

Построение странового рейтинга цифровизации экономики на основе метода главных компонент

**Антон Олегович Овчаров^{а)},
Андрей Михайлович Терехов^{б)}**

^{а)} Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
имени Н.И. Лобачевского (ННГУ им. Н.И. Лобачевского), г. Нижний Новгород, Россия;

^{б)} Российский государственный университет правосудия (Приволжский филиал), г. Нижний
Новгород, Россия

Аргументируется актуальность международных сопоставлений уровня цифровизации стран на основе рейтинговых оценок, обусловленная отсутствием единообразия в методах и результатах использования информационно-коммуникационных технологий. Информационная база исследования — данные Росстата и Евростата о ряде переменных цифровизации за период 2016–2020 гг. Методологическая основа анализа — метод главных компонент и кластерный анализ по методу k-средних. Обоснована необходимость использования различных статистических инструментов, позволяющих оценивать масштабы цифрового неравенства в разрезе стран и регионов.

Обобщены научно-методологические подходы к изучению проблемы цифрового неравенства. Выделены три уровня цифровых разрывов и отражающие их статистические индикаторы. Определена роль индексов как обобщающих показателей при оценивании уровня цифровизации экономики и общества. Построен рейтинг европейских стран (в порядке убывания расчетного индекса цифровизации). Предложена группировка стран, различающихся по уровню цифрового развития, даны оценки цифровых разрывов.

Результаты статистического анализа показали, что лидерами рейтинга являются Финляндия, Дания и Норвегия; аутсайдерами — Греция, Болгария и Румыния. Все эти страны занимают стабильное положение в рейтинге. Сформированы три кластера стран по уровню (высокий, средний, низкий) цифровизации экономики. Выявлено, что цифровые разрывы между европейскими странами колеблются в диапазоне 42–44 %. Определено место России в рейтинге из 20 стран в период с 2016 по 2020 г.

Ключевые слова: цифровизация экономики, информационно-коммуникационные технологии, статистика инноваций, метод главных компонент, кластеризация, рейтинг цифровизации экономики.

JEL: C38, O11.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2023-30-1-58-69>.

Для цитирования: Овчаров А.О., Терехов А.М. Построение странового рейтинга цифровизации экономики на основе метода главных компонент. Вопросы статистики. 2023;30(1):58–69.

Building a Country Rating of Digitalization of the Economy Based on the Principal Component Analysis

**Anton O. Ovcharov^{a)},
Andrey M. Terekhov^{b)}**

^{a)} National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Lobachevsky University), Nizhny
Novgorod, Russia;

^{b)} Russian State University of Justice (Volga Branch), Nizhny Novgorod, Russia

The relevance of international comparisons of the level of digitalization of countries based on rating assessments is argued, due to the lack of uniformity in the methods and results of using information and communication technologies. The information base of the study is data from Rosstat and Eurostat on a number of digitalization variables for the period 2016–2020. The methodological basis of the analysis is the principal component method and k-means cluster analysis. The importance of using various statistical tools to assess the scale of digital inequality in the context of countries and regions is argued.

Scientific and methodological approaches to studying the problem of digital inequality were generalized. Three levels of digital gaps and statistical indicators reflecting them were allocated. The role of indices as generalizing indicators in assessing the level of digitalization of the economy and society was determined. A rating of European countries was built (in descending order of the calculated digitalization index). A grouping of countries that differ in the level of digital development is proposed, estimates of digital gaps are given.

The results of the statistical analysis showed that the leaders of the rating are Finland, Denmark, and Norway; outsiders are Greece, Bulgaria, Romania. All these countries occupy a stable position in the ranking. Three clusters of countries were formed in terms of the level (high, medium, low) of digitalization of the economy. It is shown that the digital gaps between European countries fluctuate in the range of 42–44%. Russia's place in the ranking of 20 countries in the period from 2016 to 2020 was determined.

Keywords: digitalization of the economy, information and communication technologies, innovation statistics, principal component analysis, clustering, rating of digitalization of the economy.

JEL: C38, O11.

doi: <https://doi.org/10.34023/2313-6383-2023-30-1-58-69>.

For citation: Ovcharov A.O., Terekhov A.M. Building a Country Rating of Digitalization of the Economy Based on the Principal Component Analysis. *Voprosy Statistiki*. 2023;30(1):58–69. (In Russ.)

Введение

Сравнение стран по уровню их развития чаще всего осуществляется на основе различных социально-экономических критериев. В качестве таких критериев выступают темпы экономического роста, развитость институтов, уровень жизни, инновационный потенциал и т. п. Результаты любого сравнения по тому или иному критерию или по их совокупности могут быть представлены в виде рейтингов. Так, регулярно составляются и публикуются рейтинги стран по таким показателям, как глобальная конкурентоспособность экономик¹, благоприятность условий ведения бизнеса², индекс человеческого развития³, индекс устойчивого развития⁴, а также по многим другим индикаторам.

В современных условиях важным фактором, формирующим позицию той или иной страны в рейтингах, является фактор цифровизации. Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) проникают во все сферы жизни, трансформируют бизнес-процессы, политический ландшафт и социальные нормы. В литературе активно обсуждаются успехи и проблемы, связанные с использованием ИКТ. С одной стороны, цифровизация создает беспрецедентные возможности экономического развития при минимальных маржинальных затратах после создания необходимой инфраструктуры [1]. Такие возможности меняют характер экономического поведения, в частности они требуют от всех участников адаптации к новым экономическим условиям, чтобы сохранить, восстановить или повысить свою кон-

курентоспособность [2]. Кроме того, благодаря активному внедрению ИКТ многие индивидуальные пользователи, компании и правительства получили современные формы доступа к информации, в результате чего изменяется социальное взаимодействие и появляются новые деловые возможности [3]. С другой стороны, неравенство в доступе к ИКТ и отсутствие необходимых навыков привели к возникновению цифровых разрывов. Сегодня активно ведутся дискуссии [4] относительно детерминант таких разрывов (социально-демографических, экономических, культурных) и мер, направленных на их преодоление. Например, актуальным является вопрос о путях цифровой интеграции. Речь идет как об обеспечении равного доступа населения к техническим устройствам и Интернету, так и об активном его участии через ИКТ в различных сферах жизни, таких как образование, культура, политика [5].

