



Использование больших языковых моделей в геоинформационных технологиях

А.А. Колесников^{1✉}

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
Новосибирск, Россия
 alexeykw@mail.ru

ЦИТИРОВАНИЕ Колесников А.А. Использование больших языковых моделей в геоинформационных технологиях // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2024. Т. 68. № 1. С. 33–43.
DOI:10.30533/GiA-2024-003.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА геоинформационные технологии, большие языковые модели, LLM, искусственный интеллект, автоматизация, Chat GPT

АННОТАЦИЯ Одним из наиболее проработанных и простых в использовании направлений генеративных моделей с точки зрения оперирования функциональностью для конечных пользователей являются большие языковые модели, позволяющие выполнять различные операции с текстовыми данными. Поскольку современная цифровая картография максимально быстро включает в свой инструментарий последние достижения в области информационных технологий, представляется актуальным рассмотреть основные сферы использования больших языковых моделей применительно к типовым задачам обработки пространственных данных в виде описания сводных показателей атрибутивных значений, формирования элементов географического описания, получения последовательностей выполнения определенных задач в геоинформационных системах, построения запросов к данным на языке SQL, написания фрагментов программного кода отдельных скриптов и модулей для ГИС, генерации картографических изображений по описанию. На основе результатов проведенных экспериментов сделан вывод о том, что большинство перечисленных базовых задач хорошо автоматизируются с помощью больших языковых моделей, но с учетом необходимости проверки и корректировки результатов специалистами в области картографии и геоинформатики.

1 Введение

Одним из самых популярных направлений в информационных технологиях, а также в смежных областях в последние несколько лет стало использование генеративного искусственного интеллекта (англ. — «Generative Artificial Intelligence», GenAI, генеративный искусственный интеллект). Данный термин обозначает один из элементов области искусственного интеллекта (ИИ), который создает новую информацию, базируясь на аналогичных образцах из обучающего набора. Этот процесс реализуется на основе генеративных моделей, которые создаются путем обучения нейронных сетей шаблонам, структурам и функциям согласно заданным входным данным. Полученные модели в настоящее время используются преимущественно для создания текста, программного кода, музыки и изображений, которые с разной степенью успешности имитируют созданные человеком произведения.

Использование генеративного ИИ начинается с формирования запроса (в форме текста, изображения, видео, рисунка, музыкальных нот или любого другого ввода, который может обработать система). В результате обработки запроса алгоритмы ИИ возвращают новую информацию в виде эссе, описания последовательности действий для решения проблемы или мультимедийных данных. Инновации в области мультимодельного генеративного ИИ позволяют создавать информацию на основе нескольких типов мультимедийных данных одновременно, например в виде изображений из текстового описания, или, наоборот, формировать текстовое описание фотографий.

Благодаря возможности гибкой настройки выдачи ответа на запрос без необходимости знания принципов программирования и генерации большого числа образцов результаты могут быть использованы при формировании новых идей или решений, что делает их полезными для творческих задач или для решения проблем в случаях, когда традиционные методы ограничены. Генеративный ИИ может применяться в целях создания различной информации. Среди возможных вариантов его использования можно выделить чат-боты для обслуживания клиентов и технической поддержки, имитацию людей на фотографиях или видеороликах, улучшение дубляжа фильмов и образовательной информации на разных языках, ускорение написания ответов при электронном документообороте, представление сложной для восприятия информации в виде связного повествования, создание фотоизображений в определенном стиле, улучшение качества фото- и видеоматериалов, разработку новых лекарственных средств, проектирование физических объектов, оптимизацию конструкции новых чипов, написание музыки в определенном стиле или тоне.

Одним из наиболее проработанных и простых в использовании (с точки зрения развертывания технических средств и оперирования функциональностью для конечных пользователей) направлений генеративных моделей являются большие языковые модели (англ. — «Large Language Model», LLM), позволяющие выполнять различные операции с текстовыми данными [1].

Поскольку современные картография и геоинформатика максимально быстро включают в свой инструментарий последние достижения в области информационных технологий [2, 3], представляется актуальным рассмотреть основные направления использования LLM применительно к типовым задачам обработки пространственных данных и создания картографических произведений с целью их автоматизации.

В работе рассматриваются общие принципы построения и функционирования LLM и выделяются категории задач цифровой картографии, в решении которых они могут применяться.

