

Географическое изучение телекоммуникационных сетей в XXI веке:  
современные и будущие подходы

В. И. Блануца✉

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

**Аннотация.** Цель – выявить существующие подходы и наметить контуры будущих подходов к географическому изучению телекоммуникационных сетей.

**Материалы и методы.** Информационной базой служат одна отечественная и семь международных библиографических баз данных. Методы: сравнительный анализ и авторский алгоритм семантического поиска на основе машинного обучения.

**Результаты и обсуждение.** Выявлено 164 статьи. По видам телекоммуникационных сетей предпочтение отдавалось изучению оптоволоконных сетей и значительно меньше внимания уделялось сотовым, почтовым, стационарным телефонным, спутниковым и телеграфным сетям. Анализ публикаций позволил определить десять существующих подходов: сравнительно-географический, потоковый, маршрутно-географический, пространственно-диффузионный, районный, геополитический, геолокационный, географически-блокирующий, конструктивно-географический и географически-задерживающий. На основе перспектив развития географии и сетей электросвязи сделано предположение о возможности появления в будущем трех новых подходов – экономико-географического, географически-сетеконвергентного и искусственно-геоинтеллектуального.

**Заключение.** Не исключено, что в дальнейшем произойдет консолидация всех подходов в единую методологию, направленную на географическое обоснование развертывания сетей 7G.

**Ключевые слова:** социально-экономическая география, почтовая сеть, телефонная сеть, сеть беспроводной связи, оптоволоконная сеть, Интернет, автономная система, маршрутизация, районирование.

**Источник финансирования:** Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ регистрации темы АААА-А21-121012190018-2).

**Для цитирования:** Блануца В. И. Географическое изучение телекоммуникационных сетей в XXI веке: современные и будущие подходы // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2023, № 2, с. 30-39. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/2/30-39>

ВВЕДЕНИЕ

Объектом нашего исследования является мировой опыт географического изучения телекоммуникационных сетей. Первые сети связи были почтовыми, а дальнейшее развитие связи привело к созданию телеграфных, телефонных, радиоволновых и компьютерных сетей. В связи с инфраструктурными различиями последних двух линейно-узловых структур, при географическом анализе будем учитывать почтовые, телеграфные, телефонные (стационарные), радиорелейные, спутнико-

вые, сотовые (мобильные) и оптоволоконные сети. При этом следует отличать сети в реальном географическом пространстве, рассматриваемые далее, от социальных, политических и других сетей в виртуальном пространстве, анализ которых выходит за рамки нашего исследования.

**Цель работы** – выявить существующие подходы и наметить контуры будущих подходов к географическому изучению телекоммуникационных сетей. Ранее изучение территориально распределенных телекоммуникационных сетей проводи-



лось в рамках географии связи [23], географии Интернета [46], кибергеографии [13] и информационно-сетевой географии [2]. Однако в них не осуществлялся анализ массива отечественных и зарубежных публикаций 2001-2020 годов по всем видам рассматриваемых сетей и, соответственно, не идентифицировались сквозные подходы. Основные задачи: выявить мировой массив журнальных статей по рассматриваемой проблематике; на основе сравнительного анализа выявленных публикаций определить существующие подходы; наметить контуры будущих подходов.

В географических исследованиях анализируются территориально распределенные элементы сети (узлы и линии связи) и их пространственно-временное функционирование (трафик, коммутация, маршрутизация, фильтрация и блокирование). Сети могут быть локальными (местными), региональными, национальными и глобальными. По международной терминологии независимая сеть одного оператора называется «автономной системой» (Autonomous System, AS). Узлы, к которым сходится много линий связи, являются концентраторами или хабами. Среди них особое место занимает «точка обмена трафиком» (Internet eXchange Point, IXP) как площадка для соединения и взаимодействия различных автономных систем.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

*Информационная база.* Из всех видов научных публикаций для анализа выбраны журнальные статьи, так как в настоящее время именно в них размещаются подробные результаты исследований, и их тексты доступны через библиографические базы данных (в отличие, например, от монографий и сборников статей, не все тексты которых представлены в базах). Поиск публикаций по рассматриваемой проблематике выполнялся в одной российской ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)) и семи международных ([www.link.springer.com](http://www.link.springer.com), [www.onlinelibrary.wiley.com](http://www.onlinelibrary.wiley.com), [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), [www.login.webofknowledge.com](http://www.login.webofknowledge.com), [www.scopus.com](http://www.scopus.com), [www.journals.sagepub.com](http://www.journals.sagepub.com), [www.ideas.repec.org](http://www.ideas.repec.org)) базах данных.

*Методы.* Формирование массива статей (первая задача) осуществлялось с помощью авторского алгоритма семантического поиска публикаций в библиографической базе данных, опирающегося на машинное обучение [3]. Лимитирующим фактором этого алгоритма является отбор публикаций только на кириллице и латинице. Поэтому научные статьи с использованием другого алфавита (например, китайского или арабского) остались вне нашего анализа. Другим сдерживающим

фактором стало использование только восьми баз данных, которые охватывают большинство, но не все статьи в мире. При решении оставшихся задач использовался сравнительный метод.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Решение первой задачи позволило выявить 164 статьи, неравномерно (по годам) опубликованные в первое двадцатилетие XXI века не только в географических журналах (рис. 1). Статьи опубликованы в 93 журналах, из которых 24 являются географическими изданиями. Больше всего публикаций представлено в «Telecommunications Policy» (12 статей). Что касается стран, к которым относились авторы выявленных публикаций, то доминировали США и России (половина всех публикаций) на фоне 31 страны (удельный вес стран с тремя и более статьями приведен на рис. 2).

