



ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ НАРОДНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ / ECONOMICS AND MANAGEMENT OF NATIONAL ECONOMY

УДК 332.1:004

<http://regionsar.ru>

DOI: 10.15507/2413-1407.116.029.202103.486-510

ISSN 2587-8549 (Print)

Оригинальная статья / Original article

ISSN 2413-1407 (Online)

Оценка влияния факторов цифровой трансформации на региональный экономический рост



Т. В. Миролюбова



М. В. Радионова*

*ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (г. Пермь, Российская Федерация),
* m.radionova812@gmail.com*

Введение. Актуальность рассматриваемой научной проблемы обусловлена необходимостью оценки влияния показателей цифровой трансформации экономики регионов, а также факторов экономического роста на экономическое развитие регионов Российской Федерации. Цель статьи – на основе проведенного исследования дать эконометрическую оценку зависимости уровня валового регионального продукта на душу населения регионов России от таких факторов, как цифровой труд и цифровой капитал.

Материалы и методы. Авторами были проанализированы панельные данные Федеральной службы государственной статистики по 87 регионам России в период с 2010 по 2018 г. Методология исследования базируется на использовании функции Кобба – Дугласа, статистического и корреляционного анализа данных, а также на эконометрических методах исследования панельных данных.

Результаты исследования. Для анализа влияния цифровой трансформации экономики на региональный экономический рост регионов России были рассмотрены различные модели на панельных данных, такие как pooled-модель, модели с фиксированными и случайными эффектами, а также модели с включенными временными эффектами в виде dummy-переменных. С помощью статистических критериев была выбрана наи-

© Миролюбова Т. В., Радионова М. В., 2021



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License.



лучшая модель и сделаны выводы о характере влияния показателей цифровой трансформации на валовой региональный продукт на душу населения регионов России.

Обсуждение и заключение. В результате эконометрического моделирования было доказано, что цифровые факторы экономического роста (цифровой труд, цифровой капитал) наряду с общими факторами экономического роста (труд и капитал) оказывают влияние на региональный экономический рост. При этом наилучшей моделью влияния факторов экономического роста и факторов цифровой трансформации на экономическое развитие регионов Российской Федерации по региональным данным с 2010 по 2018 г. является модель с фиксированными временными эффектами. Результаты исследования могут быть использованы при формировании государственной политики стимулирования цифровой трансформации региональной экономики.

Ключевые слова: региональная экономика, цифровая трансформация, цифровая экономика, информационно-коммуникационные технологии, эконометрическое моделирование

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Миролюбова, Т. В. Оценка влияния факторов цифровой трансформации на региональный экономический рост / Т. В. Миролюбова, М. В. Радionoва. – DOI [10.15507/2413-1407.116.029.202103.486-510](https://doi.org/10.15507/2413-1407.116.029.202103.486-510) // Регионoлогия. – 2021. – Т. 29, № 3. – С. 486–510.

Assessing the Impact of the Factors in the Digital Transformation on the Regional Economic Growth

T. V. Mirolyubova, M. V. Radionova*

Perm State National Research University (Perm, Russian Federation),

* m.radionova812@gmail.com

Introduction. The scientific problem under consideration is of particular relevance due to the need to assess the impact of the factors in the digital transformation of the regional economy and in the economic growth on the economic development of the regions of the Russian Federation. Based on the research conducted, the article presents an econometric assessment of the dependence of the level of the gross regional product per capita in the regions of Russia on such factors as digital labor and digital capital.

Materials and Methods. The authors analyzed panel data from the Federal State Statistics Service covering 87 regions of Russia for the period from 2010 to 2018. The research methodology is based on the use of the Cobb–Douglas production function, statistical and correlation data analysis, as well as on econometric methods for studying panel data.

Results. To analyze the impact of the digital transformation of the economy on the regional economic growth of the regions of Russia, various models based on panel data have been considered, such as the pooled model, fixed effects models, random effects models, as well as time-varying effects models using dummy variables. Based on statistical criteria, the best model has been chosen and conclusions have been drawn about the nature of the impact of the digital transformation indicators on the gross regional product per capita in the regions of Russia.

Discussion and Conclusion. The results of econometric modeling have demonstrated that digital factors in economic growth (digital labor, digital capital), along with common factors in economic growth (labor and capital), affect the regional economic growth. According to



the regional data for the period from 2010 to 2018, the time fixed effects model has proved to be the best model of the impact of the factors in economic growth and digital transformation on the economic development of the regions of the Russian Federation. The research results can be used when developing a public policy aimed at stimulating the digital transformation of the regional economy.

Keywords: regional economy, digital transformation, digital economy, information and communication technology, econometric modeling

The authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Mirolyubova T.V., Radionova M.V. Assessing the Impact of the Factors in the Digital Transformation on the Regional Economic Growth. *Regionology = Russian Journal of Regional Studies*. 2021; 29(3):486-510. DOI: <https://doi.org/10.15507/2413-1407.116.029.202103.486-510>

Введение. Широкое распространение информационно-коммуникационных или, иначе говоря, цифровых технологий, которыми характеризуется современная мировая экономика, привело к появлению новой категории «цифровая экономика». Однако до настоящего времени не сформировалось общепринятого понимания сущности этой категории. Под цифровой экономикой нами понимается «совокупность отношений, складывающихся в системе производства, распределения, обмена и потребления материальных и нематериальных благ при таком уровне использования цифровых технологий, который обеспечивает прямое положительное влияние на экономический рост» [1, с. 382].

Помимо цифровой экономики, получила распространение и цифровая трансформация экономики – это «процесс интеграции ИКТ во все экономические процессы, требующий внесения принципиальных изменений как в производство существующих, так и создание новых продуктов и услуг, их распределение, обмен и потребление, изменяющий качественные характеристики экономической системы» [2, с. 255].

Специалисты Economist Intelligence Unit, основываясь на проведенном ими исследовании влияния информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) на экономический рост, пришли к выводу, что данные технологии способствуют экономическому росту в странах, но только по достижении ими определенного уровня распространенности ИКТ. В противном случае, если масштабы распространения цифровых технологий не достигли необходимого уровня, их влияние на экономический рост либо отсутствует, либо является отрицательным. Более подробно эти аспекты рассмотрены нами ранее [1].

Представляется, что количественная оценка цифровой трансформации будет строиться на оценке масштабов использования ИКТ при производстве товаров и услуг. В свою очередь, масштабы использования ИКТ могут быть оценены с помощью двух показателей – затраты на ИКТ во всех видах экономической деятельности и численность занятых в секторе ИКТ.



Как известно, на уровне страны для количественного измерения объема экономики и экономического роста применяется показатель валового внутреннего продукта (ВВП), который характеризует конечные результаты экономической деятельности субъектов экономики страны. На уровне региона аналогом ВВП является валовой региональный продукт (ВРП), характеризующий конечные результаты экономической деятельности субъектов экономики региона.

Гипотеза данного исследования основывается на наших предыдущих работах [1; 2] и состоит в том, что в регионах России в настоящее время уже существует такой уровень использования цифровых технологий, который обеспечивает прямое положительное влияние на экономический рост. При этом величина ВРП будет определяться как факторами «труд» и «капитал» в целом, так и факторами «труд» и «капитал» с «цифровым» содержанием. Наша модель будет отличаться от иных моделей применением ключевых факторов производства с «цифровым» содержанием.

Цель статьи – по результатам проведенного исследования разработать модель зависимостей для региональной экономики между факторами «труд» и «капитал» с «цифровым» содержанием и уровнем ВРП на душу населения регионов России с применением эконометрического моделирования через отобранные факторы экономического роста и цифровой трансформации. Подобные модели могут быть положены в основу формирования государственной политики стимулирования развития цифровой экономики на региональном уровне.

