

JEL: C10, C83, O33
УДК 332.1+911.3

<https://dx.doi.org/10.14530/se.2021.4.118-142>

Пространственная диффузия цифровых инноваций: тренды, проблемы и перспективы эмпирических исследований

В.И. Блануца

Блануца Виктор Иванович

доктор географических наук

ведущий научный сотрудник

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, ул. Улан-Баторская, 1, Иркутск, 664033, Российская Федерация

E-mail: blanutsa@list.ru

ORCID: 0000-0003-3958-216X

Аннотация. Целью исследования стало обобщение мирового опыта изучения пространственной диффузии цифровых инноваций для определения трендов изменения приоритетов, существующих проблем и возможных перспектив эмпирических исследований. С помощью авторского алгоритма семантического поиска в восьми библиографических базах данных обнаружено примерно восемьдесят журнальных статей, опубликованных в последнее двадцатилетие. Применение скользящей средней и бипропорциональных индексов для количественного анализа массива статей позволило выявить четыре восходящих тренда: увеличение среднегодового количества публикаций по рассматриваемой проблематике, рост внимания к развращиванию широкополосной связи, влиянию пространственной диффузии на экономический рост и использованию регионов в качестве территориальных единиц изучения диффузионных процессов. Неформальный анализ статей привел к выделению пяти ключевых проблем современных исследований: значительное расхождение между годом публикации и последним годом изучаемого процесса, анализ ограниченного числа цифровых инноваций, отсутствие комплексного понимания совместной пространственной диффузии нескольких инноваций, доминирование представления об однородности исходных территориальных единиц и неизученность системы факторов, способствующих или препятствующих распространению цифровых инноваций. Сравнение существующего опыта изучения пространственной диффузии цифровых инноваций с аналогичными исследованиями других видов инноваций позволило идентифицировать пять перспективных направлений дальнейших исследований: использование «больших данных»; расширение набора применяемых моделей с последующим созданием системы методов; изучение иерархического, сетевого и иных способов пространственной диффузии; определение пространственных инновационных волн с объяснением причин формирования территориальных барьеров и фильтров; создание теории пространственно-временного распространения цифровых инноваций на основе обобщения эмпирических исследований. Отмечена необходимость определения сфер применения результатов, полученных в диффузионных исследованиях, вне региональной экономической политики.

© Блануца В.И., 2021

Ключевые слова: цифровая инновация, пространственная диффузия, инновационная волна, скользящая средняя, бипропорциональный индекс

Благодарности. Исследование выполнено за счет средств государственного задания (номер регистрации темы АААА-А17-117041910166-3).

Для цитирования: Блануца В.И. Пространственная диффузия цифровых инноваций: тренды, проблемы и перспективы эмпирических исследований // Пространственная экономика. 2021. Т. 17. № 4. С. 118–142. <https://dx.doi.org/10.14530/se.2021.4.118-142>

Spatial Diffusion of Digital Innovations: Trends, Problems and Prospects of Empirical Research

V.I. Blanutsa

Viktor Ivanovich Blanutsa

Doctor of Sciences (Geography)

Leading Researcher

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, 1 Ulan-Batarskaya St., Irkutsk, 664033, Russian Federation

E-mail: blanutsa@list.ru

ORCID: 0000-0003-3958-216X

Abstract. The aim of the study was to generalize the world experience of studying the spatial diffusion of digital innovations in order to determine trends in changing priorities, existing problems and possible prospects for empirical research. With the help of the author's semantic search algorithm, approximately eighty journal articles published in the last twenty years were found in eight bibliographic databases. The use of a moving average and biproportional indices for quantitative analysis of the array of articles revealed four upward trends: an increase in the average annual number of publications on the subject under consideration, increased attention to the deployment of broadband communications, the impact of spatial diffusion on economic growth and the use of regions as territorial units for studying diffusion processes. An informal analysis of the articles led to the identification of five key problems of modern research: a significant discrepancy between the year of publication and the last year of the process under study, analysis of a limited number of digital innovations, lack of a comprehensive understanding of the joint spatial diffusion of several innovations, the dominance of the idea of the homogeneity for the initial territorial units and the unexplored system of factors contributing to or hindering the spread of digital innovations. Comparing the existing experience of studying the spatial diffusion of digital innovations with similar studies of other types of innovations allowed identifying five promising areas for further research: the use of big data; expanding the set of models used with the subsequent creation of a system of methods; the study of hierarchical, network and other methods of spatial diffusion; the definition of spatial innovation waves with an explanation of the reasons for the formation of territorial barriers and filters; creation of a theory of the spatiotemporal spread of digital innovations based on the generalization of empirical research. The necessity of determining the scope of application of the results obtained in diffusion studies outside of regional economic policy is noted.

Keywords: digital innovation, spatial diffusion, innovation wave, moving average, biproportional index

Acknowledgements. The research was carried out at the expense of the state assignment (topic registration number AAAA-A17-117041910166-3).

For citation: Blanutsa V.I. Spatial Diffusion of Digital Innovations: Trends, Problems and Prospects of Empirical Research. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*, 2021, vol. 17, no. 4, pp. 118–142. <https://dx.doi.org/10.14530/se.2021.4.118-142> (In Russian)

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с исследований Т. Хегерстранда (Hagerstrand, 1967), проблемам пространственно-временного распространения социально-экономических инноваций уделялось повышенное внимание в экономических и экономико-географических работах (Lengyel et al., 2020; Lin, Kwan, 2016; Meade, Islam, 2006; Pred, 1975; Sriwannawit, Sandström, 2015). В ряде работ высказывались критические замечания по необоснованной повсеместности диффузионных процессов (Blaut, 1987; Peres et al., 2010). При этом инновации понимались в достаточно широком смысле, охватывая распространение социально-экономических нововведений от технологий (Papagiannidis et al., 2015) и устройств (Comer, Wikle, 2008) до патентов по искусственному интеллекту (Buarque et al., 2020) и мемов в социальных сетях (Dang et al., 2019). В связи с развитием информационно-коммуникационных технологий стали распространяться цифровые инновации (Haefner, Sternberg, 2020; Zhang et al., 2017). Однако до настоящего времени в мировой науке не проводилось обобщение публикаций по пространственной диффузии цифровых инноваций. Поэтому целью нашего исследования стало выявление и обобщение публикаций по данной проблематике для понимания сложившихся трендов, имеющихся проблем и перспектив дальнейшего познания диффузионных процессов.

Реализация поставленной цели сопровождалась рядом ограничений: анализировались только журнальные статьи, так как по другим видам публикаций – монографиям, сборникам статей и др. – отсутствовал свободный доступ ко всем текстам; обобщались эмпирические исследования (теоретические и методические работы без конкретных примеров не позволяли получить характеристики диффузионного процесса); под пространственной диффузией понималось распространение инноваций в двух и более территориальных единицах (не рассматривались случаи внедрения нововведения в одной не дифференцированной территории) за несколько периодов времени (данные по одной точке на оси времени исключали возможность оценки процесса как последовательности смены состояний); цифровой инноваци-

ей считалась цифровая технология, внедряемая с помощью современной информационно-коммуникационной сети; учитывались публикации за последние двадцать лет (2001–2020 гг.), поскольку до этого в научных исследованиях почти не уделялось внимание диффузии рассматриваемых инноваций (Sriwannawit, Sandström, 2015; Zhang et al., 2017).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для поиска статей с эмпирическими результатами изучения пространственной диффузии цифровых инноваций использовались одна российская и семь международных библиографических баз данных (www.elibrary.ru, www.link.springer.com, www.onlinelibrary.wiley.com, www.sciencedirect.com, www.login.webofknowledge.com, www.scopus.com, www.journals.sagepub.com, www.ideas.repec.org). В них поиск осуществляется через ключевые слова. Однако в новых областях познания, где еще не сформировалась устойчивая понятийно-терминологическая система и происходит заимствование терминов из смежных наук с приданием им иного смысла, ориентация на ключевые слова не позволяет выявить все искомые статьи. Например, в базе данных Scopus по словосочетанию «spatial diffusion of digital innovation» обнаружено 14 статей, из которых ни одна не соответствовала рассматриваемой проблематике при заданных ограничениях. Поэтому пришлось обратиться к семантическому поиску, когда необходимые публикации выявляются по плеядам (ассоциациям) терминов с определенной взаимосвязанностью. Использовался авторский алгоритм (Блануца, 2020), позволяющий в итерационном режиме расширять семантическое поле в ходе машинного обучения: плеяда терминов, выявленная в одной библиографической базе данных, применялась и расширялась в следующей базе, после чего происходил возврат к предыдущей базе и осуществлялся дополнительный поиск статей по расширенному полю. Так происходило до тех пор, пока не стабилизировался размер семантического поля и не были выявлены все статьи. В качестве основного лимитирующего фактора в данном алгоритме можно отметить отбор публикаций только на кириллице и латинице. Еще одним сдерживающим фактором стало использование только восьми баз данных, которые охватывают большинство, но не все публикации в мире.

