

Оценка экономико-географического положения городов и регионов с помощью геопространственного искусственного интеллекта

В. И. Блануца 

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

Аннотация. Цель – построить систему геопространственного искусственного интеллекта для оценки экономико-географического положения и апробировать эту систему при определении положения регионов в современной сетке административно-территориального деления Российской Федерации и положения городских поселений Иркутской области в будущей сети тактильного Интернета.

Материалы и методы. Использовались политическая карта России, данные Росстата о численности населения и сведения о линиях электросвязи Иркутской области (по состоянию на 1 января 2024 года). Применялись алгоритмы интеллектуального анализа данных, метод оценки соседского положения и методика расчета величины задержки передачи данных между поселениями.

Результаты и обсуждение. Созданы системы геопространственного искусственного интеллекта для оценки положения региона в сетке административно-территориальном делении страны и положения города в сети тактильного Интернета. Получена количественная оценка соседского положения 89 регионов России по двум коэффициентам значимости удаленных соседей. Определено интернет-тактильное положение (по количеству потенциальных абонентов) городских поселений Иркутской области.

Выводы. Разработанные системы позволяют в режиме реального времени анализировать два частных вида экономико-географического положения. Для создания интегральной системы оценки всех видов экономико-географического положения территориальных объектов необходимо будет перейти от существующей парадигмы слабого искусственного интеллекта к парадигме сильного и сверхсильного искусственного интеллекта.

Ключевые слова: экономико-географическое положение, искусственный интеллект, административно-территориальное деление, тактильный Интернет, Иркутская область, Российская Федерация.

Источник финансирования: Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ регистрации темы AAAA-A21-121012190018-2).

Для цитирования: Блануца В. И. Оценка экономико-географического положения городов и регионов с помощью геопространственного искусственного интеллекта // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2025, № 2, с. 40-48. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/2/40-48>

ВВЕДЕНИЕ

Вхождение человечества в эпоху «больших данных» и искусственного интеллекта (ИИ) [10] ставит перед общественной географией, нацеленной на знание территориальной организации общества, новые задачи [3, 14]. Одна из них – формирование систем ИИ для обработки непрерывного потока большого объема геопространственных данных. Для оценки экономико-географического положения (ЭГП) населенных пунктов, регионов, стран и других географических образований такие системы еще не создавались.

Объектом нашего исследования является экономико-географическое положение городов и регионов. Цель работы – построить систему геопространственного искусственного интеллекта (ГеоИИ) для оценки ЭГП и

апробировать эту систему при определении положения регионов в современной сетке административно-территориального деления (АТД) Российской Федерации и положения городских поселений Иркутской области в будущей сети тактильного Интернета (ТИ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Информационная база. Для анализа АТД использовалась современная политическая карта России (по состоянию на 1 января 2024 года)¹ и данные Росстата о численности населения², а для прогноза развертывания ТИ в Иркутской области – те же данные Росстата (по городским поселениям области) и база данных о линиях электросвязи Иркутской области (составлена по отчетам операторов связи на 1 января 2024 года).

© Блануца В.И., 2025

✉ Блануца Виктор Иванович, e-mail: blanutsa@list.ru

¹ Политическая карта России 2024. – URL: <https://1maps.ru/politicheskaya-karta-rossii/?ysclid=m07xvz65re624534077> (дата обращения: 01.06.2024). – Текст: электронный.

² Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2024 года / Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 01.06.2024). – Текст: электронный.



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

Методы. Для выявления в отечественных научных журналах статей по ЭГП использовался авторский алгоритм семантического поиска на основе машинного обучения [3], а для построения системы ГеоИИ применялись алгоритмы интеллектуального анализа данных [3]. Оценка соседского положения регионов в АТД проводилась на основе методики определения соседского положения стран [2], а оценка интернет-тактильного географического положения городских поселений – по методике расчета величины задержки передачи данных между поселениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экономико-географическое положение. Данное понятие введено в научный оборот Н.Н. Баранским, который определил ЭГП как «отношение какого-либо места, района или города к вне его лежащим данностям, имеющим то или иное экономическое значение» [1]. При этом, «экономико-географическое положение мы должны учитывать широко, имея в виду не одну только экономику, но и политику, стратегию и культуру» [1]. В дальнейшем стали различать интегральное ЭГП и частные виды ЭГП, которые оценивались различными способами [2]. На сайтах отечественных научных журналов, изданных в 2001-2023 годах, с помощью авторского алгоритма семантического поиска [3] обнаружено 390 статей по ЭГП в широком смысле (включая «политику ... и культуру»). Несмотря на колебания ежегодного количества статей (рис. 1), наблюдался рост научного интереса к проблематике ЭГП (в 2013-2023 годы опубликовано в 5,6 раз больше статей, чем в 2001-2012 годы). Анализ выявленных публикаций позволил начать формирование системы ГеоИИ для оценки всех видов ЭГП (далее ГеоИИ-ЭГП).

