

Научная статья

УДК 911.3

DOI: 10.2109/2227-9245-2023-29-3-91-99

**Общественно-географическое изучение Интернета вещей:
перспективные направления**

Виктор Иванович Блануца

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

blanutsa@list.ru

Информация о статье

Статья поступила
в редакцию 11.05.2023

Одобрена после
рецензирования 09.08.2023

Принята к публикации
12.08.2023

Ключевые слова:

*общественная география,
Интернет всего,
геолокация, «умный»
регион, пространственный
роботизированный
комплекс, «умная ферма»,
транспортный узел,
носимое медицинское
устройство,
интеллектуальная
туристическая экосистема*

Статья посвящена развитию общественной географии в сфере познания территориальной организации информационно-коммуникационных систем. Цель исследования – определение перспективных направлений общественно-географического изучения Интернета вещей. Задачи исследования: обобщить опыт общественно-географического изучения Интернета вещей, определить его ключевые параметры и перспективы развития, сопоставить специфику межмашинного взаимодействия с методологическими возможностями общественной географии. Исходным материалом является мировой массив научных публикаций по Интернету вещей и общественной географии, индексируемый в международных библиографических базах данных. Отбор необходимых публикаций проведён с помощью авторского алгоритма семантического поиска. Для выявления перспективных направлений использовался сравнительный анализ. Направления выделялись по специфическому объекту исследования. Проведено сравнение основных видов Интернета вещей с возможностями межмашинного взаимодействия на основе беспроводной связи четвёртого, пятого и шестого поколений, а также с особенностями общественно-географических исследований. Выделены основные виды, и приведено краткое описание Интернета вещей. Идентифицированы семь основных направлений, которые названы геолокационным, георбанистическим, промышленно-, аграрно-, транспортно-, медико- и туристическо-географическим направлениями. При краткой характеристике каждого направления основное внимание уделено изученности и изменению объекта исследования в три этапа, соответствующих трём поколениям беспроводной связи. Показано, что общественно-географические исследования имеют только по четырём направлениям в рамках первого этапа. Остальные трансформации Интернета вещей ещё не изучены. Сделано предположение, что при интеграции всех видов Интернета вещей в единый Интернет всего возникнет необходимость в объединении выявленных направлений в единую методологию. Полученные результаты могут использоваться при планировании будущих научных исследований в области общественной географии, выявлении ареалов чрезмерной плотности устройств и составлении региональных стратегий развития цифровой экономики на основе Интернета вещей.

Благодарность: Исследование выполнено за счёт средств государственного задания (№ регистрации темы АААА-А21-121012190018-2).

Original article

Human-Geographical Study of the Internet of Things: Promising Directions

Viktor I. Blanutsa

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

blanutsa@list.ru

Information about the article

Received 11 May, 2023

Approved after review
9 August, 2023Accepted for publication
12 August, 2023**Keywords:***human geography, Internet of Everything, geolocation, smart region, spatial robotic complex, smart farm, transport hub, wearable medical device, intelligent tourism ecosystem*

The article is devoted to the development of human geography in the field of knowledge of the information and communication systems' territorial organization. The purpose of the study is to identify promising areas for human-geographical study of the Internet of Things. Research objectives are as follows: generalization of the experience of human-geographical study of the Internet of Things, determination of its key parameters and development prospects, comparison of the specifics of machine-to-machine interaction with the methodological possibilities of human geography. The source material is a global array of scientific publications on the Internet of Things and human geography, indexed in international bibliographic databases. The selection of the necessary publications has been carried out using the author's semantic search algorithm. A comparative analysis is used to identify promising areas. Directions are distinguished by a specific object of the study. The main types of the Internet of Things are compared with the possibilities of machine-to-machine interaction based on wireless communication of the fourth, fifth and sixth generations, as well as with the features of human-geographical research. The main types are highlighted and a brief description of the Internet of Things is given. Seven main directions have been identified, which are called geolocation, geo-urban, industrial, agricultural, transport, medical and tourist-geographical directions. With a brief description of each direction, the main attention is paid to the study and change of the object of the study in three stages corresponding to three generations of wireless communication. This will allow for the identification of territorial nodes and digital agglomerations of cities at the second stage, and for the delimitation of digital socio-economic areas at the third stage. It is shown that human-geographical research is available only in four directions within the first stage. The remaining transformations of the Internet of Things have not yet been studied. It is assumed that when integrating all types of the Internet of Things into the Internet of Everything, there will be a need to combine the identified areas into a single methodology. The results obtained can be used in planning future scientific research in the field of human geography, identifying areas of excessive device density and drawing up regional strategies for the development of the digital economy based on the Internet of Things.

