JEL: L86, O14, P25

УДК 332.14

DOI: [10.14530/se.2018.2.017-035](https://doi.org/10.14530/se.2018.2.017-035)

ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ РОССИИ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ДЕЛИМИТАЦИЯ «УМНЫХ» ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ И РЕГИОНОВ

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, Россия, 664033. E-mail: blanutsa@list.ru.
ORCID: 0000-0003-3958-216X

Аннотация. Четвертая промышленная революция сформирует в России новую цифровую экономику, в которой будут доминировать «умные» объекты (заводы, транспорт, дороги, здания и др.) с системами искусственного интеллекта. В настоящее время отсутствуют исследования по идентификации территориальной структуры будущей цифровой экономики России. Исходя из инерционности существующей системы расселения и агломерационной экономики, принято допущение, что будущая территориальная структура будет представлена «умными» городскими агломерациями и регионами. Установлено, что наиболее критическим параметром управления «умными» объектами является задержка сигнала в сетях электросвязи. Предложено проводить границы цифровых агломераций и регионов по изохронам задержки в 1 и 10 миллисекунд с корректировкой границ при чрезмерном сближении или удалении центров регионов. Определена задержка сигнала между 1112 городами России. Выделены 43 цифровые агломерации и 45 регионов. Полученные результаты могут использоваться для разработки стратегии развития цифровой экономики России.

Ключевые слова: четвертая промышленная революция, цифровая экономика, информационно-коммуникационная связность, задержка сигнала, городская агломерация, «умный регион», Российская Федерация

Для цитирования: Блануца В.И. Территориальная структура цифровой экономики России: предварительная делимитация «умных» городских агломераций и регионов // Пространственная экономика. 2018. № 2. С. 17–35. DOI: [10.14530/se.2018.2.017-035](https://doi.org/10.14530/se.2018.2.017-035).

For citation: Blanutsa V.I. Territorial Structure of Digital Economy of Russia: Preliminary Delimitation of ‘Smart’ Urban Agglomerations and Regions. *Prostranstvennaya Ekonomika = Spatial Economics*, 2018, no. 2, pp. 17–35. DOI: [10.14530/se.2018.2.017-035](https://doi.org/10.14530/se.2018.2.017-035). (In Russian).

© Блануца В.И., 2018

Статья подготовлена при финансовой поддержке Отделения гуманитарных и общественных наук РФФИ в рамках проекта № 17-03-00307-ОГН «Оценка социально-географических последствий нарушения связности информационно-коммуникационного пространства России».

ВВЕДЕНИЕ

В советский период развития нашей страны пространственная структура экономики определялась формированием территориально-производственных комплексов (Колосовский, 1969), а в постсоветский – территориальных кластеров и сетевых структур (Пилотные..., 2013; Смородинская, 2015). Бурное развитие информационно-коммуникационных систем в конце XX – начале XXI в. и экстраполяция этого тренда в будущее привели к формированию представления о постепенном исчезновении территориальной структуры и «конце географии» (Graham, 1998; Greig, 2002). Однако появление в последнее время принципиально новых технологий в сфере М2М («Machine-to-Machine» – межмашинное взаимодействие или «Интернет вещей») актуализировало влияние территориальной близости (удаленности) на характер взаимодействия экономических агентов и оказание новых высокотехнологичных услуг населению.

Новый технологический прорыв связан с переходом от обычных вычислительных комплексов к техническим системам, использующим искусственный интеллект. Это позволило, кроме всего прочего, сформулировать концепцию «умного дома», от которой перешли к стратегии формирования «умного города» (Albino et al., 2015; Hall, 2000). Далее, используя масштабирование идей «умного города», появились представления об «умном регионе» (Mikki et al., 2014; Morandi et al., 2016) и даже «умной нации» (Foo and Pan, 2016). В последнем случае речь идет об «умном» городе-государстве Сингапур.

Согласно концепции «Умные города России» (Королев, 2018), в 2024 г. пять российских агломераций станут «умными», а в 50 городах 75% решений об управлении городскими ресурсами будут приниматься с использованием интегрированной цифровой платформы управления. По крайней мере, три российских региона – Ульяновская, Новосибирская и Свердловская области – планируются сделать «умными» (Специалисты..., 2018). Однако существующая сейчас в России эйфория по созданию «умных» городов и регионов не опирается на изучение территориальной структуры цифровой экономики¹, в результате чего безосновательно декларируется повсеместность распространения новых технологий. При этом не проводится научное обоснование того, что границы цифровых («умных») агломераций и регионов проходят именно по рубежам административно-территориального деления Российской Федерации. Отсутствие

¹ В качестве рабочего определения можно воспользоваться дефиницией из «Декларации о месте цифровой экономики в развитии общества знаний»: «Цифровая экономика – это, прежде всего, экономика, в которой издержки на организацию процессов как внутри, так и между организациями, минимизируются за счет использования информационно-коммуникационных технологий» (V международный конгресс SMART RUS-SIA-2017, Москва, 12–13 декабря 2017 г. URL: <http://www.smartcongress.ru/declaration> (дата обращения: март 2018).

исследований по обоснованию границ цифровых регионов – не только российская проблема. Например, «умный» регион Хельсинки объединил 26 муниципалитетов на юге Финляндии (Mikki et al., 2014), а «умные» регионы Италии – это административно-территориальные единицы страны, статистические данные по которым использовались для определения степени их «умности» и объединения в кластеры (Colantonio, Cialfi, 2016). Такая ситуация с цифровыми агломерациями и регионами вызвана отсутствием однозначного и понятного критерия делимитации (проведения границ). Выявление данного критерия – первая и пока не решенная задача в последовательности действий по идентификации «умных» территорий и разработке стратегии развития цифровой экономики.

ЧЕТВЕРТАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Развитию человеческого общества способствовали три промышленные революции (Шваб, 2016), опиравшиеся на такие прорывные технологии, как паровой двигатель (революция проходила с 1760-х по 1840-е гг.), производство электричества (конец XIX – начало XX в.) и электронно-вычислительная машина (1960–1970-е гг.). Новую – четвертую – революцию (Industry 4.0) связывают в первую очередь с искусственным интеллектом, а также с киберфизическими системами, дополненной реальностью, «Интернетом вещей», «большими данными», облачными вычислениями, «умными» материалами и 3D-принтерами (Шваб, 2016; Kagermann et al., 2013; Liao et al., 2017). В результате внедрения перечисленных технологий появятся «умные» заводы (Zuehlke, 2010), на которых система искусственного интеллекта будет управлять не только производственными роботами, но и всеми процессами – от поставки исходного сырья до доставки продукции конечному потребителю, а встроенные в продукцию датчики в дальнейшем будут фиксировать необходимость текущего ремонта и финальной утилизации. Технологически простые операции – вплоть до выпуска легкового автомобиля (Шваб, 2016) – будут производиться на 3D-принтер-фабриках. Поэтому вполне возможно, что большинство современных длинных производственных цепочек сведутся к трем этапам (Агеев и др., 2017): дизайн-проектирование (с участием заказчика), 3D-печать и доставка заказчику. Повсеместное размещение веб-камер, датчиков, RFID-меток (Radio Frequency Identification – радиочастотная идентификация) и их объединение в интеллектуальную сеть сформирует «умные» объекты – дома, улицы, беспилотный транспорт, водоснабжение, электроснабжение и др. Материалы также станут «умными»: после окончания срока эксплуатации изделия входящие в него материалы распадутся на неорганические и органические вещества.

В будущей цифровой экономике сфера услуг будет преобладать над производством товаров. Появятся компании, предлагающие принципиально новые информационно-коммуникационные услуги в рамках четвертой промышленной революции: «Тактильный Интернет», дополненная реальность, голографические звонки, мобильное здравоохранение и др. (Кучерявый и др., 2016; Фокин и Киричек, 2016; Martin et al., 2016). Многие юридические, нотариальные и страховые услуги, а также перепись населения, референдумы и выборы будут осуществляться на основе технологии «блокчейн» (block chain – цепочка блоков или распределенный реестр) и «больших данных» (Петров, 2017; Mayer-Schönberger and Cukier, 2013).

Существующая территориальная структура является результатом концентрации производителей и потребителей в отдельных ареалах, что соответствует агломерационной экономике (Combes et al., 2011; Melo et al., 2009). В ходе четвертой промышленной революции, скорее всего, подобная структура сохранится. Для этого имеются как минимум три причины: инерционность системы расселения, сосредоточение инновационных предприятий в городских агломерациях и экономическая целесообразность предоставления новых цифровых услуг в местах с наибольшей плотностью населения. В качестве примера последней причины можно привести планируемое развертывание сети 5G с радиусом зон покрытия базовых станций всего в 50–100 м (Тихвинский, Бочечка, 2014), что делает экономически невыгодным предоставление данной услуги на малозаселенных территориях. Поэтому можно предположить, что основу территориальной структуры будущей цифровой экономики России составят городские агломерации. Однако из этого не следует, что границы цифровых агломераций будут совпадать с рубежами современных агломераций, так как первые выделяются, по нашему мнению, по возможности управления (контролирования) всеми «умными» объектами из центра агломерации в режиме реального времени, а вторые – по 1,5-часовой транспортной доступности центра (Полян, 1988).

Агломерация 4.0 (как результат Industry 4.0) будет представлять собой скопление огромного количества интенсивно взаимодействующих «умных» объектов. Однако в силу высокой плотности таких объектов наиважнейшей задачей становится обеспечение безопасности взаимодействия объектов между собой и с жителями, а также защита от массированных кибератак. Для этого, по нашему мнению, потребуются информационно-коммуникационная сеть повышенной связности, мощный центр обработки данных, метасистема искусственного интеллекта и ситуационно-управленческий центр. Имеющиеся предложения по созданию диспетчерских и ситуационных центров (Любимов, Битаров, 2017; Майтаков и др., 2017) пока не нацелены на управление агломерацией городов.

ИНФОКОММУНИКАЦИОННАЯ СВЯЗНОСТЬ ГОРОДОВ

Для цифровой экономики связность объектов является одним из ключевых моментов, предопределяющих возможность хозяйственной деятельности. Целесообразно различать глобальную, блоковую (объединение нескольких стран), национальную, региональную и локальную (в пределах населенного пункта) связность экономических агентов. При выделении цифровых («умных») агломераций и регионов будет учитываться только предпоследний уровень связности. Акцентирование внимания на связности имеет место и в современной экономике (Полякова, Симарова, 2014), но в будущем, при реализации четвертой промышленной революции и повсеместном размещении множества различных датчиков, нарушение связности информационно-коммуникационной (инфокоммуникационной) сети будет означать остановку процессов производства товаров и оказания услуг.

Если сеть поселений представить в виде графа, то он будет связным только тогда, когда между любыми двумя его вершинами есть как минимум один маршрут. В теории графов существует множество показателей, оценивающих связность (Попков, 2000). Однако они применимы в основном для оценки конфигурации сетевой структуры. Поэтому в специальном исследовании было установлено (Блануца, 2017), что познание связности может проводиться на трех уровнях – физическом (сеть как конфигурация линий электросвязи), экономическом (как отношения между операторами связи) и социальном (как взаимодействия между пользователями сети). Последующие исследования привели к пониманию того, что существует четвертый уровень – цифровая связность, под которой понимается свойство сети сохранять взаимодействие (информационный поток) между всеми узлами при их кластеризации по параметрам качества инфокоммуникационного обслуживания (Quality of Service, QoS). В последнем случае открывается возможность выделить в единой сети некоторые скопления узлов (городов), в которых QoS позволяет проводить эффективное управление в режиме реального времени. При этом подразумевается, что уже существует физическая связность городов с помощью волоконно-оптических линий связи¹.

Однако возможность прохождения информационного потока через все города еще не означает их объединение в одну агломерацию, поскольку эффективность управления скоплением «умных» городов зависит от качества связи с центром агломерации.

¹ Согласно Федеральному закону от 3 февраля 2014 г. № 9-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “О связи”», волоконно-оптические линии связи должны быть проложены до всех отечественных населенных пунктов с числом жителей от 250 до 500 человек. Это означает, что примерно к 2024–2025 гг. услугой широкополосного доступа в Интернет будет охвачено 97% населения Российской Федерации. Наличие такой связности поселений позволит ускорить формирование цифровой экономики России.

Качество связи (QoS) в первую очередь определяется следующими параметрами (Тихвинский, Бочечка, 2014): скорость передачи информации, удельный вес потерянных пакетов, задержка сигнала и джиттер (колебания задержки во времени; от англ. *jitter* – «дрожание»). В настоящее время в сетях 4G скорость приближается к 1 Гбит/с, что уже позволяет реализовать некоторые новые технологии, а в будущем – в сетях 5G – может увеличиться до 20 Гбит/с. Будущие скорости будут достаточны для внедрения имеющихся идей по «умным» городам и агломерациям. Дальнейшее развитие способов коммутации пакетов и технических возможностей узлов связи должно свести потери и джиттер к приемлемому минимуму. Поэтому получается, что наиболее критичным параметром сетей электросвязи является задержка сигнала (информационного потока).