2 Материалы и методы

Чат-бот Элиза, созданный Джозефом Вайценбаумом в 1960-х годах, был одним из первых примеров генеративного ИИ. Работа ранних реализаций жестко ограничивалась небольшим словарным запасом, отсутствием контекста, чрезмерной зависимостью от шаблонов, сложностью настройки и расширения.

Дальнейшее развитие генеративный ИИ получило после 2010 года, когда достижения в области использования нейронных сетей и глубокого обучения позволили автоматически анализировать существующий текст, классифицировать элементы изображения и расшифровывать аудиозаписи. Однако только с появлением специализированных архитектур нейронных сетей в виде генеративно-состязательных сетей (англ. — «Generative adversarial networks», GAN) генеративный ИИ смог создавать убедительные изображения, видео- и аудиоматериалы. Ян Гудфеллоу представил метод глубокого обучения GAN в 2014 году как новый подход к организации конкурирующих нейронных сетей для генерации и последующей оценки вариаций информации. С тех пор прогресс в других методах и архитектурах нейронных сетей помог расширить возможности генеративного ИИ, используя вариационные автоэнкодеры (англ. — «variational autoencoder»), длинную кратковременную память (англ. — «long short-term memory»), трансформеры (англ. — «transformers»), диффузионные модели (англ. — «diffusion models») и поля нейронного излучения (англ. — «neural radiance fields»).

Одна из основных разработок, которая сыграла решающую роль в распространении LLM, — трансформеры, представляющие собой тип архитектуры нейронной сети, который позволяет обучать все более крупные модели без необходимости предварительной разметки всех данных. Таким образом, стало возможным обучение новых моделей на миллиардах страниц текста, что позволило получать более точные и подробные ответы на запросы. Кроме того, в результате использования этой архитектуры появилась новая функциональность — «внимание» (англ. — «attention»), которая позволяет LLM отслеживать связи между словами на страницах, в главах и книгах, а не только в отдельных предложениях, как ранее. Данную функциональность можно перенести на отслеживание связей различной длины в задачах анализа кода, химических веществ и дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

Ранние версии LLM требовали использования специальных инструментов, написания программного кода или отправки данных через API¹. Текущие реализации используют удобный пользовательский интерфейс, позволяющий описывать запросы простым языком, а также, после первоначального ответа, дают возможность настроить результаты, откорректировав стиль, тон и другие элементы, которые могут улучшить сгенерированный текст с учетом контекста.

Генеративные модели сочетают в себе различные алгоритмы, а также методы представления и обработки данных. Для генерации текста используются различные методы обработки естественного языка, которые преобразуют исходный неструктурированный текст в предложения, части речи, объекты и действия в виде векторов с использованием нескольких методов кодирования.

Одними из наиболее известных на сегодняшний день генеративными моделями для работы с текстом являются ChatGPT, Bard, Dall-E, Jasper, AI-Writer, Lex, GigaChat, YandexGPT.

ChatGPT представляет собой чат-бот на основе реализации компании OpenAI, которая предоставила возможность взаимодействия и точной настройки текстовых ответов через интерфейс чата с интерактивной обратной связью. ChatGPT включает в свои результаты историю разговора с пользователем, имитируя реальный диалог.

¹ Англ. — «Application programming interface», программный интерфейс приложения — набор правил, определяющий обмен информацией приложениями.

Google Bard также является чат-ботом на основе модели PaLM 2 для обработки языка, последовательностей ДНК и других типов данных.

Dall-E, обученный на большом наборе изображений и связанных с ними текстовых описаниях, является примером мультимодального варианта генеративной модели и позволяет пользователям создавать изображения на основе текстовых запросов, в том числе с использованием стилей [4].

При работе с текущими вариантами генеративного ИИ необходимо учитывать такие важные факторы, как точность созданной информации и предвзятость результатов [5, 6].

С точки зрения технической реализации создание генеративной модели начинается с выбора модели представления обрабатываемой и генерируемой информации. Например, первым шагом разработки LLM является поиск способа представления слов в виде векторов, характеризующих сходство между словами, часто используемыми в одном предложении или означающими схожие вещи. Обучение генеративной модели включает в себя настройку параметров модели для различных вариантов использования, а затем точную настройку результатов на заданном наборе обучающих данных. Например, чат-бот обучается на парах реальных вопросов и полученных на них ответов.

В области картографии и геоинформатики исследования по использованию LLM только появляются (большинство работ датируется 2023 годом) [7].