Acknowledgements: *The study was carried out at the expense of the state task (topic registration No. AAAA21-121012190018-2).*

Введение. Общественная география, нацеленная на познание территориальной организации общества, реагирует на существующие и будущие изменения пространственно-временного взаимодействия между людьми, а также между людьми и результатами их деятельности¹. Это приводит к формированию новых научных направлений (по объекту и предмету исследования) и подходов (по методологии исследования). Одной из инноваций XXI в., оказывающей существенное влияние на общество, является Интернет вещей (Internet of Things, IoT). Однако к настоящему времени в мировой науке нет ни одного обобщения как существующих, так

и возможных в будущем общественно-географических исследований IoT.

Объектом исследования является общественная география как научная дисциплина, а **предмет исследования** – направления изучения Интернета вещей. **Цель работы** заключается в определении перспективных направлений общественно-географического изучения Интернета вещей на основе обобщения существующих работ и выявления неизученных областей. Для достижения этой цели потребовалось решить следующие **задачи**: 1) проанализировать существующий опыт общественно-географического изучения Интернета вещей; 2) определить ключевые параметры IoT и перспективы его развития; 3) сопоставить специфику IoT с методологическими возможностями обще-

¹ Блануца В. И. Общественная география: цифровые приоритеты XXI века. – М.: ИНФРА-М, 2022. – 252 с.

ственной географии для идентификации перспективных направлений исследования. Эти направления названы «перспективными», так как они весьма значимы для понимания территориальной организации общества и к настоящему времени не реализованы по причине неполноты географического представления о специфике Интернета вещей.

Если не учитывать публикации по «умным» городам и размещению отдельных устройств, то мировой опыт общественно-географического изучения Интернета вещей заключается в интеграции геоинформационных систем и IoT [3; 5], пространственном анализе «больших данных», генерируемых IoT [12; 26; 30], и оценке распределения технологий Интернета вещей по регионам [6; 24]. Эти работы относятся в основном к методике географических исследований и не дают представление об основных направлениях. Единственная попытка географически осмыслить все разнообразие Интернета вещей была предпринята китайскими исследователями [34], но ограничивалась объемом тезисов, первоначальными сведениями об IoT и отсутствием знания о возможностях беспроводных сетей 5G–6G.

Материалы и методы. В качестве исходного материала выступал мировой массив научных публикаций по IoT и общественной географии, индексируемый в международных библиографических базах данных. Поиск необходимых публикаций в этих базах данных осуществлялся с помощью специального алгоритма¹. При выявлении перспективных направлений использовался сравнительный метод, суть которого заключалась в выявлении основных видов Интернета вещей и сопоставлении этих видов с возможностями общественно-географических исследований.

Результаты и обсуждение. Принято считать, что термин «Интернет вещей» предложил Кевин Эштон в 1999 г. для обозначения сети объектов («вещей») с радиочастотной идентификацией (Radio Frequency Identification, RFID) [31]. Дальнейшее развитие идей о межмашинном взаимодействии в виде автоматического (без участия человека) обмена данными между различными устройствами и реализация этих идей на практике привела к тому, что между 2008 и 2009 гг. количество устройств, подключенных к глобальной сети, превысило численность насе-

¹ 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.

ления на нашей планете². Многие вещи стали «умными» (за счёт специальных приложений IoT) и вышли далеко за рамки RFID. Согласно одному из последних исследований [27], существует 122 оригинальных определения IoT. В наиболее общем виде под Интернетом вещей понимается сеть преимущественно беспроводной связи между измеряющими, контролирующими, управляющими и реагирующими устройствами со стационарным или мобильным местоположением, а также с подключением к сервисам и приложениям. Встречаются разные представления многоуровневой архитектуры IoT. В соответствии с рекомендациями Международного союза электросвязи³, Интернет вещей имеет четыре уровня – устройств, сети, поддержки услуг и приложений, собственно приложений – и возможности обеспечения безопасности и управления на всех уровнях. На первом уровне функционируют устройства переноса данных (например, RFID-метки), сбора данных (считывание и запись), измерения параметров окружающей среды (сенсоры) и общего пользования (смартфоны, «умные» бытовые приборы и др.), которые дополняются исполнительными устройствами (преобразование электрических сигналов в физические действия) и шлюзами (соединение устройств с сетью связи). Остальные особенности IoT представлены в обзорной литературе⁴.

На основе Интернета вещей создавались специализированные сети устройств, среди которых можно отметить промышленный Интернет вещей (Industrial Internet of Things, IIoT)⁵, сельскохозяйственный Интернет вещей (Agricultural Internet of Things, AIoT)⁶, Интернет транспортных средств (Internet of Vehicles, IoV)⁷, Интернет летающих вещей (Internet of Flying Things, IoFT)⁸, Интернет под-

² Evans D. The Internet of Things. How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything? – San Jose: Cisco Systems, 2011. – 217 p.