Геопространственный искусственный интеллект. Принято различать [9] три типа (парадигмы)

ИИ: слабый (узкий; имитирует отдельные человеческие решения), сильный (общий; воспроизводит все когнитивные способности человека) и сверхсильный (суперинтеллект; превосходит когнитивные способности человека). В общественно-географических исследованиях алгоритмы ИИ стали активно применяться с 1990-х годов. [19]. Появление «больших данных» привело к необходимости их оперативного анализа, что обусловило актуальность разработки алгоритмов ГеоИИ. Представление о новом виде ИИ формировалось с 2017 года на ежегодных семинарах по ГеоИИ в рамках международных конференций Ассоциации вычислительной техники [13]. Это направление создавалось на стыке аналитики геопространственных данных и технологий ИИ, особенно пространственно-явных методов глубокого обучения и графов знаний.

В обзорных публикациях по ГеоИИ [12, 16-18] не зафиксировано построение какой-либо системы оценки ЭГП. Ее формирование – весьма трудоемкий и длительный процесс, на первом этапе которого разрабатываются системы для частных видов ЭГП. Далее представлены результаты формирования слабого геопространственного искусственного интеллекта для оценки положения региона в сетке административно-территориального деления страны (ГеоИИ-ОПР-АТД) и оценки положения города в сети тактильного Интернета (ГеоИИ-ОПГ-ТИ). Выбор именно этих двух видов ЭГП обусловлен необходимостью продолжения исследований по оценке соседского положения [2] и географическому анализу будущего развертывания тактильной связи [5]. Исключив технические подробности, будет рассмотрена общая структура систем и географические результаты их применения.

Положение региона в сетке административно-территориального деления. В соответствии с целью исследования была разработана система ГеоИ-

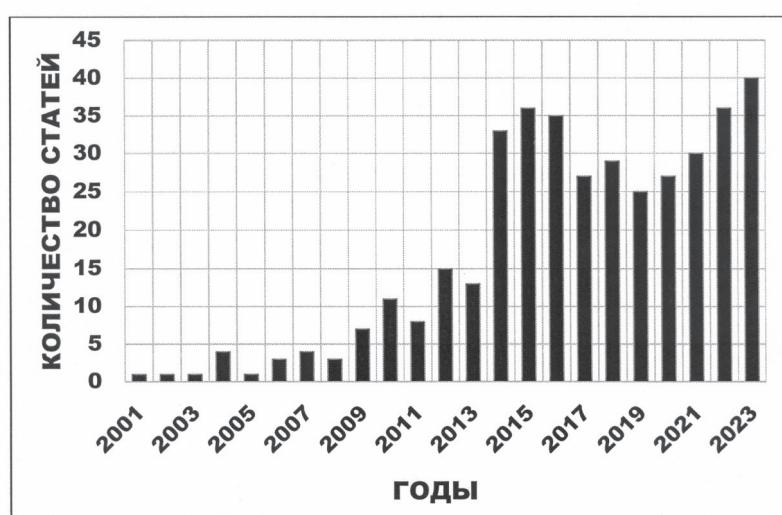


Рис. 1. Изменение ежегодного количества статей по экономико-географическому положению, опубликованных в отечественных научных журналах в 2001-2023 годы

[Fig. 1. The change in the annual number of articles on economic-geographical position published in Russian scientific journals in 2001-2023]

И-ОПР-АТД, структуру которой можно представить в виде нескольких взаимодействующих блоков (рис. 2). На вход системы подаются различные виды исходных данных. К настоящему времени отработан механизм преобразования входящих данных в машиночитаемую форму с последующим распознаванием топологической схемы расположения регионов относительно друг друга (построение графа соседства) и привязки к ним

вводимой информации для всех видов, кроме географических карт. Сложности с распознаванием на картах сетки АТД связаны с задачей машинного чтения (компьютерного зрения) не только современных, но и старых карт. Несмотря на определенный прогресс в использовании нейросетей в картографии [7], существуют проблемы с машинным обнаружением и пониманием эволюции АТД [8].

