приходится разрабатывать соответствующие аналитические протоколы для приложений, связанных с безопасностью окружающей и социальной среды, пищевых продуктов, сырья и продукции лесопромышленной и других отраслей [Ageron et al., 2020; Rizou et al., 2020; Wahyuni et al., 2020].

Нарушение работы глобальных цепочек поставок стало серьезной проблемой, связанной с экономическими издержками пандемии COVID-19, для всех типов и на всех уровнях бизнеса, включая и транснациональные корпорации. ИКТ и международные транспортные сети позволяют транснациональным корпорациям распределить деятельность в цепочке поставок, оптимизировать и координировать размещение определенных видов деятельности за пределами цепочек и локализацию видов деятельности, которые считаются не столь важными [Liu et al., 2020a; Tellez et al., 2020]. В экстремальных условиях пандемии COVID-19 и кризиса на первый план вышла задача поддержания жизнеспособности всех цепочек поставок. Другими словами, существенно вырос спрос на развитие цифровых способностей приложений и программ для SC, которые позволяли бы трансформироваться и выживать в изменяющейся среде за счет изменения структуры и перепланирования производительности с долгосрочными последствиями в кратчайшие сроки [Ivanov, 2020].

Конкурентоспособность в современных условиях зависит не только от цены, но и от качества обслуживания клиентов и скорости доставки. Это является одной из причин внедрения современных ИКТ в логистике. Благодаря развитию ИКТ концепция электронной логистики стала использоваться всё чаще, поскольку она определяет новые правила для обмена информацией и обеспечения прозрачности информации между партнерами в SC. Эффективные информационная система и управление могут помочь не только в улучшении качества обслуживания клиентов и контроля затрат, но и в планировании для достижения основных показателей устойчивости, таких как экологическое, экономическое и социальное развитие. Использование ИКТ позволяет повышать уровень эффективности бизнеса и обеспечивать устойчивость цепочек поставок.

Цель настоящего исследования — оценить, насколько эффективность и устойчивость цепочек поставок зависят от степени цифровизации и уровня развитости предпринимательской среды, сравнив ситуации до и после начала пандемии COVID-19.

Задачи исследования.

1. Сбор данных об уровнях цифровизации, эффективности цепочек поставок и предпринимательской развитости в разных странах.
2. Сравнительный анализ трех указанных показателей на уровне государств.
3. Выявление степени зависимости показателя эффективности цепочек поставок от уровней цифровизации и предпринимательской развитости по государствам.

1. Обзор литературы

В современном мире использование информационно-коммуникационных технологий в процессах управления получило массовое распространение. Поэтому влияние ИКТ на эффективность SC, особенно в кризисные моменты, является важным вопросом, который волнует практиков и ученых. В исследовании [Yoon et al., 2016] рассматривается влияние инновационного лидерства и инноваций в цепочке поставок с точки зрения эффективности на примере организации здравоохранения. Результаты работы [Yoon et al., 2016] показали, что лидерство положительно влияет на инновации, повышая эффективность цепочки поставок.

Факторы, влияющие на эффективность управления цепочками поставок, рассматриваются в [Thongrawd et al., 2019]. В этой работе исследуются взаимосвязи между управленческими подходами по отношению к «зеленым» цепочкам поставок, эффективностью бизнеса и факторами окружающей среды. Авторы пришли к выводу, что фирмы могут облегчить задачу по увеличению доли рынка и прибыли только при совместном внедрении внешних и внутренних методов управления «зелеными» цепочками поставок.

В статье [Chorfi et al., 2018] представлены система сбалансированных показателей и модель для измерения эффективности и управления цепочками поставок в общественном здравоохранении. Эта система показателей может быть адаптирована к целям и предпочтениям лица, принимающего решения, что позволяет включить наиболее важные показатели для формирования интегральной оценки.

Один из центральных вопросов при проектировании цепочки поставок заключается в выборе метода инвестирования. Это требует понимания взаимосвязей между затратами, факторами риска цепочки поставок, в том числе в условиях глобальных кризисных явлений, и инвестициями в ее возможности. В статье [Nooraie, Mahour Mellat, 2016] предлагается многоцелевая стохастическая модель для проектирования цепочки поставок в условиях неопределенности. Источники риска моделируются как набор сценариев, цель состоит в том, чтобы изучить компромиссы между инвестициями в улучшение возможностей цепочки поставок и снижение ее рисков, а также минимизировать стоимость ее сбоев. Результаты [Nooraie, Mahour Mellat, 2016] показывают, что расширение возможностей цепочки поставок можно рассматривать как стратегию смягчения, которая позволяет компании снизить общую ожидаемую стоимость цепочки поставок, подверженную сбоям, в том числе в связи с пандемией COVID-19.

Проблеме оптимального принятия решений в цепочке поставок, выбору между централизованными и децентрализованными

решениями производителей и ретейлеров посвящена работа [Liu et al., 2020b]. Организация и координация цепочки поставок рассматривается в условиях налога на выбросы углерода.

В [Рогулин, 2020] описано решение многосторонней проблемы лесопромышленного комплекса по снабжению предприятия сырьем с товарно-сырьевой биржи и определению оптимального плана производства. Автор вывел смешанно-целочисленную модель оптимизации, и результаты ее апробации показали, что цепочки поставок зависят от объема добычи сырья в регионах, где неправильно используется лесной фонд.

В [Liu et al., 2020b] обсуждается оптимизация цепочки поставок в трех постановках: при рассмотрении контракта обратной покупки, политики субсидирования и совместной стратегии обратной покупки и субсидии в условиях ограничения налога на выбросы углерода.

В [Chen et al., 2019] представлен пример одной из крупнейших платформ электронной коммерции в Китае, демонстрирующий, как онлайн-ретейлер усиливал конкурентное преимущество в докризисных условиях, используя методы финансирования и сотрудничества в цепочке поставок. Авторы делают вывод, что внедрение практики финансирования цепочки поставок помогает электронной платформе наладить более тесные отношения с партнерами по цепочке и повысить конкурентное преимущество.

Исследование [Kabra, Ramesh, 2015] посвящено анализу управления цепочками гуманитарных поставок на примере Индии в обычной рыночной ситуации, не осложненной кризисами. Авторы подчеркивают важность информационных и коммуникационных технологий. Результаты работы показывают, что стратегическое и упреждающее планирование имеет важное значение для расширения использования ИКТ в управлении цепочками гуманитарных поставок. Отмечено, что это может мотивировать участников внедрять образовательные программы для повышения осведомленности о важности ИКТ. Эти результаты подтверждают важность роли правительства для расширения использования ИКТ. Эффективная прозрачная политика рабочих процессов, связанная с использованием системы управления знаниями, позволит максимизировать преимущества ИКТ и еще больше повысить эффективность цепочек поставок, утверждается в [Kabra, Ramesh, 2015].