Из семи видов телекоммуникационных сетей в текущем столетии вне географического анализа оказались только радиорелейные линейно-узловые структуры, а наибольшее внимание уделялось оптоволоконным сетям (99 статей). В каждой проанализированной статье формулировался авторский подход к географическому изучению телекоммуникационных сетей. Если выделить нечто общее между публикациями и отобрать такую общность для всех видов сетей, то можно идентифицировать сквозные подходы. Выявлено десять подходов, которые ранжированы по количеству статей.

*Сравнительно-географический подход* (81 статья) нацелен на определение параметров телекоммуникационных сетей, их узлов и линий связи в пределах некоторых территорий (стран, регионов, городов, ареалов) с последующим сравнением этих территорий для выявления пространственно-временных закономерностей изменения параметров. Так, например, одним из параметров стационарных телефонных линий является «телеплотность» (TeleDensity; отношение общей длины линий к численности населения), которая анализировалась по странам Африки [27] и крупным штатам Индии [5]. Анализ хронологических особенностей концентрации узлов связи привел к оценке пространственно-временной неоднородности размещения, к примеру, почтовых учреждений в немецких государствах XIX века [42], автономных систем в африканских странах [14] и дата-центров в Великобритании [21].

Географические сравнения проводились между оптоволоконными сетями и почтовыми, телеграфными, телефонными [1, 2], железнодорожными [8] и авиационными сетями [45]. В качестве основных недостатков подхода, которые можно

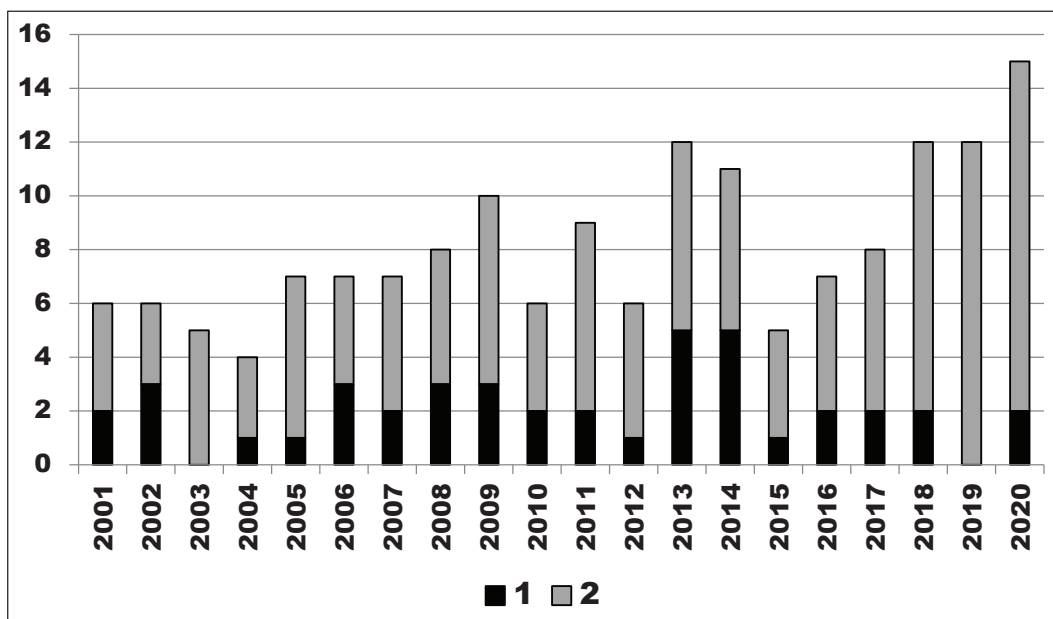


Рис. 1. Изменение ежегодного количества статей по географическому изучению телекоммуникационных сетей, опубликованных в географических (1) и других (2) научных журналах во всем мире в 2001-2020 годах (составлено автором)  
 [Fig. 1. Change in the annual number of articles on the geographical study of telecommunications networks published in geographical (1) and other (2) scientific journals worldwide in 2001–2020 (compiled by the author)]

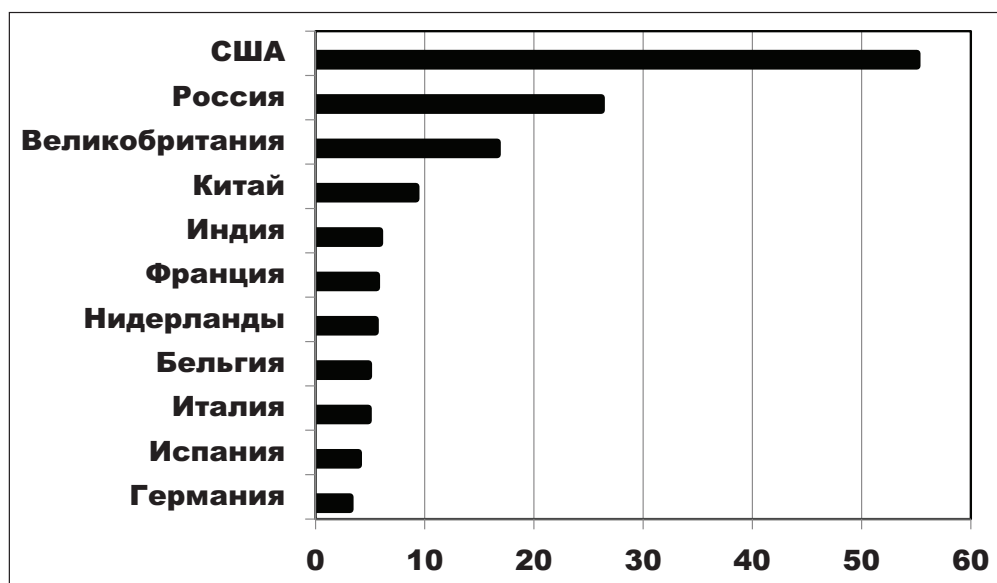


Рис. 2. Ранжирование стран по количеству журнальных статей (не менее трех в 2001-2020 годах), посвященных географическому изучению телекоммуникационных сетей (составлено автором)  
 Fig. 2. Ranking of countries by the number of journal articles (at least three in 2001-2020) devoted to the geographical study of telecommunication networks (compiled by the author)

