ISSN 2079-4665 (Print), 2411-796X (Online) https://www.mir-nayka.com

DOI: 10.18184/2079-4665.2020.11.2.196-215

УДК 339.97

JEL: F01, F63

Оценка развития цифровой экономики на примере Европейского союза

Николай Иванович Диденко [1], Джамиля Фатыховна Скрипнюк [2], Владимир Вячеславович Кобылинский [3]

[1–3] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Российская Федерация

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29

E-mail: didenko.nikolay@mail.ru; djamilyas@mail.ru

Аннотация

Цель *настоящей статьи – исследование методических подходов к оценке уровня развития цифровой экономики и использование результатов анализа для понимания направлений процессов развития цифровой экономики.*

Методы или методология проведения работы. *Методология исследования базируется на использовании элементов статистических методов и методов макроэкономического моделирования. Эмпирическая база представлена комплексом тематических материалов, включая статистические данные стран Европейского союза.*

Результаты работы. *В рамках исследования представлены различные трактовки содержания понятия «цифровая экономика», с указанием его наполнения в соответствии с эволюционным развитием общества и течением научно-технического прогресса. Рассмотрены подходы к измерению уровня развития цифровизации экономики в странах мира. Выявлено отсутствие общепризнанных в этой сфере универсальных показателей и методов. Проведен анализ развития цифровой экономики в странах Европейского союза с использованием индекса цифровой экономики и общества (Digital Economy and Society Index, DESI). Разработана модель, позволяющая осуществлять группировку стран ЕС с учетом уровня цифровизации их экономик и характерных признаков для каждой выделенной группы, что способствует повышению эффективности принятия управленческих решений в направлении развития цифровой экономики в конкретных условиях.*

Выводы. *Анализ выявил дифференциацию в уровне развития стран Европейского Союза, обусловленную наличием существенных различий в стратегических приоритетах реализации направлений цифровизации экономики. Основным направлением цифровизации экономики следует рассматривать промышленное производство. Формирование интеллектуального производства на базе внедрения цифровых производственных и цифровых информационных технологий в основные этапы жизненного цикла продукта становится новой производственной парадигмой. В этом контексте формируются социокиберфизические системы, способные решать ключевые задачи цифровизации производственных систем и стать локомотивами роста новой экономики, с возможностью включения взаимосвязи с окружающей средой и социальной сферой за счет создания новых рабочих мест. Предложенная модель ориентирована на учет специфических особенностей развития страны (группы стран), что позволяет выявлять ключевые проблемы в развитии цифровой экономики и своевременно предпринимать необходимые меры для их решения.*

Ключевые слова: *цифровая экономика, страны Европейского союза, группировка стран по уровню развития цифровой экономики, индекс DESI, направление цифровизации, интеллектуальное производство*

Конфликт интересов. *Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

Для цитирования: *Диденко Н. И., Скрипнюк Д. Ф., Кобылинский В. В.* Оценка развития цифровой экономики на примере Европейского союза // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2020. Т. 11. № 2. С. 196–215

https://doi.org/10.18184/2079-4665.2020.11.2.196-215

© Диденко Н. И., Скрипнюк Д. Ф., Кобылинский В. В., 2020

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Assessment of the Digital Economy Development on the Example of the European Union

Nikolay I. Didenko [1], Djamilia F. Skripnuk [2], Vladimir V. Kobylinsky [3]

[1–3] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

29, Polytechnitcheskaya st., St. Petersburg, 195251

E-mail: didenko.nikolay@mail.ru; djamilyas@mail.ru

Abstract

Purpose: *the study methodological approaches to assessing the level of development of the digital economy and develop recommendations for improving digitalization development management processes.*

Methods: *the research methodology is based on the use of elements of various types of analysis, statistical methods and macroeconomic modeling methods. The empirical base is represented by a set of thematic materials, including statistical data from European Union countries.*

Results: *the study presents various interpretations of the content of the concept of "digital economy", indicating its content in accordance with the evolutionary development of society and the progress of scientific and technological progress. Approaches to measuring the level of development of the digitalization of the economy on a global scale are considered. The absence of the universally recognized universal indicators and methods recognized in this field has been revealed. An analysis of the development of the digital economy in the countries of the European Union using the Digital Economy and Society Index (DESI) is carried out. A model has been developed that allows the grouping of EU countries taking into account the level of development of the digital economy and the characteristic features for each selected group of countries, which will increase the efficiency of managerial decisions in the direction of the development of CEs in specific conditions.*

Conclusions and Relevance: *the differentiation in the level of development of the countries of the European Union determines the presence of significant differences in strategic priorities in the implementation of the digitalization of the economy. The main direction of digitalization of the economy should be considered industrial production. A new production paradigm is the formation of intelligent production based on the introduction of digital production and digital information technologies in the main stages of the product life cycle. Sociocyberphysical systems capable of solving key problems, both in the digitalization of production systems and becoming the locomotives of the growth of the new economy, are being formed in this context. They have the ability to interact with both the environment and the social sphere through the creation of new jobs. The developed model is focused on taking into account the specific features of the development of a country (group of countries), allows you to identify key problems in the development of the digital economy and timely take the necessary measures to solve them.*

Keywords: *digital economy, countries of the European Union, grouping of countries according to the level of development of the digital economy, DESI index, direction of digitalization, intelligent production*

Conflict of Interes. *The Authors are declaring that there is no Conflict of Interests.*

For citation*:* Didenko N. I., Skripnuk D. F., Kobylinsky V. V. Assessment of the Digital Economy Development on the Example of the European Union. *MIR (Modernizatsiia. Innovatsii. Razvitie) = MIR (Modernization. Innovation. Research)*. 2020; 11(2):196–215. (In Russ.)

https://doi.org/10.18184/2079-4665.2020.11.2.196-215

Введение

Модернизация традиционных производственных отраслей и сферы услуг, в том числе организации торгово-закупочных процедур и смежных финансовых и логистических операций, изменение структуры потребления на фоне сквозного проникновения информационных технологий и цифровизации экономических процессов создают основу для формирования новых рынков и условий их функционирования, а также новых подходов к аналитике, прогнозированию и принятию управленческих решений [1].

Продолжающееся усложнение общественных структур и отношений, основой которых все чаще выступают современные цифровые технологии, вызывающие экспоненциальный рост потоков данных, выдвигает на первый план вопрос о формировании экономики нового типа, где доминирующее значение приобретают отношения по поводу производства, обработки, хранения, передачи и использования увеличивающегося объема данных. Данные становятся основой экономического анализа, исследующего закономерности функционирования современных социально-экономических систем [2; 3].

Новый тип экономики, к которой относят цифровую экономику, требует, в свою очередь, новых подходов к управлению. Сложность построения системы управления в данном случае определяется разнообразием экономических систем и необходимостью учета специфических характеристик развития различных стран. В этой связи возникает задача измерения уровня развития цифровой экономики, что и определяет актуальность данного исследования.

Целью представленной работы является изучение существующих подходов к оценке уровня развития цифровой экономики и выработка рекомендаций относительно направлений ее дальнейшего развития. Для достижения поставленной цели в статье решаются следующие задачи: исследуется содержание понятия «цифровая экономика» как объекта управления; производится оценка уровня развития цифровой экономики на примере стран Европейского союза; выявляются направления развития цифровой экономики в странах мира.

Обзор литературы и исследований. В научной литературе нет однозначного толкования понятия «цифровая экономика», несмотря на высокую практическую значимость исследований в данной области [4; 5; 6]. Одними из важнейших причин, объясняющих данную ситуацию, являются опережающее развитие практики разработки цифровых технологий и быстрое устаревание еще не успевших прижиться подходов. Тем не менее, исследование эволюции содержательного наполнения цифровой экономики как понятия позволяет более системно рассматривать управленческие подходы к процессам цифровизации.

Ранние трактовки, определяющие сущность термина «цифровая экономика», в качестве его доминирующего содержательного элемента рассматривали интернет-технологии, обращая внимание при этом на взаимодействие людей посредством сетевых технологий (Tapscott D. [7]), на возникающие потоки информации (Lane N. [8]) и сферы, критически зависимые от цифровых технологий (Kling R., Lamb R. [9]). В более поздние периоды внимание исследователей стали привлекать трансформационные процессы, происходящие в различных секторах экономики под воздействием внедрения информационных технологий (Brynjolfsson E., Kahin B. [10]), а также структурные компоненты «цифровой экономики» (Mesenbourg, T.L. [11], Dahlman C., Mealy S., Wermelinger M.) [12]).

В российском научном сообществе популярность исследований цифровой экономики проявилась только в последние годы. Причем большинство из них носит точечный характер, с выделением отдельных сфер применения информационных технологий: транспорт, проектирование, государственные услуги и т.д. Сущность же цифровой экономики трактуется, как правило, более узко, чем в зарубежных публикациях.

Так, Асанов Р.К., говоря о цифровой экономике, ограничивает ее функционирование производством электронных товаров, сервисов и их дистрибуции с применением электронной коммерции [13]. Но в данном случае остается нераскрытым вопрос – какое место в данной трактовке отводится нематериальным ценностям.

Куцман А.А., характеризуя цифровую экономику, выделяет в качестве основных ресурсов сферы производства товаров и услуг информацию, знания и использование цифровых технологий для хранения, обработки и передачи информации [14]. Хранение, обработка и передача информации посредством информационных технологий в совокупности составляют лишь часть функций, выполняемых цифровой экономикой.

Понятие цифровой экономики приводится также в нормативно-законодательных актах РФ, регулирующих развитие цифровой экономики.

В Программе «Цифровая экономика Российской Федерации» цифровая экономика представлена тремя следующими уровнями, которые в своем тесном взаимодействии влияют на жизнь граждан и общества в целом:

- рынки и отрасли экономики (сферы деятельности), где осуществляется взаимодействие конкретных субъектов (поставщиков и потребителей товаров, работ и услуг);
- платформы и технологии, где формируются компетенции для развития рынков и отраслей экономики (сфер деятельности);
- среда, которая создает условия для развития платформ, технологий и эффективного взаимодействия субъектов рынков и отраслей экономики (сфер деятельности) и охватывает нормативное регулирование, информационную инфраструктуру, кадры и информационную безопасность .

Неоднозначность толкования дефиниции «цифровая экономика», с одной стороны, предопределяет наличие разнообразных подходов к ее измерению и порождает проблемы разного характера: несопоставимость данных, недооценка влияния на экономическое развитие, социальную сферу и т.д. Но, с другой [1] стороны, высокие темпы цифровизации экономики в глобальном масштабе настоятельно требуют проведения такого рода оценок.

В 2001 г. Томас Мезенбург предпринял попытку статистической оценки и измерения цифровой экономики, выделив пять компонентов: электронная инфраструктура предприятий (в том числе программное обеспечение, вычислительная техника),

[1] Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации 28.07.2017, № 1632-р). URL: http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf (дата обращения 05.06.2019)

электронная коммерция, прирост стоимости традиционных отраслей за счет использования цифровых технологий, отличие в ценности рабочей силы цифровой экономики по сравнению с традиционной, изменения в добавленной стоимости продукции и услуг цифровой экономики [11]. Однако на практике оказалось, что достоверно количественно измерить возможно лишь первые два компонента. При оценке остальных компонентов возможны погрешности.