Определить и оценить движущие силы, имеющие отношение к ИКТ, для инициатив в области устойчивого развития предлагается в [Luthra et al., 2018]. Для развития сетей SC, ориентированных на устойчивость, большое значение имеют информационно-коммуникационные технологии. Эффективная информационная

система управления помогает, по мнению авторов [Luthra et al., 2018], не только в улучшении обслуживания клиентов и контроле затрат, но и при планировании достижения устойчивости экологического, экономического и социального развития.

Вопросы устойчивости цепочек поставок изучаются во многих работах. Так, например, в [Raut et al., 2017] рассматривается управление цепочкой поставок как организационная философия для достижения прибыли путем снижения экологических рисков при одновременном повышении факторов экономической и социальной эффективности. Устойчивость цепочки поставок рассматривается как глобальная проблема в [Luthra et al., 2018], особенно на фоне мирового экономического кризиса, вызванного COVID-19. В развитии цепочек поставок, ориентированных на устойчивость в кризисных условиях, важное место занимают информационно-коммуникационные технологии. Авторы исследования [Luthra et al., 2018] подчеркивают, что эффективность используемых информационных систем влияет не только на улучшение качества обслуживания, но и на повышение эффективности бизнеса. В [Benton et al., 2018] предлагается использовать технологию блокчейн для повышения прозрачности и надежности цепочек поставок, что приобретает дополнительную важность в кризисные периоды.

Индустрия 4.0 относится к автоматизации отраслей путем обмена данными между цепочкой поставок и логистикой [Jayaram, 2016]. Исследователи отмечают, что промышленный интернет вещей — это промышленные машины, подключенные к облачному хранилищу предприятия. Индустрия 4.0 вместе с интернетом вещей может сделать революцию в управлении глобальной цепочкой поставок, особенно в условиях сбоев. Методы контроля качества используются для повышения эффективности и качества производства и распределения, осуществляемых глобальными цепочками поставок [Jayaram, 2016]. Подходы Lean и Six Sigma в глобальной цепочке поставок с использованием индустрии 4.0 и интернета создают идеальный технологический процесс, который является высоко оптимизированным.

В условиях пандемии COVID-19 практики и технологии индустрии 4.0 приобрели еще бóльшую актуальность, особенно в пищевой и лесной промышленностях и в аграрном секторе. В частности, ИКТ, приложения, платформы интернета вещей, большие данные и технологии искусственного интеллекта могут использоваться для сбора данных в режиме реального времени, чтобы улучшить взаимодействие между поставщиками и покупателями и упростить перераспределение товаров для связи фермеров и поставщиков с рынками и получения неотложной реакции в случае изменения спроса. ИКТ могут быть задействованы при обработ-

ке посевов, в послеуборочной обработке, хранении и транспортировке продуктов; они помогают в мониторинге беспилотных транспортных средств и сельскохозяйственных беспилотных аппаратов связи, позволяющих сократить контакты людей в процессе сбора сельскохозяйственного сырья [Galanakis, 2020].

Цепочки поставок, основанные на интеграции промышленной информации (концепции интегрированного использования новых информационных технологий, таких как 5G, интернет вещей, большие данные, облачные сервисы, беспроводные сети связи и искусственный интеллект в области современной промышленности), сыграли огромную роль в доставке материалов для противодействия эпидемии COVID-19 [Yin et al., 2020].

Использование ИКТ и цифровая трансформация бизнеса особенно ярко демонстрируют эффективность в кризисные моменты, когда предприятия, в особенности относящиеся к малому и среднему бизнесу, вынуждены применять ИКТ под влиянием внешних факторов, таких как пандемия COVID-19: например, использование интернет-ресурсов и онлайн-приложений в цепочках поставок может решить сразу две проблемы — продажи и логистики. Такая цепочка поставок полагается на онлайн-платформы, способные связывать бизнес как с производителями сырья, так и с заказчиками [Indriastuti, Fuad, 2021].

В исследовании [Ivanov, Dolgui, 2020] предлагается использовать цифровой двойник цепочки поставок — модель, представляющую состояние цепочки в любой момент и обеспечивающую полную сквозную видимость SC для повышения устойчивости и планов действий в чрезвычайных ситуациях. Необходимость и значение цифровых двойников SC стали бесспорно очевидными во время пандемии COVID-19, когда многим компания пришлось оперативно адаптировать цепочку под существующих и новых поставщиков и заказчиков. Цифровые двойники SC разработаны для управления сбоями: в системе поддержки принятия решений используется интегрированное моделирование рисков сбоев с компонентами моделирования, оптимизации и аналитики для поддержки ситуационного прогнозирования, прогнозного моделирования, предписывающей оптимизации и адаптивного обучения на основе перехода от автономного режима к онлайн-моделированию и оптимизации [Ivanov, Dolgui, 2020].

Таким образом, большинство авторов подчеркивают необходимость и преимущества использования и разработки ИКТ в системах управления цепочками поставок, особенно в условиях сбоев в глобальных и локальных цепочках поставок. Однако попрежнему недостаточно исследований, посвященных влиянию программных и информационных сред на эффективность цепо-

чек поставок в условиях мировых кризисов, закрытых границ и карантинных ограничений.

2. Материалы и методы

Для достижения цели работы собраны выборки необходимых данных за период с 2010 по 2018 год из официальных источников[1]. Все расчеты осуществлялись с применением пакета программ MS Excel и языка программирования MATLAB.

Для проведения анализа данных необходимо выполнить ряд сортировок по выборкам, поскольку данные имеются не за все периоды для каждого из исследуемого показателей (для этих целей используется язык программирования MATLAB). Далее планируется расчет корреляций и сравнение полученных результатов.

Сформулируем гипотезы исследования.

1. Показатели применения ИКТ в отсталых и развивающихся странах существенно ниже аналогичных показателей для экономически развитых стран.
2. Эффективность цепочек поставок значительно зависит от уровня использования информационных технологий.
3. Эффективность цепочек поставок значительно зависит от уровня предпринимательства.

Рассмотрим показатели, которые предстоит сравнить.

Отлаженная внутренняя и международная логистика является предпосылкой национальной конкурентоспособности. А метрики, основанные на фактах, могут служить надежными ориентирами, оценивать влияние политики и сравнивать глобальные достижения в области логистики. Индекс эффективности логистики (Logistics Performance Index, далее LPI) Всемирного банка — это инструмент для сравнительного анализа, позволяющий использовать одинаковые показатели более чем для 160 стран. На Международном транспортном форуме используется LPI как наиболее важная отправная точка для диалога со странами-членами о факторах, влияющих на эффективность логистики. Шесть компонентов LPI (таможня, инфраструктура, простота организации поставок, качество логистических услуг, своевременность, а так-

[1] Organization for Economic Co-operation and Development Data Bank. https://data.oecd.org/; Global Entrepreneurship and Development Institute. Telefónica Index on Digital Life 2016. https://thegedi.org/telefonica-index-on-digital-life/; Global Entrepreneurship and Development Institute. The Global Entrepreneurship Index. 2010–2018. https://thegedi.org/downloads/; World Bank. GDP per Capita (Constant LCU). World Bank National Accounts Data, and OECD National Accounts Data Files. 2020. https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.KN; World Bank. International LPI. 2019. https://lpi.worldbank.org/international.