Хотя ожидания относительно общего потенциала цифровых технологий высоки, измерить влияние цифровизации на развитие экономики и общества весьма сложно [6]. Вместе с тем есть многочисленные примеры успешных попыток получения оценок уровня цифровизации и осуществления на этой основе межстрановых сопоставлений с помощью рейтингов. В данной статье мы предлагаем свой вариант такого сопоставления. В теоретической части работы осуществим краткий обзор подходов к цифровому неравенству как явлению, обуславливающему необходимость сравнивать страны по уровню их цифровизации, а также подходов к оцениванию этого уровня. В практической части построим и прокомменти-

¹ IMD world competitiveness booklet 2021. URL: https://www.imd.org/globalassets/wcc/docs/WCY_BOOKLET_2021.pdf.

² Doing Business 2020. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/32436/9781464814402.pdf>.

³ Human Development Report 2021/2022. URL: https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr2021-22pdf_1.pdf.

⁴ Sustainable Development Report 2022. URL: <https://s3.amazonaws.com/sustainabledevelopment.report/2022/2022-sustainable-development-report.pdf>.

тируем собственный рейтинг для группы стран, включающей ряд европейских государств и Россию (в дальнейшем эту группу будем называть «Европа + Россия»). Критерием ранжирования станет убывание значений авторского показателя (индекса) цифровизации, сконструированного на основе метода главных компонент.

Краткий обзор литературы

Межстрановые сопоставления на основе рейтингов цифровизации предполагают наличие неравенства в сфере использования ИКТ. В литературе такое неравенство называется цифровым разрывом и рассматривается в самых разных аспектах [7]. Цифровые разрывы можно обнаружить, если сравнивать экономически развитые и развивающиеся страны, сельские и городские районы, мужчин и женщин, квалифицированных и неквалифицированных работников, крупные и малые компании и т. п.

Концепция цифрового разрыва в своем развитии прошла ряд этапов. Изначально разрывы трактовались исключительно как различия в доступе к ИКТ (*первый уровень разрыва*) [8 и 9]. Это касалось не только отдельных людей и домашних хозяйств, но также стран, регионов, городов и компаний, которые находились на разных социально-экономических и культурных уровнях, определяемых в зависимости от доступности использования технических устройств и технологий. В контексте тематики нашей статьи следует отметить, что такие разрывы вписываются в концепцию Глобального цифрового раскола (Global digital divide), которая фокусирует внимание на идее разрыва между информационно богатыми и бедными странами (см., например, [10]). Первая группа стран активно вовлечена в процесс технологического развития, вторая — исключена (ограниченно вовлечена в этот процесс) в силу отсутствия доступа к ИКТ и неразвитости соответствующей инфраструктуры. Во многих работах активно исследовались цифровые разрывы между экономически развитыми и развивающимися странами, странами глобального Севера и глобального Юга, между отдельными регионами мира (подробнее см. обзор в [11]).

Пространственное неравенство в цифровом развитии изучается и сегодня. Например, в [12] по индикатору «Доступ домашних хозяйств к ИКТ» были получены оценки цифрового разрыва за 2017 г.

в отношении 33 европейских стран. Максимальный разрыв составил 37%, что согласуется с результатами схожего исследования, проведенного ранее по данным за 2008–2010 гг. [13]. Однако в целом проблематика разрывов первого уровня уже не так актуальна, как двадцать лет назад. Это связано с новым этапом цифровизации, когда устройства и технологии становятся настолько разнообразными, что проблема заключается не в том, чтобы обладать или не обладать ими, а в том, чтобы осуществить необходимый выбор. Сегодня более значимым является *второй уровень разрыва*, который фиксирует различия в цифровых навыках и цифровой грамотности, в способностях использовать доступ к ИКТ для решения самых разных задач [14].

Однако анализ цифровых разрывов этим также не ограничивается — в ряде исследований показано, что при комплексном подходе необходимо учитывать результаты и последствия использования ИКТ (см., например, [15 и 16]). Неправильно считать, что доступ к конкретной технологии и ее активное применение автоматически обеспечивают все ее преимущества. Необходимо оценивать, насколько неравенство возможностей пользователей может повлиять на их индивидуальные результаты и выгоды. Переход от анализа неравенства в доступе к ИКТ и навыках к сосредоточению внимания на конкретных результатах (преимуществах) использования ИКТ связан с исследованием *третьего уровня цифрового разрыва* [17].

Выделение трех уровней цифровых разрывов открывает путь для отбора индикаторов, соответствующих каждому из них. Такие индикаторы затем можно использовать для конструирования обобщающего показателя цифровизации и получения сравнительных оценок. *Первая группа индикаторов*, соответствующая первому уровню цифрового разрыва, должна включать определенные базовые показатели — число пользователей (абонентов), стоимость и скорость доступа к Интернету, типы и число устройств и т. п. *Вторая группа индикаторов* — это показатели цифровых навыков, грамотности и мотивации пользователей в разрезе их социальных и демографических характеристик. Набор переменных для *третьей группы* представляет собой самую сложную задачу, поскольку пока нет единого подхода к тому, как именно должны оцениваться результаты использования ИКТ. Считается, что эти результаты должны быть видимыми или осязаемыми (tangible outcomes) [18] и приносить пользователям определенные выго-

ды (benefits) [19]. Примерами переменных третьей группы могут быть индикаторы, отражающие практику использования электронных сервисов (для домашних хозяйств это может быть работа с сервисами электронного правительства, для компаний — электронная коммерция). Такой подход нашел применение, например, в [20, с. 13–21] — авторы в отношении стран Восточной Европы получили оценки цифрового неравенства третьего уровня на основе данных об использовании физическими лицами трех типов сервисов (eGovernment and public services, eHealth, eCommerce). Схожий анализ проведен в [11], но в отношении только Республики Татарстан — оценки сделаны исходя из активности пользователей на нескольких региональных правительственных порталах⁵. Таким образом, возможен подход к анализу цифрового неравенства (в том числе и в страновом разрезе), направленный на установление связи между уровнями цифрового разрыва и конкретными показателями цифровизации.

Вместе с тем на практике измерение цифровизации осуществляется с помощью отдельных или композитных показателей. Оценки с помощью отдельных переменных основаны, как правило, на исследовании применения какой-то конкретной технологии, например ведения веб-сайтов фирмами [21] или использования Интернета и электронной коммерции [22]. Однако более распространенным является подход, предполагающий конструирование обобщающих показателей посредством таких методов, как взвешивание, кластерный или факторный анализ. Их подробный обзор представлен, например, в [23]. Используя подобные методы, можно получить индикатор (индекс), который будет отображать масштабы цифрового развития на уровне отдельных стран или регионов. Классифицировать подобные индексы довольно сложно, но, на наш взгляд, здесь можно использовать простое деление (без строго критерия) на две группы.