С середины 2000-х гг., в период становления социальных сетей и активного развития инфраструктуры, стало очевидно, что в цифровую экономику необходимо также включать добавленную стоимость, создаваемую медиа и различными интернет-сервисами. Однако оценка нематериальных активов является еще более сложной задачей. Подтверждением тому служат факты приобретения интернет-компаний по цене, формирующейся на уровне интуиции: покупка Facebook мессенджера WhatsApp за 19 млрд долл. [2] и социальной сети Instagram за 1 млрд долл. [3]

В исследованиях по оценке цифровой экономики также отмечается проблема качества данных. Особенно это относится к развивающимся странам, в которых данные либо отсутствуют, либо недостоверны [4]. Решению данной проблемы в значительной степени способствуют эксперты международных организаций (Всемирный банк, Организация экономического сотрудничества и развития, Международный союз электросвязи и др.) и консалтинговых компаний (Ernst&Young, KPMG, McKinsey, Pricewaterhouse Coopers, Boston Consulting Group и др.).

Тем не менее, в настоящий период универсальные показатели и методы оценки цифровой экономики отсутствуют. Определенное представление об уровне ее развития в стране могут дать рейтинги, формируемые на основе индексов, на чем и концентрируется внимание в данном исследовании.

Материалы и методы. Представленное исследование выполнено с использованием методов макроэкономического моделирования (построение ADL моделей), статистических методов (метод группировки), а также различных методов анализа – сравнительного, функционального и экономического. В качестве материалов для исследования использованы тематические исследования зарубежных и отечественных ученых, включающие проблемы, оценки и перспективы цифровизации экономики; статистическая информация, характеризующая процессы развития цифровой экономики; профильные отчеты и тематические доклады.

Результаты исследования

Результаты исследования изложены в следующей последовательности: проведен анализ индикаторов, предложенных различными институтами для оценивания развития цифровой экономики; собрана информация по компонентам DESI и проведен анализ процессов развития цифровой экономики в странах ЕС за 2015–2019 гг.

Анализ индикаторов развития цифровой экономики

Существуют различные методики и показатели оценки уровня развития цифровой экономики страны. Достаточно распространенным индикатором развития цифровизации является *индекс сетевой готовности* (Networked Readiness Index – NRI), который ежегодно, начиная с 2002 г., публикуется Всемирным экономическим форумом и международной школой бизнеса INSEAD [15]. Индекс включает четыре подиндекса с двумя-тремя составляющими, которые рассчитываются на основе отдельных показателей:

- среда (политическая и регуляторная, деловая и инновационная);
- готовность (инфраструктура, доступность, навыки);
- использование (населением, бизнесом и государством);
- воздействие (экономическое и социальное).

При расчете индекса в совокупности используется более 50-ти показателей. Часть из них основана на международной статистике, другая часть получена на основе экспертного опроса менеджеров предприятий в оцениваемых странах. Данный индекс назван в числе контрольных показателей «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации» и входил в целевые показатели первых вариантов государственной программы «Информационное общество (2011–2020 годы)».

Другим широко распространенным индексом в сфере измерения развития цифровой экономики является *Индекс развития электронного правительства ООН* (E-Government Development Index – EGDI) [4]. Названный индекс был впервые рассчитан в 2001 г., и до настоящего периода публикуется раз в два года департаментом по экономическим и социальным вопросам ООН.

[2] Facebook спросил WhatsApp, Газета, ru. URL: https:// gazeta.ru/business/2014/02/20/5917653.shtml

[3] Facebook купил Instagram за $1 млрд. Forbes. URL: http://forbes.ru/news/80865-facebook-kupil-instagram-za-1-mlrd

[4] Исследование ООН. Электронное правительство 2018. URL: https://publicadministration.un.org/publications/content/PDFs/UN%20E-Government%20Survey%202018%20Russian.pdf (дата обращения 05.06.2019)

EGDI состоит из трех подиндексов, характеризующих состояние человеческого капитала, ИКТ-инфраструктуры и веб-присутствия органов государственной власти. Расчет первых двух показателей базируется на официальных статистических данных. Третий показатель строится на основе результатов обследования веб-сайтов правительства (а также портала государственных услуг) и шести министерств – финансов, здравоохранения, образования, труда, социального обеспечения, экологии. Обследование веб-сайтов проводится в рамках подготовки индекса, причем они оцениваются с точки зрения информационного наполнения, функциональности, а также их использования для предоставления государственных услуг в электронной форме и вовлечения граждан в процессы управления. Названный индекс входит в число контрольных показателей «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации» и государственной программы «Информационное общество (2011–2020 годы)» и показывает место России в рейтинге стран мира.

Третий индекс – *Индекс развития информационно-коммуникационных технологий* (ICT Development Index – IDI), разработан в 2007 г. Международным союзом электросвязи. Индекс строится на основе трех подиндексов – доступ к ИКТ, использование ИКТ и ИКТ-навыки[5].

Для расчета IDI используется 11 показателей, характеризующих проникновение фиксированной телефонной связи, мобильной сотовой связи, широкополосного мобильного и фиксированного интернета; доступ к компьютерам и интернету домохозяйств; пропускную способность международных каналов доступа к интернету; уровень грамотности взрослого населения и вовлеченность в образование молодежи. IDI входит в число контрольных показателей «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации» и государственной программы «Информационное общество (2011–2020 годы)».

Четвертый индекс – *Индекс мировой цифровой конкурентоспособности* (World Digital Competiveness Index, WDCI), разработан швейцарской школой бизнеса. Данный индекс отражает готовность и возможность стран адаптироваться к развитию цифровой экономики. Индекс базируется на 50-ти критериях, агрегированных в три субиндекса: знания (образование, наука, таланты), технологии (регулирование, уровень развития связи, экспорт), готовность (адаптация, гибкость бизнеса)[6].

Пятый индекс – *Индекс цифровой эволюции* (Digital Evolution Index, DEI), рассчитывается по итогам исследования межстрановых различий, проводимого Институтом изучения бизнеса в глобальном контексте имени Флетчера (США, университет Тафта) совместно с компанией Mastercard. Основу индекса составляют 170 показателей, объединенных по следующим направлениям: предложение и спрос потребителей на цифровые технологии, институциональная среда, инновационный климат. В соответствии со значением DEI страны разделяются на 4 группы: страны с высоким уровнем развития и сохранением темпов роста развития цифровизации; страны с высоким уровнем развития, но замедлившие темпы роста; страны с невысоким уровнем развития, но демонстрирующие уверенный рост; страны с низким уровнем развития[7].

Шестой индекс – *Индекс цифровой экономики и общества* (DESI), разработан Европейским Союзом для оценки уровня развития цифровой экономики в странах ЕС (28 стран). Индекс оценивает прогрессивность стран в направлении движения к формированию цифровой экономики и цифровую конкурентоспособность. Работа с индексом обеспечивает возможность выполнения четырех типов анализа[8]:

1) анализ общей характеристики результатов деятельности отдельных государств-членов посредством сравнения их общих индексных баллов;
2) определение областей, в которых при определенных государственных воздействиях может быть достигнуто улучшение показателей;
3) оценка прогрессивности (регрессивности) развития методом динамических сопоставлений;
4) сравнительный анализ с выделением групп стран с близким уровнем развития и разработка мер по повышению уровня в соответствии с текущим состоянием для каждой группы.

Данный индекс является комплексным и рассчитывается как средневзвешенное пяти составляющих его параметров с выделением отдельных показателей по каждому из них (табл. 1).

[5] Рейтинг стран мира по уровню развития информационно-коммуникационных технологий. URL: https://gtmarket.ru/ratings/ict-development-index/ict-development-index-info (дата обращения 05.06.2019)

[6] Там же.

[7] Introducing the 2017 edition of the Digital Evolution Index. URL: https://www.mastercard.us/en-us/governments/insights-research/digital-evolution-index/introduction.html (дата обращения 05.06.2019)

[8] World Economic Forum. Networked Readiness Index. URL: http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2015/network-readiness-index/ (дата обращения 10.06.2019); Review the Methodological note on DESI 2019. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi (дата обращения 10.06.2019)

Таблица 1

Структура DESI

Table 1

DESI structure

Индекс, вес	Суб-индекс	Индикатор
Связность/подключение, 5%	Фиксированное широкополосное подключение	Фиксированное широкополосное покрытие
		Фиксированный широкополосный прием
	Мобильное широкополосное подключение	4G покрытие
		Мобильная широкополосная связь
		5G готовность
	Быстрое широкополосное подключение	Быстрое широкополосное (NGA) покрытие
		Быстрый широкополосный прием
	Сверхбыстрое широкополосное подключение	Сверхбыстрое широкополосное покрытие
		Сверхбыстрый широкополосный прием
	Индекс цен на широкополосную связь	Индекс цен на широкополосную связь
Человеческий капитал (навыки человека), 25%	Навыки работы с интернетом	Базовые цифровые навыки
		Выше базовых цифровых навыков
		Базовые навыки работы с программным обеспечением
	Продвинутые навыки и развитие	Специалисты по ИКТ
		Женский специалист по ИКТ
		Выпускники ИКТ
Использование интернета гражданами, 15%	Использование интернета	Люди, которые никогда не пользовались интернетом
		Интернет-пользователи
	Активность онлайн	Новости
		Видео по запросу «Музыка, видео и игры»
		Видеозвонки
		Социальные сети
		Профессиональные социальные сети
		Проведение онлайн курса
		Онлайн консультации и голосование
	Транзакции	Банковское дело
		Покупки
		Продажа онлайн
Использование цифровых технологий в бизнесе, 20%	Оцифровка бизнеса	Электронный обмен информацией
		Социальные сети
		Большие данные
		Облачные технологии
	Электронная коммерция	МСП, продающие онлайн
		Оборот электронной коммерции
		Трансграничная продажа онлайн
Цифровые государственные услуги, 15%	Электронное Правительство	Пользователи электронного правительства
		Предварительно заполненные формы
		Завершение онлайн-сервиса
		Цифровые государственные услуги для бизнеса
		Открытые данные
	Электронное здравоохранение	Услуги электронного здравоохранения
		Медицинский обмен данными
		Электронный рецепт

Составлено авторами по материалам: World Economic Forum. Networked Readiness Index. URL: http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2015/network-readiness-index/; Review the Methodological note on DESI 2019. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi.