же отслеживание) указывают на соответствующий раздел экономической политики. LPI способствует лучшему пониманию эффективности логистики в контексте всё более сложных цепочек поставок. Поэтому далее «эффективность логистики» и «эффективность цепочек поставок» используются как взаимозаменяемые понятия. Будем полагать вслед за авторами [Shestak et al., 2021], что LPI отражает степень развитости логистики в стране.

Поскольку у логистики много показателей, их измерение и обобщение данных по странам является сложной задачей. Изучение времени и затрат, связанных с логистическими процессами (портовой обработкой, таможенным оформлением, транспортировкой и т. д.), является хорошим началом, и во многих случаях эта информация легко доступна. Но даже когда эта информация полна, она не может быть представлена в едином согласованном наборе данных по странам из-за структурных различий в цепочках поставок стран. Что еще более важно, многие критические элементы качественной логистики, такие как прозрачность процессов и качество обслуживания, предсказуемость и надежность, не могут быть оценены с использованием только информации о времени и затратах.

Индекс эффективности логистики позволяет понять, какие действия необходимо предпринять для улучшения показателей как на уровне страны в целом, так и на уровне отдельных предприятий. Для анализа эффективности логистической системы оцениваются такие показатели, как эффективность работы таможенных и пограничных служб, уровень качества инфраструктуры, простота организации поставок, качество логистических услуг, возможность отслеживать грузы и своевременность поставок. Отчеты по эффективности логистики, включающие расчет LPI, впервые были опубликованы Всемирным банком по итогам 2007 года; начиная с 2010-го они публикуются раз в два года, однако за 2020 год расчеты не производились в связи с пандемией COVID-19.

Индекс цифровой жизни (Telefónica Index on Digital Life, TIDL), вычисляемый *Global Entrepreneurship Development Institute*, отражает потенциал страны с точки зрения цифровизации. Для построения индекса цифровой жизни принимаются во внимание обеспечение открытого доступа к информации на основе цифровой инфраструктуры страны, простота взаимодействия с цифровой инфраструктурой организаций внутри страны, комфортность использования цифровой инфраструктуры для предпринимательства и инноваций [Drake et al., 2016][2].

[2] См. также https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD.

TIDL состоит из трех субиндексов: «Цифровая открытость», «Цифровая уверенность» и «Цифровое предпринимательство». Каждый субиндекс состоит из ключевых компонентов (КК). В совокупности TIDL включает в себя восемь КК. Каждый КК имеет несколько переменных. В общей сложности восемь КК включают 37 переменных, отвечающих за степень цифровизации общества. Некоторые переменные состоят из нескольких элементов, называемых ключевыми показателями эффективности. Таким образом, в общей сложности TIDL объединяет 53 ключевых показателя эффективности, сгруппированных по 37 переменным, восьми компонентам и трем субиндексам. При выборе ключевых показателей эффективности учитывались актуальность, надежность, охват и значимость в широком диапазоне социально-экономических контекстов. Всё это позволяет утверждать, что TIDL — это индекс, оценивающий степень цифровизации общества достаточно точно. В описании индекса на официальном портале *Global Entrepreneurship Development Institute* сказано, что индекс вычисляется каждые пять лет и публикуется в виде отчета на портале института. В настоящий момент доступен отчет за 2016 год[3].

Индекс предпринимательства (Global Entrepreneurship Index, GEI), также вычисляемый *Global Entrepreneurship Development Institute*, дает возможность оценить потенциал экономики с позиций предпринимательства, поэтому включает ряд показателей, жизненно важных для ведения бизнеса: восприятие возможностей, навыки стартапа, принятие рисков, сетевое взаимодействие, культурную поддержку, возможности стартапа, освоение технологий, человеческий капитал, конкуренцию, продуктовые инновации, процессные инновации, высокий рост, интернационализацию, рисковый капитал. Некоторые из этих показателей требуют комментария. Процессные инновации охватывают использование новых технологий в стартапах в сочетании с валовыми внутренними расходами на исследования и разработки и потенциалом страны для проведения прикладных исследований. Высокий рост — это комбинированный показатель процента быстрорастущих предприятий, которые намереваются нанять не менее десяти человек и планируют вырасти более чем на 50% за пять лет, наличия венчурного капитала и сложности бизнес-стратегии [Bortagaray, 2017].

Индекс предпринимательства страны отождествляется с состоянием экосистем бизнеса в государстве. GEI измеряет как качество предпринимательства, так и степень и глубину поддерживающей предпринимательской экосистемы. Публикаторы индекса опреде-

[3] https://thegedi.org/telefonica-index-on-digital-life/.

лили четырнадцать компонентов, которые, по их мнению, важны для здоровья предпринимательских экосистем, выделили данные для сбора каждого и использовали эти данные для расчета трех уровней баллов для страны: общий балл GEI, баллы для отдельных лиц и организаций. Всё это позволяет утверждать, что индекс способен отражать уровень предпринимательства в стране. Значения этого индекса публикуются ежегодно с 2005 года, однако 2020-й и здесь стал исключением ввиду пандемии COVID-19.

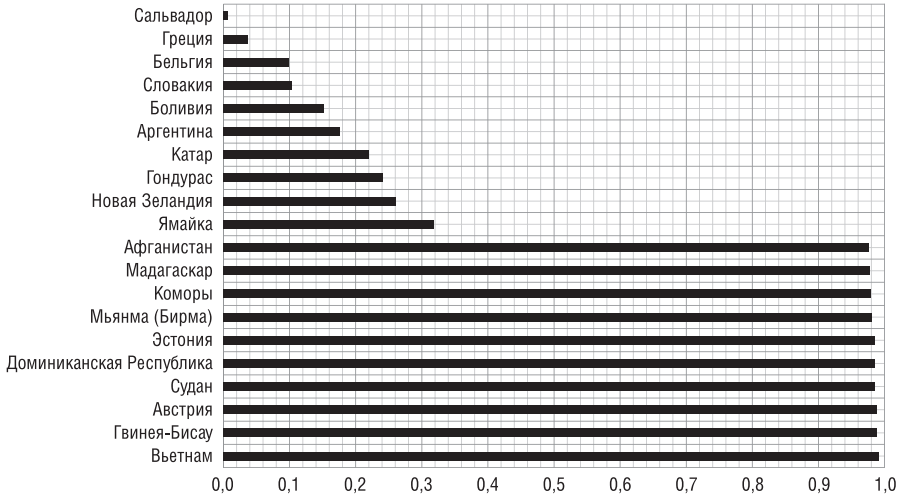
В настоящей работе рассчитываются коэффициенты корреляции между значениями названных индексов и их составляющих — субиндексов. Они вычисляются не только по выборкам из нескольких стран на определенный год, но и по данным за несколько лет для конкретных стран. Например, корреляция между LPI и ВВП на душу населения для Австрии (и любой другой страны, по которой имеются данные) рассчитывается по значениям этих показателей на 2007, 2010, 2012, 2014, 2016 и 2018 годы. Этот же набор лет используется для расчета корреляции между LPI и GEI для конкретных стран. Корреляция между GEI и ВВП на душу населения для конкретных стран рассчитывается по выборке, включающей значения показателей за 2015–2019 годы. Для TIDL имеются данные только за 2016 год, поэтому корреляция TIDL с другими индикаторами оценивается только по данным разных стран за 2016 год.