трактовать как направления дальнейших исследований, целесообразно отметить три проблемы: отсутствие интегрального общественно-географического показателя (параметра) степени развития сети, хотя попытки создания частных показателей предпринимались в рамках сетевого подхода [2], поиска объясняющих географических и социаль-

но-экономических факторов [46] и составления индекса телекоммуникаций [10]; неопределенность с географическим обоснованием элементарной (наименьшей) ячейки для сравнительного анализа, что нашло отражение в разбросе мнений от квадрата со стороной 1 км [26] до размера государства [47]; дефицит географических параме-

тров хронологической структуры формирующихся сетей, поскольку такие параметры начали разрабатываться только для почтовых сетей [1].

*Потоковый подход* (23 статей). В отличие от предыдущего подхода, связанного с анализом размещения элементов сети, данное направление нацелено на познание функционирования этих элементов. Процесс взаимодействия узлов через линии связи в большинстве случаев характеризуется трафиком, под которым понимается количество информации (в битах или условных единицах), проходящее в единицу времени по каналу (линии, совокупности близко расположенных линий связи) между двумя географическими объектами (населенными пунктами, регионами, странами). Проблема в том, что измерить такой трафик и, соответственно, оценить информационные потоки между всеми территориально распределенными социально-экономическими образованиями весьма сложно по причине множества операторов, протоколов, транзитных операций, взаимодействующих стационарных и мобильных устройств. Интересные результаты получены при оценке пространственно-временного распределения трафика в сотовой связи, что позволило выделить «мобильные ландшафты» [28], провести обоснование гравитационного взаимодействия [15], определить территориальную концентрацию источников трафика во время важных событий [38] и картографировать «пространство потоков» [37]. Дальнейшие исследования могут быть направлены на решение проблем интеграции фиксированного и мобильного трафика для выявления поля интенсивного взаимодействия географических объектов, идентификации географической иерархии информационных потоков и кластеризации межрегиональных потоков.

*Маршрутно-географический подход* (12 статей). Во всех видах телекоммуникационных сетей существует проблема выбора оптимального маршрута доставки информации от отправителя к получателю. В современной связи происходит коммутация пакетов и их маршрутизация до автономной системы получателя. Однако количество узлов и путей доставки пакетов настолько велико, что современная техника не способна оперативно обновлять таблицы маршрутизации. Поэтому разрабатываются различные протоколы маршрутизации, позволяющие значительно упростить и удешевить доставку пакетов. Одна из таких групп протоколов называется географической маршрутизацией или маршрутизацией на основе местоположения [22]. Из всех публикаций по проблематике маршрутизации для анализа были отобраны только статьи с географиче-

скими примерами реализации предлагаемых алгоритмов. Среди них целесообразно отметить исследования по географически маршрутизируемой центральности стран [49], плотности географического расположения сквозных путей [32]) и измерению географического разнообразия интернет-маршрутов [9]. Дальнейшие исследования могут быть связаны с решением проблем географической маршрутизации (выбор только следующего географически близкого узла может приводить к образованию петель и заводить в тупик) при разработке алгоритмов построения географически обоснованных цепочек транзитных узлов до автономной системы получателя.

*Пространственно-диффузионный подход* (10 статей). Хронологическая последовательность распространения социально-экономических нововведений по ячейкам территории – популярная тема географических исследований, начиная с работ Т. Хегерстранда [18]. При изучении телекоммуникационных сетей основное внимание уделялось выявлению географических закономерностей процесса распространения узлов и линий связи, которые специфичны для контактной, каскадной (иерархической) и сетевой пространственной диффузии [1]. Большинство проанализированных публикаций связано с особенностями проникновения досоветских почтовых сетей на новые территории [1], а остальные работы нацелены на понимание первоначального формирования стационарных [6] и мобильных [12] телефонных сетей. Отсюда видно, что становление оптоволоконных сетей оказалось вне данного подхода. Хронологическая и хронологическая детализация подобных исследований могла бы способствовать пониманию пространственно-диффузионных процессов, но это еще не произошло.

*Районный подход* (10 статей). В отечественной районной школе экономической географии данный подход является основным и нацелен на выявление системы целостных и специфических территориальных образований, называемых районами. При изучении телекоммуникационных сетей подход применялся, к примеру, для выделения «региональных плотных ядер» [4] и районов [44] среди взаимодействующих автономных систем, идентификации почтово-сетевых районов [1]), разбиения телефонных сетей на сообщества [11] и районы «человеческих взаимодействий» [39]. К проблемам подхода можно отнести отсутствие теории информационно- сетевого районообразования, единой (сквозной для всех видов сетей) методики выявления районов, обоснованных схем интерпретации полученных результатов, а также

сложности трансформации методологии районирования для перехода на обработку «больших данных» в режиме реального времени.