ЗАДЕРЖКА ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА

Международный союз электросвязи (Recommendation..., 2011) рекомендует считать критическими задержки сигнала в 1, 10 и 100 мс (1 миллисекунда = 0,001 с). Оперативный контроль над высокоскоростным беспилотным транспортом, принятие решений по предотвращению аварийных ситуаций на «умных» объектах в режиме реального времени, молниеносная блокировка кибератак, реализация в полном объеме «Тактильного Интернета» и многих других технологий цифровой экономики требуют минимальной задержки информационного потока из ситуационно-управленческого центра. Из этого следует, что наиболее эффективное управление из центра будет распространяться на все города в пределах задержки сигнала до 1 мс. Именно эту величину можно рассматривать в качестве критерия делимитации цифровой городской агломерации. Тогда следующее критическое значение задержки информационного потока – 10 мс – позволит выделить «умный» регион как некоторое территориальное образование, состоящее из агломерации и цифровой периферии. В будущем для эффективного управления «умными» объектами желательно сделать так, чтобы большинство населения проживало в агломерациях, меньшинство – на их периферии и никто – вне цифровых регионов (задержка более 10 мс).

Величина задержки информационного потока T рассчитывается по следующей формуле (Кучерявый и др., 2016):

$$T = R\tau + \theta, \quad (1)$$

где R – расстояние (км), τ – задержка, связанная с физическими ограничениями по передаче информации (мкс/км; 1 микросекунда = 0,000001 с), θ – задержка, вносимая техническими средствами связи (мкс). Развитие средств

электросвязи ведет к тому, что θ стремится к нулю. Поэтому минимальная (физически не уменьшаемая) задержка в прохождении сигнала по кратчайшей линии связи между двумя городами, длина которой равна R , будет соответствовать $R\tau$ (в волоконно-оптических линиях $\tau = 5$ мкс/км).

ЦИФРОВЫЕ АГЛОМЕРАЦИИ РОССИИ

Выявление потенциально «умных» агломераций проводилось на основе списка из 1112 городов Российской Федерации, численности населения каждого города (по данным «Росстата» на 1 января 2017 г.¹) и авторской базы данных «Линии электросвязи России». По формуле (1) рассчитывалась величина задержки сигнала между каждой парой городов (при $\theta = 0$), а полученные результаты сводились в симметричную матрицу размера 1112×1112 . Было принято допущение, что процесс агломерирования городов запускается при наличии ядра (города-центра агломерации) с людностью не менее 250 тыс. человек (Полян, 1988). На заявленную выше дату таких городов оказалось 78. Выстроив эти потенциальные ядра в порядке уменьшения количества городских жителей, производилось последовательное (начиная с Москвы как самого большого российского города) определение городов, до которых задержка сигнала из ядра не превышала 1 мс. Для небольших ядер (250–500 тыс. человек) введено ограничение на численность населения всех городов-спутников не менее 250 тыс. жителей. Если какой-то город имел задержку не более 1 мс относительно нескольких ядер, то в итоге он относился к тому ядру, до которого задержка была минимальной. Из 78 потенциальных ядер 43 сформировали агломерации (*рис. 1, табл. 1*), 27 вошли в состав агломераций с более крупным ядром и 8 не набрали необходимой суммарной людности городов-спутников.

Цифровое агломерирование распространилось на 736 городов (85% всех горожан России). В них можно размещать «умные» объекты под контролем 43 ситуационно-управленческих центров. Таковые в настоящий момент отсутствуют, но определение мест их локализации позволяет далее приступить к разработке территориально распределенной стратегии развития цифровой экономики России. Следует также учитывать, что каждая агломерация имеет определенную специфику и потенциал. Их полная характеристика выходит за рамки статьи. Поэтому только отметим, что потенциал каждой агломерации определяется в первую очередь ее людностью (см. *табл. 1*). Во вторую очередь можно использовать различные коэффициенты и индексы,

¹ Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям / ФСГС. 2017. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/afc8ea004d56a39ab251f2bafc3a6fce (дата обращения: октябрь 2017).

отражающие степень развитости (зрелости) агломерации (Полян, 1988). Однако при этом надо понимать, что данные показатели разрабатывались не для цифровых агломераций и на повестке дня стоит создание специализированных индексов.

Рис. 1. Цифровые агломерации России

Примечание: 1 – центр, 2 – территория агломерации.

Источник: составлено автором.

В качестве первой попытки предлагается индекс цифровой агломерированности городов (DAI). Он рассчитывается следующим образом:

$$DAI = \frac{\sum (1 - T_i) N_i}{\sum N_i}, (0 < DAI < 1), \quad (2)$$

где T_i – величина задержки сигнала от центра агломерации до i -го города (мс; $i = 1, 2, \dots k$; k – количество городов-спутников в агломерации), N_i – численность населения i -го города (человек). В случае расположения всех городов-спутников на линии (изохроне) задержки в 1 мс $DAI = 0$, а при вхождении всех спутников в ядро $DAI = 1$. Оба случая практически исключены. Поэтому значения индекса отражают степень приближения (по линиям электросвязи) наиболее людных городов-спутников к ядру. Расчеты по формуле (2) показали, что наибольшее приближение к ядру характерно для Томской цифровой агломерации ($DAI = 0,685$), а наименьшее – для Хабаровской ($DAI = 0,107$; в таблице 2 агломерации перечислены в порядке увеличения DAI).