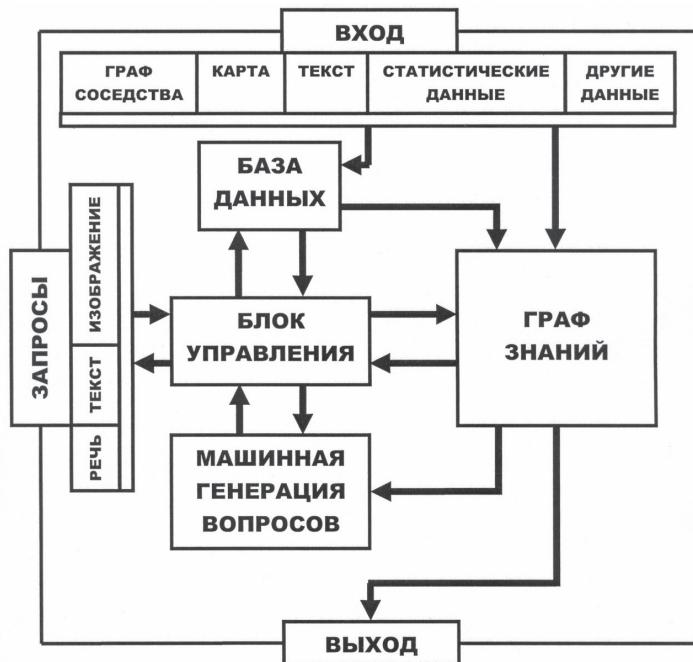
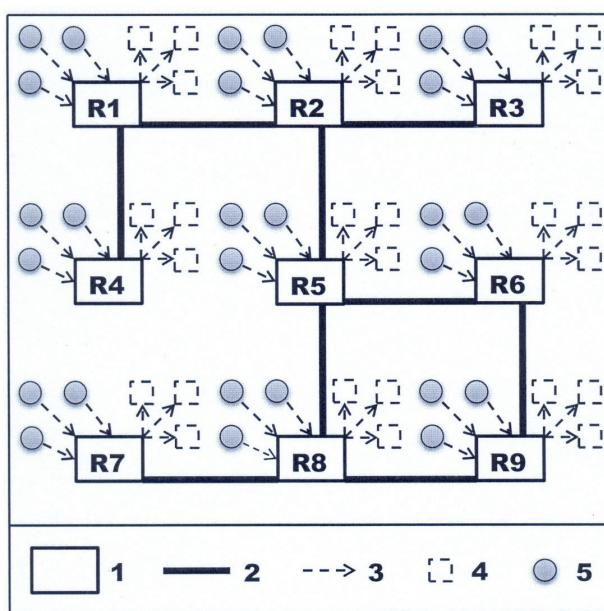


Рис. 2. Система геопространственного искусственного интеллекта для оценки положения региона в административно-территориальном делении

[Fig. 2. Geospatial artificial intelligence system for assessing the position of region in the administrative-territorial division]



Условные обозначения: 1 – регион, 2 – отношение между регионами (соседство),
3 – переход к другим состояниям и учет атрибутов, 4 – прошлые и будущие состояния региона, 5 – атрибут

Рис. 3. Граф знаний для девяти условных регионов (R1-R9)

[Fig. 3. Knowledge graph for nine conditional regions (R1-R9)]

Входящая информация распределяется между базой данных и графом знаний с помощью блока управления (см. рис. 2). Созданная система рассчитана на получение ответов на географические вопросы, задаваемые через блок «Запросы». При этом оценка ЭГП осуществляется в рамках парадигмы слабого ИИ, то есть имитирует человеческую деятельность по такой оценке. Для перехода к сильному ИИ и далее необходимо совершенствование блока управления, а также более глубокое обучение для машинного генератора вопросов. Что касается графа знаний, то в предлагаемой системе он имеет вид отношений между регионами с привязкой различных атрибутов к регионам и возможностью перехода к разным состояниям АТД (рис. 3). Под последним понимаются как прошлые сетки АТД, так и будущие сетки, моделирующие объединение или деление современных регионов.

Для оценки соседского положения регионов использовались данные о количестве соседей разного порядка и коэффициент значимости соседей. Чем больше у региона соседей, тем более выгодное положение в АТД может иметь этот регион, а коэффициент отражает уменьшение значимости более удаленных соседей. Опираясь на ранее выполненные исследования [2], основным будет двукратное уменьшение значимости соседей следующего порядка. Тогда коэффициент (k_A) будет равен 1 для соседей первого порядка (имеют границу с рассматриваемым регионом), 0,5 – для соседей второго порядка (соседи регионов первого порядка), 0,25 – для соседей

третьего порядка и т.д. На условном примере (см. рис. 3) видно, что больше всего соседей у регионов R2, R5 и R8, но они по-разному расположены относительно всех регионов. Перемножение количества соседей на коэффициент с последующим суммированием полученных значений позволяет количественно оценить соседское ЭГП региона [2]. Например, для R2 получилась следующая оценка: $(3 \times 1) + (3 \times 0,5) + (2 \times 0,25) = 5,000$. Это хуже, чем у R5 (5,250), но лучше R8 (4,625). Другим вариантом снижения значимости соседей является коэффициент k_B , который усиливает (относительно k_A) влияние удаленных соседей путем деления единицы на порядок соседства: получается 1:1 = 1 для соседей первого порядка, 1:2 = 0,5 – второго, 1:3 = 0,3333 – третьего и т.д.