Первая группа — это индексы, которые разрабатываются международными организациями на основе широкого набора данных по многим странам и регулярно публикуются в открытых источниках. В [24] сделан обзор таких показателей — авторы выделили семь наиболее популярных индексов: индекс развития ИКТ (ICT Development Index —

IDI); индекс развития электронного правительства (E-government Development Index — EGDI); индекс сетевой готовности (Networked Readiness Index — NRI); индекс глобальной конкурентоспособности (Global Competitiveness Index — GCI); индекс технологических достижений (Technology Achievement Index — TAI); индекс цифровизации (Digitalization Index — DI); глобальный инновационный индекс (Global Innovation Index — GII). На наш взгляд, в этот перечень целесообразно также включить индекс цифровой экономики и общества (Digital Economy and Society Index — DESI)⁶. Данный индикатор является основным показателем, характеризующим развитость ИКТ в Европе. Он позволяет отслеживать процессы цифровой трансформации в европейских странах и служит важнейшим ориентиром для принятия решений с целью поддержки развития цифровых технологий и цифровой инфраструктуры.

Вторая группа — это своего рода «авторские» индексы, которые в определенном смысле являются либо альтернативой, либо дополнением к «официальным» индексам. Как правило, при расчете этих индексов используется более продвинута методология, которая приводит к интересным результатам. В частности, отметим метод главных компонент. Например, в [25] он был применен в исследовании цифровых разрывов в отношении 10 развитых стран, а в [12] с его помощью был построен индекс цифрового развития домашних хозяйств и отдельных лиц (Household and Individual Digital Development Index — HIDI). Авторы отмечают эффективность этого индекса в оценках цифрового разрыва на более высоком уровне пространственной детализации, что особенно важно при анализе крупных стран или стран с региональными различиями.

В российской практике также используется данная методология. Так, на ее основе был построен индекс доступности к ИКТ и исследовано региональное цифровое неравенство в России за период 2013–2015 гг. [26]. По сути, авторы получили оценки цифровых разрывов первого уровня в разрезе субъектов Российской Федерации — ими зафиксировано сокращение цифрового неравенства за счет роста пользователей сети Интернет и позитивной динамики процессов цифровизации в южных российских регионах.

⁵ В практической части мы также отобрали четыре переменные, которые с определенной долей условности можно отнести к частным индикаторам, характеризующим цифровой разрыв третьего уровня.

⁶ The Digital Economy and Society Index (DESI). URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>.

Данные

Для проведения исследования нами были отобраны данные Евростата и Росстата, которые характеризуют цифровизацию в группе стран «Европа + Россия» за период 2016–2020 гг. Изначально в выборку планировалось включить более 50 переменных для 38 стран. Однако ввиду неполноты статистической информации в базе Евростата по отдельным странам и показателям и по итогам первичной обработки данных мы сократили число европейских стран до 19, а переменных до 11.

За основу были взяты показатели Евростата, которые расположены в разных группах раздела базы данных «Цифровая экономика и общество»⁷. Для каждой из этих переменных в различных источниках Росстата⁸ был найден российский аналог, что позволило обеспечить сопоставимость исходных данных и корректное последующее построение рейтинга. При этом каждый показатель мы соотнесли с конкретным типом цифрового разрыва и поместили в одну из трех групп, о которых написали в обзорной части (см. таблицу 1).

Таблица 1

Выборка показателей цифровизации из баз данных Евростата и Росстата

Обозначение показателя		Наименование показателя	
кодификатор Евростата	в статье	Евростат	Росстат
<i>Показатели, соответствующие первому уровню цифрового разрыва</i>			
isoc_ci_it_en2	X_1	Enterprises use DSL or other fixed broadband connection, percentage of enterprises	Доля организаций, использующих широкополосный доступ к сети Интернет, в общем числе организаций (в процентах)
isoc_ci_cm_pn2	X_2	Persons employed using computers with access to World Wide Web, percentage of total employment	Работники организаций, использующие персональные компьютеры, сеть Интернет, портативные устройства не реже одного раза в неделю (в процентах от среднесписочной численности работников организаций)
isoc_ci_in_h	X_3	Households – level of Internet access, percentage of households	Доля домашних хозяйств, имеющих доступ к сети Интернет, в общем числе домашних хозяйств (в процентах)
isoc_ci_ifp_fu	X_4	Frequency of Internet access: daily, percentage of individuals	Использование Интернета населением – практически каждый день (в процентах от общей численности населения в возрасте 15–74 лет)
<i>Показатели, соответствующие второму уровню цифрового разрыва</i>			
isoc_ci_ac_i	X_5	Internet use: finding information about goods and services, percentage of individuals.	Цели использования сети Интернет населением: поиск информации о товарах и услугах (в процентах от общей численности населения, использующего сеть Интернет)
isoc_ci_ac_i	X_6	Internet use: Internet banking, percentage of individuals	Цели использования Интернета населением: осуществление банковских операций (в процентах от численности населения в возрасте 15–74 лет, использовавшего Интернет за последние три месяца)
isoc_sks_itspt	X_7	Employed ICT specialists, percentage of total employment	Специалисты по ИКТ в организациях (в процентах от общей численности работников)
<i>Показатели, соответствующие третьему уровню цифрового разрыва</i>			
isoc_ec_evaln2	X_8	Enterprises with e-commerce sales, percentage of enterprises	Доля организаций, получавших заказы на выпускаемые товары (работы, услуги) по Интернету, в общем числе обследованных организаций (в процентах)
isoc_ciweb	X_9	Enterprises with a website, percentage of enterprises	Доля организаций, имевших веб-сайт, в общем числе обследованных организаций (в процентах)
isoc_cicce_use	X_{10}	Buy cloud computing services used over the internet, percentage of enterprises	Организации, использующие облачные сервисы (в процентах от общего числа организаций)
isoc_ciegi_ac	X_{11}	Internet use: interaction with public authorities, percentage of individuals	Население, взаимодействующее с органами государственной власти и местного самоуправления для получения услуг через Интернет (в процентах от общей численности населения)

Источник: составлено авторами по базам данных Евростата и Росстата.

⁷ Eurostat. Your key to European statistics. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database>.