Таблица 1

Перечень городов, которые могут войти в цифровые агломерации России

Цифровая агломерация	Города
1	2
Московская	Александров, Алексин, Апрелевка, Балабаново, Балашиха, Белоусово, Боровск, Бронницы, Венёв, Верея, Видное, Владимир, Волоколамск, Воскресенск, Высоковский, Гагарин, Голицыно, Дедовск, Дзержинский, Дмитров, Долгопрудный, Домодедово, Дрезна, Дубна, Егорьевск, Ермолино, Жуков, Жуковский, Зарайск, Звенигород, Ивanteeвка, Истра, Калуга, Карabanовo, Кашира, Кимры, Киржач, Клин, Коломна, Кольчугино, Конаково, Кондрово, Королёв, Костерёво, Котельники, Красноармейск, Красногорск, Краснозаводск, Краснознаменск, Кремёнки, Кубинка, Куровское, Лакинск, Ликино-Дулёво, Лобня, Лосино-Петровский, Луховицы, Лыткарино, Люберцы, Малоярославец, Медынь, Можайск, Москва, Мытищи, Наро-Фоминск, Ногинск, Обнинск, Одинцово, Озёры, Орехово-Зуево, Павловский Посад, Пересвет, Петушки, Подольск, Покров, Протвино, Пушкино, Пущино, Радужный, Раменское, Реутов, Рошаль, Руза, Рыбное, Рязань, Сергиев Посад, Серпухов, Собинка, Солнечногорск, Спас-Клепики, Старая Купавна, Струнино, Ступино, Талдом, Таруса, Тверь, Тула, Фрязино, Химки, Хотьково, Черногoловка, Чехов, Шатура, Щёлково, Электрогорск, Электросталь, Электроугли, Ясногорск, Яхрома
Санкт-Петербургская	Великий Новгород, Волосово, Волхов, Всевожск, Выборг, Высоцк, Гатчина, Ивангород, Каменногорск, Кингисепп, Кириши, Кировск, Коммунар, Любань, Малая Вишера, Никольское, Новая Ладога, Отрадное, Приморск, Приозерск, Санкт-Петербург, Светогорск, Сертолово, Сланцы, Сосновый Бор, Сясьстрой, Тосно, Чудово, Шлиссельбург
Екатеринбургская	Алапаевск, Арамилы, Артёмовский, Асбест, Берёзовский, Богданович, Верхний Тагил, Верхний Уфалей, Верхняя Пышма, Верхняя Салда, Далматово, Дегтярск, Екатеринбург, Заречный, Каменск-Уральский, Камышлов, Касли, Катайск, Кировоград, Кушва, Михайловск, Невьянск, Нижние Серги, Нижний Тагил, Нижняя Салда, Новоуральск, Нязепетровск, Первоуральск, Полевской, Ревда, Реж, Снежинск, Среднеуральск, Сухой Лог, Сысерть
Ростовская	Азов, Аксай, Батайск, Белая Калитва, Гуково, Донецк, Ейск, Зверево, Зерноград, Каменск-Шахтинский, Константиновск, Красный Сулин, Новочеркасск, Новошахтинск, Ростов-на-Дону, Сальск, Семикаракорск, Таганрог, Шахты
Самарская	Бугуруслан, Бузулук, Жигулёвск, Кинель, Нефтегорск, Новокуйбышевск, Нурлат, Октябрьск, Отрадный, Похвистнево, Пугачёв, Самара, Сызрань, Тольятти, Чапаевск
Нижегородская	Арзамас, Балахна, Богородск, Бор, Володарск, Ворсма, Выкса, Вязники, Горбатов, Городец, Гороховец, Дзержинск, Заволжье, Княгинино, Ковров, Кстово, Кулебаки, Лукоянов, Лысково, Муром, Навашино, Нижний Новгород, Павлово, Перевоз, Саров, Семёнов, Сергач, Первомайск, Пучеж, Чкаловск, Южа, Юрьевец, Ядрин
Казанская	Арск, Болгар, Волжск, Вятские Поляны, Звенигово, Зеленодольск, Иннополис, Йошкар-Ола, Казань, Козловка, Лаишево, Малмыж, Мариинский Посад, Новочебоксарск, Тетюши, Цивильск, Чебоксары, Чистополь

1	2
Воронежская	Алексеевка, Бирюч, Бобров, Бутурлиновка, Воронеж, Грязи, Задонск, Елец, Лебединь, Липецк, Лиски, Нововоронеж, Новый Оскол, Остро-гожск, Павловск, Семилуки, Старый Оскол, Усмань, Эртиль
Краснодарская	Абинск, Адыгейск, Анапа, Апшеронск, Белореченск, Геленджик, Горячий Ключ, Гулькевичи, Кореновск, Краснодар, Кропоткин, Крымск, Курган-инск, Майкоп, Новороссийск, Приморско-Ахтарск, Славянск-на-Кубани, Темрюк, Тимашёвск, Тихорецк, Туапсе, Усть-Лабинск, Хадыженск
Ижевская	Агидель, Агрыз, Воткинск, Глазов, Елабуга, Ижевск, Камбарка, Менделеевск, Можга, Набережные Челны, Нефтекамск, Нижнекамск, Сарапул, Сосновка, Чайковский, Янаул
Уфимская	Аша, Белебей, Бирск, Благовещенск, Давлеканово, Дюртюли, Ишимбай, Катав-Ивановск, Миньяр, Октябрьский, Салават, Сим, Стерлитамак, Трехгорный, Туймазы, Усть-Катав, Уфа, Юрюзань
Челябинская	Еманжелинск, Златоуст, Карабаш, Копейск, Коркино, Куса, Кыштым, Ми-асс, Озёрск, Пласт, Сатка, Троицк, Чебаркуль, Челябинск, Шумиха, Щу-чье, Южноуральск
Ярославская	Буй, Вичуга, Волгореченск, Гаврилов Посад, Гаврилов-Ям, Грязовец, Данилов, Иваново, Калязин, Кашин, Комсомольск, Кострома, Кохма, Любим, Мышкин, Нерехта, Переславль-Залесский, Плёт, Пошехонье, Приволжск, Родники, Ростов, Рыбинск, Суздаль, Тейково, Тутаев, Углич, Фурманов, Шуя, Юрьев-Польский, Ярославль
Новосибирская	Бердск, Болотное, Искитим, Каргат, Новосибирск, Обь, Тогуцин, Черепаново, Чулым
Ставропольская	Армавир, Благодарный, Георгиевск, Городовиковск, Ессентуки, Железноводск, Изобильный, Ипатово, Карачаевск, Лабинск, Лермонтов, Минеральные Воды, Михайловск, Невинномыск, Новоалександровск, Новокубанск, Пятигорск, Светлоград, Ставрополь, Усть-Джегута, Черкесск
Саратовская	Аткарск, Балаково, Вольск, Ершов, Жирновск, Калининск, Камышин, Красноармейск, Красный Кут, Маркс, Петровск, Саратов, Шиханы, Энгельс
Волгоградская	Ахтубинск, Волгоград, Волжский, Дубовка, Знаменск, Калач-на-Дону, Краснослободск, Ленинск, Михайловка, Николаевск, Петров Вал, Суровикино, Фролово
Курская	Белгород, Грайворон, Губкин, Дмитриев-Льговский, Дмитровск, Железнодорожск, Короча, Курск, Курчатова, Ливны, Льгов, Малоархангельск, Обоянь, Орёл, Рыльск, Строитель, Суджа, Фатеж, Шебекино, Щигры
Пермская	Березники, Верещагино, Горнозаводск, Гремячинск, Добрянка, Краснокамск, Кудымкар, Кунгур, Лысьва, Нытва, Оса, Оханск, Очёр, Пермь, Усолье, Чёрмоз, Чусовой
Владикавказская	Алагир, Аргун, Ардон, Баксан, Беслан, Владикавказ, Грозный, Дигора, Карабулак, Магас, Майский, Малгобек, Моздок, Назрань, Нальчик, Нарткала, Новопавловск, Прохладный, Терек, Тырныауз, Урус-Мартан, Чегем, Шали
Красноярская	Ачинск, Бородино, Дивногорск, Железногорск, Заозёрный, Зеленогорск, Красноярск, Сосновоборск, Уяр
Омская	Исилькуль, Калачинск, Называевск, Омск, Татарск, Тюкалинск