В работе [8] авторы оценивают способность GPT-4 к «пониманию» фактических географических знаний (на примере мировой географии) и его способность использовать эти знания для дальнейших рассуждений, таких как геопространственный анализ, управление цепочками поставок и реагирование на стихийные бедствия. Авторами разработана и проведена серия разнообразных экспериментов в виде текстовых запросов начиная от фактических задач, таких как оценка местоположения, расстояния и высоты, до более сложных вопросов, таких как создание контуров стран и туристических сетей, поиск маршрутов в ограничивающих условиях и анализ цепочки поставок.

В результате было выявлено, что GPT-4 обладает хорошими возможностями для решения описательных географических задач и получения базовой статистики, ошибки увеличиваются по мере возрастания сложности запросов, когда искомая информация, возможно, не использовалась напрямую во время обучения (например, координаты контуров континентов и стран или точное положение и конфигурация маршрутов общественного транспорта).

Аналогичный подход на основе сравнения результатов запросов использовался для исследования возможностей ChatGPT в контексте экзамена по геоинформационным системам (ГИС) на основе учебника «GIS Fundamentals»² и дополнительных материалов [9]. Авторы проводили оценку с использованием двух моделей: GPT-3.5 и GPT-4, чтобы понять, приводит ли прогресс в LLM к более эффективным ответам на вопросы, связанные с областью использования пространственных данных. По результатам эксперимента был сделан вывод, что оба варианта GPT могут пройти сбалансированное испытание по тематике ГИС, набрав 63,3% и 88,3% соответственно. На сложные вопросы, требующие вычислений, обе модели давали неверные ответы. В то же время моделям предоставлялись только текстовые запросы, которые не отражают в полной мере реальную пространственную грамотность, или экзаменационные вопросы по ГИС, поскольку в вопросах часто используются изображения, диаграммы, векторные слои, а эти данные не могут быть обработаны моделью ChatGPT.

Авторы [10] разработали прототип системы под названием «LLM-Geo» с использованием API GPT-4, чтобы продемонстрировать, как выглядит автономная ГИС и как она работает без вмешательства человека, и сформулировали идею, что автономные ГИС должны достичь пяти автономных целей — самогенерации, самоорганизации, самопроверки, самоисполнения и саморазвития.

² Bolstad P., Manson S. GIS Fundamentals. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gisfundamentals.org/> (дата обращения: 30.10.2023).

Также отмечается важная особенность: в отличие от многих автономных агентов для недетерминированных задач, у которых нет строгих стандартов для их оценки, таких как написание статей, ГИС-приложения требуют количественных вычислений и анализа пространственных данных для получения корректных ответов.

LLM-Geo получает задачи (пространственные проблемы / вопросы) от пользователей и генерирует рабочий процесс геообработки путем разложения задачи на последовательные связанные операции с данными в виде направленного ациклического графа. Каждая операция представляет собой функцию, которую должна реализовать LLM (в данном исследовании – GPT-4). Далее LLM-Geo генерирует комбинированную программу путем объединения кодов всех операций и выполняет ее для получения конечного результата задачи. Для всех тематических исследований LLM-Geo смогла предоставить точные результаты, включая агрегированные цифры, графики и карты, что значительно сократило время ручных операций. В то же время определено, что используемая LLM понимает шаги, необходимые для выполнения задачи, но часто упускает из виду практические ограничения пространственного анализа, такие как необходимость сопоставления картографической проекции для анализа наложения и точное сопоставление типов данных для общего столбца двух атрибутивных таблиц. Подобные ограничения, вероятно, являются следствием малого количества учебных материалов по ГИС.

В работе [11] исследуется этика использования генеративного ИИ в картографии. Авторы уделяют особое внимание созданию карт с помощью Dall-E 2. Для этого был создан набор данных с открытым исходным кодом, который включает в себя синтетические (созданные ИИ) и реальные (созданные человеком) карты в нескольких вариантах. На основе сравнения определены четыре потенциальные этические проблемы, которые могут возникнуть из-за карт, созданных Dall-E 2, а именно: неточности, вводящая в заблуждение информация, непредвиденные особенности и невоспроизводимость. Также авторами разработан детектор карт, созданных ИИ на основе глубокого обучения, для обеспечения возможности их идентификации.