Отбор стран по наличию достаточных данных производится по алгоритму, заданному кодом на языке MATLAB. Суть алгоритма в следующем. Допустим, значения одного индекса доступны для 140 стран за пять лет, а значения другого индекса — для 150 стран за семь лет. Определим пересечение между множеством лет, для которых известны значения первого индекса, и множеством лет, для которых известны значения второго индекса. Допустим, в это пересечение попадают четыре года (четыре столбца в таблицах, где строки соответствуют странам, а столбцы — годам). В дальнейшем анализе будут участвовать только те страны, для которых известны значения обоих индексов за эти четыре года. Для них в другой части кода рассчитываются коэффициенты корреляции между значениями исследуемых показателей. Для расчетов были написаны три программных кода, которые выполняются последовательно. Первый — для пары ВВП на душу населения и LPI (включая все подиндексы), второй — для пары ВВП на душу населения и GEI (включая все подиндексы) и третий — для LPI и GEI. Подробнее с каждым кодом можно ознакомиться в онлайн-приложении[4].

[4] Первый код: https://drive.google.com/file/d/1nWYPIZ_S0x-anT-57zxuUPxZoWFXfzes/view?usp=sharing. Второй код: https://drive.google.com/file/d/1MLpOonidDCp9Wh7dEu-1ZVutjhsYkKDv/view?usp=sharing. Третий код: https://drive.google.com/file/d/1QchGOngoDJLnzjMBJgowoTezSiqtq22E/view?usp=sharing.

3. Результаты

В соответствии с описанным алгоритмом сортировки данных и расчета коэффициентов корреляции получены выходные данные, представленные далее[5]. Рассмотрим, как связаны объемы ВВП на душу населения и показатель эффективности логистики LPI. На рис. 1–2 осуществлена визуализация значения показателей корреляции LPI и ВВП на душу населения.



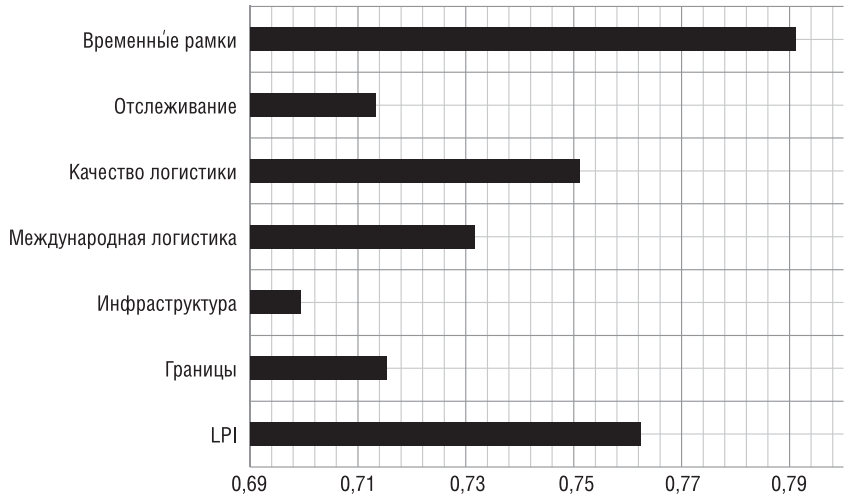
Источник: https://lpi.worldbank.org/international.

Рис. 1. **Визуализация усредненных коэффициентов корреляции ВВП на душу населения и индекса/субиндексов LPI по всем странам**

Рис. 1 показывает, что корреляция между эффективностью логистики и показателем ВВП на душу населения достаточно существенная (0,76). Среди субиндексов наиболее слабая связь с душевым ВВП у субиндекса, отвечающего за уровень инфраструктуры в стране (примерно 0,7), а наиболее сильная — у показателя, оценивающего своевременность прибытия грузов (примерно 0,79).

Рассмотрим рис. 2. На нем отражены по десять стран с наибольшей и наименьшей корреляцией между ВВП на душу населения и LPI. Здесь видно, что уровень эффективности логистики стран третьего мира крайне сильно зависит от объема ВВП (исключение — Австрия и Эстония). Примечательно, что лишь шесть стран оказались с показателем корреляции ниже 0,2 (Катар, Боливия, Словакия, Бельгия, Греция, Сальвадор) и 77 стран, включая Россию, показали зависимости с уровнем выше 0,8. Показатель

[5] При расчетах (сортировке, выборке данных и вычислениях) использовался язык программирования MATLAB. https://drive.google.com/file/d/1DEWh8kKtqgz78q760OMS78wE5nzdyIrO/view?usp=sharing.



Источник: https://lpi.worldbank.org/international.

Рис. 2. **Визуализация первых десяти и последних десяти коэффициентов корреляции ВВП на душу населения и индекса LPI по всем странам**

зависимости для России составил 0,9284, страна находится между Молдавией и Непалом на 33-й строчке.