1	2
Махачкалинская	Буйнакск, Гудермес, Дагестанские Огни, Дербент, Избербаш, Каспийск, Кизилюрт, Кизляр, Махачкала, Хасавюрт
Пензенская	Белинский, Городище, Заречный, Инсар, Каменка, Ковылкино, Кузнецк, Нижний Ломов, Никольск, Пенза, Ртищево, Рузаевка, Саранск, Сердобск, Спасск, Сурск
Симферопольская	Алупка, Алушта, Армянск, Бахчисарай, Белогорск, Джанкой, Евпатория, Красноперекоск, Саки, Севастополь, Симферополь, Старый Крым, Су-дак, Феодосия, Щёлкино, Ялта
Новокузнецкая	Белово, Гурьевск, Калтан, Киселёвск, Междуреченск, Мыски, Новокузнецк, Осинники, Прокопьевск, Салаир, Таштагол
Владивостокская	Артём, Большой Камень, Владивосток, Находка, Партизанск, Уссурийск, Фокино
Иркутская	Ангарск, Байкальск, Иркутск, Свирск, Слюдянка, Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов
Барнаульская	Алейск, Барнаул, Бийск, Заринск, Новоалтайск
Тюменская	Заводоуковск, Ирбит, Тавда, Талица, Туринск, Тюмень, Ялуторовск
Ульяновская	Алатырь, Ардатов, Барыш, Буинск, Димитровград, Инза, Канаш, Новоульяновск, Сенгилей, Ульяновск
Брянская	Болхов, Брянск, Дятьково, Жиздра, Жуковка, Карачев, Киров, Клинцы, Козельск, Людиново, Мглин, Мещовск, Мосальск, Мценск, Новозыбков, Почеп, Севск, Сельцо, Сосенский, Спас-Деменск, Стародуб, Сураж, Сухиничи, Трубчевск, Унеча, Фокино
Кемеровская	Берёзовский, Кемерово, Ленинск-Кузнецкий, Мариинск, Полысаево, Топки, Юрга
Томская	Анжеро-Судженск, Асино, Северск, Тайга, Томск
Оренбургская	Кувандык, Кумертау, Мелеуз, Оренбург, Соль-Илецк, Сорочинск
Калининградская	Багратионовск, Балтийск, Гвардейск, Гурьевск, Гусев, Зеленоградск, Калининград, Краснознаменск, Ладушкин, Мамоново, Неман, Нестеров, Озёрск, Пионерский, Полесск, Правдинск, Приморск, Светлогорск, Светлый, Славск, Советск, Черняховск
Сургутская	Когалым, Лангепас, Лянтор, Мегион, Нефтеюганск, Покачи, Пыть-Ях, Сургут
Кировская	Белая Холуница, Зуевка, Киров, Кирово-Чепецк, Кирс, Котельнич, Мураши, Нолинск, Омутнинск, Орлов, Слободской, Советск, Уржум
Череповецкая	Бабаево, Белозерск, Вёсегонск, Вологда, Кириллов, Сокол, Кадников, Устюжна, Череповец
Хабаровская	Биробиджан, Вяземский, Хабаровск
Смоленская	Белый, Велиж, Вязьма, Демидов, Десногорск, Дорогобуж, Духовщина, Ельня, Починок, Рославль, Рудня, Сафоново, Смоленск, Ярцево
Астраханская	Астрахань, Камызяк, Лагань, Нариманов, Хорабали
Мурманская	Апатиты, Гаджиево, Заозерск, Заполярный, Кола, Мончегорск, Мурманск, Оленегорск, Полярный, Североморск, Снежногорск

Примечание. Агломерации перечислены в порядке уменьшения людности.

Источник: составлено автором.

Таблица 2

Цифровые агломерации России, входящие в разные квартили по индексу агломерированности городов (DAI)

Первый квартиль ($DAI \leq 0,250$)	Второй квартиль ($0,251 \leq DAI \leq 0,500$)	Третий квартиль ($0,501 \leq DAI \leq 0,750$)
Хабаровская, Ижевская	Уфимская, Оренбургская, Череповецкая, Курская, Казанская, Омская, Пермская, Ставропольская, Тюменская, Краснодарская, Брянская, Воронежская, Барнаульская, Сургутская, Санкт-Петербургская, Владивостокская, Пензенская, Саратовская, Смоленская, Красноярская, Ярославская, Ульяновская, Мурманская, Нижегородская, Самарская, Астраханская, Челябинская	Владикавказская, Екатеринбургская, Московская, Кировская, Кемеровская, Ростовская, Махачкалинская, Симферопольская, Калининградская, Волгоградская, Новокузнецкая, Новосибирская, Иркутская, Томская

Источник: рассчитано автором.

ЦИФРОВЫЕ РЕГИОНЫ РОССИИ

Если границей цифровой агломерации является изохрона 1 мс, то цифрового региона – 10 мс. В случае нахождения города в менее 10 мс сразу от нескольких центров происходит вхождение в тот регион, до центра которого задержка сигнала будет наименьшей. При этом на северо-востоке России расположены города, до которых задержка будет превышать 10 мс. Это вынуждает создать два ситуационно-управленческих центра вне агломераций – в Якутске и Анадыре. В итоге в России можно выделить 45 цифровых регионов для размещения «умных» объектов (табл. 3).