Авторами [12] созданы тематические карты с использованием имеющихся или общедоступных геопространственных данных, а также ментальные карты исключительно с использованием текстовых описаний географического пространства на основе ChatGPT. По итогам работы сделан вывод, что ChatGPT представляет собой полезное альтернативное решение для картографирования, так как обладает уникальными преимуществами (упрощение процесса создания карт для пользователей, не являющихся специалистами в картографии, повышение эффективности массового производства карт и понимание географического пространства благодаря его возможностям пространственного анализа).

Сформулировано четыре преимущества:

- 1) простота создания команд по формированию карт на основе текстовых запросов,
- 2) ускорение процессов формирования карт для специалистов-картографов,
- 3) возможность создания ментальных карт с учетом пространственного положения,
- 4) простота при генерации дизайна карт,

и четыре недостатка:

- 1) вывод только в текстовом формате,
- 2) зависимость графической реализации от внешних инструментов,
- 3) необходимость в проведении нескольких циклов генерации для создания удовлетворительного результата,
- 4) наличие опыта в области картографии и геоинформатики у человека, формулирующего запросы, для получения качественных результатов.

3 Результаты и обсуждение

На основании функциональности существующих открытых LLM и типовых задач цифровой картографии предлагается выделить следующие направления их использования:

- описание сводных показателей атрибутивных значений,
- формирование элементов географического описания,
- получение последовательностей выполнения определенных задач в ГИС,
- построение запросов к данным на языке SQL,
- написание фрагментов программного кода отдельных скриптов и модулей для ГИС,
- генерация картографических изображений по описанию.

Далее приведены фрагменты ответов на запросы, иллюстрирующие эти направления, применительно к чат-боту Chat GPT-4³. Кроме того, для сравнения с базовым уровнем других общедоступных чат-ботов те же запросы были выполнены в чат-боте GigaChat⁴.

В качестве примера для описания сводных показателей атрибутивных значений географических объектов был сделан запрос сведений о «максимальной, минимальной и средней численности населения городов Новосибирской области» (здесь и далее в кавычках приводится текст запроса на русском языке). В результате этого запроса моделью Chat GPT-4 были представлены статистические данные из открытых баз данных и краудсорсинговых ресурсов [13], что говорит о возможности получения в большей степени корректных (с учетом специфики ресурса) статистических сведений, например, для тематических карт. Также в ответе на запрос приводится важное замечание о том, что более точные значения рекомендуется получать в официальных источниках.

Для того, чтобы в итоге получить нужные значения, предусмотренные в первом запросе, было сделано уточнение о «расчете максимального, минимального и среднего из чисел текста предыдущего сообщения». Результат продемонстрировал способность корректно выполнять статистические операции над числами, если они указаны в тексте запроса или берутся из внешних файлов или баз данных.

Для сравнения GigaChat предоставляет в результатах запроса корректные данные только по г. Новосибирску, а минимальное и среднее значения приводит на основе общероссийских показателей.

Формирование элементов географической характеристики территории рассматривается на примере «описания рек Новосибирской области и их количественных характеристик». В этом ответе наблюдаются местами значительные количественные расхождения с реальными данными, например в значении водосборного бассейна.

GigaChat на аналогичный запрос дает более точные показатели по числовым значениям, но при этом присутствуют грубые ошибки в топологии речных систем, а также в тексте упоминаются несуществующие объекты, например Обь-Иртышская железнодорожная магистраль. Таким образом, использовать LLM для формирования элементов географического описания территории можно только при наличии заранее подготовленной базы данных статистических сведений и пространственно-топологических связей.

Пример запроса на получение последовательностей выполнения определенных задач в ГИС выполнялся на «описании последовательности действий для ГИС QGIS при обрезке нескольких векторных слоев в формате ESRI Shapefile по заданному полигональному объекту и затем их перепроектировании в систему

³ GPT-4 is OpenAI's most advanced system, producing safer and more useful. OpenAI.com, 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://openai.com/gpt-4> (дата обращения: 30.10.2023).

⁴ Русскоязычная нейросеть от Сбера. Developers.sber.com, 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://developers.sber.ru/portal/products/gigachat> (дата обращения: 30.10.2023).