*Геополитический подход* (8 статей). Политику одной страны (группы стран) по установлению контроля над системой связи другой страны (стран) можно назвать телекоммуникационной геополитикой. Она может проявляться, например, в отключении от глобальной сети связи, перенаправлении информационных потоков на собственные IXP и AS, негативном воздействии на ключевые узлы связи, поглощении местных операторов связи или введении против них санкций. Типичным примером такого подхода является исследование французских географов по «кибергеополитике» [40], в котором определяются оптимальные географические точки разрыва линий связи для отключения Ирана и Сирии от глобальной сети. Для исключения таких случаев проводятся исследования, к примеру, по «географии живучести сети» [17], надежности сети при географически коррелированных отказах [29] и выявлению ненадежных узлов-концентраторов [30]. Как и в предыдущих подходах, здесь нет единой методологии и достаточной апробации на разных видах телекоммуникационных сетей.

*Геолокационный подход* (7 статей). Определение географического местоположения IP-адресов конечных пользователей («хостов» локальной сети) и иных узлов (маршрутизаторов, концентраторов и др.) в ряде случаев (например, при динамическом адресе, когда его одновременно используют несколько пользователей) является сложной задачей. Тогда геолокация проводится с помощью трех методов [33] – идентификации ориентиров (близлежащих узлов с известным местоположением), измерения величины задержки сигнала и сопоставления местоположения хоста с префиксом BGP (Border Gateway Protocol – протокол граничного шлюза между автономными системами). Кроме технических алгоритмов геолокации существуют и географические методы, к которым можно отнести, например, установление взаимосвязи между местоположением маршрутизатора и плотностью населения [31], определение демографического положения узла в качестве ориентира [19] и географическое распределение локальной задержки [20]. Первые попытки географического осмысления проблематики геолокации нуждаются в распространении на все виды сетей и теоретическом обосновании применения комплексной географической информации (к примеру, о социально-экономическом районировании, гравитационном

взаимодействии или экономико-географическом положении узлов).

*Географически-блокирующий подход* (5 статей). Среди методов борьбы с обычными и распределенными хакерскими атаками типа «отказ в обслуживании» (генерация настолько большого потока информации на атакуемый сервер, чтобы он перестал откликаться на запросы пользователей) существуют способы обнаружения и блокирования географического ареала источников атаки. Проблема в том, что не всегда можно установить местоположение IP-адресов атакующих и приходится блокировать поступление пакетов с больших территорий. Чтобы не перекрывать весь легальный поток с этих территорий, разрабатываются алгоритмы «географического отслеживания» (geographical traceback) атакующего. Среди немногочисленных работ можно отметить, например, «алгоритм выборки отношения направлений» [36], «отслеживание географического деления» [48] и «поиск злоумышленников на основе идентификации информации по географическому ландшафту» [34]. Будущие исследования целесообразно направить на обоснование применения комплексной географической информации (см. предыдущий подход).

*Конструктивно-географический подход* (4 статьи). Цель подобных исследований – получение географического доказательства необходимости создания тех или иных элементов сети в конкретных местах. В качестве примера можно привести географическое решение проблемы размещения концентраторов (хабов) в телекоммуникационной сети США [24] и трассировку новых оптоволоконных линий связи на основе географического анализа связности городов России [2]. В перспективе целесообразно сосредоточить усилия на формулировке и количественном решении задач географической оптимизации сети.

*Географически-задерживающий подход* (4 статьи). Если сеть представить не в виде узлов и линий, а по величине задержки сигнала между каждой парой узлов, что является ключевым параметром сетей пятого поколения (5G), то можно идентифицировать территориальные скопления узлов или цифровые агломерации [2]. Географический анализ распределения задержки по территории необходим также для определения зон функционирования «Тактильного Интернета» и контроля над автономными системами искусственного интеллекта [2]. Новым примером может служить оценка телекоммуникационных последствий пандемии COVID-19 для Италии, в которой зафиксировано увеличение в 3–4 раза

стандартного отклонения средней дополнительной задержки в период пандемии, по сравнению с другими европейскими странами [7]. Перспективы подхода связаны с переходом от эмпирических исследований к разработке теории сетевой геозадержки.

Предвидеть подходы, которые появятся в будущем, весьма сложно по ряду причин, в том числе из-за стремительного развития информационно-коммуникационных технологий и неопределенности относительно новой парадигмы экономического роста. Тем не менее, можно наметить контуры возможных подходов на ближайшее десятилетие, опираясь на тренды развития общественной географии и телекоммуникационных сетей 6G [43]. Отметим только три подхода, которые, по мнению автора, наиболее перспективны.

*Экономико-географический подход.* Развитие телекоммуникационной сети на определенной территории (ареал, город, регион, страна) приводит к экономическому росту этой территории. Проблема в том, что количественно измерить рост, обусловленный только функционированием инфраструктуры, весьма сложно. Однако взаимосвязь между сетями и территориальным развитием существует [35], а имеющиеся попытки ее измерения подразумевают широкое понимание сетей как телекоммуникационных технологий [16]. Реализация подхода позволит понять географические особенности телекоммуникационной сети, приводящие к экономическому росту одних, деградации других и неизменности третьих территорий.

*Географически-сетеконвергентный подход.* Постепенное объединение разных видов телекоммуникационных сетей имеет географические проблемы, среди которых выделяется состыковка географической маршрутизации низкоорбитальных спутниковых и наземных линейно-узловых структур. Одиноспособоврешенияданнойпроблемысвязан с делением земной поверхности на области [41], но географическое обоснование выделения таких областей в настоящее время отсутствует. К другим проблемам относится конвергенция оптоволоконных и стационарных телефонных сетей, а объединение всех видов электросвязи с почтовой связью в настоящее время представляется очень сложным. Тем не менее, уже тестируются почтовые дроны, и ставится задача выбора оптимального местоположения операционных центров городской беспилотной авиапочты [25].