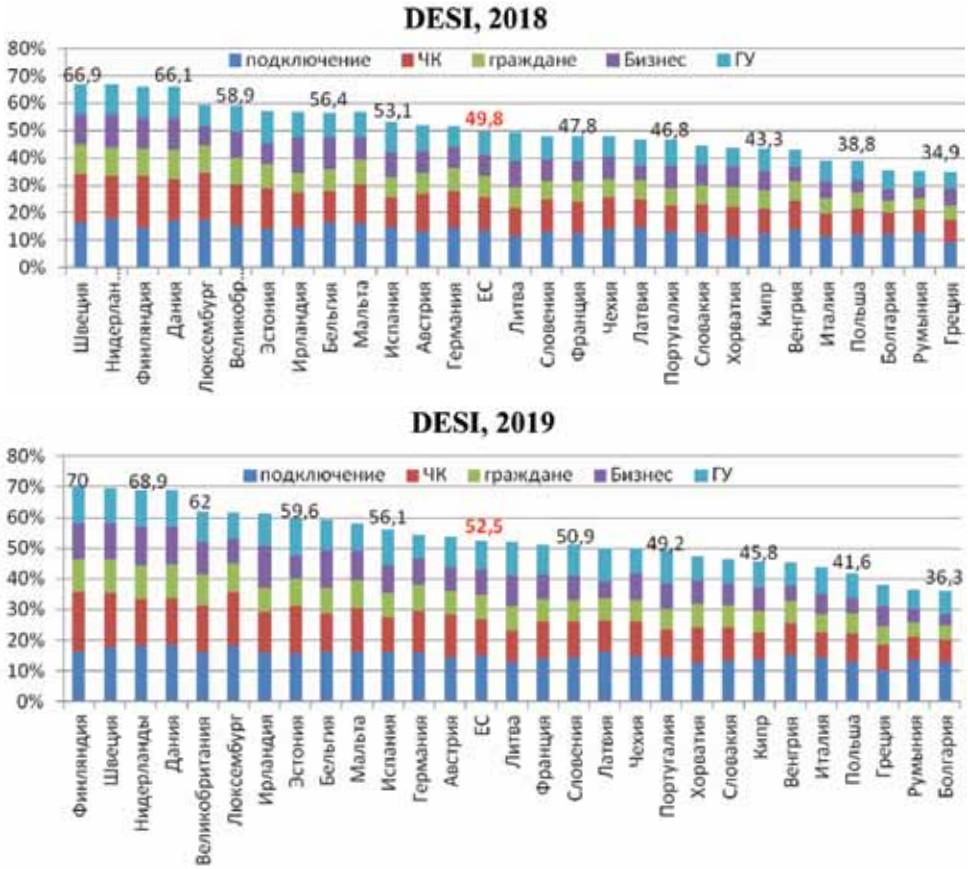
Compiled by the author based: World Economic Forum. Networked Readiness Index. URL: http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2015/network-readiness-index/; Review the Methodological note on DESI 2019. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi

Комплексность охвата сфер, учитываемых при расчете индекса, позволяет отслеживать состояние и эволюцию процессов цифровизации, определять конкурентные позиции европейских государств в этой области, даёт возможность Европейской комиссии ежегодно выявлять количественные и качественные различия в уровнях развития процессов цифровизации в рамках ЕС [16].

Анализ процессов развития цифровой экономики в странах Европейского союза

Анализ процессов развития цифровой экономики в странах Европейского союза представим с позиции анализа компонентов Digital Economy and Society Index. Общее изменение значения DESI представлено на рис. 1.

Сравнивая позиции анализируемых стран за 2018 и 2019 гг., можно выделить страны-лидеры: Финляндия, Швеция, Нидерланды, Дания, Великобритания, Люксембург. Их ранги изменяются, но позиция в группе сохраняется. Свое положение улучшают Финляндия (переместилась с 3-го места на 1-е) и Великобритания (с 6-го места на 5-е). Ухудшение положения с DESI демонстрируют Швеция (переместилась с 1-го места на 2-е), Нидерланды (со 2-го места на 3-е), Люксембург



ЧК – навыки человека; Граждане – использование Интернета гражданами; Бизнес – использование цифровых технологий в бизнесе; ГУ – цифровые государственные услуги.

Разработано авторами на основе: The Digital Economy and Society Index (DESI). URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi

Рис. 1. Динамика DESI в странах ЕС, 2018–2019 гг.

Developed by the authors based: The Digital Economy and Society Index (DESI). URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi

Fig. 1. Dynamics of the DESI in the EU countries, 2018–2019

(с 5-го места на 6-е). Дания сохраняет 4-е место в рейтинге.

Группа аутсайдеров ведет себя наиболее стабильно. Меняются местами только Греция (улучшает позицию) и Болгария (ухудшает положение).

Перестановки имеют место и в серединной группе. Движение осуществляется, как правило, на одну позицию в плюс или минус.

В целом можно констатировать повышение значения DESI при увеличении дифференциации по уровню развития цифровой экономики между странами (разница между максимальным и минимальным показателями увеличивается с 32 баллов в 2018 г. до 33,7 в 2019 г.). К положительным моментам можно отнести сохранение количества стран, превышающих средний по ЕС уровень развития цифровизации.

Для выявления причин происходящих изменений необходимо проведение исследований динамики показателей, включенных в DESI.

Оценка коэффициента покрытия. Измерение связности учитывает как спрос, так и предложение со стороны фиксированной и мобильной широкополосной связи. В случае фиксированной широкополосной связи оценивается доступность, а также анализируются базовая, быстрая (Next Generation Access – NGA, обеспечивающей скорость не менее 30 Мбит/с) и сверхбыстрая (не менее 100 Мбит/с) широкополосные связи, учитываются цены розничных предложений. Что касается мобильного широкополосного доступа, то в него включены такие показатели, как доступность 4G и использование мобильного широкополосного доступа.

Сравнительная оценка фиксированной широкополосной связи (базовой, быстрой и сверхбыстрой) показывает, что Дания, Люксембург, Нидерланды, Швеция, Мальта и Бельгия являются самыми сильными участниками. Греция, Хорватия, Литва, Болгария и Польша оказались среди самых слабых по данному показателю (рис. 2).

Несмотря на то, что блок «Подключение» (Connectivity) имеет высокий удельный вес в структуре DESI, его воздействие на изменение положения стран в рейтинге неоднозначно. Так, улучшение позиций Финляндии (с 10-го на 6-е место), Дании (с 3-го на 1-е место) и Италии (с 26-го на 18-е место) по показателям Connectivity (преимущественно благодаря мобильному широкополосному доступу) обеспечивает движение вперед Финляндии и сохранение позиций Дании и Италии. Вместе с тем, ухудшение положения Великобритании (с 7-го на 10-е место) не препятствует повышению ее ранга по значению совокупного индекса. В данном блоке также наблюдается стабильность по количеству стран, опережающих средний по ЕС уровень развития связности. Более того, дифференциация данного уровня по странам снижается.

Оценка развития навыков человека. Оценка навыков человека (человеческий капитал – ЧК) в DESI включает два субиндекса, охватывающих «навыки пользователя интернета» и «квалифицированных пользователей». Первый основан на индикаторе, учитывающем сложность операций при использовании цифровых устройств и/или Интернета. Второй включает показатели занятости специалистов в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и выпускников с соответствующей квалификацией.

По показателям навыков человека (ЧК) в 2019 г. тройка лидеров сохранила свои позиции (Финляндия, Швеция, Люксембург). Значительно продвинулись по отношению к 2018 г. Эстония (с 7-го на 4-е место) и Бельгия (с 15-го на 12-е место), благодаря росту специалистов, занятых в области ИКТ. Болгария, Румыния, Италия и Греция имели самые низкие показатели (рис. 3).

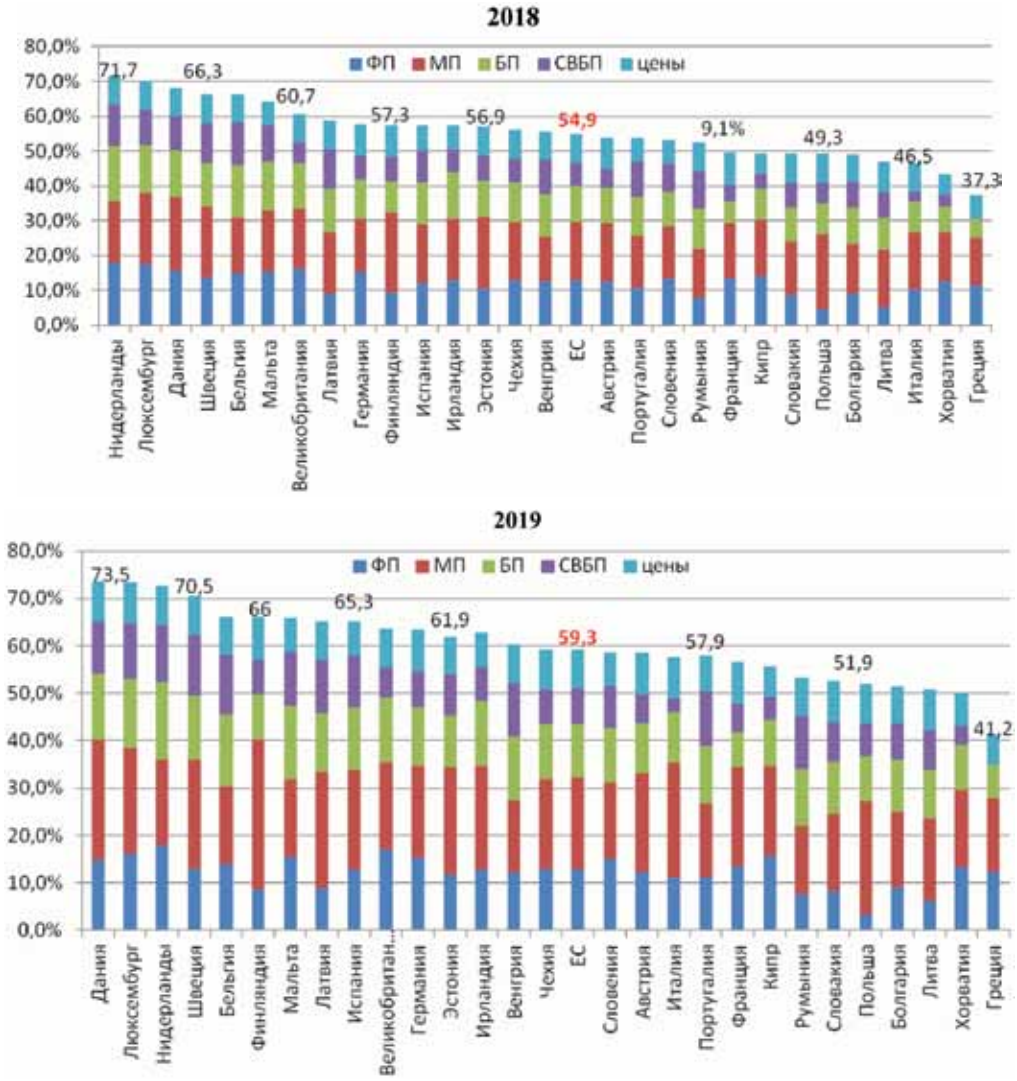
Положительным моментом является увеличение на единицу количества стран с уровнем развития навыков человека (ЧК) выше среднего по ЕС (за счет Бельгии). Но, с другой стороны, высокий уровень дифференциации между странами по данному блоку имеет тенденцию к росту (2018 – 44,5 балла; 2019 – 48,9 балла).

Использование цифровых технологий гражданами. Оценка использования интернет услуг предполагает учет активности населения в онлайн-мероприятиях [9]: получение новостей, общение в социальных сетях, совершение покупок, пользование услугами онлайн-банкинга и т.д.