Обзор литературы. В современной литературе есть множество исследований, посвященных влиянию цифровой трансформации на экономическое развитие стран и регионов. Например, Л. Мичич рассматривает влияние инвестиций в информационно-коммуникационные технологии и величины ВВП на душу населения на примере ряда европейских стран. Автором показано, что более высокая доля инвестиций в ИКТ в ВВП страны способствует более высокому значению ВВП на душу населения [3]. Я. Ганчлова с коллективом авторов исследует зависимость ВВП в странах Европейского союза от численности рабочей силы, капитальные затраты на ИКТ и капитальные затраты, не связанные с ИКТ. Модели, построенные на панельных данных, подтвердили, что средний рост ВВП в странах поддерживался стабильным ростом количества рабочей силы и ИКТ-капитала, а также увеличением общей производительности [4]. П. Легри, Дж. Ингхэм и П. Коллеретт рассмотрели влияние ИКТ и их восприятие обществом на социально-экономическое развитие в США [5]. На основе панельных данных по странам М. Фархади, Р. Исмаил и М. Фоолади показали, что существует положительная взаимосвязь между темпами роста реального ВВП на душу населения и индексом использования ИКТ [6]. Индекс ИКТ в исследовании измерялся количеством пользователей интернета, количеством



абонентов фиксированного широкополосного доступа в интернет и количеством абонентов мобильной связи на 100 жителей. Было обнаружено, что влияние использования ИКТ на экономический рост выше в группе с высоким доходом, чем в других группах.

Р. Раза установил связь между ИКТ и ВВП на душу населения и доказал, что рост ВВП предшествует росту в сфере ИКТ. Автор определил положительную взаимосвязь между ВВП на душу населения и ИКТ и пришел к выводу, что экономическое влияние ИКТ на ВВП на душу населения со временем будет расти [7].

Многочисленные исследования зарубежных авторов подтверждают положительную взаимосвязь между инфраструктурой широкополосного доступа (и пользователями Интернета) и экономическим ростом. В частности, об этом вместе со своими соавторами пишут Р. П. Прадхан [8], М. Бакаш [9], И. Берчек [10], С. Бойнец [11] и другие ученые [12–19].

Вместе с тем отмечается, что производительность в промышленно развитых странах сейчас сталкивается с явным снижением, что ставит вопрос о возможном парадоксе производительности в цифровой экономике [20]. Некоторые исследования также посвящены негативному влиянию цифровизации на экономический рост. Так, Ч. Ватанабе, Ю. Тоу и П. Нейтгааньяки выявили структурные механизмы производительности в цифровой экономике [21].

Инфраструктура ИКТ является одним из основных факторов роста в государствах, осознавших ее важность. Не удивительно то, что многие развивающиеся страны прилагают все усилия, чтобы нарастить инфраструктуру ИКТ, уравнивая ограниченное распределение своих доходов, чтобы догнать страны с развитой экономикой. Все чаще возникают споры о том, могут ли развивающиеся страны достичь экономического процветания за счет цифровизации так же, как это сделали развитые страны [22]. В то же время развивающиеся страны возлагают большие надежды на цифровые технологии, которые приведут к преобразованию экономики в направлении процветания.

К. Л. Крэмер, Дж. Дедрик выявили существенную взаимосвязь между инвестициями в ИКТ и производительность, а также рост ВВП для стран Азиатско-Тихоокеанского региона [23]. Также было проанализировано влияние мобильных телефонов и интернета на доход и ВВП в странах Африки и определено, что увеличение показателя проникновения мобильной связи ведет к изменению ВВП [24]; в другой публикации авторы исследуют вклад цифровизации в экономический рост стран Африки к югу от Сахары и сравнивают эти данные с данными стран Организации экономического сотрудничества и развития (OECD) [25].

А. Юсефи оценивает вклад рабочей силы, ИКТ и капитала, не связанного с ИКТ, в экономический рост в развитых и развивающихся странах [26]. По мнению автора, влияние ИКТ на экономический рост различается в разных



группах стран: в странах с низким уровнем доходов показатели ИКТ медленнее увеличивают ВВП, чем в странах с высоким уровнем доходов. Такие результаты предполагают, что уровень инвестиций в ИКТ не является причиной медленного роста в развивающихся странах с низким уровнем доходов, хотя до этого считалось иначе. Т. Нибель оценивает влияние показателей ИКТ на экономический рост в развивающихся и развитых странах на основе панельных данных [27]. Между капиталом в области ИКТ и ростом ВВП существует положительная взаимосвязь, несмотря на то, что модели, построенные отдельно для выборок по разным группам стран, не выявляют статистически значимых различий в эластичности ИКТ на выпуск.

Зарубежными исследователями изучена роль ИКТ в нигерийской экономике и проведена оценка факторов, влияющих на решения инвесторов в секторе телекоммуникаций Нигерии. Доказана значительная и положительная взаимосвязь между ИКТ и экономическим ростом Нигерии [28]. В другой статье исследуется взаимосвязь между ИКТ, экономическим ростом и потреблением электроэнергии с использованием данных по ОАЭ. Показано, что ИКТ увеличивают спрос на электроэнергию, но потребление электроэнергии снижает экономический рост [29].

В России подобные исследования стали появляться относительно недавно. Отечественные авторы в целом отмечают, что цифровизация имеет положительное влияние на благосостояние в развитых странах [30, с. 1058].

Ю. Я. Дранев, И. И. Кучин, М. А. Фадеев провели оценку макроэкономических эффектов процессов цифровизации экономики в России и показали, что в скором времени объем инвестиций в сектор ИКТ станет ключевым фактором роста экономики¹. Авторы сделали прогноз, что к 2030 г. рост ВВП в России будет зависеть как от показателей ИКТ, так и от повышения эффективности и конкурентоспособности других секторов экономики.

М. Г. Дубинина проанализировала вклад отдельных факторов в добавленную стоимость промышленности и ИКТ для некоторых зарубежных стран (Японии, Нидерландов, Великобритании и Италии) за период с 1970-х до конца 2000-х гг. [31]. Автору удалось выявить зависимость макроэкономических показателей и показателей внедрения ИКТ, в результате чего была определена положительная эластичность прироста добавленной стоимости от увеличения инвестиций в программное обеспечение и коммуникационное оборудование. Наиболее эластичным оказался прирост вложений в программное обеспечение для промышленного сектора [31, с. 26]. С. П. Петров, М. П. Маслов, А. И. Карпович показали влияние реальных затрат на ИКТ на ВРП регионов России с помощью регрессионных моделей на перекрестных данных. Итоговым результатом исследования является количественная

¹ Дранев Ю. Я., Кучин И. И., Фадеев М. А. Цифровая экономика [Электронный ресурс] / НИУ ВШЭ. 2018. URL: https://issek.hse.ru/data/2018/07/04/1152915836/NTI_N_91_04072018.pdf (дата обращения: 12.02.2021).

оценка потерь ВРП регионов при сохранении динамики затрат на цифровизацию [32]. Т. В. Краминым, А. Р. Климановой были построены регрессионные модели по региональным данным с 2011 по 2016 г. в форме Кобба – Дугласа, характеризующие влияние показателей ИКТ на ВРП и ВРП на душу населения. Авторами доказано, что такие показатели ИКТ значимо влияют на ВРП и имеют постоянную эластичность [33].

Е. В. Попов, В. Л. Симонова протестировали «гипотезу о наличии связи между уровнем информатизации регионов и показателями экономической и инновационной деятельности» [34]. Для этого ими был рассчитан интегральный показатель уровня информатизации регионов, на основе которого были построены различные статистические модели. Они обозначили влияние цифровизации на такие показатели, как валовой региональный продукт на душу населения, инновационная активность предприятий, объем инновационной продукции.

Результаты многочисленных исследований были обобщены в статье Е. В. Попова, К. А. Семячкова, В. Л. Симоновой (табл. 1), где авторы представили анализ различных моделей оценки влияния ИКТ на социально-экономическое развитие [35].