³ Recommendation ITU-T T.181203: An Architecture for IoT Interoperability. – Geneva: ITU-T, 2018. – 25 p.

⁴ IEEE Communications Surveys and Tutorials. – 2015. – Vol. 17. – P. 2347–2376; Archives of Computational Methods in Engineering. – 2022. – Vol. 29. – P. 1395–1413.

⁵ IEEE Communications Surveys and Tutorials. – 2015. – Vol. 17. – P. 2347–2376; Archives of Computational Methods in Engineering. – 2022. – Vol. 29. – P. 1395–1413.

⁶ Procedia Computer Science. – 2023. – Vol. 217. – P. 856–865.

⁷ He Y., Nie P., Zhang Q., Liu F. (Eds.) Agricultural Internet of Things: Technologies and Applications. – Cham: Springer, 2021. – 130 p.

⁸ International Journal of Communication Systems. – 2021. – Vol. 34, no. 10. – P. 47–93.

водных вещей (Internet of Underwater Things, IoUT)¹, Интернет медицинских вещей (Internet of Medical Things, IoMT)², Интернет носимых вещей (Internet of Wearable Things, IoWT)³ и Интернет боевых вещей (Internet of Battle Things, IoBT)⁴. Для Интернета вещей имеет особое значение сетевой уровень, обеспечивающий организацию линейно-узловой структуры и транспортировку данных. Кроме этого, могут использоваться возможности телекоммуникационной сети в области сервисов и приложений. В основном применяются сети беспроводной связи. Если учитывать, что развёртывание сети происходит в соответствии с «правилом десятилетнего цикла» [16], то можно акцентировать внимание на трёх этапах развития IoT – на основе сетей 4G (четвёртое поколение; 2010-е гг.), 5G (2020-е гг.) и 6G (2030-е гг.). Условия для интеграции всех сетей будут созданы на третьем этапе, что позволит реализовать Интернет всего (Internet of Everything, IoE)⁵ как повсеместную трёхмерную сеть

соединений между вещами, процессами, данными и людьми в режиме реального времени. Тогда окончательно исчезнут различия между Интернетом людей и Интернетом вещей.

Сопоставление методологических возможностей общественной географии с технологиями Интернета вещей и ключевыми параметрами беспроводной связи 4G–6G [16] позволило идентифицировать основные направления общественно-географического изучения IoT. Получилось семь направлений, два из которых связаны с IoT-геолокацией и приложениями «умного города», четыре относятся к основным видам Интернета вещей (IIoT; AIoT; IoV+IoFT+IoUT; IoMT+IoWT) и одно касается туристической деятельности. Остальные возможные направления (в том числе по изучению IoBT) в настоящее время менее значимы и считаются неосновными. Каждое направление имеет свой объект исследования, изменяющийся во времени, что отражено в таблице.

Изменение объекта общественно-географического исследования Интернета вещей по направлениям и периодам (составлено автором) / Changing the object of socio-geographical research of the Internet of Things by directions and periods (compiled by the author)

<i>Направления / Directions</i>	<i>Периоды времени (годы) / Time periods (years)</i>		
	<i>2010-е / 2010s</i>	<i>2020-е / 2020s</i>	<i>2030-е / 2030s</i>
Геолокационное / Geolocation	Отдельный вид устройств / Separate Type of Devices	Территориальное множество устройств / Territorial Set of Devices	Пространственное множество устройств / Spatial Set of Devices
Георбанистическое / Geourban	«Умный» город / Smart City	«Умная» городская агломерация / Smart Urban Agglomeration	«Умный» трехмерный регион / Smart Three-dimensional Region
Промышленно-географическое / Industrial-Geographic	«Умная фабрика» / Smart Factory	Территориальный роботизированный узел / Territorial Robotic Node	Пространственный роботизированный комплекс (район) / Spatial Robotic Complex (Region)
Аграрно-географическое / Agricultural-Geographic	«Умная ферма» / Smart Farm	Территориальное сочетание «умных ферм» / Territorial Combination of Smart Farms	Пространственный аграрно-интеллектуальный комплекс (район) / Spatial Agricultural and Intellectual Complex (Region)
Транспортно-географическое / Transport-Geographic	Отдельный вид транспорта / A Separate Type of Transport	Территориальный транспортный узел / Territorial Transport Node	Пространственный транспортный комплекс (район) / Spatial Transport Complex (Region)
Медико-географическое / Medical-Geographic	Отдельный вид носимых медицинских устройств / A Separate Type of Wearable Medical Devices	Территориальное множество носимых медицинских устройств / Territorial Set of Wearable Medical Devices	Пространственная система интеллектуального здравоохранения / Spatial System of Intellectual Health Care
Туристическо-географическое / Tourist-Geographic	Отдельный вид «умного» туризма / A Separate Type of Smart Tourism	Интеллектуальный туристический поток / Intelligent Tourist Flow	Пространственная «умная» туристическая экосистема (район) / Spatial Smart Tourist Ecosystem (Region)

¹ Computer Communications. – 2021. – Vol. 165. – P. 53–74.