*Искусственно-геоинтеллектуальный подход.* Стремительное развитие систем искусственного интеллекта затронуло многие сферы человеческой

деятельности, включая экономико-географические [2] и региональные экономические [3] исследования. Это может быть основой для географических исследований по развертыванию будущих сетей 6G, которые станут искусственно-интеллектуальными [43]. Дальнейшая интеграция технических и географических исследований может привести к тому, что наиболее востребованные сетевые решения после 2030 года будут связаны с разработкой географически-интеллектуальных динамически-конфигурируемых сверхплотных сетей нового поколения (7G).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ статей за последний двадцатилетний период позволил выявить десять подходов, а прогнозистические оценки развития телекоммуникационных сетей указали на возможность появления в будущем трех новых подходов. Все современные подходы находятся в стадии формирования, что со временем может привести к их дивергенции или конвергенции. Не исключено, что сравнительно-географический подход, объединяющий наибольшее количество публикаций, распадется на несколько частных подходов. Однако более вероятно конвергенция всех подходов в единую методологию географического изучения телекоммуникационных сетей. Основанием для этого могут служить две тенденции – конвергенция разных видов сетей и консолидация исследований с целью формирования новой научной дисциплины. Относительно причин консолидации можно отметить, что, например, геолокация и геомаршрутизация позволяют выявить участки информационных потоков или задержки сигнала, существенные для формирования сетевых районов и геоблокировки источников атаки. В свою очередь, на основе специфики системы районов можно выстраивать геополитические действия, проводить обоснование необходимости создания новых элементов сети и осуществлять сравнительно-географический анализ. Ключевое положение районного подхода в будущем может быть дополнено экономико-географической и сетеконвергентной оценкой районов с переходом к построению географически-интеллектуальных сетей 7G.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блануца В.И. *Развертывание информационно-коммуникационной сети как географический процесс (на примере становления сетевой структуры сибирской почты)*. Москва: ИНФРА-М, 2016. 246 с.
2. Блануца В.И. *Информационно-сетевая география*. Москва: ИНФРА-М, 2019. 243 с.
3. Блануца В.И. Региональные экономические исследования с использованием алгоритмов искусствен-

ного интеллекта: состояние и перспективы // *Вестник Забайкальского государственного университета*, 2020, т. 26, № 8, с. 100-111.

4. Bar S., Gonen M., Wool A. A geographic directed preferential internet topology model // *Computer Network*, 2007, vol. 51, no. 14, pp. 4174-4188.

5. Barman H., Dutta M.K., Nath H.K. The telecommunications divide among Indian states // *Telecommunications Policy*, 2018, vol. 42, no. 7, pp. 530-551.

6. Calvo A. The shaping of urban telephone networks in Europe, 1877-1926 // *Urban History*, 2006, vol. 33, no. 3, pp. 411-434.

7. Candela M., Luconi V., Vecchio A. Impact of the COVID-19 pandemic on the Internet latency: A large-scale study // *Computer Networks*, 2020, vol. 182, no. 11, e107495.

8. Chong P.P., DeVries P.D., Van den Hoek A. The information superhighway: The golden spike of the 21<sup>st</sup> century // *International Journal of Innovation and Learning*, 2005, vol. 2, no. 3, pp. 223-232.

9. Csoma A., Gulyas A., Toka L. On measuring the geographic diversity of Internet routes // *IEEE Communications Magazine*, 2017, vol. 55, no. 5, pp. 192-197.

10. David O.O. Nexus between telecommunication infrastructures, economic growth and development in Africa: Panel vector autoregression (PVAR) analysis // *Telecommunications Policy*, 2019, vol. 43, no. 8, pp. 1-17.

11. Delineating geographical regions with networks of human interactions in an extensive set of countries / S. Sobolevsky, M. Szell, R. Campari et al. // *PLoS ONE*, 2013, vol. 8, no. 12, e81707.

12. Ding L., Haynes K.E., Li H. Modeling the spatial diffusion of mobile telecommunications in China // *Professional Geographer*, 2010, vol. 62, no. 2, pp. 248-263.

13. Dodge M., Kitchin R. *Mapping Cyberspace*. London: Routledge, 2001. 260 p.

14. Four years tracking unrevealed topological changes in the African interdomain / R. Fanou, P. Francois, E. Aben et al. // *Computer Communications*, 2017, vol. 106, pp. 117-135.

15. Geographical dispersal of mobile communication networks / R. Lambiotte, V.D. Blondel, de Kerchove C. et al. // *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2008, vol. 387, no. 21, pp. 5317-5325.

16. Gómez-Barroso J.L., Marbán-Flores R. Telecommunications and economic development – The 21st century: Making the evidence stronger // *Telecommunication Policy*, 2020, vol. 44, no. 2, e101905.

17. Grubestic T.H., Murray A.T. Vital nodes, interconnected infrastructures, and the geographies of network survivability // *Annals of the Association of American Geographers*, 2006, vol. 96, no. 1, pp. 64-83.

18. Hagerstrand T. *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. Chicago: The University of Chicago Press, 1967. 350 p.

19. Improving the accuracy of measurement-based geographic location of internet hosts / A. Ziviani, S. Frida, de Rezende J.F., O.C.M.B. Duarte // *Computer Networks*, 2005, vol. 47, no. 4, pp. 503-523.

20. IP geolocation based on identification routers and local delay distribution similarity / F. Zhao, X. Luo, Y. Gan et al. // *Concurrence and Computation: Practice and Experience*, 2019, vol. 31, no. 22, e4722.

21. Jones P., Comfort D., Hillier D. The changing geography of data centers in the UK // *Geography*, 2013, vol. 98, no. 1, pp. 18-23.

22. Kaur H., Singh H., Sharma A. Geographic routing protocol: A review // *International Journal of Grid and Distributed Computing*, 2016, vol. 9, no. 2, pp. 245-254.