Высокую активность в этой области проявляет население Дании, Нидерландов, Швеции и Финляндии, за которыми следуют Великобритания, Люксембург, Эстония и Мальта (рис. 4).

Румыния, Болгария, Греция и Италия, для сравнения, являются наименее активными. Для названных стран проблемным остается вопрос незаинтересованности части граждан в использовании интернета.

[9] Исследование ООН. Электронное правительство 2018. URL: https://publicadministration.un.org/publications/content/PDFs/UN%20E-Government%20Survey%202018%20Russian.pdf (дата обращения 05.06.2019)



ФП – фиксированное подключение, МП – мобильное подключение, БП – быстрое подключение, СВБП – сверхбыстрое подключение, цены – индекс цен на широкополосную связь.

Разработано авторами на основе: DESI 2019 – Connectivity – Broadband market developments in the EU; DESI 2018 – Connectivity – Broadband market developments in the EU. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connectivity

Рис. 2. Подключение, DESI 2018–2019 гг.

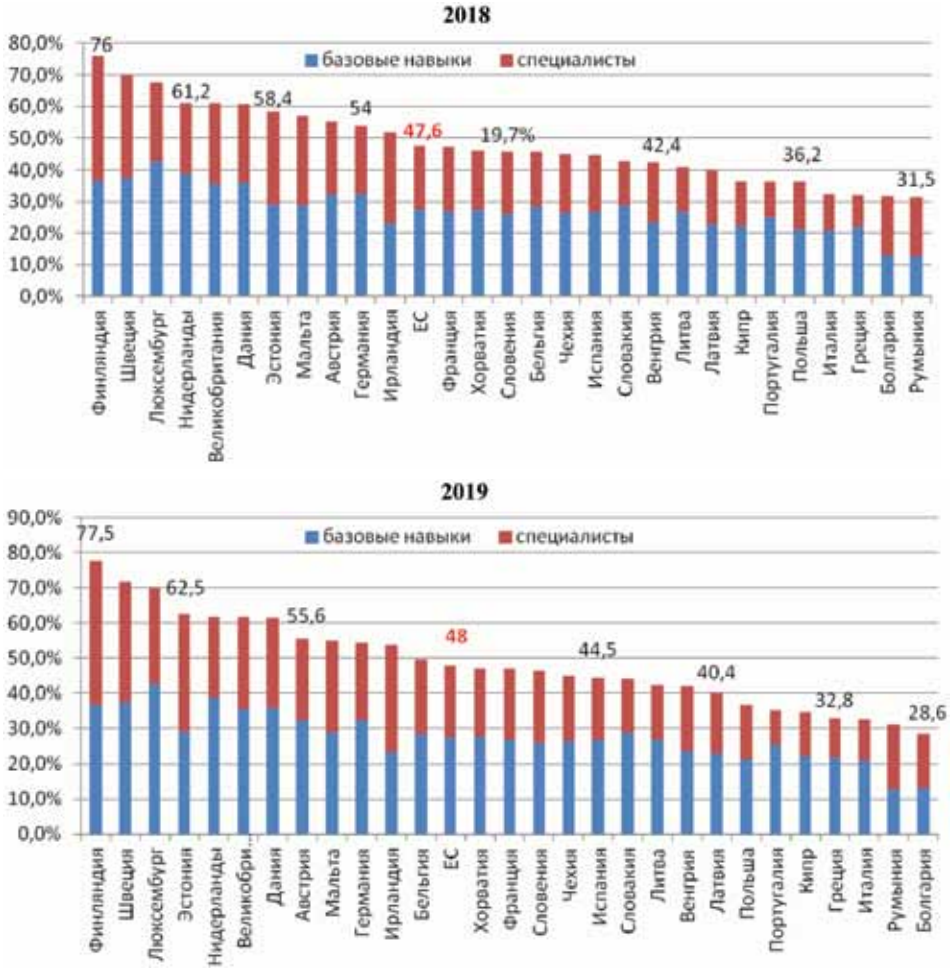
Developed by the authors based: DESI 2019 – Connectivity – Broadband market developments in the EU; DESI 2018 – Connectivity – Broadband market developments in the EU. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connectivity

Fig. 2. Connectivity, DESI 2018–2019

В целом можно говорить об ухудшении показателей данного блока. Если в 2018 г. 11 стран имели значение показателя выше среднего, то к 2019 г. таких стран осталось только 10 (Испания перешла в группу стран, отстающих от среднего по ЕС уровня).

Использование цифровых технологий в бизнесе. Использование цифровых технологий охватывает оцифровку бизнеса и электронную коммерцию [10]. Оцифровка бизнеса имеет четыре показателя (доля предприятий, оцифровывающих бизнес, в процентах): электронный обмен информацией, со-

[10] Рейтинг стран мира по уровню развития информационно-коммуникационных технологий. URL: https://gtmarket.ru/ratings/ict-development-index/ict-development-index-info (дата обращения 05.06.2019)



Разработано авторами на основе: Human Capital – Digital Inclusion and Skills. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi

Рис. 3. Навыки человека, DESI 2018–2019 гг.

Developed by the authors based: Human Capital – Digital Inclusion and Skills. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi

Fig. 3. Human Skills, DESI 2018–2019

циальные сети, большие данные, аналитические и облачные решения. Электронная коммерция включает в себя три показателя: процент малых и средних предприятий (МСП), занимающихся онлайн-торговлей; электронная коммерция (оборот в процентах от общего оборота МСП); а также процент МСП, использующих онлайн-торговлю с зарубежными странами.

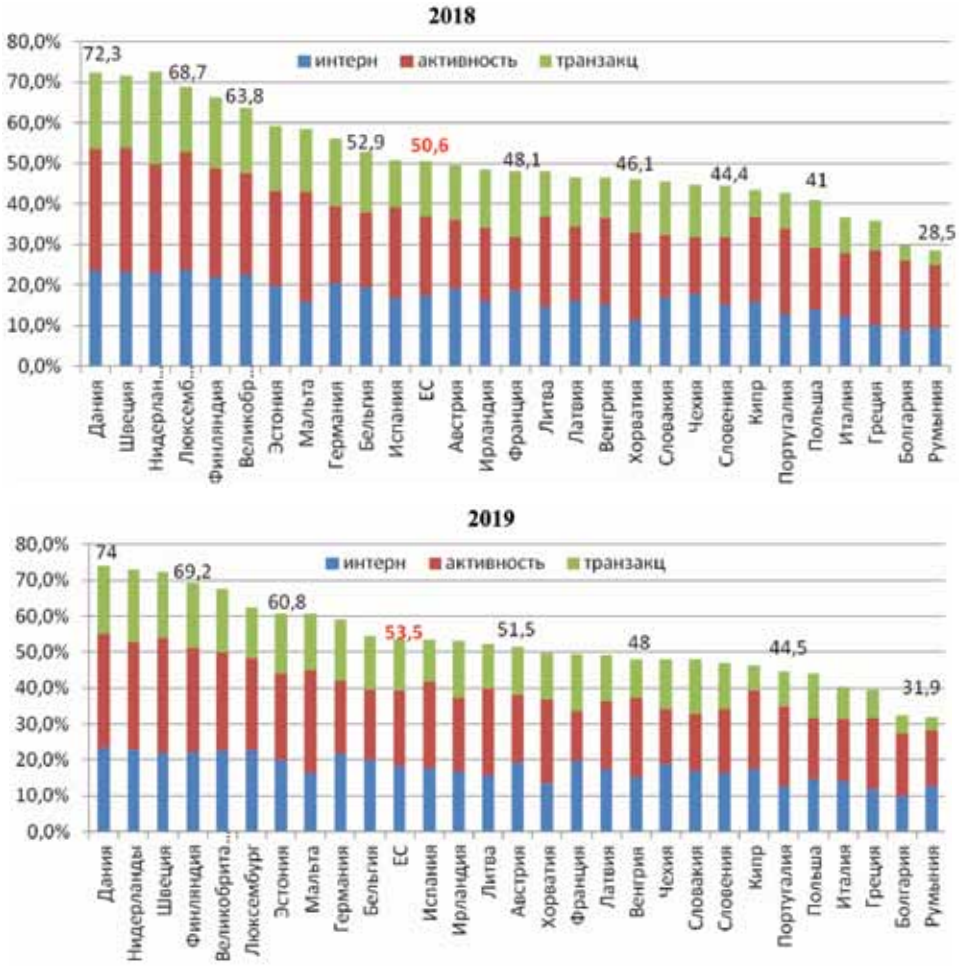
В структуре деятельности предприятий оцифровка бизнеса в странах ЕС преобладает (рис. 5).

Лидерами по использованию цифровых технологий в бизнесе выступают Ирландия, Нидерланды, Бельгия, Дания и Финляндия. Последние позиции занимают Болгария, Румыния, Польша и Венгрия. При этом Ирландия, Бельгия и Дания входят в пятерку лидеров по всем субиндексам. Что касается электронной коммерции, Нидерланды и Финляндию замещают в пятерке лидеров Швеция и Чехия.

Негативным фактором в развитии цифровых технологий в бизнесе является самая высокая дифференциация между странами по уровню их внедрения в сравнении с остальными блоками показателей, входящими в индекс DESI (2018 г. – 44,5; 2019 г. – 50,4).

Цифровые государственные услуги. Измерение цифровых государственных услуг включает услуги электронного правительства и электронное здравоохранение. В общей структуре услуг преобладают услуги электронного правительства (рис. 6).

Использование услуг электронного правительства позволяет как населению, так и бизнесу



Разработано авторами на основе: DESI 2019 – Use of Internet Services; DESI 2018 – Use of Internet Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/use-internet

Рис. 4. Использование интернет-услуг гражданами, DESI 2018–2019 гг.