Определение трендов перераспределения научных интересов в выявленном массиве статей может осуществляться с помощью различных способов. В нашем исследовании использовался метод простой скользящей средней с окном в 11 лет (половина рассматриваемого двадцатилетия плюс один год): определялось среднее арифметическое значение для ежегодного количества статей в исходные 11 лет (2001–2011 гг.); окно смещалось на один год (2002–

2012 гг.) и рассчитывалось следующее среднее значение; такое смещение заканчивалось при включении в окно последнего года (2010–2020 гг.). Полученный ряд средних значений позволяет нивелировать ежегодные колебания и идентифицировать тренд (восходящий, нисходящий или горизонтальный). Однако при таком подходе каждый тренд не зависит от остальных трендов в анализируемой системе.

Чтобы учесть взаимообусловленное влияние трендов, использовались бипропорциональные индексы (Хаггетт, 1976): анализируемый период делился на одинаковые отрезки времени (например, по 5 лет), и в каждом из них подсчитывалось количество статей по заданным направлениям; эта исходная матрица трансформировалась в производную матрицу, в которой сумма значений всех ячеек по каждой строке составляла $100m$, где m – количество отрезков времени; производная матрица трансформировалась в новую матрицу, в которой сумма значений всех ячеек по каждому столбцу составляла $100n$, где n – количество направлений; такой последовательный пересчет значений то по строкам, то по столбцам проводился до тех пор, пока в матрице одновременно не достигалось $100m$ и $100n$. Интерпретация бипропорциональных индексов осуществлялась следующим образом: 100 единиц указывало на то, что изменение количества статей по отдельному направлению в определенный отрезок времени соответствовало фоновому изменению (совместной динамике всех направлений), а меньшее или большее количество единиц характеризовало опережающий или отстающий рост направления. Эти индексы могут также использоваться для экстраполяции трендов и определения количества статей в будущие отрезки времени (Блануца, 2018).

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФфуЗИЯ

Основы диффузионной теории были сформированы географом Т. Хегерстрандом (Hagerstrand, 1967) и социологом Э. Роджерсом (Rogers, 2003). Первый из них показал, что существует четыре стадии процесса пространственной диффузии: появление инновации в некоторой центральной территории (населенном пункте, регионе, стране), проникновение из центра в отдельные периферийные территории, последующее повсеместное распространение на оставшиеся территории и насыщение всех территорий данной инновацией. Диффузия может проявляться в форме расширения или перемещения инновации. При диффузии расширения инновация из одной территории (ядра) постепенно распространяется на остальные территории, а при диффузии перемещения инновация полностью покидает исходное ядро и внедряется на новой территории, после чего переходит на следующую

территорию и т. д. Расширение происходит посредством контактов между соседними территориями или через жесткую иерархическую структуру соподчинения территорий, что приводит, соответственно, к контактной (контактной, сплошной) или каскадной (иерархической) диффузии. Дальнейшие исследования показали, что существует еще и сетевая диффузия, при которой происходит продвижение инновации между отдельными территориями, не являющимися соседями и не имеющими иерархического соподчинения, но образующими сетевую структуру (Блануца, 2012; Блануца, 2015).

Второй основоположник под диффузией понимал «процесс, в ходе которого инновация передается по определенным каналам с течением времени между членами социальной системы» (Rogers, 2003, p. 5). Он также выделил четыре ключевых элемента диффузионного процесса – инновация, коммуникационный канал, время внедрения инновации и социальная система – и пять категорий потребителей инновации (новаторы, первые последователи, раннее большинство, позднее большинство и отстающие). Следует отметить, что распространение многих инноваций носит волновой характер в пространстве и во времени (Morgrill, 1968). В данном контексте инновационная волна – это последовательное во времени распространение нововведения от одних территорий к другим. Для идентификации таких волн необходимо установить источник инновации (ядро) и направления (траектории) распространения инновации от ядра к остальным территориям, а также скорость и характер (первичная, вторичная, отраженная) волны с учетом встречающихся барьеров и фильтров (Блануца, 2012).

Первые модели пространственной диффузии были стохастическими (Hagerstrand, 1967): инновация из некоторой территории (ячейки, клетки) переходила к соседней ячейке случайным образом, что воспроизводилось с помощью метода Монте-Карло. На такой же идее построены клеточные автоматы, которые после определенной модификации могут использоваться для моделирования пространственной диффузии инноваций (Шмидт, Лободина, 2015). Следующей и наиболее распространенной является модель Фрэнка Басса (Bass, 1969): количество людей, купивших новый продукт (принявших инновацию) в определенный момент времени, зависит от числа предыдущих покупателей и потенциала рынка, корректируемых эффектами рекламы (коэффициент инновации или внешнего влияния в модели) и межличностной коммуникации (коэффициент имитации, внутреннего влияния). На основе данной модели можно определить скорость распространения инновации и время достижения пика принятия нововведения. Обычно модель Басса применяется к отдельно взятой, не дифференцированной территории, что не является пространственной диффузией и может быть квалифицировано как «временная диффузия». Однако параметры модели (особенно

соотношение двух коэффициентов и форма логистической кривой), определенные для нескольких территорий, позволяют уяснить характер пространственной диффузии через сравнение и типологию этих территорий (Земцов, Бабурин, 2017; Kauffman, Techatassanasoontorn, 2005; Velickovic et al., 2016). Аналогичным образом для анализа пространственной диффузии инноваций можно использовать логистическую модель и модель Гомперца (Dhakai, Lim, 2020; Na et al., 2020).

При изучении диффузии расширения могут использоваться методы оценки пространственной автокорреляции, среди которых выделяются «локальные показатели пространственной ассоциации» (Anselin, 1995). С их помощью можно идентифицировать четыре кластера: High-High – территория с высоким уровнем внедрения инновации окружена аналогичными территориями; Low-Low – территория с низким уровнем внедрения инновации соседствует только с территориями низкого уровня; Low-High – территория с низким уровнем окружена территориями с высоким уровнем; High-Low – территория с высоким уровнем соседствует с территориями низкого уровня. В случае определения таких кластеров для ряда точек на оси времени открывается возможность анализа перехода каждой рассматриваемой территории из одного кластера в другой, что позволяет понять пространственные закономерности диффузионного процесса (Lutz, 2019) и выделять, к примеру, ядра, периферию, острова неравенства и острова доступности инновации (Grubestic, 2008). К редко встречающимся диффузионным моделям можно отнести «географическую взвешенную регрессию» (Benseny et al., 2019) и имитационную модель на основе системы правил «если..., то...» (Блануца, 2012).

ТРЕНДЫ

Семантический поиск в восьми библиографических базах данных, проведенный 20 сентября 2021 г. с учетом заданных ограничений, позволил выявить 81 журнальную статью с эмпирическими результатами изучения пространственной диффузии цифровых инноваций. Эти статьи неравномерно распределились по годам публикации, а также экономическим и географическим журналам (рис. 1). На основе данного распределения можно зафиксировать первый тренд: в мировом научном сообществе происходит рост интереса к распространению цифровых инноваций. Если разбить рассматриваемый период на пятилетние отрезки времени, то можно отметить примерно трехкратный рост (35 статей в 2016–2020 гг. по сравнению с 11 статьями в 2001–2005 гг.). Выявленные статьи опубликованы в 53 журналах, в том числе 18 экономических и 10 географических периодических

изданиях. Больше всего публикаций было в журналах «Telecommunications Policy» (15 статей), «Applied Economics» (3), «Telematics and Informatics» (3) и «Technological Forecasting and Social Change» (3). Авторы статей в качестве места работы указали 31 страну (если у статьи несколько соавторов из разных стран, то эта статья как единица счета делилась на число соавторов; например, при четырех соавторах каждая страна получала по 0,25). Более половины всех публикаций пришлось на пять стран: США (19,36 статьи), Великобританию (7,39), Китай (5,13), Россию (5) и Италию (4,67).

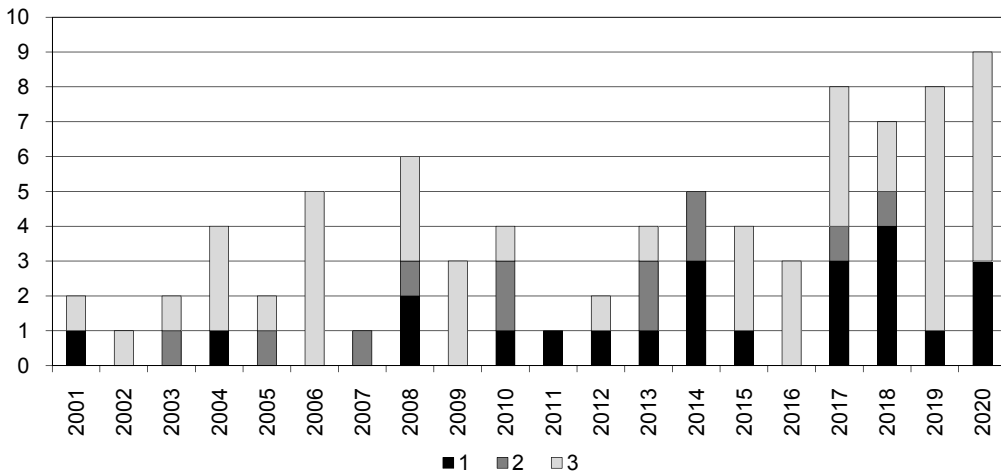


Рис. 1. Изменение ежегодного количества статей по пространственной диффузии цифровых инноваций, опубликованных в экономических (1), географических (2) и других (3) научных журналах во всем мире в 2001–2020 гг.