23. Kellerman A. *Telecommunications and Geography*. London: Belhaven Press, 1993. 230 p.

24. Kim H., O'Kelly M.E. Reliable p-hub location problems in telecommunication networks // *Geographical Analysis*, 2009, vol. 41, no. 3, pp. 283-306.

25. Kim J., Moon H., Jung H. Drone-based parcel delivery using the rooftops of city buildings: Model and solution // *Applied Sciences*, 2020, vol. 10, no. 12, e4362.

26. Lehtonen O. Population grid-based assessment of the impact of broadband expansion on population development in rural areas // *Telecommunications Policy*, 2020, vol. 44, no. 10, e102028.

27. Mbarika V.W., Byrd T.A. An exploratory study of strategies to improve Africa's least developed economies' telecommunications infrastructure: The stakeholders speak // *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2009, vol. 56, no. 2, pp. 312-328.

28. Mobile landscape: Using location data from cell phones for analysis / C. Ratti, R.M. Pulsell, S. Williams, D. Frenchman // *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2006, vol. 33, no. 5, pp. 727-748.

29. Neumayer S., Modiano E. Network reliability under geographically correlated line and disk failure models // *Computer Networks*, 2016, vol. 94, pp. 14-28.

30. O'Kelly M.E., Kim H., Kim C. Internet reliability with realistic peering // *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2006, vol. 33, no. 3, pp. 325-343.

31. On the geographic location of Internet resources / A. Lakhina, J.W. Byers, M. Crovella, I. Matta // *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2003, vol. 21, no. 6, pp. 934-948.

32. On the spatial properties of internet routes / P. Mátray, P. HÁga, S. Laki et al. // *Computer Networks*, 2012, vol. 56, no. 9, pp. 2237-2248.

33. Padmanabhan V.N., Subramanian L. An investigation of geographic mapping techniques for internet hosts // *Computer Communication Review*, 2001, vol. 31, no. 4, pp. 173-185.

34. Periyasamy S., Duraiswamy K. Ddos and dos parallel attack traceback by spatial marking technique // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2014, vol. 69, no. 1, pp. 59-67.

35. Puel G., Ullmann C. Nodes and links of the internet: A geographical, economic and technical approach // *Espace Géographique*, 2006, vol. 35, no. 2, pp. 97-114.

36. Rajiv Kannan A., Duraiswamy K., Sangeetha K. Three dimensional multidirectional geographical IP traceback: Direction ratio sampling algorithm // *Journal of Computer Science*, 2009, vol. 5, no. 9, pp. 136-139.

37. Reades J., Smith D.A. Mapping the “space of flows”: The geography of global business telecommunications and employment specialization in the London mega-city-region // *Regional Studies*, 2014, vol. 48, no. 1, pp. 105-126.
38. Real-time urban monitoring using cell phones: A case study in Rome / F. Calabrese, M. Colonna, P. Lovisolino et al. // *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2011, vol. 12, no. 1, pp. 141-151.
39. Redrawing the map of Great Britain from a network of human interactions / C. Ratti, S. Sobolevsky, F. Calabrese et al. // *PLoS ONE*, 2010, vol. 5, no. 12, e14248.
40. Robine J., Salamatian K. Envisioning cyber-geography // *Hérodote*, 2014, vol. 152-153, no. 1-2, pp. 123-139.
41. Roth M., Brandt H., Bisch H. Implementation of a geographical routing scheme for low Earth orbiting satellite constellations using intersatellite links // *International Journal of Satellite Communications and Networking*, 2021, vol. 39, no. 1, pp. 92-107.
42. Segal Z. Communication and state construction: The postal service in German States, 1815-1866 // *Journal of Interdisciplinary History*, 2014, vol. 44, no. 4, pp. 453-473.
43. The roadmap to 6G: AI empowered wireless networks / K.B. Letaief, W. Chen, Y. Shi et al. // *IEEE Communication Magazine*, 2019, vol. 57, no. 8, pp. 84-90.
44. Towards geographical analysis of the autonomous system network / U. Yacobi-Keller, E. Savin, B. Fabian, T. Ermakova // *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, 2019, vol. 21, no. 3, pp. 379-397.
45. Tranos E. The topology and the emerging urban geographies of the Internet backbone and aviation networks in Europe: A comparative study // *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2012, vol. 43, no. 2, pp. 378-392.
46. Tranos E. *The Geography of the Internet: Cities, Regions and the Internet Infrastructure in Europe*. Berlin: Edward Elgar Publ., 2013. 252 p.
47. Tripathi M., Inani S. K. Does information and communications technology affect economic growth? Empirical evidence from SAARC countries // *Information Technology for Development*, 2020, vol. 26, no. 4, pp. 773-787.
48. Viswanathan A., Arunachalam V.P., Karthik S. Geographical division traceback for distributed denial of service // *Journal of Computer Science*, 2012, vol. 8, no. 2, pp. 216-221.
49. Wang J. H., An C. A study on geographic properties of internet routing // *Computer Networks*, 2018, vol. 133, pp. 183-194.

**Конфликт интересов:** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 19.01.2022

Принята к публикации 05.06.2023

---

---

## ECONOMIC, SOCIAL, POLITICAL AND RECREATIONAL GEOGRAPHY

---

---

UDC 911.3

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/2/30-39>

### Geographical Study of Telecommunication Networks in the 21st Century: Current and Future Approaches

V.I. Blanutsa ✉

*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the RAS, Russian Federation  
(1, Ulan-Batorskaya St., Irkutsk, 664033)*

**Abstract.** The purpose is to identify existing approaches and outline the contours of future approaches to the geographical study of telecommunication networks.

**Materials and methods.** The information base is one domestic and seven international bibliographic databases. The methods are comparative analysis and the author's semantic search algorithm based on machine learning.