Developed by the authors based: DESI 2019 – Use of Internet Services; DESI 2018 – Use of Internet Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/use-internet

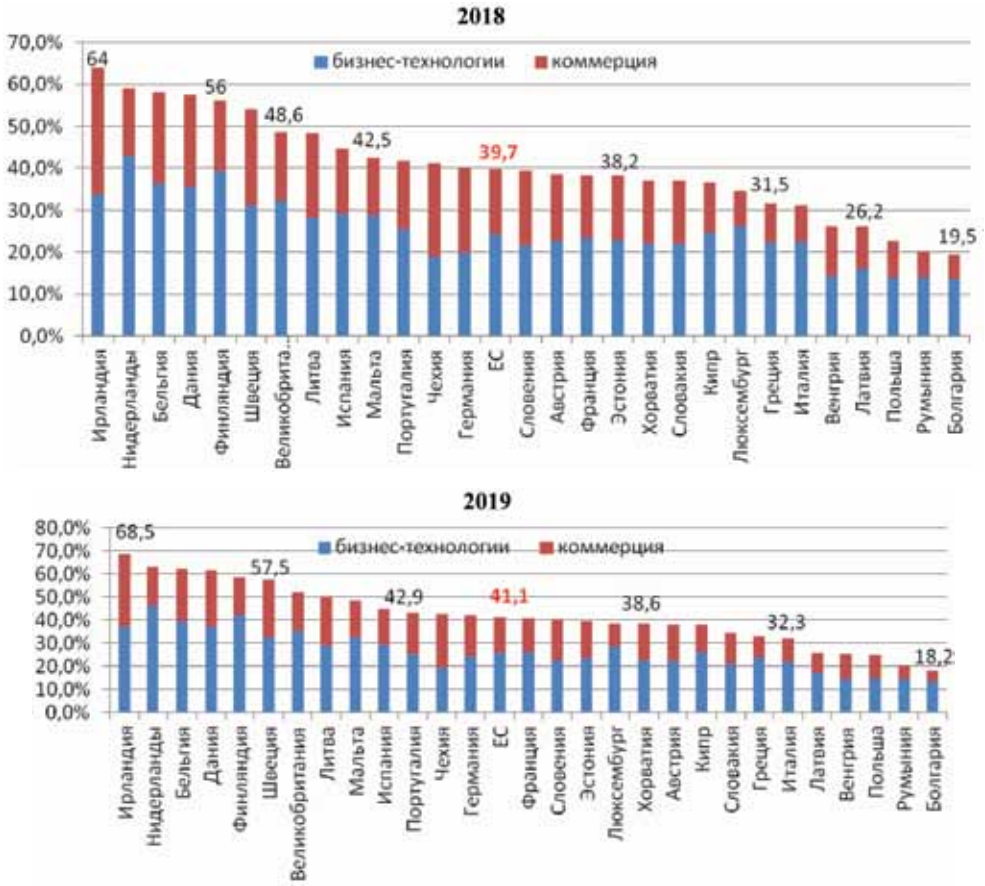
Fig. 4. Use of Internet Services, DESI 2018–2019

значительно экономить время на осуществление различного рода операций: уплаты налогов и государственных пошлин, подачи декларации о доходах и т.д. Поэтому этот спектр услуг развивается ускоренными темпами. Наиболее продвинутыми в использовании услуг электронного правительства в 2019 г. являются Испания, Эстония, Финляндия, Нидерланды и Латвия. Среди отстающих – Румыния, Греция, Хорватия, Венгрия.

По оказанию услуг здравоохранения в онлайн режиме лидируют Дания, Финляндия, Швеция, Нидерланды и Эстония. Худшие оценки демонстрируют Мальта, Польша, Болгария, Кипр, Люксембург.

Проведенный анализ позволяет лишь фрагментарно охарактеризовать тенденции, происходящие в странах ЕС. Высокий уровень дифференциации и разброс показателей в уровне развития различных направлений цифровизации (например, Эстония, находясь в группе лидеров по использованию цифровых государственных услуг – 2-е место в 2019 г., занимает только 16-е место по использованию цифровых технологий в бизнесе) подтверждает необходимость разработки инструмента, позволяющего учитывать специфические особенности стран, входящих в Европейский союз. Решению обозначенной проблемы может способствовать разработка модели, позволяющей выделить отдельные группы стран с характерными признаками для принятия наиболее эффективного управленческого решения, направленного на повышение уровня развития цифровой экономики в конкретных условиях.

Разработка модели группировки стран Европейского союза по уровню развития цифровой экономики



Разработано авторами на основе: DESI 2019 – Integration of Digital Technology; DESI 2018 – Integration of Digital Technology. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/integration-digital-technology

Рис. 5. Использование цифровых технологий, DESI 2018–2019 гг.

Developed by the authors based: DESI 2019 – Integration of Digital Technology; DESI 2018 – Integration of Digital Technology. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/integration-digital-technology

Fig. 5. Integration of Digital Technology, DESI 2018–2019

Метод группировки занимает центральное место на стадии обобщения большого массива данных. Так, в нашем анализе индекс состоит из 5-ти компонентов; общее количество данных по индексу – 43 показателя; в анализе участвуют 28 стран.

При изучении сложных объектов совокупность изучаемых единиц следует рассматривать по частям, отдельным группам, однородным по своим свойствам и качественным особенностям. Этим обусловлена необходимость группировки, при которой происходит преодоление разнообразия и индивидуальных особенностей, и все существенные черты, закономерности процессов получают надлежащее цифровое выражение [17].

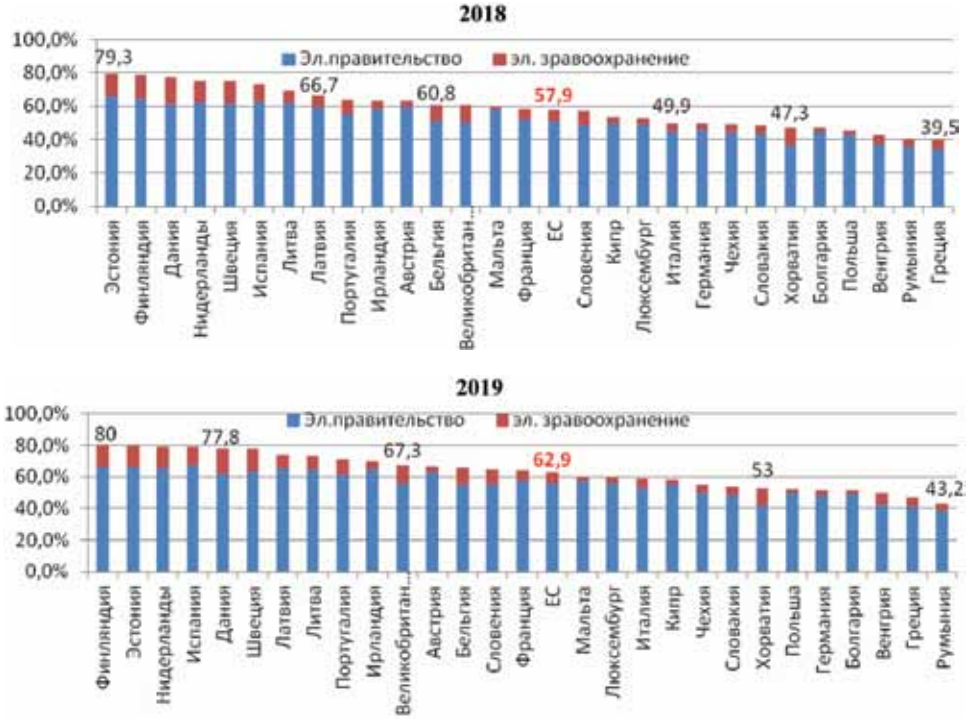
Группировка изучаемого явления может быть произведена по одному или нескольким признакам. Если группировка образована по одному признаку, то она является простой. Если для выделения групп берется одновременно два или более признака, при этом группы, образованные по одному признаку, подразделяются на подгруппы по другому признаку, то такая группировка называется сложной.

При построении сложной группировки возникает два вопроса:

- какова последовательность разбивки единиц объекта по видам признаков;
- сколько признаков следует использовать.

Признак, в соответствии которым осуществляется группировка, называется группировочным. В основании группировки могут находиться как количественные, так и неколичественные (описательные) признаки.

Основу группировки нашей модели будет составлять значение индекса DESI 28-ми стран ЕС за определенный год.



Разработано авторами на основе: DESI 2019 – Digital Public Services; DESI 2018 – Digital Public Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-public-services-scoreboard

Рис. 6. Цифровые государственные услуги, DESI 2018–2019 гг.

Developed by the authors based: DESI 2019 – Digital Public Services; DESI 2018 – Digital Public Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-public-services-scoreboard

Fig. 6. Digital Public Services, DESI 2018–2019

С выбором группировочного признака возникает задача определения количества групп, на которые следует подразделить изучаемое явление.

Группировки по количественному признаку очень разнообразны. При выборе числа групп в совокупности с количественным признаком необходимо, чтобы в каждую группу попало достаточное количество единиц совокупности. Только в этом случае обобщающие характеристики каждой группы (средние, относительные показатели) будут устойчивыми, неслучайными, характерными. Если количественный признак изменяется в широких пределах и имеет множество различных значений, то каждая группа образуется в виде интервалов.

В нашем случае размах колебаний (разница минимального и максимального значений в определенном году для 28-ми стран составляет не менее 30% за пятилетний период) (рис. 7).

При этом колебания в динамике 2015–2019 гг. изменяются относительно равномерно в ограниченных пределах (1–2%). Соответственно, можно использовать равные интервалы. В случае равных интервалов величину интервала можно определить по формуле Стерджесса:

$$I = \frac{\mathrm{Xmax} - \mathrm{Xmin}}{k}; \qquad (1)$$

где I – размер интервала; k – число групп, которое оптимально при величине 1+3,322 lg N (то есть k = 1+3,322 lg N).

Применяя формулу (1) к объекту исследования настоящей работы, имеем:

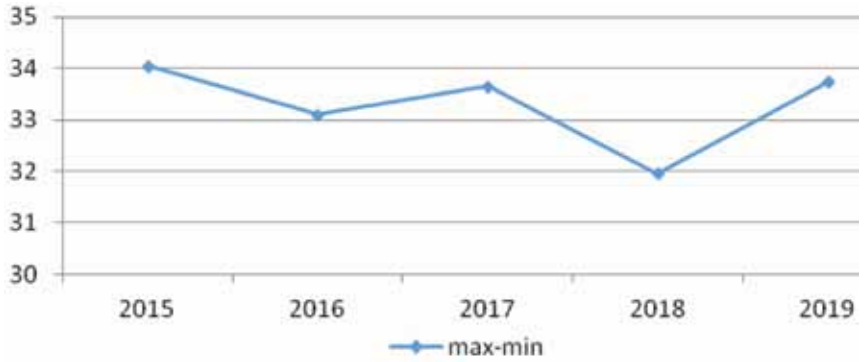
N – количество стран (28); i = 1, 2, 3 ..... 28.

k = 1+3,322 lg 28 ≈ 6 групп. Выделение стран по группам в процессе анализа представлено в табл. 2 (где для наглядности выделенные группы имеют разную цветность).

Как показывает таблица, положение стран в группах очень устойчиво, за исключением ухудшения показателей у Мальты, и улучшением у Ирландии, Италии и Польши.

Анализ динамических изменений названных стран в разрезе компонентов DESI приведен в табл. 3.

Ирландия, имея сильную позицию по использованию цифровых технологий в бизнесе на протяжении всего исследуемого периода, предприняла в



Разработано авторами на основе: The Digital Economy and Society Index (DESI). URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi. DESI 2019 – Connectivity – Broadband market developments in the EU; DESI 2018 – Connectivity – Broadband market developments in the EU. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connectivity. Human Capital – Digital Inclusion and Skills. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi. DESI 2019 – Use of Internet Services; DESI 2018 – Use of Internet Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/use-internet. DESI 2019 – Integration of Digital Technology; DESI 2018 – Integration of Digital Technology. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/integration-digital-technology. DESI 2019 – Digital Public Services; DESI 2018 – Digital Public Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-public-services-scoreboard

Рис. 7. Размах колебаний индекса DESI в разрезе двадцати восьми стран ЕС, %

Developed by the authors based: The Digital Economy and Society Index (DESI). URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi. DESI 2019 – Connectivity – Broadband market developments in the EU; DESI 2018 – Connectivity – Broadband market developments in the EU. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connectivity. Human Capital – Digital Inclusion and Skills. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi. DESI 2019 – Use of Internet Services; DESI 2018 – Use of Internet Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/use-internet. DESI 2019 – Integration of Digital Technology; DESI 2018 – Integration of Digital Technology. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/integration-digital-technology. DESI 2019 – Digital Public Services; DESI 2018 – Digital Public Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-public-services-scoreboard

Fig. 7. The range of fluctuations in the DESI index in the context of 28 EU countries,%

последнее время меры по усилению развития ЧК (навыков человека), интернет-услуг для населения и цифровых государственных услуг. Эти действия в совокупности обеспечили стране переход из 3-й группы во 2-ю в 2019 г.