⁸ Использовалась информация Мониторинга развития информационного общества в Российской Федерации (URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/infocommunity>) и статистических сборников (URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/infocommunity/publications>): «Информационное общество в Российской Федерации» (Росстат в партнерстве с НИУ ВШЭ), «Индикаторы цифровой экономики» (НИУ ВШЭ в партнерстве с Минцифры России и Росстатом), «Цифровая экономика: краткий статистический сборник» (НИУ ВШЭ в партнерстве с Минцифры России и Росстатом).

При отборе показателей использовались только открытые источники информации — в этом заключается отличие нашего подхода от подхода к построению DESI, так как, кроме Евроста, при определении DESI авторы опираются и на другие ресурсы, например на специальные статистические обследования, проводимые по заказу Европейской комиссии.

В целом выбранные переменные характеризуют развитость основных видов ИКТ как в разрезе домашних хозяйств, так и организаций. Различная степень доступа к ИКТ может указывать на значительное социальное и экономическое расслоение населения, на неодинаковую степень вовлеченности домашних хозяйств и бизнеса в процессы цифровизации.

Методология исследования

Наш подход основан на том, что рейтинг стран строится путем их ранжирования по рассчитанному нами обобщающему показателю цифровизации (в порядке убывания). Он объединяет коррелирующие между собой показатели, включенные в выборку и отражающие различные уровни цифровых разрывов. При этом отметим, что на практике агрегирование отдельных переменных в единый индикатор может осуществляться различными методами. В частности, DESI определяется при помощи метода средней арифметической взвешенной. Мы же применяем метод главных компонент (principal component analysis — PCA), который позволяет получить интегральный индекс цифровизации путем выделения ненаблюдаемой переменной с использованием методов снижения размерности признаков пространства. Иначе говоря, PCA позволяет уменьшить количество переменных в массиве данных, сохранив максимум информации. При этом первую главную компоненту (PC_1) можно рассматривать как обобщающий показатель цифровизации. Она представляет собой такую линейную комбинацию переменных, которая обладает наибольшей дисперсией. Именно она позволяет определить вклад частных показателей в интегральный индекс и выявить наиболее значимый фактор цифровизации.

В нашем исследовании использование PCA в целях построения рейтинга выглядит следующим образом. Сначала мы осуществляем нормирование исходных данных и на этой основе строим корреляционную матрицу в отношении выбран-

ных переменных. Затем по результатам корреляционного анализа проводим факторный анализ главных компонент и выявляем вклад каждой главной компоненты в суммарную дисперсию исходных показателей. Наконец, с целью интерпретации PC_1 мы рассчитываем элементы матрицы факторных нагрузок и ранжируем попавшие в выборку страны по уровню цифровизации. При этом делаем это в шкале, сопоставимой с DESI. Вся процедуру PCA мы иллюстрируем на выборке переменных в отношении группы стран «Европа + Россия» за период 2016–2020 гг.

Условие применимости PC_1 имеет вид:

$$\left\{ \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \dots + \lambda_p} \right\} > 0,55,$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ — собственные значения корреляционной матрицы частных нормированных показателей, расположенные в порядке убывания ($\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$).

Индивидуальные значения PC_1 , построенной по апостериорному набору нормированных переменных $\tilde{X}_1, \tilde{X}_2 \dots \tilde{X}_p$, характеризующих объект исследования (в нашем случае группы «Европа + Россия»), определяются следующим образом:

$$PC_{1i} = \sum_{j=1}^p u_{j1} \times \left(\frac{\tilde{X}_{ji} - \bar{\tilde{X}}_j}{S_{\tilde{X}_j}} \right),$$

где $\tilde{X}_{ji}$ — значение j -й нормированной переменной для i -го объекта, $\bar{\tilde{X}}_j$ — среднее значение j -й нормированной переменной; $S_{\tilde{X}_j}$ — оценка среднего квадратического отклонения j -й нормированной переменной; u_{j1} — факторная нагрузка первой главной компоненты на j -ю переменную.

Перевод полученных значений индекса в сопоставимую с DESI шкалу осуществляется в следующем порядке:

$$Scores_i = \left(\frac{\overline{DESI}}{n_{PC_1}} \times (PC_{1i} + (PC_{1max} - PC_{1min})) \right) \times (-1),$$

где: $Scores_i$ — количество баллов по i -й стране; $\overline{DESI}$ — средний индекс по Европейскому союзу по DESI за отчетный год; n_{PC_1} — количество стран в рейтинге PC_1 ; PC_{1i} — рассчитанное по методу главных компонент значение индекса по i -й стране (исходный балл); PC_{1max} — максимальное значение по рейтингу PC_1 ; PC_{1min} — минимальное значение по рейтингу PC_1 .

Таблица 3

Факторные нагрузки PC_1 , 2016–2020 годы

Переменная	2016	2017	2018	2019	2020
X_1	-0,71	-0,64	-0,66	-0,68	-0,66
X_2	-0,89	-0,90	-0,89	-0,90	-0,82
X_3	-0,92	-0,92	-0,88	-0,81	-0,77
X_4	-0,95	-0,95	-0,97	-0,96	-0,94
X_5	-0,95	-0,94	-0,91	-0,87	-0,89
X_6	-0,95	-0,95	-0,93	-0,95	-0,95
X_7	-0,87	-0,88	-0,84	-0,86	-0,84
X_8	-0,82	-0,87	-0,87	-0,67	-0,58
X_9	-0,87	-0,88	-0,87	-0,88	-0,85
X_{10}	-0,88	-0,88	-0,92	-0,90	-0,90
X_{11}	-0,90	-0,91	-0,90	-0,89	-0,91

Примечание. Курсивом отмечены значения факторных нагрузок $PC_1 > 0,7$.

Источник: составлено авторами с использованием приложения Statistica 10.

С первой главной компонентой максимально коррелируют переменные X_2 – X_7 , X_9 – X_{11} .

Рассчитанные коэффициенты линейного преобразования унифицированных частных критериев показывают, что PC_1 связана с нормированными исходными показателями цифровизации линейной комбинацией. Например, для 2020 г. она будет иметь вид:

$$PC_1 = -0,086\tilde{X}_1 - 0,106\tilde{X}_2 - 0,100\tilde{X}_3 - 0,122\tilde{X}_4 - \\ - 0,116\tilde{X}_5 - 0,124\tilde{X}_6 - 0,109\tilde{X}_7 - 0,075\tilde{X}_8 - \\ - 0,111\tilde{X}_9 - 0,118\tilde{X}_{10} - 0,118\tilde{X}_{11}.$$

Проанализировав матрицу факторных нагрузок, нами установлено, что между отобранными переменными и главными компонентами X_2 – X_{11} не наблюдается тесной связи. Она есть только между PC_1 и десятью переменными, что подтверждает возможность выделения только первой главной компоненты.