**Results.** One hundred and sixty-four articles were identified. According to the types of telecommunication networks, preference was given to the study of fiber-optic networks and much less attention was paid to cellular, postal, landline telephone, satellite and telegraph networks. The analysis of publications allowed us to identify ten existing approaches: comparative-geographical, streaming, route-geographical, spatial-diffusion, regional,

© Blanutsa V.I., 2023

✉ Viktor I. Blanutsa, e-mail: [blanutsa@list.ru](mailto:blanutsa@list.ru)



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



geopolitical, geolocation, geographically-blocking, constructively-geographical and geographically-delaying. Based on the prospects for the development of geography and telecommunication networks, an assumption is made about the possibility of the appearance in the future of three new approaches – economic-geographical, geographical-grid-convergent and artificial-geo-intellectual.

**Conclusions.** It is possible that in the future there will be a consolidation of all approaches into a single methodology aimed at the geographical justification of the deployment of 7G networks.

**Key words:** socio-economic geography, postal network, telephone network, wireless network, fiber optic network, Internet, autonomous system, routing, zoning.

**Funding:** The study was carried out at the expense of the state task (registration number of the topic AAAA-A21-121012190018-2).

**For citation:** Blanutsa V.I. Geographical Study of Telecommunication Networks in the 21st Century: Current and Future Approaches. *Vestnik Voronezskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2023, no. 2, pp. 30-39. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/2/30-39>

## REFERENCES

1. Blanutsa V.I. *Razvertyvanie informacionno-kommunikacionnoj seti kak geograficheskij process (na primere stanovleniya setevoy struktury sibirskoj pochty)*. [Deployment of an Information and Communication Network as a Geographic Process (On the Example of the Formation of the Siberian Postal Network Structure)]. Moscow: INFRA-M, 2016. 246 p. (In Russ.)
2. Blanutsa V.I. *Informacionno-setevaya geografiya* [Information and Network Geography]. Moscow: INFRA-M, 2019. 243 p. (In Russ.)
3. Blanutsa V.I. Regional'nye ekonomicheskie issledovaniya s ispol'zovaniem algoritmov iskusstvennogo intellekta: sostoyanie i perspektivy [Regional economic studies using artificial intelligence algorithms: State and prospects]. *Vestnik Zabajkalskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 2020, vol. 26, no. 8, pp. 100-111. (In Russ.)
4. Bar S., Gonen M., Wool A. A geographic directed preferential internet topology model. *Computer Network*, 2007, vol. 51, no. 14, pp. 4174-4188.
5. Barman H., Dutta M.K., Nath H.K. The telecommunication divide among Indian states. *Telecommunications Policy*, 2018, vol. 42, no. 7, pp. 530-551.
6. Calvo A. The shaping of urban telephone networks in Europe, 1877-1926. *Urban History*, 2006, vol. 33, no. 3, pp. 411-434.
7. Candela M., Luconi V., Vecchio A. Impact of the COVID-19 pandemic on the Internet latency: A large-scale study. *Computer Networks*, 2020, vol. 182, no. 11, e107495.
8. Chong P.P., DeVries P.D., Van den Hoek A. The information superhighway: The golden spike of the 21<sup>st</sup> century. *International Journal of Innovation and Learning*, 2005, vol. 2, no. 3, pp. 223-232.
9. Csoma A., Gulyas A., Toka L. On measuring the geographic diversity of Internet routes. *IEEE Communications Magazine*, 2017, vol. 55, no. 5, pp. 192-197.
10. David O. O. Nexus between telecommunication infrastructures, economic growth and development in Africa: Panel vector autoregression (PVAR) analysis. *Telecommunications Policy*, 2019, vol. 43, no. 8, pp. 1-17.
11. Delineating geographical regions with networks of human interactions in an extensive set of countries / S. Sobolevsky, M. Szell, R. Campari et al. *PLoS ONE*, 2013, vol. 8, no. 12, e81707.
12. Ding L., Haynes K.E., Li H. Modeling the spatial diffusion of mobile telecommunications in China. *Professional Geographer*, 2010, vol. 62, no. 2, pp. 248-263.
13. Dodge M., Kitchin R. *Mapping Cyberspace*. London: Routledge, 2001. 260 p.
14. Four years tracking unrevealed topological changes in the African interdomain / R. Fanou, P. Francois, E. Aben et al. *Computer Communications*, 2017, vol. 106, pp. 117-135.
15. Geographical dispersal of mobile communication networks / R. Lambiotte, V.D. Blondel, de Kerchove C. et al. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 2008, vol. 387, no. 21, pp. 5317-5325.
16. Gómez-Barroso J.L., Marbán-Flores R. Telecommunications and economic development – The 21st century: Making the evidence stronger. *Telecommunication Policy*, 2020, vol. 44, no. 2, e101905.
17. Grubestic T.H., Murray A.T. Vital nodes, interconnected infrastructures, and the geographies of network survivability. *Annals of the Association of American Geographers*, 2006, vol. 96, no. 1, pp. 64-83.
18. Hagerstrand T. *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. Chicago: The University of Chicago Press, 1967. 350 p.
19. Improving the accuracy of measurement-based geographic location of internet hosts / A. Ziviani, S. Frida, de Rezende J.F., O.C.M.B. Duarte. *Computer Networks*, 2005, vol. 47, no. 4, pp. 503-523.
20. IP geolocation based on identification routers and local delay distribution similarity / F. Zhao, X. Luo, Y. Gan et al. *Concurrence and Computation: Practice and Experience*, 2019, vol. 31, no. 22, e4722.
21. Jones P., Comfort D., Hillier D. The changing geography of data centers in the UK. *Geography*, 2013, vol. 98, no. 1, pp. 18-23.
22. Kaur H., Singh H., Sharma A. Geographic routing protocol: A review. *International Journal of Grid and Distributed Computing*, 2016, vol. 9, no. 2, pp. 245-254.
23. Kellerman A. *Telecommunications and Geography*. London: Belhaven Press, 1993. 230 p.