Таблица 1. Анализ моделей оценки влияния ИКТ на социально-экономическое развитие [35]

Table 1. Analysis of models for assessing the impact of ICT on socio-economic development

Зависимая переменная / Dependent variable	Факторные признаки / Factors	Авторы исследования / Authors of the study
1	2	3
Доступ домохозяйств в интернет / Household Internet access	Стратегия развития ИКТ, инвестиции в информационно- коммуникационные технологии / ICT development strategy; investment in information and communication technology	А. Клейбринк; Б. Ниехавес, П. Палоп; Дж. Сорвик, Б. Тапа / A. Kleibrink, B. Niehaves, P. Palop, J. Sörvik, B. Thapa
Готовность к инновациям и предпринимательству / Readiness for innovation and entrepreneurship	Использование персонального компьютера, доступ в интернет, наличие электронной почты / Using a personal computer; Internet access; availability of e-mail	Я. Николаидис; К. Фускас; Е. Караяннис / Y. Nikolaidis, K. Fouskas, E. G. Carayannis
Качество жизни, человеческий капитал / Quality of life, human capital	Распространение интернета, телефонии, компьютеров / Spread of the Internet, telephony, and computers	Дж. Джеймс / J. James



Продолжение табл. 1 / Continuation of table 1

1	2	3
Валовой внутренний продукт / Gross domestic product	Инвестиции в информационно-коммуникационные технологии / Investment in information and communication technology	П. Дж. Велфенс, Дж. К. Перрет / P. J. J. Welfens, J. K. Perret
Показатели научно-технического и инновационного развития (число организаций, выполнявших научные исследования и разработки; выданных патентов на изобретения и полезные модели; используемых передовых производственных технологий; объем инновационных товаров), производительность труда / Indicators of scientific, technical and innovative development (number of organizations that carried out research and development, of issued patents for inventions and utility models, of advanced production technologies used; volume of innovative products), labor productivity	Затраты на ИКТ, число персональных компьютеров на 100 работников / Expenditures on ICT; number of personal computers per 100 employees	Ш. М. Магомедгаджиев / Sh. M. Magomedgadzhiev
Средний оборот организаций: отгружено (продано) товаров (работ, услуг) сектора ИКТ / Average turnover of organizations: shipped (sold) goods (works, services) within the ICT sector	Число персональных компьютеров, специальные программные средства, антивирусное программное обеспечение, интернет в коммерческих целях, кооперация / Number of personal computers; special software; antivirus software; Internet for commercial purposes; cooperation	М. Ю. Архипова; Е. В. Грибова / M. Yu. Arkhipova, E. V. Gribova
Валовой региональный продукт / Gross regional product	Аппаратный, софтверный, телекоммуникационный, инновационный / Hardware; software; telecommunication; innovation	М. Ю. Карышев / M. Yu. Karyshev



Окончание табл. 1 / End of table 1

1	2	3
Валовой региональный продукт, уровень безработицы, инвестиции в основной капитал / Gross regional product, unemployment rate, investment in fixed capital	Образование, программно-аппаратное обеспечение, информационный фактор, инновационное развитие / Education; software and hardware; information; innovative development	Е. П. Митрофанов / Е. P. Mitrofanov

Проведенный нами анализ различных исследований влияния показателей цифровойизации на экономическое развитие показал, что авторская оценка влияния факторов труда и капитала с «цифровым» содержанием на уровень ВРП на душу населения регионов России является новой и оригинальной.

Материалы и методы. В своем исследовании мы исходим из того, что закономерности, описывающие взаимозависимость ВВП и факторов экономического роста, могут применяться по отношению к региону.

Поскольку в настоящем исследовании были проведены расчеты по всем регионам России, то для сопоставимости регионов возьмем показатель ВРП на душу населения.

Известная функция Кобба – Дугласа демонстрирует зависимость между ВВП, капиталом и трудом. Исходя из этого, построим модели, отражающие зависимости между данными показателями на уровне регионов.

Для установления зависимости между цифровой трансформацией и экономическим развитием введем в эконометрические модели параметры, отражающие процессы цифровой трансформации. Аналогично функции Кобба – Дугласа, это будут *труд* и *капитал*, но с «цифровым» содержанием – *цифровой труд* и *цифровой капитал*.

В данном исследовании предполагается, что результаты цифровой трансформации экономики региона должны вести к росту уровня благосостояния населения и повышению качества жизни.

Основу исследования составляет проверка гипотезы о положительном влиянии показателей ИКТ на экономический рост регионов, характеризующийся показателем ВРП на душу населения.

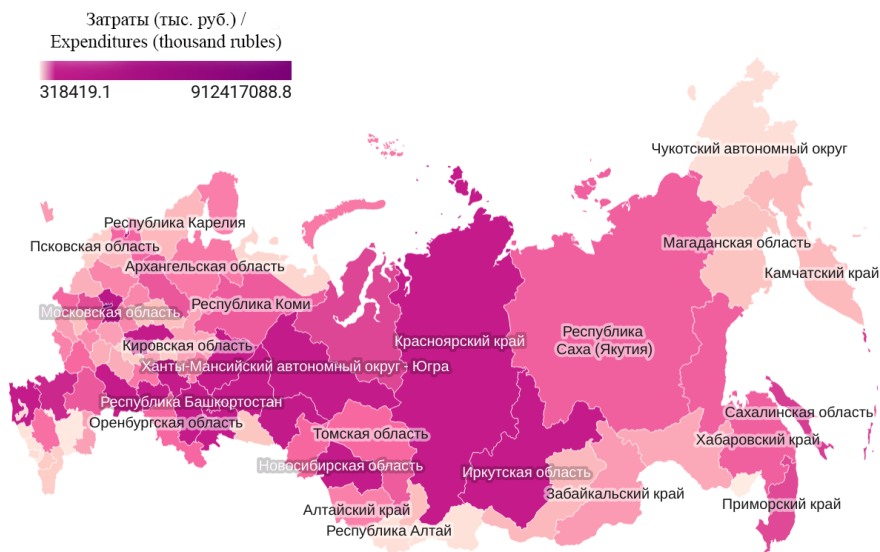
Для анализа влияния факторов цифровой трансформации на экономическое развитие были использованы панельные данные Федеральной службы государственной статистики по 87 регионам России в период с 2010 по 2018 г. Выбор типа данных обусловлен целью данного исследования.

В качестве зависимой переменной нами взят показатель ВРП на душу населения, в качестве объясняющих переменных – численность занятых в регионах, стоимость основных фондов, численность занятых в секторе ИКТ и затраты на информационно-коммуникационные технологии. Первые два показателя отражают два фактора экономического развития – труд и капитал, вторые два показателя являются факторами цифровой трансформации – цифровой труд и цифровой капитал.



Результаты исследования. Рассмотрим для начала распределение регионов Российской Федерации за 2018 г. по таким показателям, как затраты на информационно-коммуникационные технологии и численность занятых в ИКТ-секторе.

На рисунке 1 представлены данные о затратах регионов на информационно-коммуникационные технологии в 2018 г. На карте видно, что наибольший объем затрат на ИКТ в Московской (147 654 361,4 тыс. руб.), Тюменской (51 949 409,8), Свердловской областях (30 711 326,5), Ханты-Мансийском автономном округе – Югре (27 867 360,5), Татарстане (24 438 395,5), Краснодарском крае (22 961 322,4), Нижегородской (22 678 503,1), Новосибирской (20 476 212,2), Самарской областях (19 633 554,3), Республике Башкортостан (19 076 727,4), Саратовской области (18 568 587,4), Пермском крае (16 856 254,5), Иркутской области (16 843 040,7) и Красноярском крае (16 434 198,5). Наименьшие затраты на ИКТ выявлены в таких регионах, как Адыгея, Северная Осетия, Чукотский автономный округ, республики Тыва, Алтай, Карачаево-Черкесская, Кабардино-Балкария, Ингушетия и Калмыкия, а также Еврейская автономная область.



Р и с. 1. Затраты регионов на информационно-коммуникационные технологии в 2018 г. (тыс. руб.)²

F i g. 1. Regional expenditures on information and communication technology in 2018 (thousand rubles)

² Составлено авторами по данным Федеральной службы государственной статистики (<https://rosstat.gov.ru>).



В таблице 2 приведен рейтинг данных о численности занятых в ИКТ-секторе в регионах России за 2018 г. В состав регионов-аутсайдеров, согласно представленным данным, ожидаемо вошли Ненецкий автономный округ, республики Калмыкия, Алтай, Карачаево-Черкессия, Еврейская автономная область, которые отличаются более низкими показателями в уровне занятости в секторе ИКТ.