² Earth Science Informatics. – 2022. – Vol. 15, no. 2. – pp. 735–764.

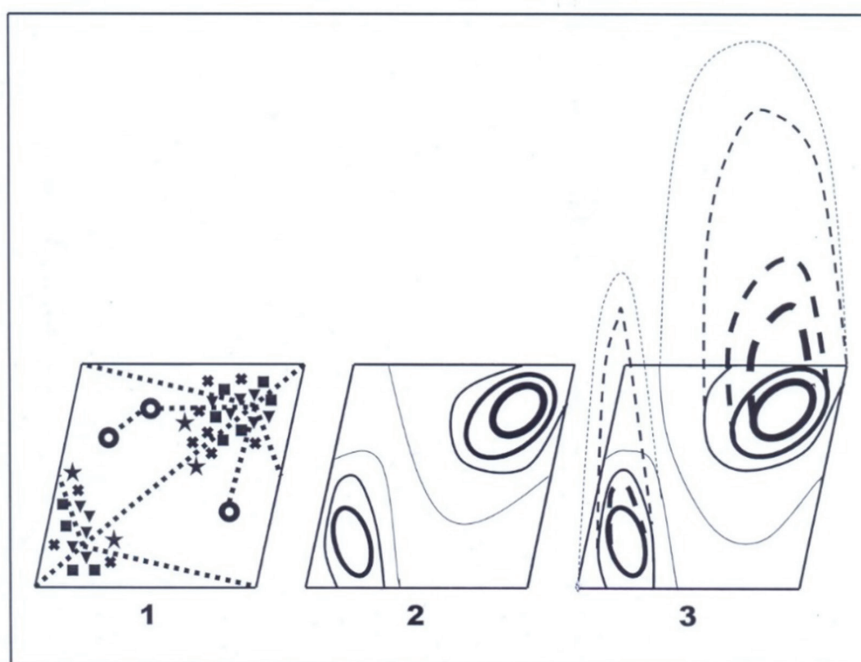
³ Biocybernetics and Biomedical Engineering. – 2022. – Vol. 42, no. 3. – P. 749–771.

⁴ Future Generation Computer Systems. – 2023. – Vol. 138. – P. 172–184.

⁵ Computer. – 2016. – Vol. 49, no. 12. – P. 70–75.

Геолокационное направление. Для определения географического местоположения устройства с помощью сети беспроводной связи используются разные методы [33]. Посредством геолокации создаётся новый вид товара – цифровая географическая информация – и формируется специализированный информационный рынок [1]. Общественно-географический анализ сетевого уровня IoT нацелен на изучение зон покрытия Интернета вещей, получаемых, как в результате моделирования, так и полевых исследований с помощью специального анализатора [21]. На уровне устройств предпочтение отдаётся анализу размещения отдельных видов вещей на определённой территории [11]. Такой опыт, а также географический анализ размещения отдельных устройств «умного города», указывает на первый этап общественно-географического изучения Интернета вещей в рамках данного направления. На втором этапе, сопровождающим геолокацию устройств IoT с помощью беспроводной связи 5G, предстоит изучить одновременное размещение всех разноо-

бразных устройств Интернета вещей, а на третьем этапе (посредством сетей 6G) – размещение в трёхмерном пространстве. Если при анализе размещения населения одним из основных показателей является плотность населения, то при изучении IoT – плотность устройств (при поддержке сетей 6G она может достигать в проекции на двумерную плоскость до 10^7 устройств/км² [16]). Практическая значимость такого анализа связана с выявлением ареалов и сфер с чрезмерной (превышающей возможность сети связи) плотностью устройств, в результате чего возрастает задержка сигнала, что весьма критично для приложений со сверхмалой задержкой. Визуализация размещения устройств может осуществляться на разных этапах (см. таблицу) с помощью тех или иных способов картографирования (рисунок). Дополнительные географические исследования могут проводиться при соединении геолокации устройств IoT с измерением потока данных от этих устройств (до 100 Тбит/с/кв. км в сетях 6G [16]) с построением карт плотности трафика Интернета вещей.