Fig. 1. Change in the annual number of articles on the spatial diffusion of digital innovations published in economic (1), geographical (2) and other (3) scientific journals worldwide in 2001–2020

Источник: составлено автором.

При использовании скользящей средней восходящий тренд среднегодового количества статей оказался более сглаженным (рис. 2): 5,00 статей в год в 2010–2020 гг. против 2,82 статьи в год в 2001–2011 гг. Из всех видов цифровых инноваций (Zhang et al., 2017) в выявленном массиве статей анализировалась пространственная диффузия только четырех нововведений – широкополосной связи (34,03 статьи), фиксированного Интернета (22,99), мобильной телефонии (22,98) и «умного города» (1). Опираясь на средние многолетние значения (см. рис. 2), можно зафиксировать восходящий тренд усиления внимания (в 4 раза при сравнении последнего и первого отрезков времени) к широкополосной связи при отсутствии явно выраженного тренда по второй и третьей инновациям. Обращение к бипропорциональ-

ным индексам позволило понять взаимообусловленную динамику по пятилетним отрезкам времени (табл. 1): несмотря на повышенное внимание к широкополосной связи, пик был пройден в 2011–2015 гг. (превышение фонового роста на 79%) и в последнее время (2016–2020 гг.) наблюдалась менее значимая приоритетность (+30%), которая сопровождалась неполным восстановлением внимания к мобильной телефонии (–49% и –08% в последние две пятилетки). Если в первую пятилетку предпочтение отдавалось изучению Интернета (+39%), а во вторую пятилетку – мобильной связи (+38%), то в последние две пятилетки – широкополосной связи (см. табл. 1).

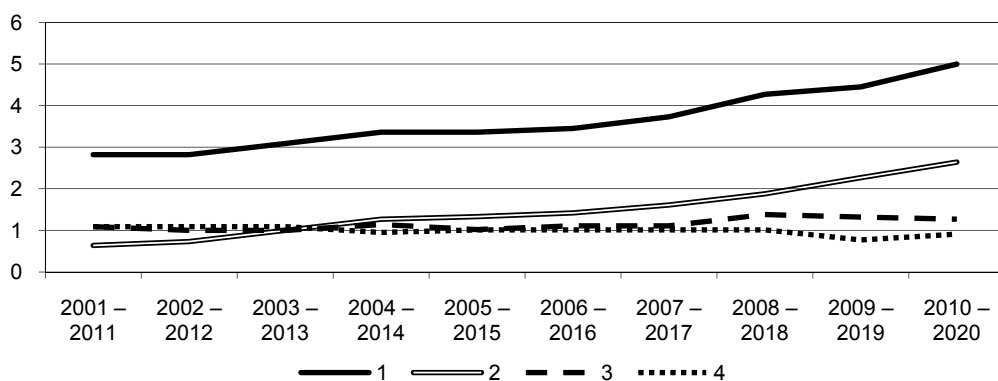


Рис. 2. Среднее ежегодное количество журнальных статей (скользящее окно в 11 лет для 2001–2020 гг.), посвященных пространственной диффузии всех цифровых инноваций (1), в том числе широкополосной связи (2), мобильной телефонии (3) и Интернета (4)

Fig. 2. The average annual number of journal articles (a sliding window of 11 years for 2001–2020) devoted to the spatial diffusion of all digital innovations (1), including broadband (2), mobile telephony (3) and the Internet (4)

Источник: составлено автором.

Таблица 1

Бипропорциональные индексы изменения количества журнальных статей, посвященных пространственной диффузии трех цифровых инноваций

Table 1

Biproportional indices of the change in the number of journal articles devoted to the spatial diffusion of three digital innovations

Цифровая инновация	2001–2005	2006–2010	2011–2015	2016–2020
Широкополосная связь	42	49	179	130
Мобильная телефония	119	138	51	92
Интернет	139	113	70	78

Источник: составлено автором.

Анализ целевой направленности изучения пространственной диффузии инноваций показал, что подобные работы проводились для понимания особенностей распространения нововведений (скорости, последовательности охвата территорий и др.; 31 статья), влияния диффузионных процессов на экономический рост (26) и сокращения (увеличения) цифрового разрыва между территориями (24). По среднему многолетнему числу публикаций получается значительное увеличение – в 8 раз – количества исследований по оценке вклада распространения цифровых инноваций в экономический рост (рис. 3), что на фоне относительно горизонтального движения двух других кривых является очень выраженным восходящим трендом. С позиции бипропорциональных индексов (табл. 2) также подтверждается значительное повышение внимания к изучению диффузионных процессов в контексте экономического роста даже при незначительном снижении в последнюю пятилетку (–8% относительно 2011–2015 гг.). Среди полученных эмпирических результатов встречаются разные оценки влияния распространения цифровых инноваций на экономический рост, что связано с изучением различных территорий в те или иные периоды времени. Например, для крупных штатов Индии в 2001–2012 гг. зафиксировано повышение годового ВВП на 0,9% при увеличении проникновения мобильной телефонии на 10% (Ghosh, 2016), а страны Организации экономического сотрудничества и развития в 1996–2007 гг. характеризовались ростом годового ВВП на душу населения на 0,9–1,5% при увеличении проникновения широкополосной связи на 10% (Czernich et al., 2011).

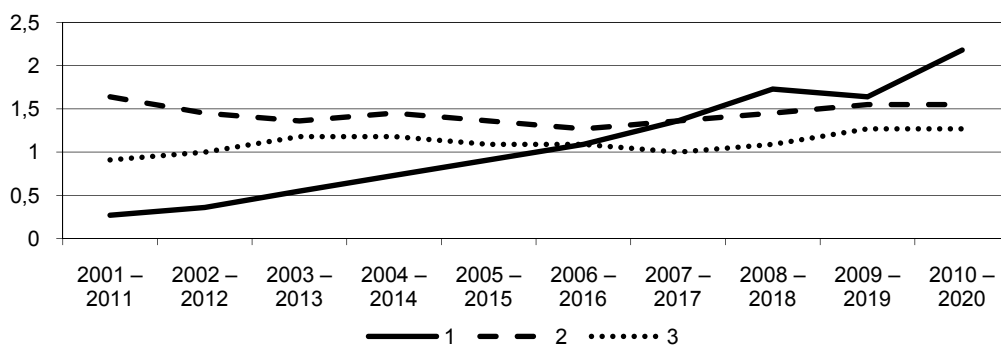


Рис. 3. Среднее ежегодное количество журнальных статей (скользящее окно в 11 лет для 2001–2020 гг.), посвященных анализу пространственной диффузии цифровых инноваций в контексте экономического роста (1), распространения нововведений (2) и цифрового разрыва (3)

Fig. 3. The average annual number of journal articles (a sliding window of 11 years for 2001–2020) devoted to the analysis of the spatial diffusion of digital innovations in the context of economic growth (1), the spread of innovations (2) and the digital divide (3)

Источник: составлено автором.

Бипропорциональные индексы изменения количества журнальных статей, посвященных изучению пространственной диффузии цифровых инноваций в контексте трех целей исследования

Таблица 2

Biproportional indices of the change in the number of journal articles devoted to the study of spatial diffusion of digital innovations in the context of three research goals

Table 2

Цель исследования	2001–2005	2006–2010	2011–2015	2016–2020
Экономический рост	0	48	180	172
Распространение инноваций	191	122	33	54
Цифровой разрыв	109	130	87	74

Источник: составлено автором.

Для получения пространственных закономерностей распространения инноваций полигон исследования обычно делится на территориальные единицы (ячейки, территории), размер и форма которых оказывают влияние на интерпретацию полученных результатов. В обобщаемых работах размер ячейки колебался от квадрата со стороной 1 км (Lehtonen, 2020) до территории отдельного государства. Все разнообразие используемых ячеек может быть сведено к трем уровням – страна (такая единица использовалась в 30 статьях), регион (единица административно-территориального деления страны; 19 статей) и субрегион (32 статьи).