Италия и Польша, характеризуясь низкой позицией развития цифровой экономики, сделали основной упор на улучшение качества инфраструктуры (связность), и им удалось из последней группы перейти в предпоследнюю.

Мальта, не продвигая свои позиции по ЧК (навыкам человека) и использованию бизнесом цифровых технологий (по данным компонентам ее позиция ниже, чем позиция по общему значению индекса DESI), ухудшила положение по цифровым услугам государства, что в совокупности подвинуло ее из 2-й группы в 3-ю.

Направления развития цифровой экономики в странах мира

Исследование содержания понятия «цифровая экономика» как объекта управления и определение методических подходов к оценке уровня развития цифровой экономики позволяет выделить основные направления развития цифровой экономики в странах мира.

1. Цифровая экономика в качестве объекта управления рассматривается с позиции оценки уровня развития цифровой экономики по различным сферам деятельности согласно различных международных ИКТ-рейтингов (основные из них подробно рассмотрены выше): Индекс развития информационно-коммуникационных технологий (IDI); Индекс цифровой экономики и общества (DESI); Индекс мировой цифровой конкурентоспособности (WDCI); Индекс цифровой эволюции (DEI); Индекс цифровизации экономики Boston Consulting Group (e-Intensity); Индекс сетевой готовности (NRI); Индекс развития электронного правительства (EGDI); Индекс электронного участия (EPART); Индекс глобального подключения (Global Connectivity Index – GCI, Huawei); Глобальный индекс инноваций (GII). Страны анализируются и сравниваются по различному набору показателей, субиндексов и индексов. Однако базовым предметом для сравнения выступает сфера потребления и отраслевые рынки.

Данный подход позволяет выделить как известные страны-локомотивы цифровизации (например, Германия и США), так и страны, которые несколько позже стали рассматривать цифровизацию в качестве одного из главных трендов развития своих экономик (Россия, Польша и др.).

Таблица 2

Группировка стран ЕС по значению индекса DESI

Table 2

The EU countries grouped by the DESI index

Название страны	2015	2016	2017	2018	2019
1 группа					
Финляндия	60,2	61,7	63,8	66,2	70
Швеция	58,8	60,9	63,3	66,9	69,6
Дания	61	62,7	65,6	66,1	68,9
Нидерланды	58,3	60,7	63,5	66,8	68,9
2 группа					
Великобритания	49,9	53,2	55,7	58,9	62
Люксембург	51	53,4	56,4	59,5	61,8
Эстония	49,6	52,3	54,9	57,2	59,6
Бельгия	48,8	52,4	55,2	56,6	59,4
Мальта	52,2	52,4	55	56,6	58,2
3 группа					
Ирландия	46,7	50,1	52,8	56,9	61,4
Испания	44,9	47	49,1	53,1	56,1
Германия	40,1	47,9	49,4	51,7	54,4
Австрия	44,5	47,1	49,1	51,9	53,9
4 группа					
Литва	37,9	41,9	44,6	49,3	52
Франция	40,3	43	45,6	47,8	51,1
Словения	39,1	42,4	45,1	47,8	50,9
Латвия	37,3	41,1	43,1	46,9	50
Чехия	40,8	42,3	45,3	47,7	50
Португалия	39,1	43,4	44,7	47,3	49,3
5 группа					
Хорватия	35,3	38,7	41,4	43,8	47,4
Словакия	34,8	36,7	41	44,6	46,3
Кипр	33,3	37,6	40,4	43,3	45,8
Венгрия	34,6	37,4	40,1	43,1	45,4
Италия	31,8	34,2	36,5	38,9	43,9
Польша	31,2	33	36,2	38,8	41,6
6 группа					
Греция	29,2	30,4	33,1	34,9	38
Румыния	27	29,6	32	35,3	36,5
Болгария	29,1	30,7	32,4	35,5	36,3

Разработано авторами на основе: The Digital Economy and Society Index (DESI). URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi

Developed by the authors based: The Digital Economy and Society Index (DESI). URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi

В таких странах как Германия, Великобритания, Дания, Финляндия, Швеция, Япония, США основным направлением развития цифровой экономики в настоящее время является именно сфера промышленного производства, а уже затем сфера потребления.

Сфера потребления (например, электронная коммерция) и сфера производства услуг (государственное управление, экспортно-импортная деятельность, финансовые услуги) являются основными направлениями развития цифровой экономики для таких стран как Россия, Китай, Венгрия, Румыния, Чехия, Польша. Необходимо понимать, что это лишь первые шаги в развитии цифровой экономики. В ряде исследований [18, 19, 20] отмечается, что электронная коммерция в секторе малого и среднего бизнеса позволяет создавать молодые предприятия в сфере наукоемких услуг, формировать класс тех предприятий, которые стремятся к росту. Большее социальное взаимодействие цифрового предпринимательства, по сравнению с традиционным, благодаря своим способностям связываться с различными типами клиентов при значительном снижении трансакционных издержек позволяет развивать новые бизнес-модели, предлагая новые способы создания и ведения бизнеса [21]. Это позволит в итоге сформировать единый онлайн-рынок, который станет ключом к устойчивому экономическому восстановлению и социальному развитию отдельных стран. С этим можно согласиться, однако существуют и ограничения, связанные с тем, что обычно электронная коммерция используется для торговли на локальном и национальном рынках, а не на международном уровне. Кроме того, возникает много вопросов и в социальной составляющей цифровой экономики, например, встает проблема сокращения традиционных рабочих мест.

2. Цифровая экономика в качестве объекта управления рассматривается с позиции оценки влияния информационных технологий на работу компаний различных сфер деятельности и домашних хозяйств. При этом компания выступает основной базовой стратегической бизнес-единицей, на которую ложится вся «тяжесть» цифровизации. Данный подход определяет понятие и структуру «цифрового предприятия».

С этих позиций одним из направлений развития цифровой экономики в странах мира выступают алгоритмы цифровой трансформации компаний из различных сфер деятельности. При этом базовым положением выступает оценка результатов влияния цифровых технологий на прибыль компаний и организацию новых рабочих мест [22].

Производственную деятельность с использованием цифровых технологий в качестве основного направления развития цифровой экономики рассматривают такие страны как Германия, Великобритания, Дания, Финляндия, Швеция, Япония, США. Это те страны, где программы развития технологий Industry 4.0 включают перечень конкретных мероприятий (в том числе налоговых и инвестиционных) по возможностям внедрения цифровых произ-

Таблица 3

Группировка стран по значению компонентов DESI

Table 3

The EU countries grouped according to the value of the DESI components

Компоненты DESI	2017	2018	2019
Мальта			
связь	14,8	16,1	16,5
ЧК	14,3	14,3	13,8
услуги	8,03	8,78	9,09
интеграция	8,82	8,49	9,74
эл. прав.	9,01	8,95	9,03
Ирландия			
связь	13,1	14,3	15,7
ЧК	11,8	13	13,5
услуги	6,8	7,29	7,96
интеграция	12,2	12,8	13,7
эл. прав.	8,92	9,53	10,5
Италия			
связь	10,8	11,6	14,4
ЧК	7,78	8,04	8,16
услуги	5,22	5,5	6,05
интеграция	5,91	6,24	6,45
эл. прав.	6,74	7,49	8,8
Польша			
связь	10,9	12,3	13
ЧК	8,62	9,06	9,21
услуги	5,66	6,14	6,56
интеграция	4,17	4,52	4,96
эл. прав.	6,82	6,79	7,87

Разработано авторами на основе: DESI 2019 - Connectivity – Broadband market developments in the EU; DESI 2018 – Connectivity – Broadband market developments in the EU. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connectivity. Human Capital – Digital Inclusion and Skills. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi. DESI 2019 – Use of Internet Services; DESI 2018 – Use of Internet Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/use-internet. DESI 2019 – Integration of Digital Technology; DESI 2018 – Integration of Digital Technology. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/integration-digital-technology. DESI 2019 – Digital Public Services; DESI 2018 – Digital Public Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-public-services-scoreboard

Developed by the authors based: DESI 2019 – Connectivity – Broadband market developments in the EU; DESI 2018 – Connectivity – Broadband market developments in the EU. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/connectivity. Human Capital – Digital Inclusion and Skills. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi. DESI 2019 – Use of Internet Services; DESI 2018 – Use of Internet Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/use-internet. DESI 2019 – Integration of Digital Technology; DESI 2018 – Integration of Digital Technology. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/integration-digital-technology. DESI 2019 – Digital Public Services; DESI 2018 – Digital Public Services. URL: https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/digital-public-services-scoreboard

водственных и цифровых информационных технологий как в основные этапы жизненного цикла производства отдельных товаров [23], так и в основные этапы жизненного цикла самой компании.

На наш взгляд, именно интеллектуальное производство на базе внедрения цифровых производственных и цифровых информационных технологий в основные этапы жизненного цикла продукта необходимо рассматривать в качестве новой производственной парадигмы. В этом контексте формируются социокиберфизические системы, способные решать ключевые задачи в цифровизации производственных систем и стать локомотивами роста новой экономики, с возможностью включения взаимосвязи с окружающей средой и социальной сферой за счет создания новых рабочих мест.

Формирование интеллектуального производства возможно также благодаря использованию моделей «цифрового близнеца» и «цифровой тени» для представления производственных процессов и моделирования поведения системы (используются методы цифрового преобразования для автоматизации интеллектуальных производственных систем). Создаются компьютерные приложения для различных производственных процессов; проектируется сеть интерфейсов между средами для обеспечения связи цифрового мира и физического производственного предприятия, что позволяет достичь почти синхронного управления; возможно включение искусственного интеллекта в процесс промышленного контроля на всех этапах жизненного цикла. По сути, создается цифровой близнец системного уровня.

Возможный подход к анализу влияния цифровизации на экономическое развитие ЕС

Подход к анализу влияния цифровизации на экономическое развитие ЕС представим в виде системы взаимосвязанных и взаимозависимых эконометрических уравнений на основе ADL-модели [11].

В качестве эндогенных показателей принимаем:

y_t^1 – ВВП на человека в ЕС в *t*-м году;

y_t^2 – производительность экономики ЕС в *t*-м году;

y_t^3 – HDI в ЕС в *t*-м году;

y_t^4 – безработица в ЕС в *t*-м году;

y_t^5 – темпы роста суммарного ВВП стран ЕС в *t*-м году.

[11] *Didenko N., Skripnuk D., Samylovskaya E., Kulik S.* A country competitiveness analysis. ADL-model involved // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 18. 2018. P. 3–10.