Т а б л и ц а 2. Рейтинг регионов по численности занятых в ИКТ-секторе в 2018 г. (чел.)³

Table 2. Ranking of regions by the number of people employed in the ICT sector in 2018

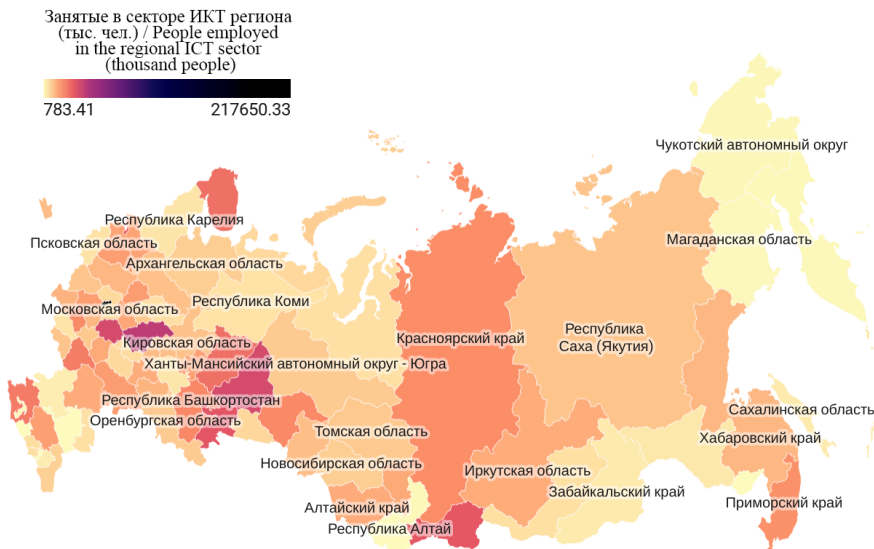
Топ-10 регионов-лидеров / Top ten leading regions		Топ-10 регионов-аутсайдеров / Top ten outsider regions	
г. Москва / Moscow	217 650,33	Чукотский автономный округ / Chukotka Autonomous Area	1 340,96
г. Санкт-Петербург / St. Petersburg	91 459,28	Магаданская область / Magadan Region	1 330,90
Московская область / Moscow Region	79 332,16	Камчатский край / Kamchatka Territory	1 252,36
Новосибирская область / Novosibirsk Region	37 947,91	Республика Тыва / Republic of Tuva	1 252,28
Свердловская область / Sverdlovsk Region	32 621,67	Республика Ингушетия / Republic of Ingushetia	1 149,85
Ростовская область / Rostov Region	32 577,96	Республика Калмыкия / Republic of Kalmykia	1 009,49
Челябинская область / Chelyabinsk Region	29 020,26	Республика Алтай / Republic of Altai	974,74
Республика Татарстан / Republic of Tatarstan	28 351,68	Еврейская автономная область / Jewish Autonomous Region	889,05
Самарская область / Samara Region	26 120,96	Карачаево-Черкесская Республика / Karachayevvo-Circassian Republic	783,41
Нижегородская область / Nizhny Novgorod Region	23 898,54	Ненецкий автономный округ / Nenets Autonomous Area	275,17

На рисунке 2 представлены данные о численности занятых в секторе ИКТ регионов России за 2018 г. Как видим, наиболее высоким уровнем численности занятых в ИКТ-секторе отличаются Москва и Санкт-Петербург, Московская, Новосибирская и Свердловская области. В основном на территории

³ Таблица 2 и все последующие составлены авторами статьи.



России в 2018 г. наблюдался достаточно низкий уровень численности занятых в ИКТ-секторе в регионах.



Р и с. 2. Занятые в секторе ИКТ регионов в 2018 г. (тыс. чел.)⁴

F i g. 2. People employed in the regional ICT sector in 2018 (thousand people)

В таблице 3 приведены переменные, используемые в эконометрической модели.

Для анализа влияния отобранных показателей на экономическое развитие региона авторами применялась следующая эконометрическая модель в виде модифицированной функции Кобба – Дугласа:

$$GRPPC = A \cdot Empl^{\beta_1} \cdot CostFund^{\beta_2} \cdot EmplICT^{\beta_3} \cdot CostICT^{\beta_4} \cdot \varepsilon,$$

где ε – ошибка модели.

Поскольку модель является нелинейной по параметрам, то для нахождения ее неизвестных параметров необходимо линеаризовать данную модель:

$$\ln(GRPPC) = \ln(A) + \beta_1 \cdot \ln(Empl) + \beta_2 \cdot \ln(CostFund) + \beta_3 \cdot \ln(EmplICT) + \beta_4 \cdot \ln(CostICT) + \varepsilon,$$

⁴ Составлено авторам по данным Федеральной службы государственной статистики (<https://rosstat.gov.ru>).



Т а б л и ц а 3. **Обозначение переменных**
 Table 3. **Designation of variables**

Показатели / Indicator	Обозначения / Designation	Единицы измерения / Units
<i>Зависимая переменная / Dependent variable</i>		
ВРП на душу населения / GRP per capita	GRPPC	руб. на чел. / rubles per capita
<i>Объясняющие переменные / Explanatory variables</i>		
Численность занятых в регионах / Number of employed people in the regions	Empl	тыс. чел. / thousand people
Стоимость основных фондов / Costs of fixed assets	CostFunds	тыс. руб. на душу населения / thousand rubles per capita
Занятые в ИКТ / Employed in ICT	EmplICT	тыс. чел. / thousand people
Затраты на ИКТ / Expenditures on ICT	CostsICT	тыс. руб. / thousand rubles

где β_1 – эластичность труда, β_2 – эластичность капитала, β_3 – эластичность цифрового труда, β_4 – эластичность цифрового капитала.

В таблице 4 приведены описательные статистики логарифмов рассматриваемых переменных, в таблице 5 – корреляционная матрица.

Анализ корреляционной матрицы показал, что на логарифм ВРП наибольшее влияние оказывают логарифм стоимости основных фондов (коэффициент корреляции Пирсона 0,9251) и логарифм затрат на ИКТ (коэффициент корреляции Пирсона 0,4919).

Поскольку рассмотренные данные имеют панельную структуру, то их применение содержит ряд преимуществ⁵ [36]. Так, большое количество наблюдений приводит к увеличению числа степеней свободы, они уменьшают мультиколлинеарность объясняющих переменных и позволяют получить более эффективные оценки параметров модели. Еще одним преимуществом панелей является возможность контроля неоднородности объектов в выборке, что позволяет предотвратить смещение агрегированности, которое возникает как при анализе динамических данных, так и при анализе кросс-секционных данных. Также применение моделей на панельных данных позволяет выявлять эффекты, которые невозможно наблюдать отдельно в перекрестных данных и временных рядах, а именно проследить индивидуальные эффекты объектов во временном разрезе.

⁵ Baltagi B. Econometric Analysis of Panel Data // John Wiley & Sons, 1995. 338 p.; Deaton A. Panel Data from Series of Cross-Sections // Journal of Econometrics. 1985. Vol. 30. Pp. 109–126; Патникова Т. А., Фурманов К. К. Анализ панельных данных и данных о длительности состояний. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2014. 373 с.



Таблица 4. Описательные статистики за 2010–2018 гг.

Table 4. Descriptive statistics for 2010–2018

Переменная / Variable	Среднее / Mean	Медиана / Median	S.D.	Min	Max
$\ln(GRPPC)$	12,6	12,5	0,713	10,8	15,8
$\ln(Empl)$	6,34	6,36	0,977	3,01	8,88
$\ln(CostFund)$	6,68	6,57	0,792	4,59	10,1
$\ln(EmplICT)$	2,02	2,06	1,16	-1,73	5,45
$\ln(CostICT)$	15,2	15,1	1,35	10,2	20,6

Таблица 5. Корреляционная матрица с коэффициентами корреляции Пирсона

Table 5. Correlation matrix with Pearson correlation coefficients

$\ln(GRPPC)$	$\ln(Empl)$	$\ln(CostFund)$	$\ln(EmplICT)$	$\ln(CostICT)$	
1,0000	0,4560	0,9251	0,3707	0,4919	$\ln(GRPPC)$
	1,0000	-0,0566	0,7334	0,7513	$\ln(Empl)$
		1,0000	-0,0022	0,4470	$\ln(CostFund)$
			1,0000	0,7641	$\ln(EmplICT)$
				1,0000	$\ln(CostICT)$

Рассмотрим линейную панельную модель:

$$\ln(GRPPC_{it}) = \ln(A) + \beta_1 \cdot \ln(Empl_{it}) + \beta_2 \cdot \ln(CostFund_{it}) + \beta_3 \cdot \ln(EmplICT_{it}) + \beta_4 \cdot \ln(CostICT_{it}) + \varepsilon_{it},$$

где i – индекс региона, t – индекс момента времени, $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ – параметры модели.