координат World Equidistant Cylindrical». В ответе представлена правильная последовательность действий с указанием реальных инструментов ГИС QGIS, но следует отметить, что процесс перепроектирования приведен для растровых данных, а также не описаны команды для открытия исходных данных. Таким образом, LLM для подобных задач может служить хорошим дополнением к официальной документации ГИС, особенно с учетом ее дообучения на инструкциях по работе с конкретным программным продуктом. Для сравнения GigaChat скорее имитирует описание некоей последовательности действий в ГИС, приводя неправильную последовательность действий и указывая несуществующие параметры или инструменты.

Построение запросов к данным выполнялось на примере «написания SQL-запроса для выбора точечных объектов из таблицы `cities`, которые находятся внутри площадных объектов со значением `Russia` из таблицы `countries`, используя пространственные операторы PostGIS». Для этой задачи предоставлен корректный SQL-запрос с комментариями к операторам и данным. Также следует отметить важный комментарий о наличии индексов на геометрических столбцах для оптимизации производительности.

GigaChat также формирует корректный SQL-запрос, но используется другой оператор, который подходит под указанную задачу, но не полностью соответствует логике заданного текстового запроса, что в случае, например, аналогичного отбора линейных объектов, частично выходящих за контуры полигонального объекта, может негативно повлиять на корректность результатов.

Написание программного кода отдельных скриптов и модулей для ГИС анализируется на примере создания «кода функции на языке Python, которая использует библиотеки QGIS и Geopandas для построения полигонов Вороного на основе точечного слоя». В результате приведен достаточно корректный программный код с комментариями, помогающими оценивать логику программы. Также в ответе указано, что для данной задачи нет необходимости задействовать библиотеки QGIS, и сделано важное замечание о том, что указанные функции предполагают использование данных в проекционных системах координат.

Для аналогичного запроса GigaChat сформировал код для модуля QGIS, не решающий поставленную задачу и имеющий ошибочную логику в параметрах операторов.

Генерация изображений по описанию непосредственно в интерфейсе чат-бота из двух рассматриваемых вариантов доступна в GigaChat. При запросе на «формирование карты автомобильных дорог Новосибирской области» было получено изображение, не имеющее ничего общего с картографическим, с отдельными объектами, имитирующими элементы реальных карт (километровая сетка, схематичное отображение объектов).

Дальнейшее развитие генеративного ИИ вызывает определенные опасения, которые касаются качества результатов, возможности неправильного использования и злоупотреблений с позиции создания заведомо ложной информации, а также возможности разрушения существующих бизнес-моделей и процессов. Наряду со всеми рассмотренными преимуществами с точки зрения автоматизации различных процессов цифровой картографии существует ряд ограничений, которые необходимо учитывать при использовании генеративных моделей:

- сложности с идентификацией источником информации, возможная предвзятость и предубеждения первоисточников,
- затруднения при выявлении неточностей вследствие реалистичного представления информации в виде карт,
- сложности с корректировкой уточняющих запросов,
- высокая вероятность плагиата, игнорирующего права создателей оригинальных картографических произведений.

4 Выводы

Опираясь на результаты описанных в статье аналитических исследований, можно определить степень адекватности решения поставленных задач с использованием LLM.

1. Сбор статистических показателей из открытых источников выполняется в большинстве случаев корректно, особенно если говорить о запросе конкретного значения, наборы же показателей могут быть искажены, либо могут быть представлены устаревшие данные, что требует дополнительной проверки.
2. Задачи базовой обработки текста (реферирование, поиск отдельных значений, элементы агрегирования, в том числе с применением типовых статистических операций) выполняются на хорошем уровне и могут быть использованы при автоматизации подготовки отчетов в ГИС.
3. Пространственное описание объектов не подразумевает использования геоинформационных механизмов и опирается только на базу данных, используемую при обучении, что приводит к появлению отдельных ошибок взаимоположения объектов в ответах языковой модели.
4. Языковые модели (при условии обучения на достаточно широкой текстовой базе либо дообучении на специализированных инструкциях по работе с конкретными программами) могут служить эффективным инструментом формирования последовательностей действий с помощью инструментария указанной ГИС для решения конкретной задачи.
5. SQL-запросы даже базовые (открытые) языковые модели строят в большинстве случаев правильно, что способствует упрощению и ускорению работы с данными для ГИС-специалистов.
6. Написание программного кода скриптов и модулей для указанной ГИС выполняется достаточно корректно, с формированием комментариев, упрощающих чтение и проверку программы в целом, при этом учитываются отдельные специфические факторы работы с пространственными данными. Однако, как и в пункте 4, нужно учитывать базу применяемых для обучения текстов (для некоторых задач может не найтись корректного решения) и необходимость корректировки отдельных команд.