ГеоИИ-ОПР-АТД сформирован для обработки потока данных в режиме реального времени и ответов на вопросы исследователя. Если для ответа на вопрос система не располагает необходимыми данными и знаниями, то «блок управления» сообщает о невозможности предоставить ответ. Дальнейшие разработки будут связаны с машинным обучением, позволяющим давать мотивированный отказ с рекомендациями по вводу в систему дополнительной информации. Опираясь на уже введенные данные и знания, можно анализировать современную сетку АТД. Например, можно получить оценку положения регионов отдельного федерального округа в абсолютных и порядковых значениях по нескольким коэффициентам значимости соседства (табл. 1).

Таблица 1

Количественная оценка и ранг соседского положение регионов Центрального федерального округа в сетке административно-территориального деления Российской Федерации (на 1 января 2024 года)

по двум вариантам определения значимости соседей (по коэффициентам k_A и k_B)

[Table 1. Quantitative assessment and rank of the neighborly position for regions of the Central Federal Districts in the grid of the Russian Federation's administrative-territorial division (as of January 1, 2024) according to two options for determining the significance of neighbors (by coefficients k_A and k_B)]

Регион / Region	Первый вариант (k_A) / First option (k_A)		Второй вариант (k_B) / Second option (k_B)	
	Значение / Meaning	Ранг / Rank	Значение / Meaning	Ранг / Rank
Белгородская область	13,46	55	22,35	55
Брянская область	14,29	50	23,30	48
Владимирская область	18,80	19	27,07	18
Воронежская область	20,87	7	28,54	7
Ивановская область	15,37	41	24,38	39
Калужская область	15,13	45	24,04	45
Костромская область	19,69	10	27,72	10
Курская область	18,80	18	26,93	20
Липецкая область	19,22	13	27,39	13
Московская область	19,28	12	27,46	14
Орловская область	14,14	53	23,01	50
Рязанская область	22,09	2	29,93	3
Смоленская область	16,33	36	25,07	36
Тамбовская область	19,13	14	27,19	17
Тверская область	18,55	22	26,84	21
Тульская область	17,63	27	26,09	29
Ярославская область	18,37	23	26,71	22
г. Москва	11,40	61	20,65	60

Положение городского поселения в сети тактильного Интернета. Развитие информационно-коммуникационных технологий можно представить в виде следующей последовательности [20]: фиксированный Интернет (1980-2000-е годы; сети связи 1G, 2G и 3G), мобильный Интернет (2010-е годы; 4G), Интернет вещей (2020-е годы; 5G) и тактильный Интернет (2030-е годы; 6G). Концепция последнего вида Интернета была представлена десять лет назад [11]. В наиболее общем виде под ТИ понимается сверхнадежный и с наименьшей задержкой дистанционный обмен не только традиционными данными (текст, аудио, видео), но и тактильными ощущениями (прикосновение, давление, вибрация, шероховатость и др.). Общественно-географические направления изучения процесса развертывания ТИ были представлены ранее [5], но в них не было оценки ЭГП.

Среди ключевых параметров ТИ наиболее критична [4, 15] круговая задержка (время передачи данных от одного абонента к другому и обратно не должно превышать 1 мс). Она ограничена физическими свойствами канала связи (оптоволокно, медь или радиосвязь), длиной очереди на передачу данных, временем обработки данных и другими пределами [20]. Поскольку еще не началось развертывание ТИ в России, величина задержки T будет не измеряться, а рассчитываться по специальной формуле [6]: $T = R\tau + \Theta$, где R – расстояние между двумя городскими поселениями по кратчайшей оптоволоконной линии (км), τ – задержка, связанная с физическими ограничениями по передаче данных ($\text{мкс}/\text{км}$; 1 мкс = 0,001 мс = 0,000001 секунды; для оптоволоконных линий $\tau = 5 \text{ мкс}/\text{км}$), Θ – задержка, вносимая техническими средствами связи (мкс; развитие средств связи ведет к минимизации Θ , что позволяет в прогнозных расчетах принять $\Theta = 0$).

Распространение по территории России новых информационно-коммуникационных технологий имеет определенную последовательность [3]: первоначально новая технология внедряется в столице (г. Москва), а затем распространяется на города с численностью населения более 1 млн человек, после чего постепенно происходит несколько переходов к поселениям с примерно в два раза меньшей плотностью. Это дает основание предположить, что развертывание ТИ в 2030-х годах будет осуществляться в несколько стадий: г. Москва (первая стадия), города с плотностью не менее 1,0000 (вторая), 0,5000-0,9999 (третья), 0,2500-0,4999 (четвертая), 0,1000-0,2499 (пятая), 0,0500-0,0999 (шестая), 0,0250-0,0499 (седьмая) и 0,0100-0,0249 (восьмая стадия) млн человек. Ограничение на круговую задержку в 1 мс приведет к тому, что тактильная коммуникация в реальном времени будет возможна не повсеместно, а только между близко расположенными населенными пунктами. Это сформирует территориально ограниченные сообщества тактильной коммуникации [5]. В каждом сообществе будет город-центр определенной плотности (согласно стадии развертывания ТИ), в ко-

тором разместятся службы поддержки тактильной связи. К этому центру подключаются соседние населенные пункты в пределах круговой задержки до 1 мс.