Расчет индивидуальных значений главных компонент с последующей сортировкой значений индекса по убыванию позволил сформировать рейтинг стран «Европа + Россия» по уровню развития цифровой экономики в шкале, сопоставимой с DESI. В таблице 4 приведены результаты полученного нами рейтинга в динамике за 2016–2020 гг.

Наиболее высокие значения индекса в течение анализируемого периода имели страны: Финляндия, Дания, Норвегия, Бельгия, Австрия; наиболее низкие – Португалия, Болгария, Румыния, Греция. Стабильное положение в рейтинге наблюдается в Норвегии, Бельгии, Австрии, Греции, Болгарии, Румынии (за анализируемый период их место в рейтинге не менялось).

На основе полученного в результате расчетов рейтинга PC_1 предложено выделить группы стран по следующим уровням цифровизации: высокий, средний и низкий. Для этого использовался кластерный анализ – кластеризация методом k -средних с выделением трех кластеров. Исходные данные – значения PC_{1i} в динамике за 2016–2020 гг. Действие алгоритма состоит в том, что он стремится минимизировать сумму квадратов расстояний от каждой точки кластера до его центра (центр масс кластера) – $agr\ min_s$:

$$agr\ min_s = \sum_{j=1}^k \sum_{PC_{1i} \in S_j} (PC_{1i} - \mu_j)^2,$$

где k – число кластеров; S_j – полученные кластеры; $j = 1, 2, \dots, k$; μ_j – центры масс всех векторов PC_{1i} из кластера S_j .

Результаты и обсуждение

В соответствии с предложенной методикой рассчитан индекс PC_1 в динамике за 2016–2020 гг. для 19 европейских стран и России. Предварительно проведен корреляционный анализ, результаты которого показали наличие существенной положительной связи между большинством исследуемых переменных.

Следующим этапом стало проведение факторного анализа главных компонент. Расчет собственных значений, то есть дисперсий главных компонент, позволил определить, что относительный вклад PC_1 в суммарную дисперсию по каждому году превышает 55%. Критерий Кайзера, а также анализ графика каменистой осыпи подтверждают гипотезу о возможности выделения только первой главной компоненты по нашему набору данных по всем годам (см. таблицу 2).

Таблица 2

Результаты факторного анализа первой главной компоненты, 2016–2020 годы

Год	Собственное значение	Процент от общей дисперсии
2016	8,63	78,49
2017	8,66	78,74
2018	8,50	77,25
2019	8,10	73,66
2020	7,68	69,84

Источник: составлено авторами с использованием приложения Statistica 10.

На основе анализа матрицы факторных нагрузок отчетливо видно выделение PC_1 (см. таблицу 3).

Таблица 4

Рейтинг цифровизации группы стран «Европа + Россия», 2016–2020 годы

Страна	Значение индекса (место в рейтинге)					Изменение (+/-) баллов (позиции) в рейтинге в 2020 г. по сравнению с 2016 г.
	2016	2017	2018	2019	2020	
Финляндия	53,3 (1)	57,4 (1)	60,9 (2)	64,5 (1)	68,2 (1)	+14,9 (не изменилась)
Дания	52,7 (2)	56,5 (2)	61,5 (1)	62,9 (2)	67,7 (2)	+15,0 (не изменилась)
Норвегия	51,3 (3)	54,9 (3)	58,7 (3)	61,1 (3)	64,2 (3)	+11,1 (не изменилась)
Бельгия	42,5 (4)	46,8 (4)	50,9 (4)	53,9 (4)	55,7 (4)	+13,2 (не изменилась)
Австрия	40,5 (5)	43,6 (5)	45,4 (5)	48,3 (5)	52,5 (5)	+12,0 (не изменилась)
Испания	37,0 (7)	39,3 (8)	42,1 (8)	45,4 (7)	50,0 (6)	+13,0 (улучшилась на одну позицию)
Словения	36,6 (8)	40,6 (6)	43,9 (7)	44,9 (8)	49,3 (7)	+12,7 (улучшилась на одну позицию)
Чехия	37,7 (6)	40,4 (7)	44,8 (6)	47,4 (6)	49,0 (8)	+11,3 (ухудшилась на две позиции)
Кипр	31,8 (14)	34,5 (13)	38,6 (10)	40,4 (12)	46,1 (9)	+14,3 (улучшилась на пять позиций)
Латвия	33,3 (12)	35,3 (11)	37,9 (11)	40,9 (11)	45,9 (10)	+12,6 (улучшилась на две позиции)
Литва	33,8 (10)	37,2 (9)	39,6 (9)	42,5 (9)	45,8 (11)	+12,0 (ухудшилась на одну позицию)
Словакия	34,7 (9)	36,8 (10)	37,5 (13)	41,5 (10)	45,7 (12)	+11,0 (ухудшилась на три позиции)
Хорватия	33,4 (11)	33,9 (14)	37,9 (12)	39,2 (14)	42,4 (13)	+11,0 (ухудшилась на две позиции)
Венгрия	33,2 (13)	35,2 (12)	36,4 (14)	40,1 (13)	42,2 (14)	+9,0 (ухудшилась на одну позицию)
Россия	27,1 (17)	30,4 (17)	35,5 (15)	38,5 (15)	41,3 (15)	+14,2 (улучшилась на две позиции)
Польша	29,7 (16)	31,6 (16)	34,1 (17)	37,7 (16)	40,4 (16)	+10,7 (не изменилась)
Португалия	31,8 (15)	33,7 (15)	35,1 (16)	37,0 (17)	39,1 (17)	+7,3 (ухудшилась на две позиции)
Греция	26,6 (18)	27,8 (18)	29,4 (18)	30,3 (18)	32,8 (18)	+6,2 (не изменилась)
Болгария	21,0 (19)	22,7 (19)	22,8 (19)	24,2 (19)	25,6 (19)	+4,6 (не изменилась)
Румыния	18,0 (20)	19,5 (20)	20,8 (20)	21,4 (20)	21,9 (20)	+3,9 (не изменилась)
Средние значения индекса	35,3	37,9	40,7	43,1	46,3	+11,0

Источник: составлено авторами.