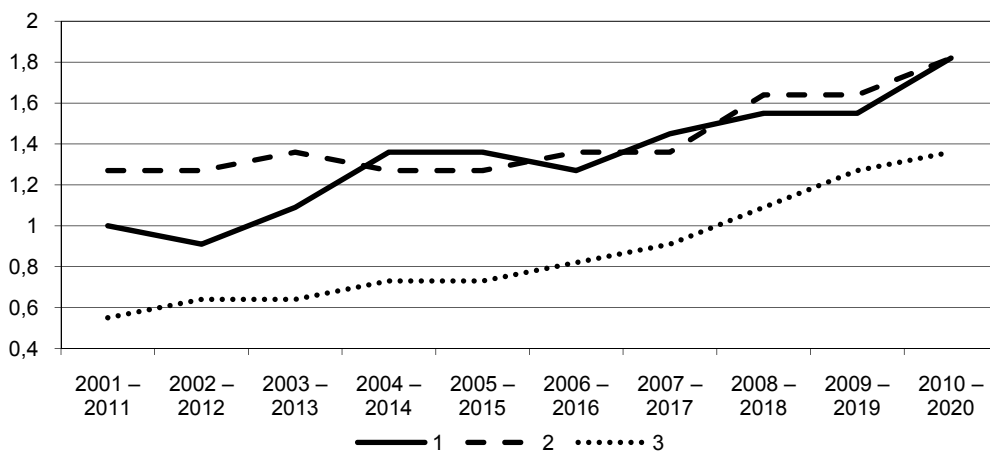


Рис. 4. Среднее ежегодное количество журнальных статей (скользящее окно в 11 лет для 2001–2020 гг.), посвященных пространственной диффузии цифровых инноваций между странами (1), субрегионами (2) и регионами (3)

Fig. 4. Average annual number of journal articles (sliding window of 11 years for 2001–2020) devoted to the spatial diffusion of digital innovations between countries (1), subregions (2) and regions (3)

Источник: составлено автором.

В качестве субрегиона выступали квадратная ячейка (Lehtonen, 2020), населенный пункт (Tiner, 2010), территория почтового кода – ZIP Code Area (Grubestic, 2008), муниципалитет (Nunes, 2006) и административный округ (Zhang et al., 2020). По каждому уровню зафиксирован рост среднегодового количества статей (рис. 4), но больше всего возрос интерес (примерно в 2,5 раза) к оперированию регионами. Этот интерес подтверждается бипропорциональным индексом для последнего рассматриваемого пятилетия при сложной предшествующей динамике (табл. 3).

Таблица 3

Бипропорциональные индексы изменения количества журнальных статей, посвященных изучению пространственной диффузии цифровых инноваций на основе трех уровней территориальных единиц

Table 3

Biproportional indices of changes in the number of journal articles devoted to the study of spatial diffusion of digital innovations based on three levels of territorial units

Территориальная единица	2001–2005	2006–2010	2011–2015	2016–2020
Страна	145	47	138	70
Регион	50	123	95	132
Субрегион	105	130	67	98

Источник: составлено автором.

ПРОБЛЕМЫ

Изучение пространственно-временного распространения цифровых инноваций как относительно новое направление сталкивается с множеством организационных, гносеологических и методологических трудностей, среди которых отметим пять ключевых проблем.

Анализ массива статей показал значительное расхождение между годом публикации и последним годом рассматриваемого диффузионного процесса, что является скорее научно-организационной, чем научной проблемой. Конечно, существуют определенные сроки рецензирования и редактирования статей в журналах, периодичность и доступность исходных данных, а также некоторые другие причины задержки обнародования результатов исследования. Эта проблема встречается и в других областях познания (Gómez-Barroso, Marbán-Flores, 2020), но при изучении пространственной диффузии цифровых инноваций задержка с опубликованием результатов достигала 13 лет (DeStefano et al., 2018). Усугубляется проблема тем, что при движении от первой к последней пятилетке имело место только увеличение средней задержки опубликования эмпирических данных: 3,27; 3,68; 4,44; 4,51 года. В такой ситуации возникает вопрос: имеет ли смысл опираться на столь устаревшие данные при формировании региональной экономической политики

и управлении оперативным развертыванием цифровых технологий? Особая значимость решения этой проблемы связана с повышенной динамичностью разработки новых информационно-коммуникационных технологий. Поэтому необходимо вводить в научные исследования новые источники исходных данных и методы их обработки, позволяющие минимизировать отмеченную задержку.

Второй проблемой является ограниченное число цифровых инноваций, по которым проводилось исследование диффузионных процессов. Фактически рассматривались только три нововведения (см. *табл. 1*), и еще одна статья была посвящена распространению концепции «умного города» (Hýllová, Slach, 2018). Вне изучения осталась инфильтрация Интернета вещей, систем искусственного интеллекта, технологий обработки «больших данных» и других цифровых инноваций, внедряемых в ходе четвертой промышленной революции (Schwab, 2017). Следует также отметить, что в некоторых исследованиях рассматриваются новые инновации и декларируется их пространственная диффузия, но фактически изучается распространение нововведения в один момент времени, что не позволяет идентифицировать направленность диффузионного процесса. В качестве примера такой работы, не включенной в анализируемый массив статей по причине отсутствия нескольких отрезков времени, можно привести интересное исследование особенностей распространения технологий электронного городского управления и компьютерной безопасности среди органов местного самоуправления в Республике Корея (Kim et al., 2017).

Все цифровые нововведения некоторым образом связаны между собой (диффузия одних инноваций стимулирует или затормаживает распространение других), но комплексное понимание совместной пространственной диффузии отсутствует. Эта проблема проявляется в различных группах инноваций (Lengyel et al., 2020), но применительно к цифровым нововведениям она весьма значима из-за наличия эффекта замещения технологий. Например, в рамках мобильной телефонии установлено, что разные поколения сотовой связи относительно друг друга характеризуются дополнением по использованию и замещением по подписке (Grajek, Kretschmer, 2009), а распространение нового поколения препятствует диффузии старого поколения одновременно с тем, что уровень проникновения старого поколения положительно влияет на распространение новой сотовой связи (Liikanen et al., 2004). Кроме этого, взаимодействие между разными цифровыми инновациями усложняется конкуренцией и особенностями государственного регулирования (Briglauer, 2014; Briglauer et al., 2019). Что касается имеющихся попыток построения интегральных индексов (Latif et al., 2017; Pradhan et al., 2015; Saba, David, 2020; Song et al., 2014; Song et al., 2019), объединяющих

разные цифровые инновации, то они не способствуют получению знания о взаимообусловленной диффузии.

Доминирование представления об однородности исходных территориальных единиц и, соответственно, возможности с помощью одной модели воспроизвести диффузионный процесс в рамках всего исследуемого полигона является существенной методологической проблемой. Особенно это проявляется при изучении разных стран или регионов со значительными социально-экономическими контрастами, поскольку оперирование неоднородными и разнотипными территориальными единицами искажает реальную диффузию. Имеются доказательства того, что характер (механизмы, закономерности) распространения цифровых инноваций в развитых и развивающихся странах не является одинаковым (Arvin, Pradhan, 2014; Rouvinen, 2006), а диффузионные процессы в урбанизированном пространстве протекают иначе, чем в сельской местности (Galliano, Roux, 2008). Возможно, для решения этой проблемы потребуется разработать методологию специального диффузионно-инновационного районирования, позволяющую идентифицировать районы с разной допустимой дробностью территориальных единиц и преобладающим типом изучаемых процессов (например, районы контактной, иерархической или сетевой диффузии). Тогда результаты эмпирических исследований, полученные для каждого района, будут более точно отражать пространственную диффузию, чем существующие средние данные по неоднородным территориям.

Последняя из ключевых проблем – неизученность системы взаимообусловленных факторов, способствующих или препятствующих распространению цифровых инноваций. Имеющийся опыт диффузионных исследований свидетельствует о существовании таких факторов, как уровень экономического развития (Ding, Haynes, 2010), объем инвестиций в телекоммуникационный сектор (Harb, 2017), плотность населения (Benseny et al., 2019; Billón et al., 2008; Parajuli, Haynes, 2018) и некоторых других. Однако сведения об этих факторах слишком фрагментарны, неполны и не составляют единую концептуальную блок-схему. Например, в одних работах в качестве детерминантов распространения цифровых инноваций выступали величина личного дохода, плотность населения и использование электроэнергии (Parajuli, 2018), в других – количество доступного цифрового контента (Na et al., 2020), размер государственной помощи (Briglaue et al., 2019) или протяженность оптоволоконных магистралей (Tranos, 2012); а как эти и иные факторы связаны между собой (насколько усиливают или ослабляют друг друга) не объяснено ни в одном исследовании. Поэтому в целом можно констатировать, что в современных эмпирических исследованиях учитывают либо произвольный набор факторов, либо какой-то один фактор, либо никак не объясняют выявленную пространственную диффузию.