В качестве экзогенных показателей принимаем:

$\overline{x_t^{1^i}}$ – среднее значение индекса DESI для первой группы стран ЕС в t-м году где $i = (\overline{1,M})$, M – число стран в первой группе;

$\overline{x_t^{2^i}}$ – среднее значение индекса DESI для второй группы стран ЕС в t-м году, где $i = (\overline{1,M})$, M– число стран во второй группе;

$\overline{x_t^{3^i}}$ – среднее значение индекса DESI для третьей группы стран ЕС в t-м году, где $i = (\overline{1,M})$, M – число стран в третьей группе;

y_t^4 – среднее значение индекса DESI для четвертой группы стран ЕС в t-м году, где $i = (\overline{1,M})$, M – число стран в четвертой группе;

y_t^5 – среднее значение индекса DESI для пятой группы стран ЕС в t-м году, где $i = (\overline{1,M})$, M – число стран в пятой группе;

$\overline{x_t^{6^i}}$ – среднее значение индекса DESI для шестой группы стран ЕС в t-м году, где $i = (\overline{1,M})$, M – число стран в шестой группе.

$$\begin{cases} y_t^1 = a_0 + a_1 y_{t-j}^1 + b_1 y_{t-j}^2 + b_2 y_{t-j}^3 + b_3 y_{t-j}^5 + c_1 \bar{x}_{t-j}^{1_i} + c_2 \bar{x}_{t-j}^{2_i} + c_3 \bar{x}_{t-j}^{3_i} + c_4 \bar{x}_{t-j}^{4_i} + c_5 \bar{x}_{t-j}^{5_i} + c_6 \bar{x}_{t-j}^{6_i} \\ y_t^2 = a_0 + a_1 y_{t-j}^2 + b_1 y_{t-j}^3 + b_2 y_{t-j}^4 + b_3 y_{t-j}^5 + c_1 \bar{x}_{t-j}^{1_i} + c_2 \bar{x}_{t-j}^{2_i} + c_3 \bar{x}_{t-j}^{3_i} + c_4 \bar{x}_{t-j}^{4_i} + c_5 \bar{x}_{t-j}^{5_i} + c_6 \bar{x}_{t-j}^{6_i} \\ y_t^3 = a_0 + a_1 y_{t-j}^3 + b_1 y_{t-j}^1 + b_2 y_{t-j}^2 + b_3 y_{t-j}^4 + b_4 y_{t-j}^5 + c_1 \bar{x}_{t-j}^{1_i} + c_2 \bar{x}_{t-j}^{2_i} + c_3 \bar{x}_{t-j}^{3_i} + c_4 \bar{x}_{t-j}^{4_i} + c_5 \bar{x}_{t-j}^{5_i} + c_6 \bar{x}_{t-j}^{6_i} \\ y_t^4 = a_0 + a_1 y_{t-j}^4 + b_1 y_{t-j}^2 + b_2 y_{t-j}^3 + b_3 y_{t-j}^5 + c_1 \bar{x}_{t-j}^{1_i} + c_2 \bar{x}_{t-j}^{2_i} + c_3 \bar{x}_{t-j}^{3_i} + c_4 \bar{x}_{t-j}^{4_i} + c_5 \bar{x}_{t-j}^{5_i} + c_6 \bar{x}_{t-j}^{6_i} \\ y_t^5 = a_0 + a_1 y_{t-j}^5 + b_1 y_{t-j}^2 + b_2 y_{t-j}^3 + b_3 y_{t-j}^4 + c_1 \bar{x}_{t-j}^{1_i} + c_2 \bar{x}_{t-j}^{2_i} + c_3 \bar{x}_{t-j}^{3_i} + c_4 \bar{x}_{t-j}^{4_i} + c_5 \bar{x}_{t-j}^{5_i} + c_6 \bar{x}_{t-j}^{6_i} \end{cases} \quad (2)$$

Выводы

Анализ процессов развития цифровой экономики в странах Европейского союза позволяет утверждать о неравномерности развития различных направлений цифровизации в ЕС. Активная деятельность Европейской комиссии по созданию единого цифрового рынка (Европа 2020, Стратегия единого цифрового рынка для Европы, концепция «Цифровая Европа» и др.) имеет положительные тренды – наблюдается рост среднего по ЕС значения DESI (с 49,8 в 2018 г. до 52,5 в 2019 г.). При этом возрастает уровень дифференциации стран по отдельным направлениям цифровизации (имеет место рост в блоке «человеческий капитал (навыки человека)»– с 44,5 в 2018 г. до 48,9 в 2019 г.; в блоке «использование цифровых технологий в бизнесе» – с 44,5 в 2018 г. до 50,4 в 2019 г.). Сложившаяся ситуация обусловливает необходимость разработки отдельных программ в направлении цифровизации с учетом специфики условий того или иного государства.

Проведенный анализ позволяет выявлять ключевые проблемы в развитии цифровой экономики с учетом особенностей конкретной страны (группы стран) и своевременно предпринимать необходимые меры для их решения.

Безусловно, приоритетные направления в стратегиях стран с разным уровнем развития цифровизации будут существенно отличаться. При определении вклада цифровизации в экономический рост страны необходимо учитывать изначальную доступность коммуникаций и развитие базовой инфраструктуры.

Страны-лидеры, при выстраивании приоритетов развития цифровой экономики, должны поддерживать свои «инновационные двигатели» [24] в актуальном состоянии, генерировать новый спрос. При дальнейшем продвижении цифровых инноваций встает вопрос о возможном парадоксе производительности в цифровой экономике развитых стран. Производительность в промышленно развитых странах в настоящее время сталкивается с очевидным снижением, вызванным ограничениями статистики валового внутреннего продукта (ВВП) при измерении вклада цифровой экономики.

Для стран-аутсайдеров наиболее слабым местом является низкий уровень развития инфраструктуры, слаборазвитая институциональная среда. Соответственно, названные проблемы и являются первоочередными при принятии управленческих решений для активизации процессов цифровизации общества.

Вместе с тем, неординарные решения могут привести к самым неожиданным результатам. Например, небольшая страна, применив творческий подход к формированию системы построения основ развития цифровой экономики, может использовать «свой размер» в качестве конкурентного преимущества, как это сделала крошечная Эстония. Страна, ограниченная в возможностях привлекать глобальные таланты из-за своего физического размера, разработала свой выход из ситуации посредством инициативы электронного

резидентства [12]. В настоящий период по уровню развития цифровой экономики (индекс DESI) Эстония устойчиво входит в первую десятку стран ЕС, опережая Германию, Францию, Испанию.

Анализ направлений развития цифровой экономики позволяет выделить сферы потребления, производства услуг и промышленного производства, имеющие специфические тренды в разных странах мира. В последние десятилетия человечество столкнулось с бурным развитием нематериальных цифровых технологий – программное обеспечение, искусственный интеллект и алгоритмы все больше влияют как на производственные системы, так и на обычную жизнь людей. Такие технологии, как, например, «Интернет вещей» (IoT), открывают перед компаниями новые возможности, но и создают серьезные проблемы, вынуждая их создавать совершенно новые бизнес-модели, переходить от традиционных подходов, ориентированных на продукты, к цифровым, ориентированным на услуги.

Цифровые производственные и цифровые информационные технологии создают новый тип производства – интеллектуальное производство. Мы полагаем, что возможности развития интеллектуального производства связаны с цифровизацией производственных систем на всех этапах жизненного цикла, формированием социокиберфизических систем, с возможностью включения взаимосвязи с окружающей средой и социальной сферой.

Список литературы

1. *Авдеева И.Л., Головина Т.А., Парахина Л.В.* Развитие цифровых технологий в экономике и управлении: российский и зарубежный опыт // Вопросы управления. 2017. № 6(49). С. 50–56. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32834784
2. *Семячков К.А.* Цифровая экономика и ее роль в управлении современными социально-экономическими отношениями // Современные технологии управления. 2017. № 8(80). С. 8001. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29932794
3. *Джулий Л.В., Емчук Л.В.* Информационные системы и их роль в деятельности современных предприятий // В книге: Perspective economic and management issues. Collection of scientific articles. Scientific journal «Economics and finance», «East West» Association For Advanced Studies and Higher Education. 2015. С. 130–134. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25034640
4. *Бухт Р., Хикс Р.* Определение, концепция и измерение цифровой экономики // Вестник международных организаций. 2018. Т. 13. № 2. С. 143–172. DOI: 10.17323/1996-7845-2018-02-07. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36961304
5. *Варнавский В.Г.* Цифровые технологии и рост мировой экономики // Друкеровский вестник. 2015. № 3(7). С. 73–80. DOI: 10.17213/2312-6469-2015-3-73-80. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25059516
6. *Brennen S., Kreiss D.* Digitalization and Digitization // Culture Digitally. 2014. 8 September. URL: http://culturedigitally.org/2014/09/digitalization-and-digitization/ (дата обращения: 05.12.2019)
7. *Tapscott D.* The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence. New York: McGraw-Hill. 1996. 342 p.
8. *Lane N.* Advancing the Digital Economy into the 21st Century // Information Systems Frontiers. 1999. Vol. 1. № 3. P. 317–320. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=5052743
9. *Kling R., Lamb R.* IT and Organizational Change in Digital Economies. Understanding the Digital Economy / *E. Brynjolfsson, B. Kahin* (eds). Cambridge, MA: MIT Press. 2000. P. 295–324.
10. *Brynjolfsson E., Kahin B.* Understanding the Digital Economy / *E. Brynjolfsson, B. Kahin* (eds). Cambridge, MA: MIT Press. 2000. P. 1–10.
11. *Mesenbourg T.L.* Measuring the Digital Economy. U.S. Bureau of the Census. 2001. URL: https://www.census.gov/content/ dam/Census/library/workingpapers/2001/econ/umdigital.pdf (дата обращения: 05.12.2019)
12. *Dahlman C., Mealy S., Wermelinger M.* Harnessing the Digital Economy for Developing Countries. Paris: OECD. 2016. DOI: https://doi.org/10.1787/18151949. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/4adffb24-en.pdf?expires=1580053414&id=id&accname=guest&checksum=FA36B38F96D728B7AA777B9FDD5DE587 (дата обращения: 05.12.2019)
13. *Асанов Р.К.* Формирование концепции «цифровой экономики» в современной науке // Социально-экономические науки и гуманитарные исследования. 2016. № 15. С. 143–148. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27385855
14. *Куцман А.А.* Трансформация внутренней и внешней среды бизнеса в условиях цифровой экономики // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2016. № 11(93). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27339315
15. *Авдеева И.Л.* Анализ перспектив развития цифровой экономики в России и за рубежом // В книге: Цифровая экономика и «Индустрия 4.0»: проблемы и перспективы. Труды научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 19–25. DOI: 10.18720/IEP/2017.1/1. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28986542
16. *Циренщиков В.* Цифровизация экономики Европы // Современная Европа. 2019. № 3(89). С. 104–114. DOI: 10.15211/soveurope32019104113. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39277692
17. *Charoen D.* The Development of Digital Computers // Ijaber. 2015. Vol. 13. № 6. P. 4495–4510. URL: https://serialsjournals.com/abstract/86066_4495-4510.pdf
18. *Nambisan S.* Digital entrepreneurship: Toward a digital technology perspective of entrepreneurship