Наиболее простым способом анализа панельных данных является модель сквозной регрессии (*pooled*-модель), т. е. модель без учета пространственной и временной структуры данных. Оценка параметров такой модели осуществляется методом наименьших квадратов, а при выполнении условий Гаусса – Маркова, оценки неизвестных параметров являются линейными, несмещенными, состоятельными и эффективными. Чаще всего данная модель используется для предварительного анализа данных⁶.

Если погрешность модели имеет вид $\varepsilon_{it} = \mu_i + \lambda_t + u_{it}$, причем μ_i – случайные величины, характеризующие ненаблюдаемые индивидуальные эффекты, λ_t – случайные величины, характеризующие ненаблюдаемые временные эффекты, u_{it} – случайные ошибки, и рассматриваемые эффекты (временные или пространственные) считаются фиксированными (*fixed effects*), то мы имеем дело

⁶ Baltagi B. *Econometric Analysis of Panel Data*.



с моделями с фиксированными эффектами; если эффекты считаются случайными, то мы имеем дело с моделями со случайными эффектами (*random effects*)⁷.

Для анализа были построены *pooled*-модели (с оценками коэффициентов по методу наименьших квадратов), модели с фиксированными и случайными эффектами, а также модели с включенными временными эффектами в виде *dummy*-переменных, которые затем сравнивались между собой. Для выбора между моделями с фиксированными и случайными эффектами применялся критерий Хаусмана. Для сравнения *pooled*-модели с моделью со случайными эффектами использовался критерий Бройша – Пагана. Критерий Фишера (*robust test for differing group intercepts*) применялся для сравнения *pooled*-модели и модели с фиксированными эффектами. Также были рассмотрены модели с фиксированными и случайными эффектами с включенными временными эффектами. Наличие таких эффектов в моделях панельных данных проверялось с помощью критерия Вальда⁸.

Результаты построения *pooled*-модели, параметры которой оцениваются обычным методом наименьших квадратов, модели с фиксированными эффектами и со случайными эффектами с включенными временными *dummy*-переменными представлены в таблице 6.

Анализ таблицы 6 показал, что наилучшей моделью является модель с фиксированными эффектами с включенными временными *dummy*-переменными (p -value. Hausman = 0,0335, наименьшее значение Bayesian information criterion – BIC, p -value Wald joint test on time dummies FE = 0), что является логичным для региональных данных, поскольку каждый регион обладает своими индивидуальными особенностями, отличающими его от других субъектов Российской Федерации. Также в модели установлено высокозначимое влияние фактора времени (т. е. учтены ненаблюдаемые факторы, принимающие различные значения для каждого года, но одинаковые для всех регионов). Модель с фиксированными эффектами была проверена на мультиколлинеарность с помощью коэффициентов вздутия регрессии. Все коэффициенты оказались меньше 10, что говорит об отсутствии мультиколлинеарности.

Таблица 6 демонстрирует положительное значимое влияние факторов цифровой трансформации на ВРП на душу населения регионов. Так, увеличение численности занятых в секторе ИКТ на 1 % ведет к увеличению ВРП на душу населения на 0,0181 % (эластичность 0,0181), увеличение затрат на ИКТ приведет к увеличению ВРП на душу населения на 0,0565 % (эластичность 0,0565), эластичность ВРП по численности занятых в регионах составляет 0,1927, а по стоимости основных фондов – 0,8242. Также в модели установлено высокое значимое положительное влияние временных годовых эффектов на ВРП, что говорит о ежегодном увеличении ВРП на душу населения.

⁷ Deaton A. Panel Data from Series of Cross-Sections.

⁸ Deaton A. Panel Data from Series of Cross-Sections; Ратникова Т. А., Фурманов К. К. Анализ панельных данных и данных о длительности состояний.



Таблица 6. Результаты эконометрического моделирования
Table 6. Results of econometric modeling

Показатели / Indicators	Pooled-модель / Pooled model		Модель с фиксированными эффектами / Fixed effects model		Модель со случайными эффектами / Random effects model	
	Коэффициенты / Coefficients	Робастные стандартные ошибки / Robust standard errors	Коэффициенты / Coefficients	Робастные стандартные ошибки / Robust standard errors	Коэффициенты / Coefficients	Робастные стандартные ошибки / Robust standard errors
ln(A)	7,05252***	0,4033	7,4744***	0,9092	6,7280***	0,2966
ln(EmpI)	0,2279***	0,0629	0,1927**	0,0436	0,07918*	0,0433
ln(CostFund)	0,7256***	0,0329	0,8242***	0,0539	0,8167***	0,0475
ln(EmpI/CT)	0,1012**	0,0501	0,0181*	0,0061	0,0248*	0,0079
ln(CostCT)	0,1313***	0,0273	0,0565**	0,0129	0,0602***	0,0221
BIC		91,4769	-739,4025		138,7467	
		0,8754	0,9641			
Тест Хаусмана / Hausman specification test		7,9037			p-value. Hausman	0,0335
Тест Бреуша – Пагана / Breusch –Pagan test		1724,93			p-value. Breusch – Pagan	0,0011
Робастный тест / Robust test		53,4985			p-value. Robust test	0,0000
Тест Вальда [для модели с фиксированными временными эффектами в виде dummy-переменных] / Wald dummy-переменных] / Wald joint test on time dummies FE		586,102			p-value Wald joint test on time dummies FE	0,0000
Тест Вальда [для модели со случайными временными эффектами в виде dummy- переменных] / Wald joint test on time dummies RE		200,304			p-value Wald joint test on time dummies RE	0,0000

Примечание / Note: ***, **, * – значимость на уровне 1, 5 и 10 % соответственно / significance at the level of 1, 5, and 10 %, respectively.



Обсуждение и заключение. Изучение существующих концептуальных подходов к развитию цифровой экономики показало, что исследователями зафиксировано влияние цифровой трансформации на экономическое развитие стран. В частности, зарубежными и российскими исследователями установлены следующие закономерности:

- более высокая доля инвестиций в ИКТ в ВВП страны сопутствует более высокому значению ВВП на душу населения;
- средний рост ВВП в странах поддерживается стабильным ростом количества рабочей силы и ИКТ-капитала;
- влияние использования ИКТ на экономический рост выше в группе стран с высоким доходом;
- существует взаимосвязь между инвестициями в ИКТ и производительность, а также рост ВВП;
- рост проникновения мобильных телефонов в значительной степени повлиял на ВВП на душу населения;
- ИКТ увеличивают спрос на электроэнергию, но потребление электроэнергии снижает экономический рост;
- выявлена положительная эластичность прироста добавленной стоимости от увеличения инвестиций в программное обеспечение и коммуникационное оборудование;
- влияние цифровизации на валовой региональный продукт на душу населения, инновационную активность предприятий, объем инновационной продукции;
- выявлены потери ВРП регионов при сохранении динамики затрат на цифровизацию.

В нашем исследовании мы использовали инструментарий эконометрического моделирования на панельных данных Росстата по регионам России. Авторское моделирование влияния факторов экономического роста и факторов цифровой трансформации на экономическое развитие регионов Российской Федерации выявило следующие зависимости:

- важнейшими факторами регионального экономического роста являются цифровой труд и цифровой капитал;
- на уровень ВРП на душу населения значимо положительно влияют такие факторы, как численность занятых в регионе, стоимость основных фондов (общие факторы экономического роста), а также численность занятых в секторе ИКТ и затраты на ИКТ (цифровые факторы экономического роста);
- наилучшей моделью для анализа региональных данных с 2010 по 2018 г. является модель с фиксированными временными эффектами;
- в модели установлено высокозначимое положительное влияние временных годовых эффектов на ВРП на душу населения.

Таким образом, гипотеза статьи подтвердилась, а цифровой труд и цифровой капитал являются особо значимыми факторами региональной экономики.