Положение (значимость) города в будущей сети ТИ будет зависеть от количества потенциальных абонентов тактильной связи. Это количество предлагается определять путем суммирования людности анализируемого поселения с людностью остальных поселений территориального сообщества, до которых (туда и обратно) не более 1 мс. При этом, исходя из предела одновременного соединения всех абонентов двух поселений, учитывается людность соседнего населенного пункта, не превышающая людности анализируемого поселения. Например, имеются города с людностью 200 (центр сообщества), 50, 30 (приемлемая задержка только до центра) и 20 тыс. человек. Тогда потенциал центра составит $200 + 50 + 30 + 20 = 300$, второго города – $50 + 50$ (связь с центром) + 20 = 120, третьего – $30 + 30 = 60$ и четвертого – $20 + 20 + 20 = 60$. На основе приведенного правила, данных Росстата о людности городских поселений Иркутской области (на 01.01.2024) и сведений об оптоволоконных линиях связи Иркутской области (на 01.01.2024) была реализована цель нашего исследования применительно к городам – создана система ГеоИИ-ОПГ-ТИ, приспособленная для введения данных в режиме реального времени. Она имеет структуру и граф знаний, подобные ГеоИИ-ОПР-АТД (см. рис. 2 и 3; на графике вместо регионов вводятся поселения, а отношения между поселениями заключаются в наличии оптоволоконной связи).

Включение в систему стадийности развертывания ТИ позволило на третьей стадии выделить Иркутское (4 города и 8 поселков городского типа), на пятой – Братское (2 и 0), на шестой – Усть-Илимское (1 и 1) и Черемховское (2 и 4), на седьмой – Тулунское (1 и 0), Усть-Кутское (1 и 2), Саянское (2 и 1), Тайшетское (3 и 3) и Нижнеудинское (1 и 3), на восьмой – Железногорск-Илимское (1 и 2), Слюдянское (2 и 0), Чунское (0 и 3) и Киренское (1 и 1) территориальные сообщества тактильной коммуникации. Таким образом, после восьми стадий предполагается создание 13 сообществ, в которые войдут 20 (из 22) городов и 28 (из 44) поселков городского типа. Последующая оценка положения каждого городского поселения в своем территориальном сообществе сделало возможным ранжирование поселений по благоприятности размещения в сети ТИ (результаты после пятой и восьмой стадии приведены в табл. 2).

Полученные результаты (см. табл. 2) отражают гипотетическую ситуацию развертывания ТИ в Иркутской области до 1 января 2024 года. Фактически это развертывание, по существующим прогнозам, будет проходить в следующем десятилетии, но предварительный географический анализ позволяет оценить будущее интернет-тактильное цифровое неравенство через количество и людность поселений, не подключенных к тактильной связи. Если опираться на пред-

Таблица 2

Количественная оценка (в тысячах потенциальных абонентов) и ранг будущего интернет-тактильного положения городских поселений Иркутской области после пятой и восьмой стадии развертывания тактильной связи в Российской Федерации (рассчитано по данным Росстата о численности населения на 1 января 2024 года)
 [Table 2. Quantitative assessment (in thousands of potential subscribers) and the rank of the future internet-tactile position of urban settlements in the Irkutsk region after the fifth and eighth stages of the tactile communications deployment in the Russian Federation (calculated according to Rosstat data on the population as of January 1, 2024)]