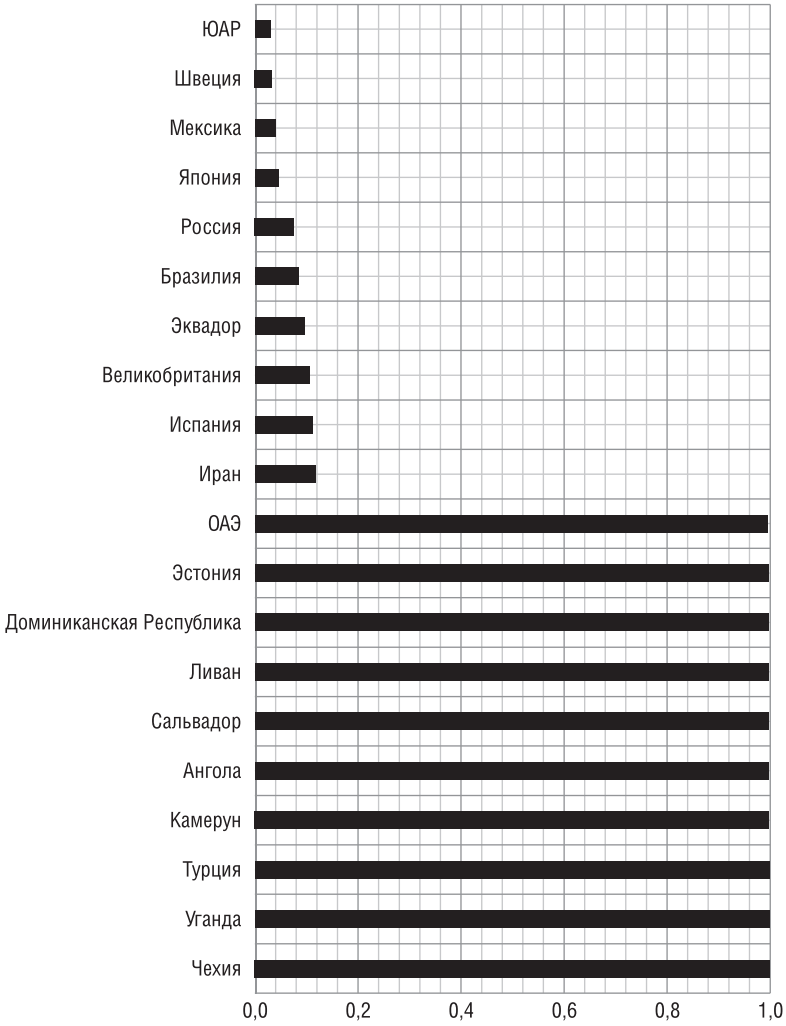
Рассмотрим степень зависимости уровня предпринимательства от объема ВВП на душу населения (рис. 3–4).

Рис. 3 демонстрирует значительную зависимость между факторами ВВП на душу населения и индексом предпринимательства GEI в странах (корреляция 0,7221). Среди субиндексов слабее всего коррелирует с ВВП на душу населения интернационализация (0,6556), а сильнее всего — возможность организовывать стартапы (0,7859).

При сравнении десяти стран с наибольшей и десяти с наименьшей корреляцией между подушевым ВВП и GEI на рис. 4 видно, что в обеих группах представлены и экономически высокоразвитые, и среднеразвитые, и бедные страны. Всего двенадцать государств оказались с уровнем корреляции ниже 0,2 (Австралия, Канада, Иран, Испания, Великобритания, Эквадор, Бразилия, Россия, Япония, Мексика, Швеция, ЮАР) и пятьдесят стран — с уровнем выше 0,8.

Рассмотрим, как уровень предпринимательства (GEI) и уровень эффективности логистики (LPI) коррелируют в конкретных странах. В соответствии с описанным алгоритмом для этого отобраны двадцать три страны, данные по которым представлены на рис. 5.

Только для шести из двадцати трех стран выявлена слабая зависимость (корреляция до 0,6) между эффективностью логистики и уровнем развития предпринимательства. Для большинства стран корреляция высокая. Так, для США коэффициент



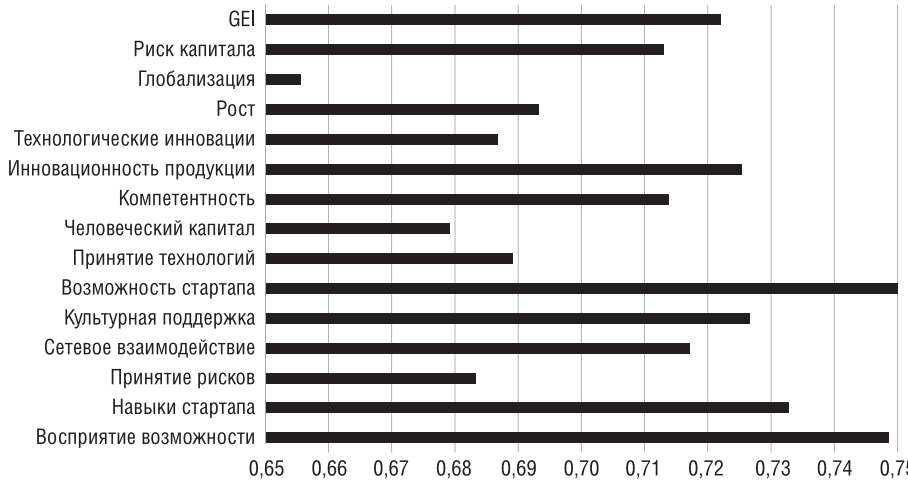
Источник: https://thegedi.org/downloads/.

Рис. 3. **Визуализация значений корреляции ВВП на душу населения и индекса/субиндексов GEI**

корреляции составляет 0,89, а для России — 0,9058. Интересно, что в России уровень развития предпринимательства снижается с каждым годом, а LPI достаточно сильно с ним коррелирует, что, по-видимому, говорит о неблагоприятной тенденции для эффективности цепочек поставок.

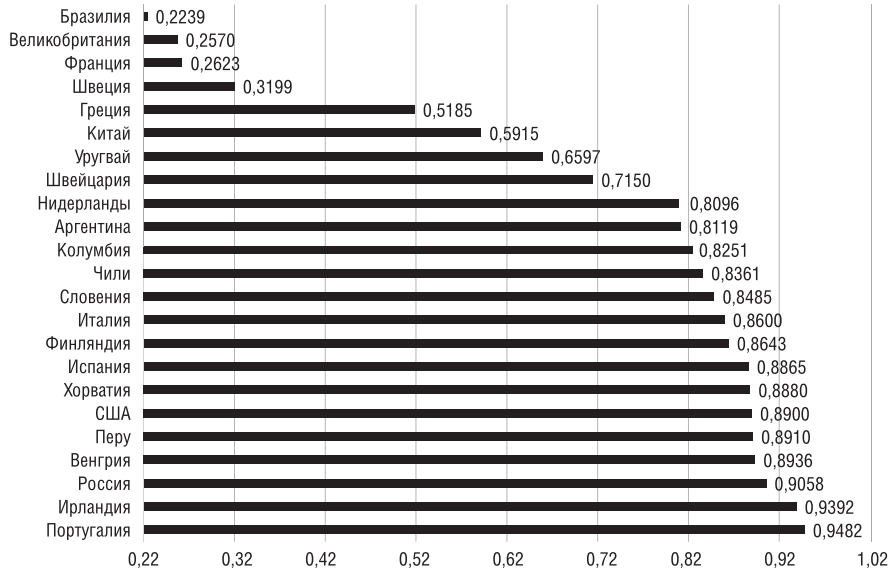
Рассмотрим зависимость между уровнем цифровизации и показателем ВВП на душу населения (рис. 6).

Коэффициент корреляции показал значение 0,87, что позволяет говорить о сильной зависимости между цифровизацией и уровнем развития экономики. Расчет коэффициента корреляции меж-



Источник: https://thegedi.org/downloads/.