Лидерами по приросту индекса являются Дания (+15,0 п. п.), Финляндия (+14,9), Кипр (+14,3) и Россия (+14,2 п. п.). Наименьший прирост наблюдается у Греции (+6,2 п. п.), Болгарии (+4,6) и Румынии (+3,9 п. п.). Средний прирост по группе «Европа + Россия» составил +11,0 п. п. Значительное движение вверх в рейтинге показали

Кипр (перемещение на пять позиций), Латвия и Россия (перемещение на две позиции); вниз — Словакия (перемещение на три позиции).

По результатам полученного рейтинга проведена группировка стран по уровню цифровизации экономики при помощи кластерного анализа методом *k*-средних (см. таблицу 5).

Таблица 5

Группировка стран по уровню цифровизации экономики, 2016–2020 годы

1-й кластер — высокий уровень цифровизации	2-й кластер — средний уровень цифровизации	3-й кластер — низкий уровень цифровизации
Финляндия, Дания, Норвегия, Бельгия	Австрия, Испания, Словения, Чехия, Кипр, Латвия, Литва, Словакия, Хорватия, Венгрия, Россия, Польша, Португалия	Греция, Болгария, Румыния

Решение получено после двух итераций. Дисперсионный анализ показал значимость полученных результатов (все p -значения $< 0,001$; значения F -критерия в пределах от 46 до 70). Следует отметить, что элементы кластеров (страны) в каждом году одни и те же. Изменение конфигурации настроек начальных центров кластеров также не привело к изменению перечня стран, входящих в тот или иной кластер.

По итогам анализа мы фиксируем уровень цифрового разрыва в 2020 г.⁹, равный 41,9% (для сравнения: 2016 г. — 43,8%; 2017 г. — 43,3; 2018 г. — 42,0; 2019 г. — 41,7%). Эти оценки в целом согласуются с оценками, полученными в схожих исследованиях (см., например, [12 и 13]). При этом мы учитывали факторы, формирующие не только первый уровень разрыва (различия в доступе к ИКТ), но и два других уровня (цифровые навыки и социально-экономические последствия использования ИКТ).

Нами не ставилась задача оценивать отдельно каждый уровень, однако очевидно, что отказ от рассмотрения двух последних уровней, то есть оценивание исключительно неравенства в доступе к ИКТ, сократит этот разрыв. Кроме того, в Европе ведется крупномасштабная политика, направленная на совершенствование цифровой инфраструктуры и развитие цифровых компетенций. Так, в 2015 г. Европейской комиссией была внедрена Стратегия единого цифрового рынка (The Digital Single Market Strategy — DSMS), на которую было выделено 61,3 млрд евро [27]. Одним из важнейших элементов DSMS являются меры по обеспечению неограниченного доступа к цифровому рынку для потребителей и предприятий с целью уменьшения различий между государствами — членами ЕС.

Следует отметить, что важную роль в преодолении цифрового неравенства играют стратегическое планирование и программирование научно-технологического и социально-экономического развития, выстраивание обратных связей с субъектами бизнеса таким образом, чтобы цифровизация была более эффективной и отвечала потребностям производства и потребления [28].

Заключение

В теоретической части данной статьи осуществлен краткий обзор исследований, отражающих дискуссии по проблемам цифрового неравенства. Показана эволюция подходов к цифровым разрывам, выделены индикаторы, соответствующие каждому из трех уровней этих разрывов. Кроме того, обобщена практика статистического оценивания цифровизации с помощью индексов.

В практической части реализован метод главных компонент для построения рейтинга европейских стран по уровню цифровизации, в который была включена и Россия. Для этого мы отобрали за период 2016–2020 гг. ряд переменных из единой базы Евростата и нашли для каждой из них российский аналог в разных источниках, используемых Росстатом. Выделение первой главной компоненты, которую мы рассматривали как обобщающий показатель цифровизации, позволило, во-первых, осуществить ранжирование стран по уровню цифровизации, а во-вторых, оценить изменения положения той или иной страны в рейтинге за пять лет. Мы также реализовали один из методов кластерного анализа с целью получения группировки стран по уровням цифрового развития.

Результаты исследования показывают, что Финляндия, Дания, Норвегия, Бельгия, Австрия занимают верхние строчки рейтинга, а Греция, Болгария, Румыния — нижние. Причем лидеры и аутсайдеры демонстрировали стабильное положение в рейтинге: за период 2016–2020 гг. их места не изменились (лишь единственный раз, в 2018 г., два лидера — Финляндия и Дания — поменялись местами). Кластеризация позволила выделить три группы стран с разным уровнем цифрового развития и получить оценки цифрового разрыва. Россия хотя и занимает невысокое место в данном рейтинге, но демонстрирует положительную динамику: за пять лет она поднялась с 17-й на 15-ю позицию в рейтинге из 20 стран.

В целом мы предложили более продвинутый метод анализа цифровизации по сравнению с теми, в которых используются другие индексы, например DESI. Его применение на практике позволяет получать объективные и достоверные оценки цифрового неравенства, сравнивать между собой страны и регионы по уровню цифрового развития.

⁹ Определен нами как отношение среднего балла по третьему кластеру (26,77) к среднему баллу по первому кластеру (63,95).