ПЕРСПЕКТИВЫ

Специфика будущих исследований в рассматриваемой области знания может быть спрогнозирована путем экстраполяции существующих трендов и решения имеющихся проблем. Однако такой линейный подход не позволяет учесть альтернативные направления. Поэтому перспективы изучения пространственной диффузии цифровых инноваций были выведены из сопоставления существующих исследований с опытом познания особенностей распространения других нововведений. Из результатов сопоставления отметим только пять перспективных направлений дальнейших исследований.

Первая перспектива: использование «больших данных». Вхождение в эпоху «больших данных» (Блануца, 2018) не только открывает доступ к новым источникам информации, но и накладывает ограничения на управленческие решения, которые должны приниматься в режиме реального времени. Постоянный поток больших объемов данных от телекоммуникационных операторов, социальных сетей и различных датчиков дает возможность идентифицировать пространственную диффузию тех цифровых технологий, которые в настоящий момент не изучаются по причине отсутствия необходимых данных (Интернет вещей, автономные системы искусственного интеллекта и др.). В проанализированном массиве статей «большие данные» не использовались, несмотря на то, что в смежных областях имеется такой опыт. Как пример можно привести моделирование пространственной диффузии мемов в социальных сетях (Dang et al., 2019).

Вторая перспектива: расширение набора применяемых моделей с последующим построением системы методов. Оперирование преимущественно моделью Басса и пространственной автокорреляцией не позволяет выявить многие специфические особенности диффузионного процесса (изменение пространственной траектории инновационной волны, затухание диффузии на одних территориях и ее усиление на других, формирование узловых инновационных районов и др.). Поэтому имеет смысл проверить возможность использования, например, алгоритмов искусственного интеллекта и районирования (Блануца, 2018). Не исключено, что потребуются адаптировать математические модели, построенные для аналогичных процессов. Конечным результатом должна стать система методов, принципы построения которой приведены в (Блануца, 2018). Это позволит решать задачи изучения, визуализации и интерпретации пространственной диффузии цифровых инноваций.

Третья перспектива: изучение иерархического, сетевого и иных способов пространственной диффузии. В большинстве проанализированных статей

рассматривалась сплошная (контагиозная) диффузия и только в нескольких работах – иерархическая диффузия (Земцов, Бабурин, 2017; Didelon, 2007; Hýllová, Slach, 2018). Сетевая диффузия и иные способы проникновения инноваций на новые территории в массиве статей не зафиксированы. Более того, ни в одном исследовании не проверялась возможность развертывания инноваций по всем трем способам. При этом в ряде работ инфильтрация цифровых нововведений не совсем соответствовала контагиозной диффузии (Alderete, 2019; Kauffman, Techatassanasoontorn, 2005; Rouvinen, 2006), а проверка возможности распространения по иерархической или сетевой схеме не проводилась. Поэтому к настоящему времени не сформировалось единое представление о том, какие именно цифровые инновации, в каких типах стран или регионов, за счет каких стимулирующих или сдерживающих факторов имеют сплошное, иерархическое, сетевое или иное распространение. Знание об этом необходимо для прогнозирования и управления инновационной деятельностью.

Четвертая перспектива: идентификация пространственных инновационных волн с объяснением причин формирования территориальных барьеров и фильтров. Подобные исследования отсутствуют в проанализированном массиве статей. Поэтому возникают следующие вопросы: каким маршрутом нововведение из центральной территории (ядра) перемещается в периферийные территории; почему волна обходит одни территории, быстро преодолевает другие и надолго задерживается в третьих территориях; чем можно объяснить то, что одни территории выступают генератором всех волн, другие только пропускают, а третьи только поглощают волны; почему некоторые территории выступают в роли барьера, отражающего волну, или фильтра, пропускающего одни и блокирующего другие инновации; каковы причины возникновения сплошных, узконаправленных, асимметричных, повторных и отраженных волн; чем объясняется появление эффекта волнового резонанса в некоторых территориях?

Пятая перспектива: создание теории пространственно-временного распространения цифровых инноваций на основе обобщения эмпирических исследований. Логическим завершением этапа эмпирических исследований является построение теории, представляющей и объясняющей систему эмпирических законов в определенной области научного знания. С позиции начального накопления эмпирических результатов пространственной диффузии цифровых инноваций, которое сейчас происходит, построение теории представляется очень отдаленной перспективой, к которой целесообразно идти через решение существующих проблем и реализацию предыдущих четырех перспектив.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В XXI в. распространение цифровых инноваций приняло глобальный характер, но не все нововведения следовали логике пространственной диффузии. Анализ мирового массива журнальных статей показал, что примерно в восьми десятках научных публикаций рассматривались особенности проникновения четырех цифровых инноваций на новые территории. Оценка этого массива позволила установить четыре восходящих тренда усиления интереса исследователей в целом к данной проблематике, а также к распространению широкополосной связи, воздействию на экономический рост и диффузии по регионам. Неформальный анализ массива статей привел к идентификации пяти ключевых проблем: значительное расхождение между годом публикации и последним годом изучаемого процесса, анализ ограниченного числа цифровых инноваций, отсутствие комплексного понимания совместной пространственной диффузии нескольких инноваций, доминирование представления об однородности исходных территориальных единиц и неизученность системы факторов, способствующих или препятствующих распространению цифровых инноваций. Эти проблемы наиболее очевидны при оценке массива выявленных статей, но существует также множество менее выраженных проблем, которые связаны с пионерным характером изучения инфильтрации цифровых инноваций на новые территории. Сравнительный анализ имеющегося опыта с аналогичными исследованиями других видов (не цифровых) инноваций позволил наметить пять направлений дальнейших исследований: использование «больших данных»; расширение набора применяемых моделей с последующим созданием системы методов; изучение иерархического, сетевого и иных способов пространственной диффузии; определение пространственных инновационных волн с объяснением причин формирования территориальных барьеров и фильтров; создание теории пространственно-временного распространения цифровых инноваций на основе обобщения эмпирических исследований.

Через несколько лет целесообразно провести новое обобщение мирового опыта, сделав акцент на еще недостаточно изученных областях. К таковым, например, можно отнести территориальное расширение цифровых экосистем в рамках платформенной экономики, пространственно-временные побочные эффекты внедрения цифровых технологий, распространение региональных цифровых компетенций и воздействие цифровизации на географию инноваций. Особое внимание следует уделить проверке тезиса об ограниченности сфер применения результатов диффузионных исследований (Sriwannawit, Sandström, 2015), поскольку закономерности тер-

риториальной инфильтрации цифровых технологий важны не только для формирования региональной экономической политики, но, к примеру, для распространения телемедицины, беспилотного транспорта, государственных услуг в цифровом формате и электронного голосования. Не исключено, что будущее обобщение должно затронуть вопросы, напрямую не связанные с распространением цифровых нововведений. К ним могут быть отнесены различные побочные эффекты рассматриваемой пространственной диффузии (изменение уровня цифровой компетенции территориальных сообществ, развитие платформенной экономики, расширение дистанционной работы, появление цифровых мигрантов и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Блануца В.И.* Диффузия почтовых нововведений в досоветской Сибири // География и природные ресурсы. 2012. № 4. С. 30–39.
- Блануца В.И.* Пространственная диффузия нововведений: сфера неопределенности и сетевая модель // Региональные исследования. 2015. № 3. С. 4–12.
- Блануца В.И.* Социально-экономическое районирование в эпоху больших данных. М.: ИНФРА-М, 2018. 194 с. https://doi.org/10.12737/monography_59f81ac5e918.09423566
- Блануца В.И.* Региональные экономические исследования с использованием алгоритмов искусственного интеллекта: состояние и перспективы // Вестник Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 26. № 8. С. 100–111. <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2020-26-8-100-111>
- Земцов С.П., Бабурин В.Л.* Моделирование диффузии инноваций и типология регионов России на примере сотовой связи // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. № 4. С. 17–30. <https://doi.org/10.7868/S0373244417100024>
- Хаггет П.* Нестабильность роста городских систем. Бипропорциональный индекс // Современные проблемы географии: доклады общих симпозиумов XXIII Международного географического конгресса. М.: Наука, 1976. С. 366–376.
- Шмидт Ю.Д., Лободина О.Н.* О некоторых подходах к моделированию пространственной диффузии инноваций // Пространственная экономика. 2015. № 2. С. 103–115. <https://doi.org/10.14530/se.2015.2.103-115>
- Alderete M.V.* Broadband Adoption in Latin American Countries: Does Geographical Proximity Matter? // Revista Problemas Del Desarrollo. 2019. Vol. 50. No. 198. Pp. 31–56. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2019.198.67411>
- Anselin D.* Local Indicators of Spatial Association – LISA // Geographical Analysis. 1995. Vol. 27. Issue 2. Pp. 93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Arvin B.M., Pradhan R.P.* Broadband Penetration and Economic Growth Nexus: Evidence from Cross-Country Panel Data // Applied Economics. 2014. Vol. 46. Issue 35. Pp. 4360–4369. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.957444>
- Bass F.M.* A New Product Growth for Model Consumer Durables // Management Science. 1969. Vol. 15. Issue 5. Pp. 215–322. <https://doi.org/10.1287/mnsc.15.5.215>
- Benseny J., Töyli J., Hämmäinen H., Arcia-Moret A.* The Mitigating Role of Regulation on the Concentric Patterns of Broadband Diffusion. The Case of Finland // Telematics and Informatics. 2019. Vol. 41. Pp. 139–155. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.04.008>