Таблица 3

Распределение городов и их жителей между цифровыми регионами России

№ п/п	Цифровой регион	Количество городов с задержкой сигнала от центра региона		Число жителей городов (тыс. чел. на 01.01.2017) с задержкой сигнала	
		до 1 мс	1–10 мс	до 1 мс	1–10 мс
1	2	3	4	5	6
1	Московский	109	31	20 514	814
2	Санкт-Петербургский	29	28	6315	941
3	Екатеринбургский	35	14	3095	434
4	Ростовский	19	4	2650	241
5	Самарский	15	0	2649	0
6	Нижегородский	33	9	2630	120
7	Казанский	18	5	2461	260
8	Воронежский	19	17	2265	813
9	Краснодарский	23	1	2264	412
10	Ижевский	16	1	2141	17
11	Уфимский	18	5	2127	221
12	Челябинский	17	7	2116	596

1	2	3	4	5	6
13	Ярославский	31	11	2055	218
14	Новосибирский	9	2	1870	73
15	Ставропольский	21	5	1712	341
16	Саратовский	14	4	1620	121
17	Волгоградский	13	5	1618	94
18	Курский	20	0	1603	0
19	Пермский	17	7	1599	102
20	Владикавказский	23	1	1552	25
21	Красноярский	9	23	1442	910
22	Омский	6	3	1270	69
23	Махачкалинский	10	1	1258	11
24	Пензенский	16	7	1241	134
25	Симферопольский	16	1	1222	150
26	Новокузнецкий	11	0	1170	0
27	Владивостокский	7	4	1134	165
28	Иркутский	8	27	1071	1604
29	Барнаульский	5	8	986	337
30	Тюменский	7	6	915	580
31	Ульяновский	10	0	906	0
32	Брянский	26	2	880	9
33	Кемеровский	7	0	876	0
34	Томский	5	2	801	25
35	Оренбургский	6	8	763	493
36	Калининградский	22	0	755	0
37	Сургутский	8	20	742	1269
38	Кировский	13	15	733	643
39	Череповецкий	9	19	717	888
40	Хабаровский	3	39	704	1639
41	Смоленский	14	14	607	234
42	Астраханский	5	0	591	0
43	Мурманский	11	8	547	143
44	Якутский	2	10	317	117
45	Анадырский	1	2	15	10
Всего		736	376	86 519	15 273

Источник: количество городов рассчитано автором, а число жителей – по данным «Росстата».

Окончательное проведение границ (делимитация) цифровых регионов осуществлялось с учетом изохроны 10 мс от каждого центра, равноудаленных точек между близкорасположенными агломерациями и существующих административных границ на тех территориях, где не было городов (рис. 2). Полученные границы следует рассматривать как предварительные, но этого достаточно для начала разработки территориально распределенной стратегии развития цифровой экономики России.

Рис. 2. Цифровые регионы России

Примечание: 1 – центр, 2 – граница региона. Номера регионов даны по таблице 2.

Источник: составлено автором.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Четвертая промышленная революция, связанная с повсеместным внедрением систем искусственного интеллекта и созданием «умных» объектов, может сформировать в России новую цифровую экономику. Ее возможная территориальная структура в настоящее время не зафиксирована в научной литературе. Поэтому предпринята попытка предварительной идентификации такой структуры. Сделано допущение, что в силу инерционности системы расселения и существующей агломерационной экономики будущая территориальная структура будет представлять собой некоторое множество цифровых («умных») городских агломераций и связанных с ними регионов. Установлено, что для координации и контроля всех «умных» объектов из одного центра задержка сигнала между центром и объектом должна быть минимальной. Это позволило провести делимитацию цифровых агломераций и регионов по изохронам соответственно 1 и 10 мс с корректировкой границ при чрезмерном территориальном сближении или удалении центров соседних агломераций. В итоге 1112 российских городов были распределены между 43 агломерациями и 45 регионами.

В исследовании рассматривались только города, что в дальнейшем необходимо дополнить поселками городского типа и сельскими поселениями для более точного проведения границ агломераций и регионов. Следует так-

же учитывать, что задержка сигнала между поселениями рассчитывалась по формуле, а не измерялась. С появлением в будущем «больших данных» об информационных потоках между городами появится возможность корректировки величины задержки и, соответственно, проведенных границ. В отдельное перспективное направление может превратиться разработка индексов развитости цифровой агломерации, учитывающих эффективность взаимодействия «умных» объектов. Определенный интерес может представлять сравнение выделенных цифровых агломераций и регионов с существующими агломерациями и административно-территориальными единицами. Не исключено, что стабилизация границ цифровых регионов в обозримом будущем может привести к изменению существующего административно-территориального деления Российской Федерации за счет перехода к системе регионов, отражающих территориальную структуру цифровой экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Агеев А.И., Аверьянов М.А., Евтушенко С.Н., Кочетова Е.Ю. Цифровое общество: архитектура, принципы, видение // Экономические стратегии. 2017. № 1. С. 114–125.
- Блануца В.И. Существует ли «Сибнет» как сегмент Интернета? Определение связности автономных систем Сибири // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Политология. Религиоведение. 2017. Т. 22. С. 195–202.
- Колосовский Н.Н. Теория экономического районирования. М.: Мысль, 1969. 336 с.
- Королев И. «Умный город» возвращается в «Цифровую экономику» // CNEWS. 2018. 10 апреля. URL: http://www.cnews.ru/news/top/2018-04-10-umnyj_gorod_vozvrashchaetya_v_tsifrovuyu_ekonomiku (дата обращения: апрель 2018).
- Кучерявый А.Е., Маколкина М.А., Киричек Р.В. Тактильный Интернет. Сети связи со сверхмалыми задержками // Электросвязь. 2016. № 1. С. 44–46.
- Любимов Л.В., Битаров В.Л. Об ожидаемых технических изменениях в сфере дорожного движения и перспективах обеспечения его безопасности // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии. 2017. № 3–1. С. 74–80.
- Майтаков Ф.Г., Меркулов А.А., Петренко Е.В., Яфасов А.Я. Технология создания системы распределенных ситуационных центров // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 2. № 4. С. 159–166.
- Петров А.А. Цифровая экономика: вызов России на глобальных рынках // Торговая политика. 2017. № 3. С. 46–74.
- Пилотные инновационные территориальные кластеры в Российской Федерации / под ред. Л.М. Гохберга, А.Е. Шадрина. М.: НИУ ВШЭ, 2013. 108 с.
- Полякова А.Г., Симарова И.С. Обоснование регионального развития с учетом связанности экономического пространства. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 104 с.
- Полян П.М. Методика выделения и анализа опорного каркаса расселения. М.: Институт географии АН СССР, 1988. 283 с.
- Попков В.К. Математические модели связности. Ч. 1. Графы и сети. Новосибирск: ИВМиМГ СО РАН, 2000. 175 с.