Города (г.) и поселки городского типа (пгт) / Towns (г.) and urban-type settlements (пгт)	После пятой стадии / After the fifth stage		После восьмой стадии / After the eighth stage	
	Значение / Meaning	Ранг / Rank	Значение / Meaning	Ранг / Rank
г. Иркутск	1006,10	1	1006,10	1
г. Ангарск	609,26	2	609,26	2
г. Братск	241,37	5	241,37	5
г. Зима	—	—	69,57	10
г. Саянск	—	—	75,42	9
г. Тулун	—	—	37,58	16
г. Усолье-Сибирское	319,71	3	319,71	3
г. Усть-Илимск	—	—	83,46	8
г. Черемхово	—	—	93,94	7
г. Свирск	—	—	52,49	13
г. Вихоревка	42,54	9	42,54	15
пгт Заларинский	—	—	33,52	19
пгт Тыреть 1-я	—	—	10,68	39
пгт Большая Речка	12,51	13	12,51	36
пгт Листвянка	9,29	14	9,29	40
пгт Маркова	216,16	6	216,16	6
г. Киренск	—	—	12,51	35
пгт Алексеевск	—	—	3,57	46
пгт Куйтун	—	—	29,46	25
г. Железногорск-Илимский	—	—	30,81	23
пгт Новая Игирма	—	—	18,89	31
пгт Хребтовая	—	—	2,95	47
г. Нижнеудинск	—	—	33,35	21
г. Алзамай	—	—	22,95	29
пгт Атагай	—	—	5,11	44
пгт Ук	—	—	4,92	45
пгт Шумский	—	—	5,16	43
г. Слюдянка	—	—	30,75	24
г. Байкальск	—	—	25,62	27
пгт Култук	13,27	12	13,27	33
г. Тайшет	—	—	56,28	12
г. Бирюсинск	—	—	31,18	22
пгт Квиток	—	—	12,82	34
пгт Юрты	—	—	24,11	28
пгт Шиткино	—	—	7,49	42
пгт Белореченский	59,76	7	59,76	11
пгт Мишелёвка	—	—	18,25	32
пгт Средний	33,49	11	33,49	20
пгт Тайтурка	34,38	10	34,38	18
пгт Тельма	43,01	8	43,01	14
пгт Железнодорожный	—	—	11,39	37
г. Усть-Кут	—	—	37,58	17
пгт Звездный	—	—	1,50	49
пгт Янтайль	—	—	2,78	48
пгт Михайловка	—	—	26,78	26
пгт Чунский	—	—	20,20	30
пгт Лесогорск	—	—	11,20	38
пгт Октябрьский	—	—	8,98	41
г. Шелехов	253,95	4	253,95	4

Примечание: знаком «—» отмечены городские поселения, не подключенные к тактильной связи после пятой стадии.

[Note: the «—» sign indicates urban settlements that are not connected to tactile communication after the fifth stage].

варительный прогноз Росстата по изменению численности населения в Иркутской области³, то к 2040 году ожидается сокращение общего количества потенциальных абонентов тактильной связи примерно на 8,4 % (относительно 2024 года) при сохранении у поселений рангов 2024 года по благоприятности интернет-тактильного положения (см. табл. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация цели исследования в виде создания и первичной апробации двух систем ГеоИИ позволила прийти к выводу о возможности использования технологий искусственного интеллекта для оценки ЭГП городов и регионов. В результате применения этих систем получена географическая информация о современном соседском положении 89 российских регионов и будущем интернет-тактильном положении 48 городских поселений Иркутской области. Данная информация получена впервые, но эвристические возможности систем еще полностью не изучены. Предстоит дальнейшая работа по апробации предложенных систем на примерах других территорий, а также построение новых систем для иных частных видов ЭГП с последующей их интеграцией в единую систему ГеоИИ-ЭГП.

Две созданные системы имитируют деятельность человека по изучению ЭГП в рамках парадигмы слабого ИИ. В данном случае основные преимущества машины (системы) над человеком заключаются в более высокой скорости выполнения операций и возможности анализировать поток данных в режиме реального времени. Для получения новых – эвристических – преимуществ потребуется переход к сильному и сверхсильному ИИ, когда частные системы оценки (ГеоИИ-ОПР-АТД, ГеоИИ-ОПГ-ТИ и др.) будут интегрированы в единую систему ГеоИИ-ЭГП с функцией генерации принципиально нового знания, получить которое невозможно при существующих когнитивных способностях человека.

К настоящему времени не сформировалось целостное представление о механизме формирования интегрального ЭГП. Поэтому наметим будущие действия по созданию ГеоИИ-ЭГП в наиболее общих чертах: (а) определение всех возможных частных видов ЭГП (как ни странно, но это все еще не сделано почти за сто лет изучения феномена ЭГП), (б) разработка для каждого частного вида специальной системы ГеоИИ, (в) апробация разработанных систем на примерах сильно различающихся территорий, (г) обобщение полученных результатов с помощью машинного (глубокого) обучения, позволяющего выявить корреляционные связи между разными видами ЭГП, (д) использование выявленных связей для построения модели формирования интегрального ЭГП, (е) тестирование созданной модели на различных примерах, (ж) разработка машинных способов интерпретации и визуали-