Литература

1. **Iansiti M., Lakhani K.R.** Digital Ubiquity: How Connections, Sensors, and Data Are Revolutionizing Business // *Harvard Business Review*. 2014. No. 92(11). P. 90–99.
2. **Pigni F., Piccoli G., Watson R.** Digital Data Streams: Creating Value from Real-Time Flow of Big Data // *California Management Review*. 2016. Vol. 58. Iss. 3. P. 5–25. doi: <https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.3.5>.
3. **Greenstein S., Lerner J., Stern S.** Digitization, Innovation, and Copyright: What Is the Agenda? // *Strategic Organization*. 2013. Vol. 11. Iss. 1. P. 110–121. doi: <https://doi.org/10.1177/1476127012460940>.
4. **Hidalgo A.** et al. The Digital Divide in Light of Sustainable Development: An Approach Through Advanced Machine Learning Techniques // *Technological Forecasting and Social Change*. 2020. Vol. 150. Article 119754. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119754>.
5. **Jamil S.** From Digital Divide to Digital Inclusion: Challenges for Wide-Ranging Digitalization in Pakistan // *Telecommunications Policy*. 2021. Vol. 45. Iss. 8. Article 102206. doi: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102206>.
6. **Brynjolfsson E., Collis A.** How Should We Measure the Digital Economy? // *Harvard Business Review*. 2019. No. 97(6). P. 140–146.
7. **Ragnedda M., Muschert G.** (eds). *The Digital Divide: The Internet and Social Inequality in International Perspective* (1st ed.). London: Routledge, 2013. 324 p. doi: <https://doi.org/10.4324/9780203069769>.
8. **Hoffman D.L., Novak T.P., Schlosser A.** The Evolution of the Digital Divide: How Gaps in Internet Access May Impact Electronic Commerce // *Journal of Computer-Mediated Communication*. 2000. Vol. 5. Iss. 3. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2000.tb00341.x>.
9. **Riggins F.J., Dewan S.** The Digital Divide: Current and Future Research Directions // *Journal of the Association for Information Systems*. 2005. Vol. 6. Iss. 12. P. 298–337. doi: <https://doi.org/10.17705/1jais.00074>.
10. **Chen W., Wellman B.** The Global Digital Divide – Within and Between Countries // *IT&Society*. 2004. Vol. 1. Iss. 7. P. 39–45.
11. **Гладкова А.А., Гарифуллин В.З., Рagnедда М.** Модель трех уровней цифрового неравенства: современные возможности и ограничения (на примере исследования Республики Татарстан) // *Вестник Московского университета. Серия 10. Журналистика*. 2019. № 4. С. 41–72. doi: <https://doi.org/10.30547/vestnik.journ.4.2019.4172>.
12. **Lucendo-Monedero A.L., Ruiz-Rodríguez F., González-Relaño R.** Measuring the Digital Divide at Regional Level. A Spatial Analysis of the Inequalities in Digital Development of Households and Individuals in Europe // *Telematics and Informatics*. 2019. Vol. 41. P. 197–217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.05.002>.
13. **Cruz-Jesus F., Oliveira T., Bacao F.** Digital Divide Across the European Union // *Information & Management*. 2012. Vol. 49. Iss. 6. P. 278–291. doi: <https://doi.org/10.1016/j.im.2012.09.003>.
14. **van Deursen A., van Dijk J.** Internet Skills and the Digital Divide // *New Media & Society*. 2011. Vol. 13. Iss. 6. P. 893–911. doi: <https://doi.org/10.1177/1461444810386774>.
15. **Selwyn N.** Reconsidering Political and Popular Understandings of the Digital Divide // *New Media & Society*. 2004. Vol. 6. Iss. 3. P. 341–362. doi: <https://doi.org/10.1177/1461444804042519>.
16. **van Dijk J.A.** *The Deepening Divide: Inequality in the Information Society*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publ. Inc., 2005. 224 p. doi: <https://dx.doi.org/10.4135/9781452229812>.
17. **Wei K.K.** et al. Conceptualizing and Testing a Social Cognitive Model of the Digital Divide // *Information Systems Research*. 2011. Vol. 22. Iss. 1. P. 170–187. doi: <https://doi.org/10.1287/isre.1090.0273>.
18. **van Deursen A.J.A.M., Helsper, E.J.** The Third-Level Digital Divide: Who Benefits Most from Being Online? // *Communication and Information Technologies Annual (Studies in Media and Communications, Vol. 10.)*. Bingley: Emerald Group Publ. Limited, 2015. P. 29–52. doi: <https://doi.org/10.1108/S2050-206020150000010002>.
19. **Ragnedda M.** *The Third Digital Divide: A Weberian Approach to Digital Inequalities*. London: Routledge, 2017. 136 p. doi: <https://doi.org/10.4324/9781315606002>.
20. **Ragnedda M., Kreitem H.** The Three Levels of Digital Divide in East EU Countries // *World of Media. Journal of Russian Media and Journalism Studies*. 2018. Iss. 4. P. 5–26. doi: <https://doi.org/10.30547/worldofmedia.4.2018.1>.
21. **Billon M., Ezcurra R., Lera-López F.** Spatial Effects in Website Adoption by Firms in European Regions // *Growth and Change*. 2009. Vol. 40. Iss. 1. P. 54–84. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2008.00461.x>.
22. **Szeles M.R.** New Insights from a Multilevel Approach to the Regional Digital Divide in the European Union // *Telecommunications Policy*. 2018. Vol. 42. Iss. 6. P. 452–463. doi: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.03.007>.
23. **OECD, EU, EC-JRC.** *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. Paris: OECD Publ., 2008. 158 p. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264043466-EN>.
24. **Perez-Castro M.A., Mohamed-Maslouhi M., Montero-Alonso M.Á.** The Digital Divide and Its Impact on the Development of Mediterranean Countries // *Technology in Society*. 2021. Vol. 64. Article 101452. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101452>.
25. **Corrocher N., Ordanini A.** Measuring the Digital Divide: A Framework for the Analysis of Cross-Country Differences // *Journal of Information Technology*. 2002. Vol. 17. Iss. 1. P. 9–19. doi: <https://doi.org/10.1080/02683960210132061>.
26. **Архипова М.Ю., Сиротин В.П., Сухарева Н.А.** Разработка композитного индикатора для измерения величины и динамики цифрового неравенства в России // *Вопросы статистики*. 2018. Т. 25. № 4. С. 75–87.
27. **Lutz S.U.** *The European Digital Single Market Strategy: Local Indicators of Spatial Association 2011–2016* // *Telecommunications Policy*. 2019. Vol. 43. Iss. 5. P. 393–410. doi: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.10.003>.
28. **Сафиуллин А.Р., Моисеева О.А.** Цифровое неравенство: Россия и страны мира в условиях четвертой промышленной революции // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2019. Т. 12. № 6. С. 26–37. doi: <https://doi.org/10.18721/JE.12602>.

Информация об авторах

Овчаров Антон Олегович — д-р экон. наук, профессор кафедры бухгалтерского учета, главный научный сотрудник Центра макро- и микроэкономики, Институт экономики и предпринимательства, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (ННГУ им. Н.И. Лобачевского). 603022, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, д. 23. E-mail: anton19742006@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4921-7780>.

Терехов Андрей Михайлович — канд. экон. наук, доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин, Российский государственный университет правосудия (Приволжский филиал). 603022, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, д. 17А. E-mail: terehoff.t@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2356-4533>.