24. Kim H., O'Kelly M.E. Reliable p-hub location problems in telecommunication networks. *Geographical Analysis*, 2009, vol. 41, no. 3, pp. 283-306.
25. Kim J., Moon H., Jung H. Drone-based parcel delivery using the rooftops of city buildings: Model and solution. *Applied Sciences*, 2020, vol. 10, no. 12, e4362.
26. Lehtonen O. Population grid-based assessment of the impact of broadband expansion on population development in rural areas. *Telecommunications Policy*, 2020, vol. 44, no. 10, e102028.
27. Mbarika V.W., Byrd T.A. An exploratory study of strategies to improve Africa's least developed economies' telecommunications infrastructure: The stakeholders speak. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2009, vol. 56, no. 2, pp. 312-328.
28. Mobile landscape: Using location data from cell phones for analysis / C. Ratti, R. M. Pulsell, S. Williams, D. Frenchman. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2006, vol. 33, no. 5, pp. 727-748.
29. Neumayer S., Modiano E. Network reliability under geographically correlated line and disk failure models. *Computer Networks*, 2016, vol. 94, pp. 14-28.
30. O'Kelly M.E., Kim H., Kim C. Internet reliability with realistic peering. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2006, vol. 33, no. 3, pp. 325-343.
31. On the geographic location of Internet resources / A. Lakhina, J. W. Byers, M. Crovella, I. Matta. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2003, vol. 21, no. 6, pp. 934-948.
32. On the spatial properties of internet routes / P. Mátray, P. Haga, S. Laki et al. *Computer Networks*, 2012, vol. 56, no. 9, pp. 2237-2248.
33. Padmanabhan V.N., Subramanian L. An investigation of geographic mapping techniques for internet hosts. *Computer Communication Review*, 2001, vol. 31, no. 4, pp. 173-185.
34. Periyasamy S., Duraiswamy K. Ddos and dos parallel attack traceback by spatial marking technique. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 2014, vol. 69, no. 1, pp. 59-67.
35. Puel G., Ullmann C. Nodes and links of the internet: A geographical, economic and technical approach. *Espace Geographique*, 2006, vol. 35, no. 2, pp. 97-114.
36. Rajiv Kannan A., Duraiswamy K., Sangeetha K. Three dimensional multidirectional geographical IP traceback: Direction ratio sampling algorithm. *Journal of Computer Science*, 2009, vol. 5, no. 9, pp. 136-139.
37. Reades J., Smith D.A. Mapping the "space of flows": The geography of global business telecommunications and employment specialization in the London mega-city-region. *Regional Studies*, 2014, vol. 48, no. 1, pp. 105-126.
38. Real-time urban monitoring using cell phones: A case study in Rome / F. Calabrese, M. Colonna, P. Lovisolino et al. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2011, vol. 12, no. 1, pp. 141-151.
39. Redrawing the map of Great Britain from a network of human interactions / C. Ratti, S. Sobolevsky, F. Calabrese et al. *PLoS ONE*, 2010, vol. 5, no. 12, e14248.
40. Robine J., Salamati K. Envisioning cyber-geography. *Herodote*, 2014, vol. 152-153, no. 1-2, pp. 123-139.
41. Roth M., Brandt H., Bisch H. Implementation of a geographical routing scheme for low Earth orbiting satellite constellations using intersatellite links. *International Journal of Satellite Communications and Networking*, 2021, vol. 39, no. 1, pp. 92-107.
42. Segal Z. Communication and state construction: The postal service in German States, 1815-1866. *Journal of Interdisciplinary History*, 2014, vol. 44, no. 4, pp. 453-473.
43. The roadmap to 6G: AI empowered wireless networks / K. B. Letaief, W. Chen, Y. Shi et al. *IEEE Communication Magazine*, 2019, vol. 57, no. 8, pp. 84-90.
44. Towards geographical analysis of the autonomous system network / U. Yacobi-Keller, E. Savin, B. Fabian, T. Ermakova. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, 2019, vol. 21, no. 3, pp. 379-397.
45. Tranos E. The topology and the emerging urban geographies of the Internet backbone and aviation networks in Europe: A comparative study. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2012, vol. 43, no. 2, pp. 378-392.
46. Tranos E. *The Geography of the Internet: Cities, Regions and the Internet Infrastructure in Europe*. Berlin: Edward Elgar Publ., 2013. 252 p.
47. Tripathi M., Inani S.K. Does information and communications technology affect economic growth? Empirical evidence from SAARC countries. *Information Technology for Development*, 2020, vol. 26, no. 4, pp. 773-787.
48. Viswanathan A., Arunachalam V.P., Karthik S. Geographical division traceback for distributed denial of service. *Journal of Computer Science*, 2012, vol. 8, no. 2, pp. 216-221.
49. Wang J.H., An C. A study on geographic properties of internet routing. *Computer Networks*, 2018, vol. 133, pp. 183-194.
- Conflict of interest:** The author declares no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 19.01.2022

Accepted: 05.06.2023

Блануца Виктор Иванович  
доктор географических наук, ведущий научный сотрудник  
Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
г. Иркутск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-  
3958-216X, e-mail: blanutsa@list.ru

Viktor I. Blanutsa  
Dr. Sci. (Geogr.), Leading Researcher of the V.B. Sochava  
Institute of Geography, Siberian Branch of the RAS,  
Irkutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-3958-  
216X, e-mail: blanutsa@list.ru