Условное картографическое изображение местоположения отдельных устройств на первом этапе (1), плотности всех устройств на втором этапе (2) и плотности всех устройств в трёхмерном пространстве на третьем этапе (3) с помощью различных значков (1) и изолиний разных значений плотности (2 и 3) при общественно-географическом изучении Интернета вещей (составлено автором) / Conditional cartographic image of the location of individual devices at the first stage (1), the density of all devices at the second stage (2) and the density of all devices in three-dimensional space at the third stage (3) using various signs (1) and isolines of different density values (2 and 3) in the socio-geographical study of the Internet Things (compiled by the author)

Георбанистическое направление. Концепция «умного города» появилась в начале 1990-х гг. [17] и объединяла блоки «умное управление», «умная жизнь», «умные горожане», «умная городская среда», «умная инфраструктура» и «умная городская экономика». Интенсивные научные исследования по этой проблематике проводятся более десяти лет, включая анализ применения IoT-устройств в «умных» городах [22]. Почти во всех публикациях рассматривались и сравнивались отдельные «умные» города как объект исследования первого этапа. На необходимость перехода от «умных» городов к «умным» территориям, объединяющим не только города, но и все остальные местности, указывалось неоднократно [18], но с учётом развёртывания IoT на платформе беспроводной связи 5G с ограничениями по задержке сигнала была проведена делимитация «умных» городских агломераций только в России¹.

Промышленно-географическое направление. Промышленный Интернет вещей опирается на концепцию «умной фабрики» [28], согласно которой все производственные процессы подключены к сети IoT и автоматически управляются интеллектуальными приложениями. Комплексный географический анализ факторов размещения «умных фабрик» ещё не проводился. Имеющиеся исследования связаны с выявлением географических особенностей распределения IIoT-компетенций (например, через индекс региональной плотности патентов [2], пространственную автокорреляцию регионов по интеллектуальным производственным возможностям [32] и кластеризацию регионов по кодам специализации компаний [24]) и использования технологий IIoT в регионах [6]. В данных работах интеллектуальные производства рассматривались без анализа их пространственно-временных взаимодействий, что указывает на первый этап общественно-географического изучения промышленного Интернета вещей. Если опираться на публикации по «Индустрии 4.0», затрагивающие, в том числе, и IoT, то близко расположенные компании могут формировать территориальные кластеры [10] и промышленные районы [4]. Это позволяет анализировать становление территориальных роботизированных узлов (локализация кластера в городе и соседних поселениях) на втором этапе и пространственных комплексов (объединение узлов) на третьем этапе.

¹ Пространственная экономика. – 2018. – № 2. – С. 17–35.

Аграрно-географическое направление. Сельскохозяйственный Интернет вещей, опирающийся на представления об «умной ферме», «умном» сельском хозяйстве, «точном земледелии» и «Агрокультуре 4.0» [25], по своей структуре совпадает с IIoT, но более насыщен датчиками измерения параметров окружающей среды и спутниковыми системами дистанционного зондирования Земли. В последнем обзоре изучения AIoT в общественных науках [13] не зафиксированы географические публикации по размещению «умных ферм», но в одной из тематических областей будущих исследований – «глобальная география развития цифрового сельского хозяйства» – указано на необходимость оценки стран в контексте сглаживания противоречий между «Глобальным Севером» и «Глобальным Югом». Ближе всего к общественно-географическому изучению сельскохозяйственного IoT подошли греческие учёные [14], проанализировавшие пространственное влияние инвестиций в «умные» агрохолдинги на региональное развитие. Однако они ограничились количеством получателей инвестиций по регионам, что недостаточно для географического осмысления размещения греческих «умных ферм» в рамках первого этапа. Что касается возможностей Интернета вещей на втором этапе, то они позволяют идентифицировать территориальные сочетания «умных ферм» с последующим выделением зон с разной IoT-специализацией сельскохозяйственных предприятий. На третьем этапе общественно-географического изучения AIoT появляется возможность делимитации трёхмерных аграрно-интеллектуальных районов с учётом сети воздушных и подводных дронов, а также низкоорбитальных спутников.

Транспортно-географическое направление. Различные виды транспорта взаимодействуют между собой, образуя транспортные системы [23]. В результате интенсивного взаимодействия на ограниченной территории формируется система в виде транспортного узла (один или несколько близлежащих населённых пунктов), а взаимодействие между соседними узлами создаёт транспортный комплекс, зона влияния которого на окружающую территорию является транспортным районом. С помощью существующей статистики и алгоритмов пространственного анализа географы пытаются выявить эти узлы и комплексы (районы), делая оценочные заключения. Реальное пространственно-временное взаимодействие отдельного транспортного

средства со всеми остальными элементами транспортной системы в статистических отчётах не фиксируется. Поэтому данные, генерируемые Интернетом вещей, весьма важны для понимания реальной структуры и географических границ транспортных систем. При этом необходимы большие объёмы данных в реальном времени не только от всех транспортных средств со встроенными датчиками (как беспилотных, так и с водителями), но и от элементов транспортной инфраструктуры. На основе таких данных возможно картографирование не оценочной, а фактической интенсивности транспортных потоков, формирующих узлы и комплексы. Однако данные от IoV, IoFT и IoUT ещё не используются географами даже на стадии изучения отдельных видов транспорта. На следующих этапах сетевой уровень Интернета вещей позволит отслеживать взаимодействие всех видов транспорта в пределах отдельных территорий (беспроводная связь 5G предоставит возможность идентификации узлов), а затем и всего трёхмерного пространства (переход на 6G инициирует определение комплексов).