зации (в том числе картографирования) результатов оценки ЭГП, (з) окончательная корректировка ГеоИИ-ЭГП с учетом всех тестирований, интерпретаций и визуализаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранский Н. Н. *Избранные труды. Становление экономической географии*. Москва: Мысль, 1980. 287 с.
2. Блануца В. И. Экономико-географическое положение: обобщение концептуальных установок и генерация новых смыслов // *География и природные ресурсы*, 2015, №4, с. 7-16.
3. Блануца В. И. *Общественная география: цифровые приоритеты XXI века*. Москва: ИНФРА-М, 2022. 252 с.
4. Блануца В. И. Географические изучение телекоммуникационных сетей в XXI веке: современные и будущие подходы // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2023, № 2, с. 30-39.
5. Блануца В. И. *Общественная география после 2030 года: контуры новых направлений*. Москва: ИНФРА-М, 2024. 251 с.
6. КучерявыЙ А. Е., Маколкина М. А., Киричек Р. В. Тактильный интернет. Сети связи со сверхмальми задержками // *Электросвязь*, 2016, № 1, с. 44-46.
7. Advances in geocomputation and geospatial artificial intelligence (GeoAI) for mapping / Y. Song, M. Kalacska, M. Gašparović et al. // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2023, vol. 120, no. 1-2, e103300.
8. Bernard C., Villanova-Oliver M., Gensel J. Theseus: A framework for managing knowledge graph about geographical divisions and their evolution // *Transactions in GIS*, 2022, vol. 26, no. 8, pp. 3202-3224.
9. Bostrom N. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford: Oxford University Press, 2014. 328 p.
10. Das R., Mitra M., Singh C. (Eds.). *Era of Artificial Intelligence. The 21st Century Practitioners' Approach*. New York: Chapman & Hall/CRC, 2023. 166 p.
11. Fettweis G.P. The tactile internet: Applications and challenges // *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 2014, vol. 9, no. 1, pp. 64-70.
12. Gao S. A review of recent researches and reflections on geospatial artificial intelligence // *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2020, vol. 45, no. 12, pp. 1865-1874.
13. GeoAI at ACM SIGSPATIAL: Progress, challenges, and future direction / Y. Hu, S. Gao, D. Lunga et al. // *SIGSPATIAL Special*, 2019, vol. 11, no. 2, pp. 5-15.
14. Janowicz K., Sieber R., Crampton J. GeoAI, counter-AI, and human geography: A conversation // *Dialogues in Human Geography*, 2022, vol. 12, no. 3, pp. 446-458.
15. Le D.T., Nguyen T.G., Tran T.T.T. The 1-millisecond challenge – Tactile Internet: From concept to standardization // *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 56-93.
16. Li W., Hsu C. GeoAI for large-scale image analysis and machine vision: Recent progress of artificial intelligence in geography // *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2022, vol. 11, no. 7, e 385.
17. Liu P., Zhang Y., Biljecki F. Explainable spatially explicit geospatial artificial intelligence in urban analytics // *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 2024, vol. 51, no. 5, pp. 1104-1123.
18. Mapping the landscape and roadmap of geospatial artificial intelligence (GeoAI) in quantitative human geography: An extensive systematic review / S. Wang, X. Huang, P. Liu et al. //

³Иркутская область. Расчет предположительной численности населения. Средний вариант прогноза (1 января 2024-2046 гг.). – URL: <https://38.rosstat.gov.ru/folder/167937> (дата обращения: 01.06.2024). – Текст: электронный.

International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2024, vol. 128, e103734.

19. Openshaw S., Openshaw C. *Artificial Intelligence in Geography*. Chichester: John Wiley, 1997. 336 p.

20. QoS provisioning: Key drivers and enables toward the Tactile Internet in beyond 5G era / M. Z. Islam, R. Ali, A. Haider et al. // *IEEE Access*, 2022, vol. 10, pp. 85720-85754.

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

Поступила в редакцию: 16.09.2024

Принята к публикации: 02.06.2025

UDC 911.3+004.738.5(470+571)

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/2/40-48>

ISSN 1609-0683

Assessment of Economic and Geographical Position of Cities and Regions Using Geospatial Artificial Intelligence

V. I. Blanutsa[✉]

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

Abstract. The purpose is to build a geospatial artificial intelligence system to assess the economic-geographical position and to test this system in determining the position of regions in the modern grid of administrative-territorial division of the Russian Federation and the position of urban settlements of the Irkutsk region in the future network of Tactile Internet.

Materials and methods. The political map of Russia, Rosstat data on the population and information on telecommunication lines of the Irkutsk region (as of January 1, 2024) were used. Data mining algorithms, a method for assessing the neighborhood situation and a method for calculating the delay in data transmission between settlements were used.

Results and discussion. Geospatial artificial intelligence systems have been created to assess the position of the region in the grid of the administrative-territorial division of the country and the position of the city in the Tactile Internet network. A quantitative assessment of the neighborhood situation of 89 regions of Russia was obtained using two coefficients of importance of remote neighbors. The internet-tactile position (in terms of the number of potential subscribers) of urban settlements in the Irkutsk Region has been determined.

Conclusions. The developed systems allow real-time analysis of two particular types of economic-geographical position. To create an integrated assessment system for all types of economic-geographical position of territorial objects, it will be necessary to move from the existing paradigm of artificial narrow intelligence to the paradigm of artificial general intelligence.