В связи с этим органами государственной власти регионов России для достижения наилучших результатов цифровой трансформации для населения и бизнеса необходимо создание благоприятных условий для роста численности занятых в секторе ИКТ, а также общих затрат на ИКТ. Соответственно, чем более проактивной будет государственная региональная политика в отношении сектора ИКТ региона, тем значительнее будет региональный экономический рост.

Дальнейшее развитие цифровых технологий, включая облачные технологии, мобильные сервисы и искусственный интеллект, будет значительно влиять на изменение образа жизни и предоставит гражданам исключительные услуги и блага, которых раньше не было, особенно в отдаленных от центра территориях.

Практическая значимость статьи состоит в том, что авторская модель влияния факторов экономического роста и факторов цифровой трансформации на экономическое развитие регионов Российской Федерации может использоваться для целей прогнозирования регионального экономического роста, при изменении цифровых факторов – затрат на ИКТ и численности занятых в секторе ИКТ. В свою очередь, полученные прогнозы могут быть положены в основу для определения приоритетов региональной экономической политики.

В дальнейших исследованиях могут быть использованы дополнительные показатели, характеризующие цифровой труд и цифровой капитал в регионах. В то же время применение дополнительных показателей требует внесения изменений в систему сбора статистических показателей Росстатом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Миролубова, Т. В. Цифровая экономика: проблемы идентификации и измерений в региональной экономике / Т. В. Миролубова, Т. В. Карлина, Р. С. Николаев. – DOI [10.17059/2020-2-4](https://doi.org/10.17059/2020-2-4) // Экономика региона. – 2020. – Т. 16, вып. 2. – С. 377–390. – Рез. англ.

2. Миролубова, Т. В. Роль сектора ИКТ и факторы цифровой трансформации региональной экономики в контексте государственного управления / Т. В. Миролубова, М. В. Радионова. – DOI [10.17072/1994-9960-2020-2-253-270](https://doi.org/10.17072/1994-9960-2020-2-253-270) // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. – 2020. – Т. 15, № 2. – С. 253–270. – Рез. англ.

3. Mičić, L. Digital Transformation and its Influence on GDP / L. Mičić. – DOI [10.1515/eoik-2017-0028](https://doi.org/10.1515/eoik-2017-0028) // Economics. – 2017. – Vol. 5, issue 2. – Pp. 135–147.

4. Does ICT Capital Affect Economic Growth in the EU-15 and EU-12 Countries? / J. Hanclova, P. Doucek, J. Fischer, K. Vltavska. – DOI [10.3846/16111699.2012.754375](https://doi.org/10.3846/16111699.2012.754375) // Journal of Business Economics and Management. – 2015. – Vol. 16, issue 2. – Pp. 287–406.



5. Legris, P. Why do People use Information Technology? A Critical Review of the Technology Acceptance Model / P. Legris, J. Ingham, P. Colletrette. – DOI [10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4) // *Information & Management*. – 2003. – Vol. 40, issue 3. – Pp. 191–204.
6. Farhadi, M. Information and Communication Technology Use and Economic Growth / M. Farhadi, R. Ismail, M. Fooladi. – DOI [10.1371/journal.pone.0048903](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048903) // *PLoS ONE*. – 2012. – Vol. 7, issue 11. – Pp. 1–7.
7. Rasiah, R. Information and Communication Technology and GDP per capita / R. Rasiah. – DOI [10.1504/IJEM.2006.010914](https://doi.org/10.1504/IJEM.2006.010914) // *International Journal of Internet and Enterprise Management*. – 2006. – Vol. 4, no. 3. – Pp. 202–214.
8. Pradhan, R. P. Information Communication Technology (ICT) Infrastructure and Economic Growth: A Causality Evincen by Cross-Country Panel Data / R. P. Pradhan, G. Mallik, T. P. Bagchia. – DOI [10.1016/j.iimb.2018.01.001](https://doi.org/10.1016/j.iimb.2018.01.001) // *IIMB Management Review*. – 2018. – Vol. 30, issue 1. – Pp. 91–103.
9. Bacache, M. Dynamic Entry and Investment in New Infrastructures: Empirical Evidence from the Fixed Broadband Industry. – DOI [10.1007/s11151-013-9398-4](https://doi.org/10.1007/s11151-013-9398-4) / M. Bacache, M. Bourreau, G. Gaudin // *Review of Industrial Organization*. – 2014. – Vol. 44. – Pp. 1–31.
10. Bertschek, I. More Bits – More Bucks? Measuring the Impact of Broadband Internet on Firm Performance / I. Bertschek, D. Cerquera, G. J. Klein. – DOI [10.1016/j.infoecopol.2012.11.002](https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2012.11.002) // *Information Economics and Policy*. – 2013. – Vol. 25, issue 3. – Pp. 190–203.
11. Bojnec, S. Broadband Availability and Economic Growth / S. Bojnec, I. Ferto. – DOI [10.1108/02635571211278938](https://doi.org/10.1108/02635571211278938) // *Industrial Management and Data Systems*. – 2012. – Vol. 112. – Pp. 1292–1306.
12. Bouras, C. Identifying Best Practices for Supporting Broadband Growth: Methodology and Analysis / C. Bouras, E. Giannaka, T. Tsiatsos. – DOI [10.1016/j.jnca.2009.02.003](https://doi.org/10.1016/j.jnca.2009.02.003) // *Journal of Network and Computer Applications*. – 2009. – Vol. 32, issue 4. – Pp. 795–807.
13. The Case of Technology in Developing Regions / E. Brewer, M. Demmer, B. Du [et al.]. – DOI [10.1109/MC.2005.204](https://doi.org/10.1109/MC.2005.204) // *Computer Society*. – 2005. – Vol. 38, issue 6. – Pp. 25–38.
14. Crandall, R. The Effects of Broadband Deployment on Output and Employment: A Cross-Sectional Analysis of US Data / R. Crandall, W. Lehr, R. Litan // *Issues in Economic Policy*. – 2007. – Vol. 6. – Pp. 1–34. – URL : https://www.researchgate.net/publication/237644428_The_Effects_of_Broadband_Deployment_on_Output_and_Employment_A_Cross-sectional_Analysis_of_US_Data (дата обращения: 18.02.2021).
15. Broadband Infrastructure and Economic Growth / N. Czernich, O. Falck, T. Kretschmer, L. Woessmann // *The Economic Journal*. – 2011. – Vol. 121, no. 552. – Pp. 505–532. – URL : https://ideas.repec.org/p/ces/ceswps/_2861.html (дата обращения: 18.02.2021).
16. Dwivedi, Y. K. Managing Consumer Adoption of Broadband: Examining Drivers and Barriers / Y. K. Dwivedi, B. Lal, M. D. Williams. – DOI [10.1108/02635570910939380](https://doi.org/10.1108/02635570910939380) // *Industrial Management and Data Systems*. – 2009. – Vol. 109, no. 3. – Pp. 357–369.
17. Lehr, W. H. Measuring the Economic Impact of Broadband Deployment / W. H. Lehr, C. A. Osorio, M. A. Sirbu. – Final Report, National Technical Assistance, Training, Re-



search and Evaluation Project. – 2006. – URL: http://cfp.mit.edu/publications/CFP_Papers/Measuring_bb_econ_impact-final.pdf (дата обращения: 18.02.2021).

18. Holt, L. Broadband and Contributions to Economic Growth: Lessons from the US Experience / L. Holt, M. Jamison. – DOI [10.1016/j.telpol.2009.08.008](https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.08.008) // Telecommunications Policy. – 2009. – Vol. 33. – Pp. 575–581.

19. Koutroumpis, P. The Economic Impact of Broadband on Growth: A Simultaneous Approach / P. Koutroumpis. – DOI [10.1016/j.telpol.2009.07.004](https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.07.004) // Telecommunications Policy. – 2009. – Vol. 33, issue 9. – Pp. 471–485.

20. Measuring GDP in the Digital Economy: Increasing Dependence on Uncaptured GDP / C. Watanabe, K. Naveed, Yu. Tou, P. Neittaanmäki. – DOI [10.1016/j.techfore.2018.07.053](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.053) // Technological Forecasting and Social Change. – 2018. – Vol. 137. – Pp. 226–240.