Медико-географическое направление. В общественном здравоохранении растёт интерес к применению геоинформационных систем и пространственного анализа [7]. Получение «больших данных» от IoMT и IoWT не только усилит этот интерес, но и откроет новые возможности по оптимизации размещения медицинских учреждений. Когда у каждого больного человека будут носимые устройства как датчики состояния организма, то данные по беспроводной связи будут передаваться в медицинское учреждение и там с помощью искусственного интеллекта или врачей принимаются необходимые решения. Относительно каждого учреждения на карте можно провести замкнутую линию критического времени доставки пациента при определённом неблагоприятном состоянии его организма. Совмещение этих линий по всем учреждениям города с данными о перемещении каждого пациента позволит выявить проблемные ареалы, откуда время доставки пациента может быть выше критического значения. В настоящее время такие проблемные ареалы можно выявить только по косвенным данным, так как носимые медицинские устройства ещё не получили широкого распространения, а условия связи и развертывания IoMT позволяют учитывать лишь отдельные виды устройств (первый этап). Общественно-географическое изучение Ин-

тернета медицинских вещей на первом и последующих этапах не проводилось. На втором этапе будет возможность отслеживать все устройства, используя потенциал беспроводной связи 5G, а третий этап должен характеризоваться интеграцией всех гетерогенных сетей, включая полное развертывание IoMT в виде пространственных систем – локальных, городских и региональных – интеллектуального здравоохранения.

Туристическо-географическое направление. География всегда имела важное значение для понимания туризма [29]. С появлением «умного» туризма [15] и особой роли в нем приложений IoT [19] значимость общественно-географических исследований только усилится. Если опираться на уровни «умного» туризма [20], возможности Интернета вещей и особенности изучения пространственно-временных взаимодействий, то можно зафиксировать смену объекта географических исследований от отдельных видов «умного» туризма (первый этап) через интеллектуальные туристические потоки (второй этап) к пространственным «умным» туристическим экосистемам (районам) на третьем этапе. Общественно-географическое изучение потоков «умных» туристов до настоящего времени не проводилось. Ещё более сложная ситуация с экосистемами [8] и районами [9], так как отсутствует даже в первом приближении понимание того, как проводить их географическую делимитацию в трёхмерном пространстве.

Выводы. Сравнение особенностей развертывания Интернета вещей в три периода, выделенных по возможностям беспроводной связи 4G, 5G и 6G, с опытом общественно-географического изучения различных информационно-коммуникационных сетей позволило выявить семь научных направлений, в основе каждого из которых находится определённый объект исследования. Эти направления названы «перспективными» по причине их общественной значимости, научной востребованности и слабой изученности. К настоящему времени известны общественно-географические публикации только по четырём направлениям первого этапа. Некоторые из них, опубликованные в 2020-х гг., можно отнести к «запаздывающим» исследованиям, так как сейчас появилась возможность изучения семи объектов на втором этапе, характеризующимся локальными взаимодействиями между всеми устройствами IoT. Отдельные работы 2010-х гг. (например, по делимитации

«умных» городских агломераций) могут быть классифицированы как «опережающие», но на данный момент времени нет ни одного исследования по шести направлениям второго и всем направлениям третьего этапа. Относительно последнего этапа следует подчеркнуть, что в 2030-х гг. откроется возможность интеграции всех гетерогенных сетей в единый Интернет всего. Следствием этого станет необходимость в конце 2030-х гг. объединить все семь направлений в одно, которое

можно назвать «районным», так как будущее пространство будет дифференцировано на трёхмерные районы интенсивного взаимодействия устройств IoT. Полученные результаты могут использоваться при планировании будущих научных исследований в области общественной географии, выявлении ареалов чрезмерной плотности устройств и составлении региональных стратегий развития цифровой экономики на основе Интернета вещей.