Рис. 4. **Визуализация первых десяти и последних десяти коэффициентов корреляции ВВП на душу населения и индекса GEI по всем рассматриваемым странам**

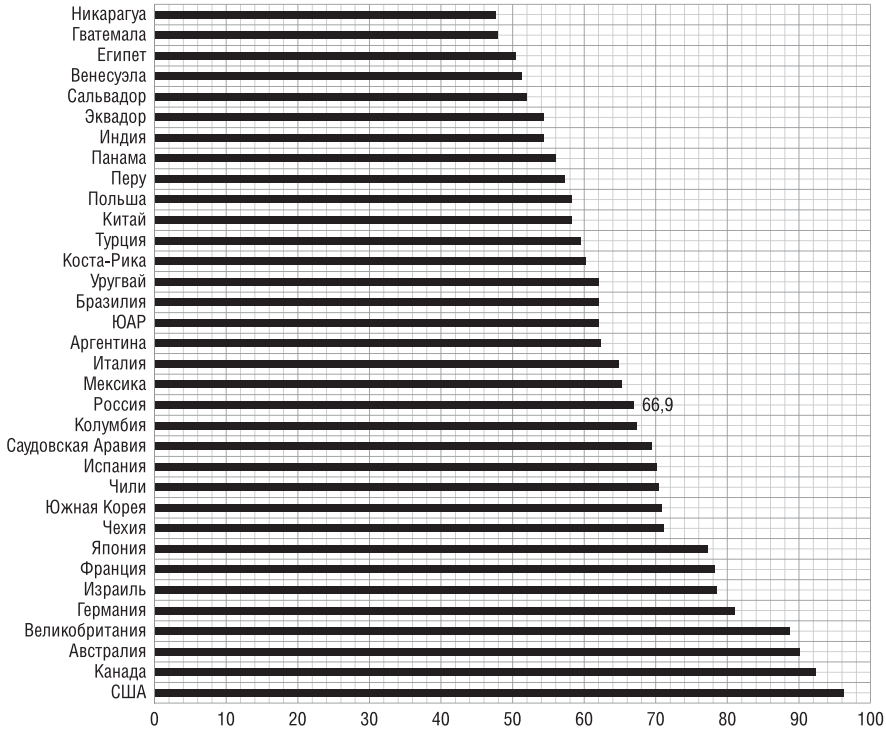


Источники: https://thegedi.org/downloads/; https://lpi.worldbank.org/international.

Рис. 5. **Визуализация показателей корреляции LPI и GEI**

ду LPI и TIDL показал значение 0,76, что также свидетельствует о достаточно сильной зависимости между эффективностью логистики и уровнем цифровизации стран.

В России ярко выражены показатели цифрового доверия (12-е место из 34) и цифровой открытости (9-е место из 34), что демонстрирует потенциал к росту экономики, однако невысок



Источник: https://thegedi.org/telefonica-index-on-digital-life/.

Рис. 6. **Значения Индекса цифровой жизни TIDL, 2016 год**

показатель цифрового предпринимательства (26-е место из 34). Можно полагать, что с ростом уровня предпринимательства в области цифровых технологий в стране улучшится и уровень развитости экономики, а принимая вывод о связи LPI с TIDL, можно спрогнозировать, что с ростом предпринимательства, связанного с цифровыми технологиями, в РФ значительно вырастет и эффективность цепочек поставок.

Выводы

Результаты исследования показывают, что индексы цифровой жизни и предпринимательства коррелируют со степенью развития экономики и показателем эффективности логистики. Страны с развитой экономикой демонстрируют высокие показатели эффективности логистических систем, предпринимательства и цифровизации. С учетом этой взаимосвязи Россия имеет значительные шансы нарастить темпы прироста логистической эффективности благодаря высоким показателям цифрового доверия и цифровой открытости. Однако этому препятствует слабый уровень развития цифрового предпринимательства.

Результаты исследования, методы и данные могут быть использованы для дальнейших исследований в области взаимного влияния ИКТ и предпринимательства.

Литература

1. *Рогулин Р. С.* Модель оптимизации плана закупок сырья из регионов России лесоперерабатывающим комплексом // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 4. С. 19–35.
2. *Ageron B., Bentahar O., Gunasekaran A.* Digital Supply Chain: Challenges and Future Directions // Supply Chain Forum: An International Journal. 2020. Vol. 21. No 3. P. 133–138.
3. *Benton M. C., Radziwill N. M., Purritano A. W., Gerhart C. J.* Blockchain for Supply Chain: Improving Transparency and Efficiency Simultaneously // Software Quality Professional. 2018. Vol. 20. No 3. P. 28–38.
4. *Bortagaray I.* Cultura, innovación, ciencia y tecnología en Uruguay: Trazos de sus vinculaciones // Revista de Ciencias Sociales. 2017. Vol. 30. No 41. P. 87–110.
5. *Chen X., Liu C., Li S.* The Role of Supply Chain Finance in Improving the Competitive Advantage of Online Retailing Enterprises // Electronic Commerce Research and Applications. 2019. Vol. 33. P. 12–16.
6. *Chorfi Z., Benabbou L., Berrado A.* An Integrated Performance Measurement Framework for Enhancing Public Health Care Supply Chains // Supply Chain Forum: An International Journal. 2018. Vol. 19. No 3. P. 191–203.
7. *Dolgui A., Ivanov D., Sokolov B.* Reconfigurable Supply Chain: The X-Network // International Journal of Production Research. 2020. Vol. 58. No 13. P. 4138–4163.
8. *Drake W. J., Cerf V. G., Kleinwächter W.* Internet Fragmentation: An Overview. 2016. http://www3.weforum.org/docs/WEF_FII_Internet_Fragmentation_An_Overview_2016.pdf.
9. *Galanakis C. M.* The Food Systems in the Era of the Coronavirus (COVID-19) Pandemic Crisis // Foods. 2020. Vol. 9. No 4. P. 523.
10. *Indriastuti M., Fuad K.* Impact of Covid-19 on Digital Transformation and Sustainability in Small and Medium Enterprises (SMEs): A Conceptual Framework // Complex, Intelligent and Software Intensive Systems / L. Barolli, A. Poniszewska-Maranda, T. Enokido (eds.). Springer, 2021. P. 471–476.
11. *Ivanov D.* Viable Supply Chain Model: Integrating Agility, Resilience and Sustainability Perspectives—Lessons from and Thinking Beyond the COVID-19 Pandemic // Annals of Operations Research. 2020.
12. *Ivanov D., Dolgui A.* A Digital Supply Chain Twin for Managing the Disruption Risks and Resilience in the Era of Industry 4.0 // Production Planning & Control. 2020.
13. *Jayaram A.* Lean Six Sigma Approach for Global Supply Chain Management Using Industry 4.0 and IIoT. 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics. 2016. P. 89–94.
14. *Kabra G., Ramesh A.* Analyzing ICT Issues in Humanitarian Supply Chain Management: A SAP-LAP Linkages Framework // Global Journal of Flexible Systems Management. 2015. Vol. 16. No 2. P. 157–171.
15. *Liu Y., Lee J. M., Lee C.* The Challenges and Opportunities of a Global Health Crisis: The Management and Business Implications of COVID-19 from an Asian Perspective // Asian Business & Management. 2020a. Vol. 19. No 3. P. 277–297.
16. *Liu Z., Hu B., Zhao Y., Lang L., Guo H., Florence K., Zhang S.* Research on Intelligent Decision of Low Carbon Supply Chain Based on Carbon Tax Constraints in Human-Driven Edge Computing. 2020b.
17. *Luthra S., Mangla S. K., Chan F. T. S., Venkatesh V. G.* Evaluating the Drivers to Information and Communication Technology for Effective Sustainability Initiatives in Supply Chains // International Journal of Information Technology & Decision Making. 2018. Vol. 17. No 1. P. 311–338.
18. *Nooraie V. S., Mahour Mellat P. M.* Mitigating Supply Chain Disruptions Through the Assessment of Trade-offs Among Risks, Costs and Investments in Capabilities // International Journal of Production Economics. 2016. Vol. 171(P1). P. 8–21.