21. Watanabe, C. A New Paradox of the Digital Economy – Structural Sources of the Limitation of GDP Statistics / C. Watanabe, Yu. Tou, P. Neittaanmäki. – DOI [10.1016/j.techsoc.2018.05.004](https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.05.004) // Technology in Society. – 2018. – Vol. – 55. – Pp. 9–23.

22. Matthes, M. Structural Change and Digitalization in Developing Countries: Conceptually Linking the Two Transformations / M. Matthes, S. Kunkel. – DOI [10.1016/j.techsoc.2020.101428](https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101428) // Technology in Society. – 2020. – Vol. 63. – Pp. 10–14.

23. Kraemer, K. L. Payoffs from Investment in Information Technology: Lessons from the Asia-Pacific Region / K. L. Kraemer, J. Dedrick. – DOI [10.1016/0305-750X\(94\)90183-X](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90183-X) // World Development. – 1994. – Vol. 22, issue 12. – Pp. 1921–1931.

24. Haftu, G. G. Information Communications Technology and Economic Growth in Sub-Saharan Africa: A Panel Data Approach / G. G. Haftu. – DOI [10.1016/j.telpol.2018.03.010](https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.03.010) // Telecommunications Policy. – 2019. – Vol. 43, issue 1. – Pp. 88–99.

25. Myovella, G. Digitalization and Economic Growth: A Comparative Analysis of Sub-Saharan Africa and OECD Economies / G. Myovella, M. Karacuka, J. Haucap. – DOI [10.1016/j.telpol.2019.101856](https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101856) // Telecommunications Policy. – 2020. – Vol. 44, issue 2.

26. Yousefi, A. The Impact of Information and Communication Technology on Economic Growth: Evidence from Developed and Developing Countries / A. Yousefi. – DOI [10.1080/10438599.2010.544470](https://doi.org/10.1080/10438599.2010.544470) // Economics of Innovation and New Technology. – 2011. – Vol. 20, issue 6. – Pp. 581–596.

27. Niebel, T. ICT and Economic Growth: Comparing Developing, Emerging and Developed Countries / T. Niebel. – ZEW Discussion Papers. – 2014. – No. 14–117. – URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:180-madoc-374884> (дата обращения: 18.02.2021).

28. Posu, S. M. A. Information and Communication Technologies in the Nigerian Economy / S. M. A. Posu // Proceedings of the Conference on Human and Economic Resources. – 2006. – Pp. 327–337. – URL: <https://ideas.repec.org/h/izm/prcdng/200626.html> (дата обращения: 18.02.2021).

29. The Role of Information Communication Technology and Economic Growth in Recent Electricity Demand: Fresh Evidence from Combine Cointegration Approach in UAE / M. Shahbaz, I. Ur Rehman, R. Sbia, H. Hamdi. – DOI [10.1007/s13132-015-0250-y](https://doi.org/10.1007/s13132-015-0250-y) // Journal of the Knowledge Economy. – 2016. – Vol. 7. – Pp. 797–818.

30. Зверева, А. А. Влияние цифровизации экономики на благосостояние в развитых и развивающихся странах / А. А. Зверева, Ж. С. Беляева, К. Сохаг. – DOI [10.17059/2019-4-7](https://doi.org/10.17059/2019-4-7) // Экономика региона. – 2019. – Т. 15, вып. 4. – С. 1050–1062. – Рез. англ.



31. Дубинина, М. Г. Моделирование динамики взаимосвязи макроэкономических показателей и показателей распространения ИТ в развитых и развивающихся странах / М. Г. Дубинина // Труды ИСА РАН. – 2015. – Т. 65, № 1. – С. 24–37. – URL: http://www.isa.ru/proceedings/index.php?option=com_content&view=article&id=868 (дата обращения: 18.02.2021). – Рез. англ.

32. Петров, С. П. Влияние инвестиций в развитие цифровой экономики на объем валового внутреннего продукта России / С. П. Петров, М. П. Маслов, А. И. Карпович. – DOI [10.15826/vestnik.2020.19.4.020](https://doi.org/10.15826/vestnik.2020.19.4.020). – Текст : электронный // Journal of Applied Economic Research. – 2020. – Т. 19, № 4. – С. 419–440. – Рез. англ.

33. Крамин, Т. В. Развитие цифровой инфраструктуры в регионах России / Т. В. Крамин, А. Р. Климанова. – DOI [10.23683/2073-6606-2019-17-2-60-76](https://doi.org/10.23683/2073-6606-2019-17-2-60-76) // Terra Economicus. – 2019. – Т. 17, № 2. – С. 60–76. – Рез. англ.

34. Попов, Е. В. Экономические институты сетевых организаций / Е. В. Попов, В. Л. Симонова // Экономический анализ: теория и практика. – 2015. – № 23. – С. 2–15. – URL: <https://www.fin-izdat.ru/journal/analiz/detail.php?ID=66098> (дата обращения: 18.02.2021). – Рез. англ.

35. Попов, Е. В. Оценка влияния информационно-коммуникационных технологий на инновационную активность регионов / Е. В. Попов, К. А. Семячков, В. Л. Симонова // Финансы и кредит. – 2016. – № 46. – С. 46–60. URL: <http://213.226.126.9/fc/2016/fc46/fc4616-46.pdf> (дата обращения: 18.02.2021). – Рез. англ.

36. Arellano, M. Panel Data Econometrics / M. Arellano. – DOI [10.1093/0199245282.001.0001](https://doi.org/10.1093/0199245282.001.0001). – Oxford University Press, 2003. – 248 p.

Поступила 24.02.2021; одобрена после рецензирования 29.03.2021; принята к публикации 07.04.2021.

Об авторах:

Миролюбова Татьяна Васильевна, заведующая кафедрой мировой и региональной экономики, экономической теории ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (614068, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15), доктор экономических наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2933-5077>, Researcher ID: [D-5844-2017](https://orcid.org/0000-0003-2933-5077), mirolubov@list.ru

Радионова Марина Владимировна, исполняющий обязанности заведующего кафедрой информационных систем и математических методов в экономике ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (614068, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15), кандидат физико-математических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-3326>, Researcher ID: [L-9851-2015](https://orcid.org/0000-0002-8339-3326), m.radionova812@gmail.com

Заявленный вклад авторов:

Т. В. Миролюбова – постановка проблемы исследования; научное руководство; постановка основной гипотезы исследования; формулирование результатов исследования, выводов и предложений.



М. В. Радионова – сбор, обработка и анализ информации; проведение эконометрического исследования и анализа моделей; подготовка текста статьи; формулирование выводов.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

REFERENCES

1. Mirolubova T.V., Karlina T.V., Nikolaev R.S. Digital Economy: Identification and Measurements Problems in Regional Economy. *Ehkonomika regiona = Economy of Region*. 2020; 16(2):377-390. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17059/2020-2-4>
2. Mirolubova T.V., Radionova M.V. ICT Sector Role and Digital Transformation Factors in the Regional Economy in the Context of Public Governance. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya "Ehkonomika"* = Perm University Herald. Economy. 2020; 15(2):253-270. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17072/1994-9960-2020-2-253-270>
3. Mičić L. Digital Transformation and its Influence on GDP. *Economics*. 2017; 5(2):135-147. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1515/eoik-2017-0028>
4. Hanclova J., Doucek P., Fischer J., Vltavska K. Does ICT Capital Affect Economic Growth in the EU-15 and EU-12 Countries? *Journal of Business Economics and Management*. 2015; 16(2):287-406. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.3846/16111699.2012.754375>
5. Legris P., Ingham J., Collette P. Why do People Use Information Technology? A Critical Review of the Technology Acceptance Model. *Information & Management*. 2003; 40(3):191-204. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-7206\(01\)00143-4](https://doi.org/10.1016/S0378-7206(01)00143-4)
6. Farhadi M., Ismail R., Fooladi M. Information and Communication Technology Use and Economic Growth. *PLoS ONE*. 2012; 7(11):1-7. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048903>
7. Rasiah R. Information and Communication Technology and GDP Per Capita. *International Journal of Internet and Enterprise Management*. 2006; 4(3):202-214. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1504/IJIEM.2006.010914>
8. Pradhan R.P., Mallik G., Bagchi T.P. Information Communication Technology (ICT) Infrastructure and Economic Growth: A Causality Evinced by Cross-Country Panel Data. *IIMB Management Review*. 2018; 30(1):91-103. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2018.01.001>
9. Bacache M., Bourreau M., Gaudin G. Dynamic Entry and Investment in New Infrastructures: Empirical Evidence from the Fixed Broadband Industry. *Review of Industrial Organization*. 2014; 44:1-31. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s11151-013-9398-4>
10. Bertschek I., Cerquera D., Klein G.J. More Bits – More Bucks? Measuring the Impact of Broadband Internet on Firm Performance. *Information Economics and Policy*. 2013; 25(3):190-203. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2012.11.002>