References

1. Alvarez León L. F. Information policy and the spatial constitution of digital geographic information markets. *Economic Geography*, vol. 94, no. 3, pp. 217–237, 2018. (In Eng.).
2. Balland P. A., Boschma R. Mapping the potentials of regions in Europe to contribute to new knowledge production in Industry 4.0 technologies. *Regional Studies*, vol. 55, no. 10–11, pp. 1652–1666, 2021. (In Eng.).
3. Bazargani J. S., Sadeghi-Niaraki A., Choi S.-M. A survey of GIS and IoT integration: Applications and architecture. *Applied Sciences*, 2021, vol. 11. Web. 21.05.2023. https://www.researchgate.net/publication/355939874_A_Survey_of_GIS_and_IoT_Integration_Applications_and_Architecture. (In Eng.).
4. Bettiol M., Capestro M., De V. Industrial districts and the fourth industrial revolution. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, vol. 31, no. 1, pp. 12–26, 2020. (In Eng.).
5. Cao H., Wachowicz M. The design of an IoT-GIS platform for performing automated analytical tasks. *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 74, pp. 23–40, 2019. (In Eng.).
6. Corradini C., Santini E., Vecciolini C. The geography of Industry 4.0 technologies across European regions. *Regional Studies*, vol. 55, no. 10–11, pp. 1667–1680, 2021. (In Eng.).
7. Garg P. K., Tripathi N. K., Kappas M., Gaur L. *Geospatial Data Science in Healthcare for Society 5.0*. Singapore: Springer Nature, 2022. (In Eng.).
8. Gretzel U., Werthner H., Koo C., Lamsfus C. Conceptual foundation for understanding smart tourism ecosystems. *Computers in Human Behavior*, vol. 50, pp. 558–563, 2015. (In Eng.).
9. Gretzel U. From smart destination to smart tourism regions. *Investigaciones Regionales. Journal of Regional Research*, no. 42, pp. 171–184, 2018. (In Eng.).
10. Götz M. Cluster role in Industry 4.0—A pilot study from Germany. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, vol. 31, no. 1, pp. 54–82, 2020. (In Eng.).
11. Joan C. Agencies, scales and times of path creation: The case of IoT in Toulouse. *Regional Science Policy and Practice*, vol. 13, no. 5, pp. 1527–1545, 2021. (In Eng.).
12. Kamilaris A., Ostermann F. Geospatial analysis and the Internet of Things. *International Journal of Geo-Information*, vol. 7, no. 7, 2018. Web. 21.05.2023. https://www.researchgate.net/publication/326311898_Geospatial_Analysis_and_the_Internet_of_Things. (In Eng.).
13. Klerkx L., Jakku E., Labarthe P. A review of social science on digital agriculture, smart farming and Agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS – Wageningen Journal of Life Science*, vol. 90, 2019. Web. 21.05.2023. https://www.researchgate.net/publication/337367208_A_review_of_social_science_on_digital_agriculture_smart_farming_and_agriculture_40_New_contributions_and_a_future_research_agenda. (In Eng.).
14. Koutridi E., Tsiotas D., Christopoulou O. Examining the spatial effects of “smartness” on the relationship between agriculture and regional development: The case of Greece. *Land*, vol. 12, no. 3, pp. 1–22, 2023. (In Eng.).
15. Lee P., Zach F. J., Chung N. Progress in smart tourism 2010–2017: A systematic literature review. *Journal of Smart Tourism*, vol. 1, no. 1, pp. 19–30, 2021. (In Eng.).
16. Lu Y., Zheng X. 6G: A survey on technologies, scenarios, challenges, and the related issues. *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 19, pp. 100–158, 2020. (In Eng.).
17. Mora L., Bolici R., Deakin M. The first two decades of smart-city research: A bibliometric analysis. *Journal of Urban Technology*, vol. 24, no. 1, pp. 3–27, 2017. (In Eng.).
18. Navio-Marco J., Rodrigo-Moya B., Gerli P. The rising importance of the “smart territory” concept: Definition and implications. *Land Use Policy*, vol. 99, 2020. Web. 21.05.2023. https://www.researchgate.net/publication/342922209_6G_A_Survey_on_Technologies_Scenarios_Challenges_and_the_Related_Issues. (In Eng.).
19. Novera C. N., Ahmed Z., Kushol R., Wanke P., Azad A. K. Internet of Things (IoT) in smart tourism: A literature review. *Spanish Journal of Marketing – ESIC*, vol. 26, no. 3, pp. 325–344, 2022. (In Eng.).
20. Otowicz M. H., Macedo M., Biz A. A. Dimensions of smart tourism and its levels: An integrative literature review. *Journal of Smart Tourism*, vol. 2, no. 1, pp. 5–19, 2022. (In Eng.).