Key words: economic-geographical position, artificial intelligence, administrative-territorial division, Tactile Internet, Irkutsk Region, Russian Federation.

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

For citation: Blanutsa V. I. Assessment of Economic and Geographical Position of Cities and Regions Using Geospatial Artificial Intelligence. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologiya*, 2025, no. 2, pp. 40-48. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/2/40-48>

REFERENCES

1. Baransky N.N. *Izbrannye trudy. Stanovlenie ekonomiko-geografii* [Selected works. The formation of economic geography]. Moscow: Mysl, 1980, pp. 128-159. (In Russ.).
2. Blanutsa V.I. Ekonomiko-geograficheskoe polozhenie: obobshchenie konceptual'nyh ustyanovok i generaciya novyh smyslov [Economic-geographical position: Generalization of conceptual attitudes and generation of new meanings]. *Geografiya i prirodnye resursy*, 2015, no. 4, pp. 7-16. (In Russ.).
3. Blanutsa V. I. *Obshchesvennaya geografiya: cifrovye priority XXI veka* [Human geography: Digital priorities of the XXI century]. Moscow: INFRA-M, 2022. 252 p. (In Russ.).
4. Blanuta V.I. Geograficheskie izuchenie telekomunikacionnyh setej v XXI veke: sovremennye i budushchie podhody [Geographical study of telecommunication networks in the 21st century: current and future approaches]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologiya*, 2023, no. 2, pp. 30-39. (In Russ.)
5. Blanutsa V.I. *Obshchesvennaya geografiya posle 2030 goda: kontury novyh napravlenij* [Human geography after 2030: Contours of new directions]. Moscow: INFRA-M, 2024. 251 p. (In Russ.).
6. Kucheryavy A. E., Makolkina M. A., Kirichek R. V. Taktil'nyj internet. Seti svyazi so sverhmalymi zaderzhkami [Tactile Internet. Ultra-low latency communication networks]. *Elektrosvyaz'*, 2016, no. 1, pp. 44-46. (In Russ.).
7. Advances in geocomputation and geospatial artificial intelligence (GeoAI) for mapping / Y. Song, M. Kalacska, M. Gašparović et al. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2023, vol. 120, no. 1-2, e103300.



8. Bernard C., Villanova-Oliver M., Gensel J. Theseus: A framework for managing knowledge graph about geographical divisions and their evolution. *Transactions in GIS*, 2022, vol. 26, no. 8, pp. 3202-3224.
9. Bostrom N. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford: Oxford University Press, 2014. 328 p.
10. Das R., Mitra M., Singh C. (Eds.). *Era of Artificial Intelligence. The 21st Century Practitioners' Approach*. New York: Chapman & Hall/CRC, 2023. 166 p.
11. Fettweis G. P. The tactile internet: Applications and challenges // *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 2014, vol. 9, no. 1, pp. 64-70.
12. Gao S. A review of recent researches and reflections on geospatial artificial intelligence // *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2020, vol. 45, no. 12, pp. 1865-1874.
13. GeoAI at ACM SIGSPATIAL: Progress, challenges, and future direction / Y. Hu, S. Gao, D. Lunga et al. *SIGSPATIAL Special*, 2019, vol. 11, no. 2, pp. 5-15.
14. Janowicz K., Sieber R., Crampton J. GeoAI, counter-AI, and human geography: A conversation. *Dialogues in Human Geography*, 2022, vol. 12, no. 3, pp. 446-458.
15. Le D.T., Nguyen T.G., Tran T.T.T. The 1-millisecond challenge – Tactile Internet: From concept to standardization. *Journal of Telecommunications and the Digital Economy*, 2020, vol. 8, no. 2, pp. 56-93.
16. Li W., Hsu C. GeoAI for large-scale image analysis and machine vision: Recent progress of artificial intelligence in geography. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2022, vol. 11, no. 7, e 385.
17. Liu P., Zhang Y., Biljecki F. Explainable spatially explicit geospatial artificial intelligence in urban analytics. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 2024, vol. 51, no. 5, pp. 1104-1123.
18. Mapping the landscape and roadmap of geospatial artificial intelligence (GeoAI) in quantitative human geography: An extensive systematic review / S. Wang, X. Huang, P. Liu et al. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2024, vol. 128, e103734.
19. Openshaw S., Openshaw C. *Artificial Intelligence in Geography*. Chichester: John Wiley, 1997. 336 p.
20. QoS provisioning: Key drivers and enables toward the Tactile Internet in beyond 5G era / M.Z. Islam, R. Ali, A. Haider et al. *IEEE Access*, 2022, vol. 10, pp. 85720-85754.

Conflict of interest: The author declares no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 16.09.2024

Accepted: 02.06.2025

Бланутса 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 at the V.B. Sochava Institute of Geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-3958-216X, e-mail: blanutsa@list.ru