19. *Raut R. D., Narkhede B., Gardas B. B.* To Identify the Critical Success Factors of Sustainable Supply Chain Management Practices in the Context of Oil and Gas Industries: ISM Approach // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 68(P1). P. 33–47.
20. *Rizou M., Galanakis I. M., Aldawoud T. M., Galanakis C. M.* Safety of Foods, Food Supply Chain and Environment Within the COVID-19 Pandemic // Trends in Food Science & Technology. 2020. No 102. P. 293–299.
21. *Shestak V., Konstantinov V., Govorov V., Budko E., Volodin O.* Harmonization of Russian Supply Chain Management Standards with EU Requirements // Regional Science Policy & Practice. 2021. P. 1–19.
22. *Tellez O., Laurent D., Lehuédé F., Monteiro T., Osorio Montoya G., Péton O., Vercraene S.* A Stakeholder Oriented Approach to the Optimization of Transports of People with Disabilities // Supply Chain Forum: An International Journal. 2020. Vol. 21. No 2. P. 93–102.
23. *Thongrawd C., Pichetsiraprapa P., Somthong N., Sudprasert K.* The Mediating Role of Operational and Environmental Performance in the Relationship Between Green Supply Chain Management and Financial Performance // International Journal of Supply Chain Management. 2019. Vol. 8. No 4. P. 258–268.
24. *Van Hoek R. I.* Research Opportunities for a More Resilient Post-COVID-19 Supply Chain—Closing the Gap Between Research Findings and Industry Practice // International Journal of Operations & Production Management. 2020. Vol. 40. No 4. P. 341–355.
25. *Wahyuni H. C., Vanany I., Ciptomulyono U., Purnomo J. D. T.* Integrated Risk to Food Safety and Halal Using a Bayesian Network Model // Supply Chain Forum: An International Journal. 2020. Vol. 21. No 4. P. 260–273.
26. *Yin S., Zhang N., Dong H.* Preventing COVID-19 from the Perspective of Industrial Information Integration: Evaluation and Continuous Improvement of Information Networks for Sustainable Epidemic Prevention // Journal of Industrial Information Integration. 2020. Vol. 19.
27. *Yoon S. N., Lee D. H., Schniederjans M.* Effects of Innovation Leadership and Supply Chain Innovation on Supply Chain Efficiency: Focusing on Hospital Size // Technological Forecasting and Social Change. 2016. Vol. 113(PB). P. 412–421.

Ekonomicheskaya Politika, 2021, vol. 16, no. 4, pp. 84-103

Rodion S. ROGULIN. Vladivostok State University of Economics and Service (44, Gogolya ul., Vladivostok, 690033, Russian Federation); Far Eastern Federal University (8, Sukhanova ul., Vladivostok, 690091, Russian Federation).
E-mail: rafassiaofusa@mail.ru

The Place of ICT and Entrepreneurship in Forming Sustainable Supply Chains

Abstract

The aim of the study is to assess the role of digital technologies and entrepreneurship in improving the efficiency of supply chains in the pre- and post-crisis periods. The values considered are GDP per capita, characterizing the degree of the country's well-being in the pre-crisis period; the LPI digital efficiency index, which determines the degree of development of the logistics environment in the country; the TIDL digital life index, which assesses the degree of development of the economy from the digital standpoint; and the GEI entrepreneurship index, which reflects the degree of development of entrepreneurship in the country. The result of cluster anal-

Acknowledgements
This work was supported by the DAAD (German Academic Exchange Service) and by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the Immanuel Kant Program.

ysis was the division of many countries into clusters from which individual economies were selected for further analysis. The work resulted in conclusions about the communication system between ICT and logistics, as well as between the level of entrepreneurship and the efficiency of logistics in the pre-crisis period. It is shown that developed economies have a high level of development of logistics systems, and high values of the digital life rating and level of entrepreneurship, which cannot be said about countries with middle and lower levels of development. The main conclusion of the study is the fact that, firstly, active introduction of ICT makes it possible to restore the supply chains destroyed by the crisis and to increase their efficiency, and, secondly, development of entrepreneurship in the country is a serious impetus to increasing the efficiency of supply chains, giving businesses not only a chance to survive in a pandemic, but also great benefits.
*Keywords: **s**upply chains, digital technologies, entrepreneurship, cluster analysis, COVID-19, countries.*
JEL: C00, E01, E61, E66, R41.