- Сморodinская Н.В. Глобализированная экономика: от иерархий к сетевому укладу. М.: ИЭ РАН, 2015. 344 с.
- Специалисты СибГУТИ завершили разработку концептуальной модели развития «умный регион: Новосибирская область» // СибГУТИ. 2018. 12 января. URL: <http://www.sibsutis.ru/news/2300990/> (дата обращения: апрель 2018).
- Тихвинский В.О., Бочечка Г.С. Перспективы сетей 5G и требования к качеству их обслуживания // Электросвязь. 2014. № 11. С. 40–43.
- Фокин С.Ю., Киричек Р.В. Обзор медицинских приложений, устройств и технологий связи Интернета вещей // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 4. С. 67–80.
- Шваб К. Четвертая промышленная революция. М.: Эксмо, 2016. 138 с.
- Albino V., Berardi U., Dangelico R.M. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives // Journal of Urban Technology. 2015. Vol. 22. Issue 1. Pp. 3–21. DOI: 10.1080/10630732.2014.942092.
- Colantonio E., Cialfi D. Smart Regions in Italy: A Comparative Study Through Self-Organizing Maps // European Journal of Business and Social Sciences. 2016. Vol. 5. Issue 9. Pp. 84–99.
- Combes P.-P., Duranton G., Gobillon L. The Identification of Agglomeration Economies // Journal of Economic Geography. 2011. Vol. 11. Issue 2. Pp. 253–266. DOI: 10.1093/jeg/lbq038.
- Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort Sichern: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. / Herausgeber H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig; Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Frankfurt/Main, 2013. 112 p.
- Foo S., Pan G. Singapore's Vision of a Smart Nation: Thinking Big, Starting Small and Scaling Fast // Asian Management Insights. 2016. Vol. 3. Issue 1. Pp. 77–82.
- Graham S. The End of Geography or the Explosion of Place? Conceptualizing Space, Place and Information Technology // Progress in Human Geography. 1998. Vol. 22. Issue 2. Pp. 165–185.
- Greig J.M. The End of Geography?: Globalization, Communications, and Culture in the International System // Journal of Conflict Resolution. 2002. Vol. 46. Issue 2. Pp. 225–243.
- Hall R.E. The Vision of a Smart City // Proceedings of the 2nd International Life Extension Technology Workshop (September 28, 2000; Paris). Paris, 2000. Pp. 1–6.
- Helsinki Smart Region: Pioneering for Europe 2020 / Edited by L. Mikki, M. Markkula, H. Schaffers; Aalto University. Helsinki, 2014. 45 p.
- Liao Y., Deschamps S., Loures E.F.R., Ramos L.F.R. Past, Present and Future of Industry 4.0 – A Systematic Literature Review and Research Agenda Proposal // International Journal of Production Research. 2017. Vol. 55. Issue 12. Pp. 3609–3629. DOI: 10.1080/00207543.2017.1308576.
- Martin M., Mahfuzulhoq C., Bhaskar P., Dung P. The Tactile Internet: Vision, Recent Progress, and Open Challenges // IEEE Communications Magazine. 2016. Vol. 54. Issue 5. Pp. 138–145. DOI: 10.1109/MCOM.2016.7470948.
- Mayer-Schönberger V., Cukier K. Big Data: A Revolution That Will Change How We Live, Work and Think. New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2013. 242 p.
- Melo P.C., Graham D.J., Noland R.B. A Meta-Analysis of Estimates of Urban Agglomeration Economies // Regional Science and Urban Economics. 2009. Vol. 39. Issue 3. Pp. 332–342. DOI: 10.1016/j.regsciurbeco.2008.12.002.
- Morandi C., Rolando A., Di Vita S. From Smart City to Smart Region: Digital Services for an Internet of Places. Milan: Springer, 2016. 120 p. DOI: 10.1007/978-3-319-17338-2.

- Recommendation ITU-T Y.1541. Network Performance Objectives for IP-based Services / International Telecommunication Union. Geneva, 2011. 57 p.
- Zuehlke D. SmartFactory – Towards a Factory-of-things // Annual Reviews in Control. 2010. Vol. 34. Issue 1. Pp. 129–138. DOI: 10.1016/j.arcontrol.2010.02.008.

TERRITORIAL STRUCTURE OF DIGITAL ECONOMY OF RUSSIA: PRELIMINARY DELIMITATION OF ‘SMART’ URBAN AGGLOMERATIONS AND REGIONS

V.I. Blanutsa

Viktor Ivanovich Blanutsa – Doctor of Geographical Sciences, Lead Researcher. V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, 1 Ulan-Batorskaya Street, Irkutsk, Russia, 664033. E-mail: blanutsa@list.ru.
ORCID: 0000-0003-3958-216X

Abstract. The fourth industrial revolution will create a new digital economy in Russia, where ‘smart’ objects (factories, transport, roads, buildings, etc.) with artificial intelligence systems will dominate. There are currently no studies on identifying territorial structure of the future digital economy of Russia. However, the existing euphoria of creation of ‘smart’ cities and regions is not based on studying the territorial structure of digital economy, which leads to unsubstantiated claims of ubiquity of new technologies. No scientific reasoning is made about the fact that the borders of digital (‘smart’) agglomerations and regions match the borders of territorial subdivisions of Russia. The lack of studies on substantiating of digital regions borders is not a uniquely Russian problem. The issue with digital agglomerations and regions is explained by the lack of a univocal and clear criterion of delimitation (establishing of borders). The author makes an assumption that the future territorial structure will be represented by ‘smart’ urban agglomerations and regions based on the inertia of the existing system of settlement and agglomeration economy. The work establishes that the most critical parameter of managing ‘smart’ objects is the signal delay in telecommunication nets. The author suggests establishing borders of digital agglomerations and regions based on the isochrones of delay of 1 and 10 milliseconds with corrections made when getting too close to or too far away from the regional centers. The author calculated the signal delay between 1112 Russian cities, establishes 43 digital agglomerations and 45 regions. The results can be used in creating the strategy of developing of digital economy in Russia.

Keywords: fourth industrial revolution, digital economy, information and communication connectivity, signal delay, urban agglomeration, smart region, Russian Federation