На современном этапе развития языковых моделей сохраняется необходимость технического контроля результатов обработки запросов экспертами, обладающими компетенциями в области картографии и геоинформатики. В противном случае высока вероятность транслирования некорректной информации.

Применение технологии языковых моделей позволяет повысить степень автоматизации обработки и анализа геопространственных данных, но получаемая в результате их использования информация требует обязательной проверки и корректировки специалистами.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Dwivedi Y.K., Kshetri N., Hughes L., et al. "So what if ChatGPT wrote it?" Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy // International Journal of Information Management. 2023. Vol. 71. P. 102642. DOI:10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642.
2. Янкелевич С.С. Теоретико-методологические аспекты тематической картографии на основе геопространственных знаний // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2022. Т. 66. № 4. С. 51–58. DOI:10.30533/0536-101X-2022-66-4-51-58.
3. Калугин Д.Н. Автоматическая географическая привязка топографических карт с использованием языка программирования Python // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2023. Т. 67. № 1. С. 57–65. DOI:10.30533/GiA-2023-004.
4. Trott S., Jones C., Chang T., et al. Do Large Language Models Know What Humans Know? // Preprint arXiv.org. 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2209.01515.pdf> (дата обращения: 30.10.2023).

5. Amodei D., Olah C., Steinhardt J., et al. Concrete problems in AI safety // Preprint arXiv.org. 2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1606.06565.pdf> (дата обращения: 30.10.2023).
6. Ji Z., Lee N., Frieske R., et al. Survey of hallucination in natural language generation // ACM Computing Surveys. 2023. Vol. 55. Iss. 12. P. 1–38.
7. Mai G., Huang W., Sun J., et al. On the Opportunities and Challenges of Foundation Models for Geospatial Artificial Intelligence // Preprint arXiv.org. 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2304.06798.pdf> (дата обращения: 30.10.2023).
8. Roberts J., Lüddecke T., Das S., et al. GPT4GEO: How a Language Model Sees the World's Geography // Preprint arXiv.org. 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2306.00020.pdf> (дата обращения: 30.10.2023).
9. Mooney P., Cui W., Guan B., Juhász L. Towards Understanding the Spatial Literacy of ChatGPT — Taking a Geographic Information Systems (GIS) Exam // Preprint EarthArXiv.org. 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eartharxiv.org/repository/object/5544/download/11889/> (дата обращения: 30.10.2023).
10. Li Z., Ning H. Autonomous GIS: The next-generation AI-powered GIS // Preprint arXiv.org. 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2305.06453.pdf> (дата обращения: 30.10.2023).
11. Kang Y., Zhang Q., Roth R. The Ethics of AI-Generated Maps: A Study of DALLE 2 and Implications for Cartography // Preprint arXiv.org. 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/2304.10743.pdf> (дата обращения: 30.10.2023).
12. Ran T., Xu J. Mapping with ChatGPT // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2023. Vol. 12. No. 7. P. 284. DOI:10.3390/ijgi12070284.
13. Porsdam Mann S., Earp B.D., Møller N., et al. AUTOGEN: A Personalized Large Language Model for Academic Enhancement — Ethics and Proof of Principle // The American Journal of Bioethics, 2023. Vol. 23. No. 10. P. 28–41. DOI:10.1080/15265161.2023.2233356.

АВТОР Колосников Алексей Александрович

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ), Новосибирск, Россия
кафедра картографии и геоинформатики, институт геодезии и менеджмента
канд. техн. наук, доцент

 0000-0002-4761-4072

Поступила 31.10.2023. Принята к публикации 22.02.2024. Опубликована 28.02.2024.



Using large language models in geoinformation technologies

Alexey A. Kolesnikov¹✉

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia
✉ alexeykw@mail.ru

CITATION Kolesnikov AA. Using large language models in geoinformation technologies. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2024;68(1): 33–43. DOI:10.30533/GiA-2024-003.