- Billón M., Ezcurra R., Lera-López F.* The Spatial Distribution of the Internet in the European Union: Does Geographical Proximity Matter? // *European Planning Studies*. 2008. Vol. 16. Issue 1. Pp. 119–142. <https://doi.org/10.1080/09654310701748009>
- Blaut J.M.* Diffusionism: An Uniformitarian Critique // *Annals of Association of American Geographers*. 1987. Vol. 77. Issue 1. Pp. 30–47. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1987.tb00143.x>
- Briglauer W.* The Impact of Regulation and Competition on the Adoption of Fiber-Based Broadband Services: Recent Evidence from the European Union Member States // *Journal of Regulatory Economics*. 2014. Vol. 46. Pp. 51–79. <https://doi.org/10.1007/s11149-013-9237-4>
- Briglauer W., Dürr N.S., Falck O., Huschelrath K.* Does State Aid for Broadband Deployment in Rural Areas Close the Digital and Economic Divide? // *Information Economics and Policy*. 2019. Vol. 46. Pp. 68–85. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2019.01.001>
- Buarque B.S., Davis R.B., Hynes R.M., Kogler D.F.* OK Computer: The Creation and Integration of AI in Europe // *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*. 2020. Vol. 13. Issue 1. Pp. 175–192. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsz023>
- Comer J.C., Wikle T.A.* Worldwide Diffusion of the Cellular Telephone, 1995–2005 // *The Professional Geographer*. 2008. Vol. 60. Issue 2. Pp. 252–269. <https://doi.org/10.1080/00330120701836303>
- Czernich N., Falk O., Kretschmer T., Woessmann L.* Broadband Infrastructure and Economic Growth // *The Economic Journal*. 2011. Vol. 121. Issue 552. Pp. 505–532. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2011.02420.x>
- Dang L., Chen Z., Lee J., Tsou M.-H., Ye X.* Simulating the Spatial Diffusion of Memes on Social Media Networks // *International Journal of Geographical Information Science*. 2019. Vol. 33. Issue 8. Pp. 1545–1568. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1591414>
- DeStefano T., Kneller R., Timmis J.* Broadband Infrastructure, ICT Use and Firm Performance: Evidence for UK firms // *Journal of Economic Behavior and Organization*. 2018. Vol. 155. Pp. 110–139. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2018.08.020>
- Dhakal T., Lim D.-E.* Understanding ICT Adoption in SAARC Member Countries // *Letters in Spatial and Resource Sciences*. 2020. Vol. 13. Pp. 67–80. <https://doi.org/10.1007/s12076-020-00245-2>
- Didelon C.* Diffusion of the Use of Internet // *GeoJournal*. 2007. Vol. 68. Pp. 71–81. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9054-3>
- Ding L., Haynes K.E., Li H.* Modeling the Spatial Diffusion of Mobile Telecommunications in China // *The Professional Geographer*. 2010. Vol. 62. Issue 2. Pp. 248–263. <https://doi.org/10.1080/00330120903546528>
- Galliano D., Roux P.* Organizational Motives and Spatial Effects in Internet Adoption and Intensity of Use: Evidence from French Industrial Firms // *The Annals of Regional Science*. 2008. Vol. 42. Pp. 425–448. <https://doi.org/10.1007/s00168-007-0157-z>
- Ghosh S.* Does Mobile Telephony Spur Growth? Evidence from Indian States // *Telecommunications Policy*. 2016. Vol. 40. Issue 10–11. Pp. 1020–1031. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.05.009>
- Gómez-Barroso J.L., Marbán-Flores R.* Telecommunications and Economic Development – The 21st Century: Making the Evidence Stronger // *Telecommunications Policy*. 2020. Vol. 44. Issue 2. 101905. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101905>
- Grajek M., Kretschmer T.* Usage and Diffusion of Cellular Telephony, 1998–2004 // *International Journal of Industrial Organization*. 2009. Vol. 27. Issue 2. Pp. 238–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2008.08.003>
- Grubestic T.H.* The Spatial Distribution of Broadband Providers in the United States: 1999–2004 // *Telecommunications Policy*. 2008. Vol. 32. Issue 3–4. Pp. 212–233. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2008.01.001>

- Haefner L., Sternberg R.* Spatial Implications of Digitization: State of the Field and Research Agenda // *Geography Compass*. 2020. Vol. 14. Issue 12. e12544. <https://doi.org/10.1111/gec3.12544>
- Hagerstrand T.* Innovation Diffusion as a Spatial Process. Chicago: The University of Chicago Press, 1967. 334 p.
- Harb G.* The Economic Impact of the Internet Penetration Rate and Telecom Investments in Arab and Middle Eastern Countries // *Economic Analysis and Policy*. 2017. Vol. 56. Pp. 148–163. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2017.08.009>
- Hýllová L., Slach O.* The Smart City is Landing! On the Geography of Policy Mobility // *Geo Scape*. 2018. Vol. 12. No. 2. Pp. 124–133. <https://doi.org/10.2478/geosc-2018-0013>
- Kauffman R.J., Techatassanasoontorn A.A.* International Diffusion of Digital Mobile Technology: A Coupled-Hazard State-Based Approach // *Information Technology and Management*. 2005. Vol. 6. Pp. 253–292. <https://doi.org/10.1007/s10799-005-5882-3>
- Kim H.-K., Yi M.-S., Shin D.-B.* Regional Diffusion of Smart City Services in South Korea Investigated by Spatial Autocorrelation: Focused on Safety and urban Management // *Spatial Information Research*. 2017. Vol. 25. No. 6. Pp. 837–848. <https://doi.org/10.1007/s41324-017-0150-2>
- Latif Z., Xin W., Khan D., Iqbal K., Pathan Z.H., Salam S., Jan N.* ICT and Sustainable Development in South Asian Countries // *Human Systems Management*. 2017. Vol. 36. No. 4. Pp. 353–362. <https://doi.org/10.3233/HSM-17166>
- Lehtonen O.* Population Grid-Based Assessment of the Impact of Broadband Expansion on Population Development in Rural Areas // *Telecommunications Policy*. 2020. Vol. 44. Issue 10. 102028. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.102028>
- Lengyel B., Bokányi E., di Clemente R., Kertész J., González M.C.* The Role of Geography in the Complex Diffusion of Innovation // *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. 15065. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72137-w>
- Liikanen J., Stoneman P., Toivanen O.* Intergenerational Effects in the Diffusion of New Technology: The Case of Mobile Phones // *International Journal of Industrial Organization*. 2004. Vol. 22. Issue 8–9. Pp. 1137–1154. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2004.05.006>
- Lin M., Kwan Y.K.* FDI Technology Spillovers, Geography, and Spatial Diffusion // *International Review of Economics and Finance*. 2016. Vol. 43. Pp. 257–274. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2016.02.014>
- Lutz S.U.* The European Digital Single Market Strategy: Local Indicators of Spatial Association 2011–2016 // *Telecommunications Policy*. 2019. Vol. 43. Issue 5. Pp. 393–410. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.10.003>
- Meade N., Islam T.* Modelling and Forecasting the Diffusion of Innovation – A 25-Year Review // *International Journal of Forecasting*. 2006. Vol. 22. Issue 3. Pp. 519–545. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.01.005>
- Morrill R.L.* Waves of Spatial Diffusion // *Journal of Regional Science*. 1968. Vol. 8. Issue 1. Pp. 1–18. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1968.tb01281.x>
- Na H.S., Hwang J., Kim H.* Digital Content as a Fast Internet Diffusion Factor: Focusing on the Fixed Broadband Internet // *Information Development*. 2020. Vol. 36. Issue 1. Pp. 97–111. <https://doi.org/10.1177/0266666918811878>
- Nunes F.* Geographical Gaps in the Portuguese Broadband Access. Rethinking the Role of Public Funding After Years of Trade Liberalization // *Telecommunications Policy*. 2006. Vol. 30. Issue 8–9. Pp. 496–515. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2006.05.003>
- Papagiannidis S., Gebka B., Gertner D., Stahl F.* Diffusion of Web Technologies and Practices: A Longitudinal Study // *Technological Forecasting and Social Change*. 2015. Vol. 96. Pp. 308–321. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.04.011>