21. Parada R., Cárdenes-Tacoronte D., Monzo C., Melià-Seguí J. Internet of Things Area Coverage Analyzer (ITHACA) for complex topographical scenarios. *Symmetry*, vol. 9, no. 10, 2017. Web. 21.05.2023. https://www.researchgate.net/publication/320498407_Internet_of_THings_Area_Coverage_Analyzer_ITHACA_for_Complex_Topographical_Scenarios. (In Eng.).
22. Rejeba A., Rejeb K., Simske S., Treiblmaier H., Zailani S. The big picture of the Internet of Things and the smart city: A review of what we know and what we need to know. *Internet of Things*, vol. 19, 2022. Web. 21.05.2023. https://www.researchgate.net/publication/361701475_The_big_picture_on_the_internet_of_things_and_the_smart_city_a_review_of_what_we_know_and_what_we_need_to_know. (In Eng.).
23. Rodrigue J.-P., Comtois C., Slack B. *The Geography of Transport Systems*. London; New York: Routledge, 2006. (In Eng.).
24. Russo M., Caloffi A., Colovic A., Pavone P., Romeo S., Rossi F. Mapping regional strengths in a key enabling technology: The distribution of Internet of Things competences across European regions. *Papers in Regional Science*, vol. 101, no. 4, pp. 875–900, 2022. (In Eng.).
25. Saiz-Rubio V., Rovira-Más F. From smart farming towards Agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, vol. 10, no. 2, 2020. Web. 12.05.2025. https://www.researchgate.net/publication/338991757_From_Smart_Farming_towards_Agriculture_50_A_Review_on_Crop_Data_Management. (In Eng.).
26. Silva D. S., Holanda M. Applications of geospatial big data in the Internet of Things. *Transactions in GIS*, vol. 26, no. 1, pp. 41–71, 2022. (In Eng.).
27. Sorri K., Mustafee N., Seppänen M. Revisiting IoT definitions: A framework towards comprehensive use. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 179, 2022. Web. 12.05.2023. https://www.researchgate.net/publication/359634435_Revisiting_IoT_definitions_A_framework_towards_comprehensive_use. (In Eng.).
28. Strozzi F., Colicchia C., Creazza A., Noè C. Literature review on the “smart factory” concept using bibliometric tools. *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 22, pp. 6572–6591, 2017. (In Eng.).
29. Sulyok J., Fehérvölgyi B., Csizmadia T., Katona A. I., Kosztyán Z. T. Does geography matter? Implications for future tourism research in light of COVID-19. *Scientometrics*, vol. 128, pp. 1601–1637, 2023. (In Eng.).
30. Van der Zee E., Scholten H. Spatial dimensions of big data: Application of geographical concepts and spatial technology to the Internet of Things. *Studies in Computational Intelligence*, vol. 546, pp. 137–168, 2014. (In Eng.).
31. Want R., Schilit B. N., Jenson S. Enabling the Internet of Things. *Computer*, vol. 48, no. 1, pp. 28–35, 2015. (In Eng.).
32. Xue J., Li Z., Wang X., Ji Y. Dynamic evaluation and spatial characteristics of smart manufacturing capability in China. *Sustainability*, vol. 14, no. 17, 2022. Web. 12.05.2023. https://www.researchgate.net/publication/363099975_Dynamic_Evaluation_and_Spatial_Characteristics_of_Smart_Manufacturing_Capability_in_China. (In Eng.).
33. Zeimpekis V., Kourouthanasis P. E., Giaglis G. M. *Mobile and wireless positioning technologies*. Telecommunication Systems and Technologies. Oxford, UK: Eolss Publ., 2007. (In Eng.).
34. Zhou Q., Zhang J. Internet of Things and geography – Review and prospect. *Processing of the International Conference on Multimedia and Signal Processing*. Guilin: IEEE, 2011. (In Eng.).

Информация об авторе

Блануца Виктор Иванович, д-р геогр. наук, эксперт РАН по экономическим наукам, ведущий научный сотрудник лаборатории георесурсоведения и политической географии, Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия; blanutsa@list.ru. Область научных интересов: политическая география, стратегическое планирование, экономическое развитие.

Information about the author

Blanutsa Viktor I., doctor of geographical sciences, RAS expert in economic sciences, leading researcher, Laboratory of Geo-Resources Studies and Political Geography, V. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia; blanutsa@list.ru. Research interests: political geography, strategic planning, economic development.

Для цитирования

Блануца В. И. Общественно-географическое изучение Интернета вещей: перспективные направления // Вестник Забайкальского государственного университета. 2023. Т. 29, № 3. С. 91–99. DOI: 10.2109/2227-9245-2023-29-3-91-99.

For citation

Blanutsa V. I. Human-geographical study of the Internet of Things: promising directions // *Transbaikal State University Journal*. 2023. Vol. 29, no. 3. P. 91–99. DOI: 10.2109/2227-9245-2023-29-3-91-99.