REFERENCES

- Ageev A.I., Averyanov M.A., Evtushenko S.N., Kochetova E.Yu. Digital Society: Architecture, Principles, Vision. *Ekonomicheskie Strategii* [Economic Strategies], 2017, no. 1, pp. 114–125. (In Russian).
- Blanutsa V.I. Is There the ‘Sibnet’ as a Segment of the Internet? Identification of Siberian Autonomous Systems Connectivity. *Izvestiya Irkutskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Politologiya. Religiovedenie* = *The Bulletin of Irkutsk State University. Series ‘Political Science and Religion Studies’*, 2017, vol. 22, pp. 195–202. (In Russian).
- Kolosovskiy N.N. *Theory of Economic Zoning*. Moscow, 1969, 336 p. (In Russian).
- Korolyov I. ‘Smart city’ returns to ‘Digital economy’. *CNEWS*, 2018, 10 April. Available at: http://www.cnews.ru/news/top/2018-04-10-umnyj_gorod_vozvrashchaetya_v_tsifrovuyu_ekonomiku (accessed April 2018). (In Russian).
- Koucheryavy A.E., Makolkina M.A., Kirichek R.V. Tactile Internet. Ultra-Low Latency Networks. *Elektrosvyaz* = *Telecommunications and Radio Engineering*, 2016, no. 1, pp. 44–46. (In Russian).
- Lyubimov L.V., Bitarov V.L. About Expected Technical Changes in the Field of Traffic and Prospects of Ensuring its Safety. *Obshchestvennaya Bezopasnost, Zakonnost i Pravoporyadok v III Tysyacheletii* [Public Security, Legality, Legal Order in the third Millennium], 2017, no. 3–1, pp. 74–80. (In Russian).
- Maitakov F.G., Merkulov A.A., Petrenko E.V., Yafasov A.Ya. Technology of Distributed Situation Centers System Engineering. *Morskie Intellektualnye Tekhnologii* = *Marine Intelligent Technologies*, 2017, vol. 2, no. 4, pp. 159–166. (In Russian).
- Petrov A.A. The Digital Economy: The Challenge to Russia. *Torgovaya Politika* = *Trade Policy Journal*, 2017, no. 3, pp. 46–74. (In Russian).
- Pilot Innovative Territorial Clusters in the Russian Federation*. Edited by L.M. Gokhberg, A.E. Shadrin. Moscow: National Research University Higher School of Economics, 2013, 108 p. (In Russian).
- Polyakova A.G., Simarova I.S. *Substantiation of Regional Development Taking Into Account the Connectivity of the Economic Space*. Tyumen, 2014, 104 p. (In Russian).
- Polyan P.M. *Method of Selection and Analysis of the Settlement Support Frame*. Moscow: Institute of Geography, USSR Academy of Sciences, 1988, 283 p. (In Russian).
- Popkov V.K. *Mathematical Models of Connectivity. Part 1. Graphs and Networks*. Novosibirsk: The Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS, 2000, 175 p. (In Russian).
- Smorodinskaya N.V. *Globalized Economy: From Hierarchies to Network*. Moscow: Institute of Economics of RAS, 2015, 344 p. (In Russian).
- SIBSUTIS Specialists Have Completed the Development of a Conceptual Development Model ‘Smart Region: Novosibirsk Region’. *SibGUTI* = *SIBSUTIS*, 2018, 12 January. Available at: <http://www.sibsutis.ru/news/2300990/> (accessed April 2018). (In Russian).
- Tikhvinskiy V.O., Bochechka G.S. Prospects of 5G Networks and Requirements to Quality of Their Service. *Elektrosvyaz* = *Telecommunications and Radio Engineering*, 2014, no. 11, pp. 40–43. (In Russian).
- Fokin S., Kirichek R. Overview of Medical Applications, Devices and Communication Technologies the Internet of Things. *Informatsionnye Tekhnologii i Telekommunikatsii* [Information Technology and Telecommunications], 2016, vol. 4, no. 4, pp. 67–80. (In Russian).
- Shvab K. *Fourth Industrial Revolution*. Moscow, 2016, 138 p. (In Russian).

- Albino V., Berardi U., Dangelico R.M. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 2015, vol. 22, issue 1, pp. 3–21. DOI: 10.1080/10630732.2014.942092.
- Colantonio E., Cialfi D. Smart Regions in Italy: A Comparative Study Through Self-Organizing Maps. *European Journal of Business and Social Sciences*, 2016, vol. 5, issue 9, pp. 84–99.
- Combes P.-P., Duranton G., Gobillon L. The Identification of Agglomeration Economies. *Journal of Economic Geography*, 2011, vol. 11, issue 2, pp. 253–266. DOI: 10.1093/jeg/lbq038.
- Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort Sichern: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. / Herausgeber H. Kagermann, W. Wahlster, J. Helbig; Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. Frankfurt/Main, 2013, 112 p.
- Foo S., Pan G. Singapore's Vision of a Smart Nation: Thinking Big, Starting Small and Scaling Fast. *Asian Management Insights*, 2016, vol. 3, issue 1, pp. 77–82.
- Graham S. The End of Geography or the Explosion of Place? Conceptualizing Space, Place and Information Technology. *Progress in Human Geography*, 1998, vol. 22, issue 2, pp. 165–185.
- Greig J.M. The End of Geography?: Globalization, Communications, and Culture in the International System. *Journal of Conflict Resolution*, 2002, vol. 46, issue 2, pp. 225–243.
- Hall R.E. The Vision of a Smart City. *Proceedings of the 2nd International Life Extension Technology Workshop (September 28, 2000; Paris)*. Paris, 2000, pp. 1–6.
- Helsinki Smart Region: Pioneering for Europe 2020*. Edited by L. Mikki, M. Markkula, H. Schaffers; Aalto University. Helsinki, 2014, 45 p.
- Liao Y., Deschamps S., Loures E.F.R., Ramos L.F.R. Past, Present and Future of Industry 4.0 – A Systematic Literature Review and Research Agenda Proposal. *International Journal of Production Research*, 2017, vol. 55, issue 12, pp. 3609–3629. DOI: 10.1080/00207543.2017.1308576.
- Martin M., Mahfuzulhoq C., Bhaskar P., Dung P. The Tactile Internet: Vision, Recent Progress, and Open Challenges. *IEEE Communications Magazine*, 2016, vol. 54, issue 5, pp. 138–145. DOI: 10.1109/MCOM.2016.7470948.
- Mayer-Schönberger V., Cukier K. *Big Data: A Revolution That Will Change How We Live, Work and Think*. New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2013, 242 p.
- Melo P.C., Graham D.J., Noland R.B. A Meta-Analysis of Estimates of Urban Agglomeration Economies. *Regional Science and Urban Economics*, 2009, vol. 39, issue 3, pp. 332–342. DOI: 10.1016/j.regsciurbeco.2008.12.002.
- Morandi C., Rolando A., Di Vita S. *From Smart City to Smart Region: Digital Services for an Internet of Places*. Milan: Springer, 2016, 120 p. DOI: 10.1007/978-3-319-17338-2.
- Recommendation ITU-T Y.1541. Network Performance Objectives for IP-based Services*. International Telecommunication Union. Geneva, 2011, 57 p.
- Zuehlke D. SmartFactory – Towards a Factory-of-things. *Annual Reviews in Control*, 2010, vol. 34, issue 1, pp. 129–138. DOI: 10.1016/j.arcontrol.2010.02.008.