- Parajuli J., Haynes K.E.* Cellular Mobile Telephony in Nepal // *Letters in Spatial and Resource Sciences*. 2018. Vol. 11. Pp. 209–222. <https://doi.org/10.1007/s12076-018-0212-7>
- Peres R., Muller E., Mahajan V.* Innovation Diffusion and New Product Growth Models: A Critical Review and Research Directions // *International Journal of Research in Marketing*. 2010. Vol. 27. Issue 2. Pp. 91–106. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2009.12.012>
- Pradhan R.P., Arvin M.B., Norman N.R.* The Dynamics of Information and Communications Technologies Infrastructure, Economic Growth, and Financial Development: Evidence from Asian Countries // *Technology in Society*. 2015. Vol. 42. Pp. 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.04.002>
- Pred A.D.* Diffusion, Organizational Spatial Structure, and City-System Development // *Economic Geography*. 1975. Vol. 51. No. 3. Pp. 252–268. <https://doi.org/10.2307/143120>
- Rogers E.M.* Diffusion of Innovation. New York: The Free Press, 2003. 576 p.
- Rouvinen P.* Diffusion of Digital Mobile Telephony: Are Developing Countries Different? // *Telecommunications Policy*. 2006. Vol. 30. Issue 1. Pp. 46–63. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2005.06.014>
- Saba C., David O.O.* Convergence Patterns in Global ICT: Fresh Insights from a Club Clustering Algorithm // *Telecommunications Policy*. 2020. Vol. 44. Issue 10. 102010. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.102010>
- Schwab K.* The Fourth Industrial Revolution. New York: Crown Business, 2017. 192 p.
- Song Z., Liu W., Ma L., Dunford M.* Measuring Spatial Differences of Informatization in China // *Chinese Geographical Science*. 2014. Vol. 24. Pp. 717–731. <https://doi.org/10.1007/s11769-013-0646-1>
- Song Z., Song T., Yang Y., Wang Z.* Spatial-Temporal Characteristics and Determinants of Digital Divide in China: A Multivariate Spatial Analysis // *Sustainability*. 2019. Vol. 11. Issue 17. 4529. <https://doi.org/10.3390/su11174529>
- Sriwannawit P., Sandström U.* Large-Scale Bibliometric Review of Diffusion Research // *Scientometrics*. 2015. Vol. 102. Pp. 1615–1645. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1448-7>
- Tiner T.* Spatial Diffusion of Mobile Telephony in Hungary // *Hungarian Geographical Bulletin*. 2010. Vol. 59. No. 1. Pp. 35–50.
- Tranos E.* The Causal Effect of the Internet Infrastructure on the Economic Development of European City Regions // *Spatial Economic Analysis*. 2012. Vol. 7. Issue 3. Pp. 319–337. <https://doi.org/10.1080/17421772.2012.694140>
- Velickovic S., Radojicic V., Bakmaz B.* The Effect of Service Rollout on Demand Forecasting: The Application of Modified Bass Model to the Step Growing Markets // *Technological Forecasting and Social Change*. 2016. Vol. 107. Pp. 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.03.018>
- Zhang S., Li F., Xiao J.J.* Internet Penetration and Consumption Inequality in China // *International Journal of Consumer Studies*. 2020. Vol. 44. Issue 5. Pp. 407–422. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12575>
- Zhang X., Meng Y., Chen H., Yu J., Sun Y., Ordóñez de Pablos P., He J.W.* A Bibliometric Analysis of Digital Innovation from 1998 to 2016 // *Journal of Management Science and Engineering*. 2017. Vol. 2. Issue 2. Pp. 95–115. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1383.202005>

REFERENCES

- Alderete M.V. Broadband Adoption in Latin American Countries: Does Geographical Proximity Matter? *Revista Problemas Del Desarrollo*, 2019, vol. 50, no. 198, pp. 31–56. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2019.198.67411>
- Anselin D. Local Indicators of Spatial Association – LISA. *Geographical Analysis*, 1995, vol. 27, issue 2, pp. 93–115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>
- Arvin B.M., Pradhan R.P. Broadband Penetration and Economic Growth Nexus: Evidence from Cross-Country Panel Data. *Applied Economics*, 2014, vol. 46, issue 35, pp. 4360–4369. <https://doi.org/10.1080/00036846.2014.957444>
- Bass F.M. A New Product Growth for Model Consumer Durables. *Management Science*, 1969, vol. 15, issue 5, pp. 215–322. <https://doi.org/10.1287/mnsc.15.5.215>
- Benseny J., Töyli J., Hämmäinen H., Arcia-Moret A. The Mitigating Role of Regulation on the Concentric Patterns of Broadband Diffusion. The Case of Finland. *Telematics and Informatics*, 2019, vol. 41, pp. 139–155. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2019.04.008>
- Billón M., Ezcurra R., Lera-López F. The Spatial Distribution of the Internet in the European Union: Does Geographical Proximity Matter? *European Planning Studies*, 2008, vol. 16, issue 1, pp. 119–142. <https://doi.org/10.1080/09654310701748009>
- Blanutsa V.I. Diffusion of Postal Innovations in Pre-Soviet Siberia. *Geografiya i Prirodnye Resursy = Geography and Natural Resources*, 2012, no. 4, pp. 30–39. (In Russian).
- Blanutsa V.I. Spatial Diffusion of Innovations: A Sphere of Uncertainty and Network Model. *Regionalnye Issledovaniya* [Regional Researches], 2015, no. 3, pp. 4–12. (In Russian).
- Blanutsa V.I. *Socio-Economic Zoning in the Era of Big Data*. Moscow, 2018, 194 p. https://doi.org/10.12737/monography_59f81ac5ede918.09423566 (In Russian).
- Blanutsa V.I. State Policy of Artificial Intelligence Development in Russia: An Analysis of Strategic Goals. *Vestnik Zabaykalskogo Gosudarstvennogo Universiteta* [Bulletin of the Trans-Baikal State University], 2020, vol. 26, no. 8, pp. 100–111. <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2020-26-8-100-111> (In Russian).
- Blaut J.M. Diffusionism: An Uniformitarian Critique. *Annals of Association of American Geographers*, 1987, vol. 77, issue 1, pp. 30–47. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1987.tb00143.x>
- Briglauer W. The Impact of Regulation and Competition on the Adoption of Fiber-Based Broadband Services: Recent Evidence from the European Union Member States. *Journal of Regulatory Economics*, 2014, vol. 46, pp. 51–79. <https://doi.org/10.1007/s11149-013-9237-4>
- Briglauer W., Dürr N.S., Falck O., Huschelrath K. Does State Aid for Broadband Deployment in Rural Areas Close the Digital and Economic Divide? *Information Economics and Policy*, 2019, vol. 46, pp. 68–85. <https://doi.org/10.1016/j.infoecopol.2019.01.001>
- Buarque B.S., Davis R.B., Hynes R.M., Kogler D.F. OK Computer: The Creation and Integration of AI in Europe. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 2020, vol. 13, issue 1, pp. 175–192. <https://doi.org/10.1093/cjres/rsz023>
- Comer J.C., Wikle T.A. Worldwide Diffusion of the Cellular Telephone, 1995–2005. *The Professional Geographer*, 2008, vol. 60, issue 2, pp. 252–269. <https://doi.org/10.1080/00330120701836303>
- Czernich N., Falk O., Kretschmer T., Woessmann L. Broadband Infrastructure and Economic Growth. *The Economic Journal*, 2011, vol. 121, issue 552, pp. 505–532. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2011.02420.x>
- Dang L., Chen Z., Lee J., Tsou M.-H., Ye X. Simulating the Spatial Diffusion of Memes on Social Media Networks. *International Journal of Geographical Information Science*, 2019, vol. 33, issue 8, pp. 1545–1568. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1591414>