References

1. **Iansiti M., Lakhani K.R.** Digital Ubiquity: How Connections, Sensors, and Data Are Revolutionizing Business. *Harvard Business Review*. 2014;92(11):90–99.
2. **Pigni F., Piccoli G., Watson R.** Digital Data Streams: Creating Value from Real-Time Flow of Big Data. *California Management Review*. 2016;58(3):5–25. Available from: <https://doi.org/10.1525/cmr.2016.58.3.5>.
3. **Greenstein S., Lerner J., Stern S.** Digitization, Innovation, and Copyright: What Is the Agenda? *Strategic Organization*. 2013;11(1):110–121. Available from: <https://doi.org/10.1177/1476127012460940>.
4. **Hidalgo A.** et al. The Digital Divide in Light of Sustainable Development: An Approach Through Advanced Machine Learning Techniques. *Technological Forecasting and Social Change*. 2020; 150:Article 119754. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119754>.
5. **Jamil S.** From Digital Divide to Digital Inclusion: Challenges for Wide-Ranging Digitalization in Pakistan. *Telecommunications Policy*. 2021;45(8):Article 102206. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102206>.
6. **Brynjolfsson E., Collis A.** How Should We Measure the Digital Economy? *Harvard Business Review*. 2019;97(6):140–146.
7. **Ragnedda M., Muschert G.** (eds) *The Digital Divide: The Internet and Social Inequality in International Perspective (1st ed.)*. London: Routledge, 2013; 324 p. Available from: <https://doi.org/10.4324/9780203069769>.
8. **Hoffman D.L., Novak T.P., Schlosser A.** The Evolution of the Digital Divide: How Gaps in Internet Access May Impact Electronic Commerce. *Journal of Computer-Mediated Communication*. 2000;5(3). Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1083-6101.2000.tb00341.x>.
9. **Riggins F.J., Dewan S.** The Digital Divide: Current and Future Research Directions. *Journal of the Association for Information Systems*. 2005;6(12):298–337. Available from: <https://doi.org/10.17705/1jais.00074>.
10. **Chen W., Wellman B.** The Global Digital Divide – Within and Between Countries. *IT&Society*. 2004;1(7):39–45.
11. **Gladkova A.A., Garifullin V.Z., Ragnedda M.** Model of Three Levels of the Digital Divide: Current Advantages and Limitations (Exemplified by the Republic of Tatars-tan). *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 10. Zhurnalistika*. 2019;(4):41–72. (In Russ.) Available from: <https://doi.org/10.30547/vestnik.journ.4.2019.4172>.
12. **Lucendo-Monedero A.L., Ruiz-Rodríguez F., González-Relaño R.** Measuring the Digital Divide at Regional Level. A Spatial Analysis of the Inequalities in Digital Development of Households and Individuals in Europe. *Telematics and Informatics*. 2019;(41):197–217. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.05.002>.
13. **Cruz-Jesus F., Oliveira T., Bacao F.** Digital Divide Across the European Union. *Information & Management*. 2012;49(6):278–291. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.im.2012.09.003>.
14. **van Deursen A., van Dijk J.** Internet Skills and the Digital Divide. *New Media & Society*. 2011;13(6):893–911. Available from: <https://doi.org/10.1177/1461444810386774>.
15. **Selwyn N.** Reconsidering Political and Popular Understandings of the Digital Divide. *New Media & Society*. 2004;6(3):341–362. Available from: <https://doi.org/10.1177/1461444804042519>.
16. **van Dijk J.A.** *The Deepening Divide: Inequality in the Information Society*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publ. Inc.; 2005. 224 p. Available from: <https://dx.doi.org/10.4135/9781452229812>.
17. **Wei K.K.** et al. Conceptualizing and Testing a Social Cognitive Model of the Digital Divide. *Information Systems Research*. 2011;22(1):170–187. Available from: <https://doi.org/10.1287/isre.1090.0273>.
18. **van Deursen A.J.A.M., Helsper, E.J.** The Third-Level Digital Divide: Who Benefits Most from Being Online? In: *Communication and Information Technologies Annual (Studies in Media and Communications, Vol. 10.)*. Bingley: Emerald Group Publ. Limited; 2015. P. 29–52. Available from: <https://doi.org/10.1108/S2050-206020150000010002>.
19. **Ragnedda M.** *The Third Digital Divide: A Weberian Approach to Digital Inequalities*. London: Routledge; 2017. 136 p. Available from: <https://doi.org/10.4324/9781315606002>.
20. **Ragnedda M., Kreitem H.** The Three Levels of Digital Divide in East EU Countries. *World of Media. Journal of Russian Media and Journalism Studies*. 2018;(4):5–26. Available from: <https://doi.org/10.30547/worldofmedia.4.2018.1>.
21. **Billon M., Ezcurra R., Lera-López F.** Spatial Effects in Website Adoption by Firms in European Regions. *Growth and Change*. 2009;40(1):54–84. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1468-2257.2008.00461.x>.
22. **Szeles M.R.** New Insights from a Multilevel Approach to the Regional Digital Divide in the European Union. *Telecommunications Policy*. 2018;42(6):452–463. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.03.007>.

23. OECD, EU, EC-JRC. *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. Paris: OECD Publ.; 2008. 158 p. Available from: <https://doi.org/10.1787/9789264043466-EN>.

24. Perez-Castro M.A., Mohamed-Maslouhi M., Montero-Alonso M.Á. The Digital Divide and Its Impact on the Development of Mediterranean Countries. *Technology in Society*. 2021;64:Article 101452. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101452>.

25. Corrocher N., Ordanini A. Measuring the Digital Divide: A Framework for the Analysis of Cross-Country Differences. *Journal of Information Technology*. 2002;17(1): 9–19. Available from: <https://doi.org/10.1080/02683960210132061>.

26. Arkhipova M.Yu., Sirotin V.P., Sukhareva N.A. Development of a Composite Indicator for Measuring the Value and Dynamics of Digital Inequality in Russia. *Voprosy Statistiki*. 2018;25(4):75–87. (In Russ.)

27. Lutz S.U. The European Digital Single Market Strategy: Local Indicators of Spatial Association 2011–2016. *Telecommunications Policy*. 2019;43(5):393–410. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.10.003>.

28. Safiullin A.R., Moiseeva O.A. Digital Inequality: Russia and Other Countries in the Fourth Industrial Revolution. *St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics*. 2019;12(6):26–37. Available from: <https://doi.org/10.18721/JE.12602>.

About the authors

Anton O. Ovcharov – Dr. Sci. (Econ.). Professor, Department of Accounting, Principal Researcher, Macro and Microeconomics Research Center, Institute of Economics and Entrepreneurship, National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod (Lobachevsky University). 23, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603022, Russia. E-mail: anton19742006@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4921-7780>.

Andrey M. Terekhov – Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Department of Humanities and Socio-Economic Disciplines, Russian State University of Justice (Volga Branch). 17A, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603022, Russia. E-mail: terehoff.t@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2356-4533>.