References

1. Rogulin R. S. Model' optimizatsii plana zakupok syr'ya iz regionov Rossii lesopererabatyvayushchim kompleksom [A Model for Optimizing Plans for Procurement of Raw Materials from Regions of Russia in a Timber-Processing Enterprise]. *Biznes-informatika [Business Informatics]*, 2020, vol. 14, no. 4. pp. 19-35. DOI:10.17323/2587-814X.2020.4.19.35. (In Russ.)
2. Ageron B., Bentahar O., Gunasekaran A. Digital Supply Chain: Challenges and Future Directions. *Supply Chain Forum: An International Journal,* 2020, vol. 21, no. 3, pp. 133-138. DOI:10.1080/16258312.2020.1816361.
3. Benton M. C., Radziwill N. M., Purritano A. W., Gerhart C. J. Blockchain for Supply Chain: Improving Transparency and Efficiency Simultaneously. *Software Quality Professional,* 2018, vol. 20, no. 3, pp. 28-38.
4. Bortagaray I. Cultura, innovación, ciencia y tecnología en Uruguay: Trazos de sus vinculaciones. *Revista de Ciencias Sociales,* 2017, vol. 30, no. 41, pp. 87-110. DOI:10.26489/rvs.v30i41.5. (In Span.)
5. Chen X., Liu C., Li S. The Role of Supply Chain Finance in Improving the Competitive Advantage of Online Retailing Enterprises. *Electronic Commerce Research and Applications,* 2019, vol. 33, pp. 12-16. DOI:10.1016/j.elerap.2018.100821.
6. Chorfi Z., Benabbou L., Berrado A. An Integrated Performance Measurement Framework for Enhancing Public Health Care Supply Chains. *Supply Chain Forum: An International Journal,* 2018, vol. 19, no. 3, pp. 191-203. DOI:10.1080/16258312.2018.1465796.
7. Dolgui A., Ivanov D., Sokolov B. Reconfigurable Supply Chain: The X-Network. *International Journal of Production Research,* 2020, vol. 58, no. 13, pp. 4138-4163. DOI:10.1080/00207543.2020.1774679.
8. Drake W. J., Cerf V. G., Kleinwächter W. *Internet Fragmentation: An Overview,* 2016. http://www3.weforum.org/docs/WEF_FII_Internet_Fragmentation_An_Overview_2016.pdf.
9. Galanakis C. M. The Food Systems in the Era of the Coronavirus (COVID-19) Pandemic Crisis. *Foods,* 2020, vol. 9, no. 4, pp. 523. DOI:10.3390/foods9040523.
10. Indriastuti M., Fuad K. Impact of Covid-19 on Digital Transformation and Sustainability in Small and Medium Enterprises (SMEs): A Conceptual Framework. In: Barolli L., Poniszewska-Maranda A., Enokido T. (eds.). *Complex, Intelligent and Software Intensive Systems.* Springer, 2021, pp. 471-476. DOI:10.1007/978-3-030-50454-0_48.
11. Ivanov D. Viable Supply Chain Model: Integrating Agility, Resilience and Sustainability Perspectives - Lessons from and Thinking Beyond the COVID-19 Pandemic. *Annals of Operations Research,* 2020. DOI:10.1007/s10479-020-03640-6.
12. Ivanov D., Dolgui A. A Digital Supply Chain Twin for Managing the Disruption Risks and Resilience in the Era of Industry 4.0. *Production Planning & Control,* 2020. DOI:10.1080/09537287.2020.1768450.

13. Jayaram A. Lean Six Sigma Approach for Global Supply Chain Management Using Industry 4.0 and IIoT. *2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics,* 2016, pp. 89-94. DOI:10.1109/IC3I.2016.7917940.
14. Kabra G., Ramesh A. Analyzing ICT Issues in Humanitarian Supply Chain Management: A SAP-LAP Linkages Framework. *Global Journal of Flexible Systems Management,* 2015, vol. 16, no. 2, pp. 157-171. DOI:10.1007/s40171-014-0088-3.
15. Liu Y., Lee J. M., Lee C. The Challenges and Opportunities of a Global Health Crisis: The Management and Business Implications of COVID-19 from an Asian Perspective. *Asian Business & Management,* 2020a, vol. 19, no. 3, pp. 277-297. DOI:10.1057/s41291-020-00119-x.
16. Liu Z., Hu B., Zhao Y., Lang L., Guo H., Florence K., Zhang S. *Research on Intelligent Decision of Low Carbon Supply Chain Based on Carbon Tax Constraints in Human-Driven Edge Computing,* 2020b. DOI:10.1109/ACCESS.2020.2978911.
17. Luthra S., Mangla S. K., Chan F. T. S., Venkatesh V. G. Evaluating the Drivers to Information and Communication Technology for Effective Sustainability Initiatives in Supply Chains. *International Journal of Information Technology & Decision Making,* 2018, vol. 17, no. 1, pp. 311-338. DOI:10.1142/S0219622017500419.
18. Nooraie V. S., Mahour Mellat P. M. Mitigating Supply Chain Disruptions Through the Assessment of Trade-offs Among Risks, Costs and Investments in Capabilities. *International Journal of Production Economics,* 2016, vol. 171(P1), pp. 8-21. DOI:10.1016/j.ijpe.2015.10.018.
19. Raut R. D., Narkhede B., Gardas B. B. To Identify the Critical Success Factors of Sustainable Supply Chain Management Practices in the Context of Oil and Gas Industries: ISM Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 2017, vol. 68(P1), pp. 33-47. DOI:10.1016/j.rser.2016.09.067.
20. Rizou M., Galanakis I. M., Aldawoud T. M., Galanakis C. M. Safety of Foods, Food Supply Chain and Environment Within the COVID-19 Pandemic. *Trends in Food Science & Technology,* 2020, no. 102, pp. 293-299. DOI:10.1016/j.tifs.2020.06.008.
21. Shestak V., Konstantinov V., Govorov V., Budko E., Volodin O. Harmonization of Russian Supply Chain Management Standards with EU Requirements. *Regional Science Policy & Practice,* 2021, pp. 1-19. https://doi.org/10.1111/rsp3.12423.
22. Tellez O., Laurent D., Lehuédé F., Monteiro T., Osorio Montoya G., Péton O., Vercraene S. A Stakeholder Oriented Approach to the Optimization of Transports of People with Disabilities. *Supply Chain Forum: An International Journal,* 2020, vol. 21, no. 2, pp. 93-102. DOI:10.1080/16258312.2020.1768435.
23. Thongrawd C., Pichetsiraprapa P., Somthong N., Sudprasert K. The Mediating Role of Operational and Environmental Performance in the Relationship Between Green Supply Chain Management and Financial Performance. *International Journal of Supply Chain Management,* 2019, vol. 8, no. 4, pp. 258-268.
24. Van Hoek R. I. Research Opportunities for a More Resilient Post-COVID-19 Supply Chain - Closing the Gap Between Research Findings and Industry Practice. *International Journal of Operations & Production Management,* 2020, vol. 40, no. 4, pp. 341-355. DOI:10.1108/IJOPM-03-2020-0165.
25. Wahyuni H. C., Vanany I., Ciptomulyono U., Purnomo J. D. T. Integrated Risk to Food Safety and Halal Using a Bayesian Network Model. *Supply Chain Forum: An International Journal,* 2020, vol. 21, no. 4, pp. 260-273. DOI:10.1080/16258312.2020.1763142.
26. Yin S., Zhang N., Dong H. Preventing COVID-19 from the Perspective of Industrial Information Integration: Evaluation and Continuous Improvement of Information Networks for Sustainable Epidemic Prevention. *Journal of Industrial Information Integration,* 2020, vol. 19. DOI:10.1016/j.jii.2020.100157.
27. Yoon S. N., Lee D. H., Schniederjans M. Effects of Innovation Leadership and Supply Chain Innovation on Supply Chain Efficiency: Focusing on Hospital Size. *Technological Forecasting and Social Change,* 2016, vol. 113(PB), pp. 412-421. DOI:10.1016/j.techfore.2016.07.015.