- DeStefano T., Kneller R., Timmis J. Broadband Infrastructure, ICT Use and Firm Performance: Evidence for UK firms // *Journal of Economic Behavior and Organization*. 2018. Vol. 155. Pp. 110–139. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2018.08.020>
- Dhakal T., Lim D.-E. Understanding ICT Adoption in SAARC Member Countries. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 2020, vol. 13, pp. 67–80. <https://doi.org/10.1007/s12076-020-00245-2>
- Didelon C. Diffusion of the Use of Internet. *GeoJournal*, 2007, vol. 68, pp. 71–81. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9054-3>
- Ding L., Haynes K.E., Li H. Modeling the Spatial Diffusion of Mobile Telecommunications in China. *The Professional Geographer*, 2010, vol. 62, issue 2, pp. 248–263. <https://doi.org/10.1080/00330120903546528>
- Galliano D., Roux P. Organizational Motives and Spatial Effects in Internet Adoption and Intensity of Use: Evidence from French Industrial Firms. *The Annals of Regional Science*, 2008, vol. 42, pp. 425–448. <https://doi.org/10.1007/s00168-007-0157-z>
- Ghosh S. Does Mobile Telephony Spur Growth? Evidence from Indian States. *Telecommunications Policy*, 2016, vol. 40, issue 10–11, pp. 1020–1031. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2016.05.009>
- Gómez-Barroso J.L., Marbán-Flores R. Telecommunications and Economic Development – The 21st Century: Making the Evidence Stronger. *Telecommunications Policy*, 2020, vol. 44, issue 2. 101905. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101905>
- Grajek M., Kretschmer T. Usage and Diffusion of Cellular Telephony, 1998–2004. *International Journal of Industrial Organization*, 2009, vol. 27, issue 2, pp. 238–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2008.08.003>
- Grubestic T.H. The Spatial Distribution of Broadband Providers in the United States: 1999–2004. *Telecommunications Policy*, 2008, vol. 32, issue 3–4, pp. 212–233. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2008.01.001>
- Haefner L., Sternberg R. Spatial Implications of Digitization: State of the Field and Research Agenda. *Geography Compass*, 2020, vol. 14, issue 12. e12544. <https://doi.org/10.1111/gec3.12544>
- Hagerstrand T. *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. Chicago: The University of Chicago Press, 1967, 334 p.
- Haggett P. Instability of the Growth of Urban Systems. Bi-Proportional Index. *Modern Problems of Geography: Reports of General Symposia of the XXIII International Geographical Congress*. Moscow, 1976, pp. 366–376. (In Russian).
- Harb G. The Economic Impact of the Internet Penetration Rate and Telecom Investments in Arab and Middle Eastern Countries. *Economic Analysis and Policy*, 2017, vol. 56, pp. 148–163. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2017.08.009>
- Hýllová L., Slach O. The Smart City is Landing! On the Geography of Policy Mobility. *Geo Scope*, 2018, vol. 12, no. 2, pp. 124–133. <https://doi.org/10.2478/geosc-2018-0013>
- Kauffman R.J., Techatassanasoontorn A.A. International Diffusion of Digital Mobile Technology: A Coupled-Hazard State-Based Approach. *Information Technology and Management*, 2005, vol. 6, pp. 253–292. <https://doi.org/10.1007/s10799-005-5882-3>
- Kim H.-K., Yi M.-S., Shin D.-B. Regional Diffusion of Smart City Services in South Korea Investigated by Spatial Autocorrelation: Focused on Safety and urban Management. *Spatial Information Research*, 2017, vol. 25, no. 6, pp. 837–848. <https://doi.org/10.1007/s41324-017-0150-2>
- Latif Z., Xin W., Khan D., Iqbal K., Pathan Z.H., Salam S., Jan N. ICT and Sustainable Development in South Asian Countries. *Human Systems Management*, 2017, vol. 36, no. 4, pp. 353–362. <https://doi.org/10.3233/HSM-17166>
- Lehtonen O. Population Grid-Based Assessment of the Impact of Broadband Expansion on

- Population Development in Rural Areas. *Telecommunications Policy*, 2020, vol. 44, issue 10. 102028. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.102028>
- Lengyel B., Bokányi E., di Clemente R., Kertész J., González M.C. The Role of Geography in the Complex Diffusion of Innovation. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10. 15065. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72137-w>
- Liikanen J., Stoneman P., Toivanen O. Intergenerational Effects in the Diffusion of New Technology: The Case of Mobile Phones. *International Journal of Industrial Organization*, 2004, vol. 22, issue 8–9, pp. 1137–1154. <https://doi.org/10.1016/j.ijindorg.2004.05.006>
- Lin M., Kwan Y.K. FDI Technology Spillovers, Geography, and Spatial Diffusion. *International Review of Economics and Finance*, 2016, vol. 43, pp. 257–274. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2016.02.014>
- Lutz S.U. The European Digital Single Market Strategy: Local Indicators of Spatial Association 2011–2016. *Telecommunications Policy*, 2019, vol. 43, issue 5, pp. 393–410. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.10.003>
- Meade N., Islam T. Modelling and Forecasting the Diffusion of Innovation – A 25-Year Review. *International Journal of Forecasting*, 2006, vol. 22, issue 3, pp. 519–545. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2006.01.005>
- Morrill R.L. Waves of Spatial Diffusion. *Journal of Regional Science*, 1968, vol. 8, issue 1, pp. 1–18. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1968.tb01281.x>
- Na H.S., Hwang J., Kim H. Digital Content as a Fast Internet Diffusion Factor: Focusing on the Fixed Broadband Internet. *Information Development*, 2020, vol. 36, issue 1, pp. 97–111. <https://doi.org/10.1177/0266666918811878>
- Nunes F. Geographical Gaps in the Portuguese Broadband Access. Rethinking the Role of Public Funding After Years of Trade Liberalization. *Telecommunications Policy*, 2006, vol. 30, issue 8–9, pp. 496–515. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2006.05.003>
- Papagiannidis S., Gebka B., Gertner D., Stahl F. Diffusion of Web Technologies and Practices: A Longitudinal Study. *Technological Forecasting and Social Change*, 2015, vol. 96, pp. 308–321. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.04.011>
- Parajuli J., Haynes K.E. Cellular Mobile Telephony in Nepal. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 2018, vol. 11, pp. 209–222. <https://doi.org/10.1007/s12076-018-0212-7>
- Peres R., Muller E., Mahajan V. Innovation Diffusion and New Product Growth Models: A Critical Review and Research Directions. *International Journal of Research in Marketing*, 2010, vol. 27, issue 2, pp. 91–106. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2009.12.012>
- Pradhan R.P., Arvin M.B., Norman N.R. The Dynamics of Information and Communications Technologies Infrastructure, Economic Growth, and Financial Development: Evidence from Asian Countries. *Technology in Society*, 2015, vol. 42, pp. 135–149. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2015.04.002>
- Pred A.D. Diffusion, Organizational Spatial Structure, and City-System Development. *Economic Geography*, 1975, vol. 51, no. 3. Pp. 252–268. <https://doi.org/10.2307/143120>
- Rogers E.M. *Diffusion of Innovation*. New York: The Free Press, 2003, 576 p.
- Rouvinen P. Diffusion of Digital Mobile Telephony: Are Developing Countries Different? *Telecommunications Policy*, 2006, vol. 30, issue 1, pp. 46–63. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2005.06.014>
- Saba C., David O.O. Convergence Patterns in Global ICT: Fresh Insights from a Club Clustering Algorithm. *Telecommunications Policy*, 2020, vol. 44, issue 10. 102010. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2020.102010>
- Schmidt Yu.N., Lobodina O.N. Some Approaches to Modeling the Spatial Diffusion of Innovations. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*, 2015, no. 2, pp. 103–115. <https://doi.org/10.14530/se.2015.2.103-115> (In Russian).

- Schwab K. *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Crown Business, 2017, 192 p.
- Song Z., Liu W., Ma L., Dunford M. Measuring Spatial Differences of Informatization in China. *Chinese Geographical Science*, 2014, vol. 24, pp. 717–731. <https://doi.org/10.1007/s11769-013-0646-1>
- Song Z., Song T., Yang Y., Wang Z. Spatial-Temporal Characteristics and Determinants of Digital Divide in China: A Multivariate Spatial Analysis. *Sustainability*, 2019, vol. 11, issue 17, 4529. <https://doi.org/10.3390/su11174529>
- Sriwannawit P., Sandström U. Large-Scale Bibliometric Review of Diffusion Research. *Scientometrics*, 2015, vol. 102, pp. 1615–1645. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1448-7>
- Tiner T. Spatial Diffusion of Mobile Telephony in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin*, 2010, vol. 59, no. 1, pp. 35–50.
- Tranos E. The Causal Effect of the Internet Infrastructure on the Economic Development of European City Regions. *Spatial Economic Analysis*, 2012, vol. 7, issue 3, pp. 319–337. <https://doi.org/10.1080/17421772.2012.694140>
- Velickovic S., Radojicic V., Bakmaz B. The Effect of Service Rollout on Demand Forecasting: The Application of Modified Bass Model to the Step Growing Markets. *Technological Forecasting and Social Change*, 2016, vol. 107, pp. 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.03.018>
- Zemtsov S.P., Baburin V.L. Modeling of Diffusion of Innovation and Typology of Russian Regions: A Case Study of Cellular Communication. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya = Regional Research of Russia*, 2017, no. 4, pp. 17–30. <https://doi.org/10.7868/S0373244417100024> (In Russian).
- Zhang S., Li F., Xiao J.J. Internet Penetration and Consumption Inequality in China. *International Journal of Consumer Studies*, 2020, vol. 44, issue 5, pp. 407–422. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12575>
- Zhang X., Meng Y., Chen H., Yu J., Sun Y., Ordóñez de Pablos P., He J.W. A Bibliometric Analysis of Digital Innovation from 1998 to 2016. *Journal of Management Science and Engineering*, 2017, vol. 2, issue 2, pp. 95–115. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1383.202005>

Поступила в редакцию / Submitted: 13.10.2021

Одобрена после рецензирования / Approved after reviewing: 15.10.2021

Принята к публикации / Accepted for publication: 08.11.2021

Доступно онлайн / Available online: 24.12.2021