KEYWORDS geoinformation technologies, large language models, LLM, artificial intelligence, automation, Chat GPT

ABSTRACT One of the most developed and easy-to-use areas of generative models in terms of operating functionality for end users are large language models that allow you to perform various operations with text data. Since modern digital cartography quickly includes the latest achievements in the field of information technology in its tools, it seems relevant to consider the main directions of using large language models in relation to typical tasks of processing spatial data in the form of a description of summary indicators of attribute values, the formation of elements of a geographical description, and obtaining execution sequences certain tasks in GIS, building queries to data in the SQL language, writing fragments of program code for individual scripts and modules for GIS, generating cartographic images by description in order to automate them. Based on the experiments conducted, it was concluded that most of the listed basic tasks are well automated using large language models, but taking into account the need for verification and correction of the results by a specialist in the field of cartography and geoinformatics.

- REFERENCES**
1. Dwivedi YK, Kshetri N, Hughes L, et al. "So what if ChatGPT wrote it?" Multidisciplinary perspectives on opportunities, challenges and implications of generative conversational AI for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*. 2023; 71(102642). DOI:10.1016/j.ijinfomgt.2023.102642.
 2. Yankelevich SS. Teoretiko-metodologicheskiye aspekty tematicheskoy kartografi na osnove geoprostranstvennykh znaniy [Theoretical and methodological aspects of thematic cartography based on geospatial knowledge]. *Izvestia vuzov "Geodesy and Aerophotosurveying"*. 2022;66(4): 51–58. (In Russian). DOI:10.30533/0536-101X-2022-66-4-51-58.

3. Kalugin DN. Avtomaticheskaya geograficheskaya privyazka topograficheskikh kart s ispol'zovaniyem yazyka programmirovaniya Python [Automatic georeferencing of topographic maps using Python programming language]. *Izvestia vuzov "Geodesy and Aerophotosurveying"*. 2023;67(1): 57–65. (In Russian). DOI:10.30533/GiA-2023-004.
4. Trott S, Jones C, Chang T, et al. Do Large Language Models Know What Humans Know? *Preprint arXiv.org*, 2023. Available from: <https://arxiv.org/pdf/2209.01515.pdf> (Accessed 30 October 2023).
5. Amodei D, Olah C, Steinhardt J, et al. Concrete problems in AI safety. *Preprint arXiv.org*, 2016. Available from: <https://arxiv.org/pdf/1606.06565.pdf> (Accessed 30 October 2023).
6. Ji Z, Lee N, Frieske R, Yu T, et al. Survey of hallucination in natural language generation. *ACM Computing Surveys*. 2023. 55;12: 1–38.
7. Mai G, Huang W, Sun J, et al. On the Opportunities and Challenges of Foundation Models for Geospatial Artificial Intelligence. *Preprint arXiv.org*, 2023. Available from: <https://arxiv.org/pdf/2304.06798.pdf> (Accessed 30 October 2023).
8. Roberts J, Lüddecke T, Das S, et al. GPT4GEO: How a Language Model Sees the World's Geography. *Preprint arXiv.org*, 2023. Available from: <https://arxiv.org/pdf/2306.00020.pdf> (Accessed 30 October 2023).
9. Mooney P, Cui W, Guan B, Juhász L. Towards Understanding the Spatial Literacy of ChatGPT – Taking a Geographic Information Systems (GIS) Exam. *Preprint EarthArXiv.org*, 2023. Available from: <https://eartharxiv.org/repository/object/5544/download/11889/> (Accessed 30 October 2023).
10. Li Z, Ning H. Autonomous GIS: The next-generation AI-powered GIS. *Preprint arXiv.org*, 2023. Available from: <https://arxiv.org/pdf/2305.06453.pdf> (Accessed 30 October 2023).
11. Kang Y, Zhang Q, Roth R. The Ethics of AI-Generated Maps: A Study of DALLE 2 and Implications for Cartography. *Preprint arXiv.org*, 2023. Available from: <https://arxiv.org/pdf/2304.10743.pdf> (Accessed 30 October 2023).
12. Ran T, Xu J. Mapping with ChatGPT. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2023. 12;7: 284. DOI:10.3390/ijgi12070284.
13. Porsdam Mann S, Earp BD, Møller N, et al AUTOGEN: A Personalized Large Language Model for Academic Enhancement — Ethics and Proof of Principle. *The American Journal of Bioethics*, 2023. 23;10: 28–41. DOI:10.1080/15265161.2023.2233356.

AUTHOR**Alexey A. Kolesnikov**

Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia
 Department of Cartography and Geoinformatics, Institute of Geodesy and Management
 Ph.D. in Engineering, Associate professor
 0000-0002-4761-4072

Submitted: October 31, 2023. Accepted: February 22, 2024. Published: February 28, 2024.