11. Bojnec S., Fertó I. Broadband Availability and Economic Growth. *Industrial Management and Data Systems*. 2012; 112:1292-1306. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1108/02635571211278938>
12. Bouras C., Giannaka E., Tsiatsos T. Identifying Best Practices for Supporting Broadband Growth: Methodology and Analysis. *Journal of Network and Computer Applications*. 2009; 32(4):795-807. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2009.02.003>
13. Brewer E., Demmer M., Du B., Ho M., Kam M., Nedeveschi S. [et al.] The Case of Technology in Developing Regions. *Computer Society*. 2005; 38(6):25-38. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1109/MC.2005.204>
14. Crandall R., Lehr W., Litan R. The Effects of Broadband Deployment on Output and Employment: A Cross-Sectional Analysis of US Data. *Issues in Economic Policy*. 2007; 6:1-34. Available at: https://www.researchgate.net/publication/237644428_The_Effects_of_Broadband_Deployment_on_Output_and_Employment_A_Cross-sectional_Analysis_of_US_Data (accessed 18.02.2021). (In Eng.)
15. Czernich N., Falck O., Kretschmer T., Woessmann L. Broadband Infrastructure and Economic Growth. *The Economic Journal*. 2011; 121(552):505-532. Available at: https://ideas.repec.org/p/ces/ceswps/_2861.html (accessed 18.02.2021). (In Eng.)
16. Dwivedi Y.K., Lal B., Williams M.D. Managing Consumer Adoption of Broadband: Examining Drivers and Barriers. *Industrial Management and Data Systems*. 2009; 109(3):357-369. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1108/02635570910939380>
17. Lehr W.H., Osorio C.A., Sirbu M.A. Measuring the Economic Impact of Broadband Deployment. *Final Report, National Technical Assistance, Training, Research and Evaluation Project*. 2006. Available at: http://cfp.mit.edu/publications/CFP_Papers/Measuring_bb_econ_impact-final.pdf (accessed 18.02.2021). (In Eng.)
18. Holt L., Jamison M. Broadband and Contributions to Economic Growth: Lessons from the US Experience. *Telecommunications Policy*. 2009; 33:575-581. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.08.008>
19. Koutroumpis P. The Economic Impact of Broadband on Growth: A Simultaneous Approach. *Telecommunications Policy*. 2009; 33(9):471-485. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/J.TELPOL.2009.07.004>
20. Watanabe C., Naveed K., Tou Yu., Neittaanmäki P. Measuring GDP in the Digital Economy: Increasing Dependence on Uncaptured GDP. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018; 137:226-240. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.053>
21. Watanabe C., Tou Yu, Neittaanmäki P. A New Paradox of the Digital Economy – Structural Sources of the Limitation of GDP Statistics. *Technology in Society*. 2018; 55:9-23. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.05.004>
22. Matthes M., Kunkel S. Structural Change and Digitalization in Developing Countries: Conceptually Linking the Two Transformations. *Technology in Society*. 2020; 63:10-14. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101428>
23. Kraemer K.L., Dedrick J. Payoffs from Investment in Information Technology: Lessons from the Asia-Pacific Region. *World Development*. 1994; 22(12):1921-1931. (In Eng.) DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(94\)90183-X](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90183-X)



24. Haftu G.G. Information Communications Technology and Economic Growth in Sub-Saharan Africa: A Panel Data Approach. *Telecommunications Policy*. 2019; 43(1):88-99. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.03.010>

25. 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). (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101856>

26. Yousefi A. The Impact of Information and Communication Technology on Economic Growth: Evidence from Developed and Developing Countries. *Economics of Innovation and New Technology*. 2011; 20(6):581-596. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1080/10438599.2010.544470>

27. Niebel T. ICT and Economic Growth: Comparing Developing, Emerging and Developed Countries. ZEW Discussion Papers. 2014; No. 14-117. Available at: <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:180-madoc-374884> (accessed 18.02.2021). (In Eng.)

28. Posu S.M.A. Information and Communication Technologies in the Nigerian Economy. *Proceedings of the Conference on Human and Economic Resources*. 2006. p. 327-337. Available at: <https://ideas.repec.org/h/izm/prcdng/200626.html> (accessed 18.02.2021). (In Eng.)

29. Shahbaz M., Sbia R., Hamdi H., Ur Rehman I. The Role of Information Communication Technology and Economic Growth in Recent Electricity Demand: Fresh Evidence from Combine Cointegration Approach in UAE. *Journal of the Knowledge Economy*. 2016; 7:797-818. (In Eng.) DOI: <https://doi.org/10.1007/s13132-015-0250-y>

30. Zvereva A.A., Belyaeva Zh.S., Sohag K. Impact of the Economy Digitalization on Welfare in the Developed and Developing Countries. *Ehkonomika regiona = Economy of Region*. 2019; 15(4):1050-1062. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.17059/2019-4-7>

31. Dubinina M.G. Modeling the Dynamics of the Relationship of Macroeconomic Indicators and Indicators of IT Penetration in Developed and Developing Countries. *Trudy ISA RAN = Proceeding of the Institute for Systems Analysis of the Russian Academy of Science*. 2015. 65(1):24-37. Available at: http://www.isa.ru/proceedings/index.php?option=com_content&view=article&id=868 (accessed 18.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

32. Petrov S.P., Maslov M.P., Karpovich A.I. Influence of Expenditures in the Development of the Digital Economy on the Volume of Russia's GDP. *Journal of Applied Economic Research*. 2020; 19(4):419-440. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15826/vestnik.2020.19.4.020>

33. Kramin T.V., Klimanova A.R. Development of Digital Infrastructure in the Russian Regions. *Terra Economicus*. 2019; 17(2):60-76. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.23683/2073-6606-2019-17-2-60-76>

34. Popov E.V., Simonova V.L. Economic Institutions of Network Organizations. *Ehkonomicheskij analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*. 2015; (23):2-15. Available at: <https://www.fin-izdat.ru/journal/analiz/detail.php?ID=66098> (accessed 18.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)

35. Popov E.V., Semyachkov K.A., Simonova V.L. Assessing of the Impact of Information and Communication Technologies on Innovative Activity of Regions. *Finansy i kredit = Finance and Credit*. 2016; (46):46-60. Available at: <http://213.226.126.9/fc/2016/fc46/fc4616-46.pdf> (accessed 18.02.2021). (In Russ., abstract in Eng.)



36. Arellano M. Panel Data Econometrics. Oxford University Press; 2003. (In Eng.)
DOI: <https://doi.org/10.1093/0199245282.001.0001>

Submitted 24.02.2021; approved after reviewing 29.03.2021; accepted for publication 07.04.2021.

About the authors:

Tatyana V. Miroljubova, Head of the Department of World and Regional Economy, Economic Theory, Perm State National Research University (15 Bukireva St., Perm 614068, Russian Federation), Dr. Sci. (Economics), Full Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2933-5077>, Researcher ID: [D-5844-2017](https://orcid.org/0000-0003-2933-5077), mirolubov@list.ru

Marina V. Radionova, Acting Head of the Department of Information Systems and Mathematical Methods in Economics, Perm State National Research University (15 Bukireva St., Perm 614068, Russian Federation), Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8339-3326>, Researcher ID: [L-9851-2015](https://orcid.org/0000-0002-8339-3326), m.radionova812@gmail.com

Contribution of the authors:

T. V. Miroljubova – statement of the research problem; academic supervision; construction of the scientific hypothesis of the study; evaluation of the results; drawing conclusions; formulation of proposals.

M. V. Radionova – collection, processing and analysis of information; econometric research and model analysis; preparation of the text of the article; drawing conclusions.

The authors have read and approved the final version of the manuscript.