[12] *Хаммерсли Б.* Беспокоитесь о Брексите? Почему бы не стать электронным резидентом Эстонии // Wired, 27 марта 2017 г. URL: http://www.wired.co.uk/article/estonia-e-resident. (дата обращения 10.06.2019)

// Entrepreneurship Theory and Practice. 2016. Vol. 41. № 6. P. 1029–1055. DOI: 10.1111/etap.12254. URL: https://www.effectuation.org/wp-content/uploads/2017/06/Nambisan-2016-Entrepreneurship_Theory_and_Practice-1.pdf

19. *Myovella G., Karacuka M., Haucap J.* Digitalization and economic growth: A comparative analysis of Sub-Saharan Africa and OECD economies // Telecommunications Policy. 2020. Vol. 44. № 2. P. 101856. DOI: 10.1016/j.telpol.2019.101856. URL: https://ideas.repec.org/a/eee/telpol/v44y2020i2s0308596119302290.html

20. *Watanabe C., Naveed K., Tou Y., Neittaanmäki P.* Measuring GDP in the digital economy: Increasing dependence on uncaptured GDP // Technological Forecasting and Social Change. 2018. Vol. 137(C). P. 226–240. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.07.053. URL: https://ideas.repec.org/a/eee/tefoso/v137y2018icp226-240.html

21. *Kraus S., Roig-Tierno N., Bouncken R.B.* Digital innovation and venturing: An introduction into digitalization of entrepreneurship // Review of Management Science. 2019. Vol. 13(3). P. 519–528. DOI: 10.1007/s11846-019-00333-8. URL: https://ideas.repec.org/a/spr/rvmgts/v13y2019i3d10.1007_s11846-019-00333-8.html

22. *Paiola M., Gebauer H.* Internet of things technologies, digital servitization and business model innovation in BtoB manufacturing firms // Industrial Marketing Management. 2020. Vol. 21. DOI:10.1016/j.indmarman.2020.03.009

23. *Zheng P, Sivabalan A.S.* A generic tri-model-based approach for product-level digital twin development in a smart manufacturing environment // Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 2020. Vol. 64. P. 101958.

24. *Chakravorti B., Tunnard C., Chaturvedi R.Sh.* Where the Digital Economy Is Moving the Fastest // Harvard Business Review. February 29, 2015. URL: https://hbr.org/2015/02/where-the-digital-economy-is-moving-the-fastest (дата обращения 10.06.2019).

Поступила в редакцию: 15.06.2020; одобрена: 25.06.2020; опубликована онлайн: 30.06.2020

Об авторах:

Диденко Николай Иванович, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), Санкт-Петербург,Российская Федерация, доктор экономических наук, профессор, **ResearcherID: Q-2431-2015, ORCID: 0000-0001-8540-7034, Scopus: 56105001600**, didenko.nikolay@mail.ru

Скрипнюк Джамиля Фатыховна, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), Санкт-Петербург,Российская Федерация, доктор экономических наук, профессор, **ResearcherID: A-4838-2016, ORCID: 0000-0003-3773-9098, Scopus: 56104974500**, djamilyas@mail.ru

Кобылинский Владимир Вячеславович, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), Санкт-Петербург,Российская Федерация

Вклад соавторов:

Диденко Н. И. – развитие методологии; проведение критического анализа материалов и формирование выводов; обзор исследований по проблеме.

Скрипнюк Д. Ф. – научное руководство; проведение критического анализа материалов и формирование выводов; обзор исследований по проблеме.

Кобылинский В. В. – формализованный анализ данных; сбор данных и доказательств; изучение концепции и методики.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

References

1. Avdeeva I.L., Golovina T.A., Parakhina L.V. Development of digital technologies in economics and management: russian and foreign experience. *Voprosy upravleniya = Management Issues.* 2017; (6(49)): 50–56 (In Russ.)

2. Semjachkov K.A. Digital economy and its role in the management of modern socio-economic relations. *Sovremennye tekhnologii upravleniya = Modern Management Technology.* 2017; 8(80):8001 (In Russ.)

3. Dzhuliy L.V., Yemchuk L.V. Information systems and their role in the activities of modern business. In: *Perspective economic and management issues.* Collection of scientific articles. Scientific journal «Economics and finance», «East West». 2015. P. 130–134 (In Russ.)

4. Bukht R., Heeks R. Defining, Conceptualising and Measuring the Digital Economy. *International Organisations Research Journal.* 2018; 13(2): 143–172. DOI: https://doi.org/10.17323/1996-7845-2018-02-07 (In Russ.)

5. Varnavskiy V.G. Digital technologies and the growing of world economy. *Drukerovskii vestnik = Drucker Herald.* 2015; 3(7):73–80. DOI: https://doi.org/10.17213/2312-6469-2015-3-73-80 (In Russ.)

6. Brennen S., Kreiss D. Digitalization and Digitization. *Culture Digitally.* 2014. 8 September. URL: http://culturedigitally.org/2014/09/digitalization-and-digitization/ (accessed 05.12.2019) (In Eng.)

7. Tapscott D. The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence. New York: McGraw-Hill. 1996. 342 p. (In Eng.)

8. Lane N. Advancing the Digital Economy into the 21st Century. *Information Systems Frontiers.* 1999; 1(3):317–320 (In Eng.)

9. Kling R., Lamb R. IT and Organizational Change in Digital Economies. Understanding the Digital Economy / E. Brynjolfsson, B. Kahin (eds). Cambridge, MA: MIT Press. 2000. P. 295–324 (In Eng.)

10. Brynjolfsson E., Kahin B. Understanding the Digital Economy / E. Brynjolfsson, B. Kahin (eds). Cambridge, MA: MIT Press. 2000. P. 1–10 (In Eng.)

11. Mesenbourg T.L. Measuring the Digital Economy. U.S. Bureau of the Census. 2001. URL: https://www.census.gov/content/ dam/Census/library/workingpapers/2001/econ/umdigital.pdf (accessed 05.12.2019) (In Eng.)

12. Dahlman C., Mealy S., Wermelinger M. Harnessing the Digital Economy for Developing Countries. Paris: OECD. 2016. DOI: https://doi.org/10.1787/18151949. URL: https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/4adffb24-en.pdf?expires=1580053414&id=id&accname=guest&checksum=FA36B38F96D728B7AA777B9FDD5DE587 (accessed: 05.12.2019) (In Eng.)

13. Asanov R.K. The formation of the concept of "digital economy" in modern science. *Sotsial'no-ekonomicheskie nauki i gumanitarnye issledovaniya = Social and economic sciences and humanities.* 2016; (15):143–148 (In Russ.)

14. Kutsman A.A. Transformation of the internal and external business environment in the digital economy. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyi nauchnyi zhurnal = Economic Systems Management: an electronic scientific journal.* 2016; 11(93) (In Russ.)

15. Avdeeva I.L. Analysis of prospects of the development of the digital economy in Russia and abroad. In: *Digital Economy and Industry 4.0: Problems and Prospects.* Proceedings of a Scientific and Practical Conference with International Participation. 2017. P. 19–25. DOI: https://doi.org/10.18720/IEP/2017.1/1 (In Russ.)

16. Tsirenshchikov V. Digitalization of the European economy. *Sovremennaya Evropa = Modern Europe.* 2019; (3(89)):104–114. DOI: https://doi.org/10.15211/soveurope32019104113 (In Russ.)

17. Charoen D. The Development of Digital Computers. *Ijaber.* 2015; 13(6):4495–4510. URL: https://serialsjournals.com/abstract/86066_4495-4510.pdf (accessed: 05.12.2019) (In Eng.)

18. Nambisan S. Digital entrepreneurship: Toward a digital technology perspective of entrepreneurship. *Entrepreneurship Theory and Practice.* 2016; 41(6):1029–1055. DOI: https://doi.org/10.1111/etap.12254. URL: https://www.effectuation.org/wp-content/uploads/2017/06/Nambisan-2016-Entrepreneurship_Theory_and_Practice-1.pdf (accessed: 05.12.2019) (In Eng.)

19. Myovella G., Karacuka M., Haucap J. Digitalization and economic growth: A comparative analysis of Sub-Saharan Africa and OECD economies. *Telecommunications Policy.* 2020; 44(2):101856. DOI: https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101856 URL: https://ideas.repec.org/a/eee/telpol/v44y2020i2s0308596119302290.html (accessed: 05.06.2020) (In Eng.)

20. Watanabe C., Naveed K., Tou Y., Neittaanmäki P. Measuring GDP in the digital economy: Increasing dependence on uncaptured GDP. *Technological Forecasting and Social Change.* 2018; 137(C):226–240. DOI: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.053 (In Eng.)

21. Kraus S., Roig-Tierno N., Bouncken R.B. Digital innovation and venturing: An introduction into digitalization of entrepreneurship. *Review of Management Science.* 2019; 13(3):519–528. DOI: https://doi.org/10.1007/s11846-019-00333-8. URL: https://ideas.repec.org/a/spr/rvmgts/v13y2019i3d10.1007_s11846-019-00333-8.html (accessed: 05.06.2020) (In Eng.)

22. Paiola M., Gebauer H. Internet of things technologies, digital servitization and business model innovation in BtoB manufacturing firms. *Industrial Marketing Management.* 2020; 21. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.03.009 (In Eng.)

23. Zheng P, Sivabalan A.S. A generic tri-model-based approach for product-level digital twin development in a smart manufacturing environment. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing.* 2020; (64):101958 (In Eng.)

24. Chakravorti B., Tunnard C., Chaturvedi R.Sh. Where the Digital Economy Is Moving the Fastest. *Harvard Business Review.* February 29, 2015. URL: https://hbr.org/2015/02/where-the-digital-economy-is-moving-the-fastest (accessed:10.06.2019) (In Eng.)

Submitted 15.06.2020; revised 25.06.2020; published online 30.06.2020

About the authors:

Nikolay I. Didenko, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (29, Polytechnitcheskaya st., St. Petersburg, 195251), St. Petersburg, Russian Federation, Doctor of Economic Sciences, Professor, **ResearcherID: Q-2431-2015, ORCID: 0000-0001-8540-7034, Scopus: 56105001600**, didenko.nikolay@mail.ru

Djamilia F. Skripnuk, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (29, Polytechnitcheskaya st., St. Petersburg, 195251), St. Petersburg, Russian Federation, Doctor of Economic Sciences, Professor, **ResearcherID: A-4838-2016, ORCID: 0000-0003-3773-9098, Scopus: 56104974500**, djamilyas@mail.ru

Vladimir V. Kobylinsky, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (29, Polytechnitcheskaya st., St. Petersburg, 195251), St. Petersburg, Russian Federation

Contribution of co-authors:

Didenko N. I. – methodology development; conducting a critical analysis of materials and drawing conclusions; review of research on the problem.

Skripnuk D. F. – scientific leadership; conducting a critical analysis of materials and drawing conclusions; review of research on the problem.

Kobylinsky V. V. – formalized data analysis; collection of data and evidence; study of the concept and methodology.

All authors have read and approved the final manuscript.