

УДК 528.9:004.8

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-2-75-87>

## Методологические аспекты использования искусственного интеллекта в картографии

А. А. Колесников<sup>1</sup>, Д. В. Лисицкий<sup>1</sup>, Я. Г. Пошивайло<sup>1✉</sup>, С. С. Янкелевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

e-mail: yaroslava@ssga.ru

**Аннотация.** Статья посвящена актуальной проблеме применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в картографии. Авторы обосновывают необходимость перехода к полной автоматизации картографических процессов в условиях лавинообразного роста объема пространственных данных и повышения требований к скорости их обработки, вплоть до режима реального времени. Особую значимость этим исследованиям в России придают национальные проекты по созданию многоспутниковой орбитальной группировки и Национальной системы пространственных данных (НСПД). На основе анализа зарубежных и отечественных публикаций рассматриваются эволюция и современное состояние темы – от ранних экспертных систем до современной парадигмы Геопространственного ИИ (GeoAI). Выделены ключевые преимущества, тенденции, модели, приложения и этические вызовы, связанные с интеграцией ИИ в картографию. В статье сформулированы основные проблемы, сдерживающие развитие направления в России, включая недостаточную разработанность теоретико-методологической и семантической основы, отсутствие структурированной базы профессиональных знаний и отставание в создании конкурентоспособных отечественных ГИС-платформ. В качестве решения обозначенных проблем предложены методологические, технологические и организационные меры. Ключевые предложения включают: создание российского Свода профессиональных картографических знаний и Единой национальной базы картографических знаний; поэтапную разработку инструментов картографии на основе ИИ (от интеллектуального помощника до виртуального геоаналитика); проведение научных исследований для формализации процессов и адаптации технологий ИИ к картографии. В заключении определены перспективные направления дальнейших исследований и разработок, необходимых для обеспечения лидерства России в области высокотехнологичного картографирования и геопространственного ситуационного территориального мониторинга.

**Ключевые слова:** картография, искусственный интеллект, геопространственный искусственный интеллект, профессиональные картографические знания, геопространственный ситуационный мониторинг

### Для цитирования:

Колесников А. А., Лисицкий Д. В., Пошивайло Я. Г., Янкелевич С. С. Методологические аспекты использования искусственного интеллекта в картографии. *Вестник СГУГиТ*. 2026. Т. 31, № 2. С. 75–87. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-2-75-87>

## Methodological dimensions of artificial intelligence applications in cartography

A. A. Kolesnikov<sup>1</sup>, D. V. Lisitsky<sup>1</sup>, Y. G. Poshivaylo<sup>1✉</sup>, S. S. Yankelevich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: yaroslava@ssga.ru

**Abstract.** The paper addresses the pressing issue of applying artificial intelligence (AI) technologies in cartography. The authors substantiate the need for full automation of cartographic processes amid the

avalanche-like growth in spatial data volumes and increasing demands for data processing up to real-time. Related studies hold particular significance in Russia due to national projects aimed at establishing a multi-satellite orbital constellation and the National Spatial Data System. Drawing on an analysis of overseas and domestic publications, the paper examines the evolution and current state of the discussed issues starting from early expert systems to the modern paradigm of Geospatial AI. It highlights key advantages, trends, models, applications, and ethical challenges associated with AI integration in cartography. The authors identify core problems impeding progress in Russia, including underdeveloped theoretical, methodological and semantic foundations, the absence of a structured professional knowledge base, and lags in developing competitive domestic GIS platforms. To address these challenges, methodological, technological, and organizational measures are proposed in the paper. Key recommendations include establishing National Cartographic Knowledge Codex and Unified Cartographic Knowledge Base as well as phased development of AI-based cartography tools (from intelligent assistants to virtual geoanalysts) and conducting research aimed at formalization of processes and introduction of AI-based technologies in cartography. In conclusion, the paper delineates prospective directions for future research and development, which are imperative for establishing Russia's preeminence in advanced cartographic technologies and geospatial situational monitoring.

**Keywords:** cartography, artificial intelligence, GeoAI, professional cartographic knowledge, geospatial situational monitoring

**For citation:**

Kolesnikov A. A., Lisitsky D. V., Poshivaylo Y. G., Yankelevich S. S. (2026). Methodological dimensions of artificial intelligence applications in cartography. *Vestnik SSUGiТ [Vestnik SSUGT]* Vol. 31, No. 2. pp. 75–87. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2026-31-2-75-87>

**Введение в тему**

Искусственный интеллект, наряду с Интернетом вещей и квантовыми вычислениями, представляет собой одно из наиболее впечатляющих достижений 4-й индустриальной революции, обеспечивающее стремительное развитие практически всех видов человеческой деятельности, особенно интеллектуальной. В полной мере это относится и к картографии, в которой преобладающая часть производственных процессов сегодня основана на непосредственном использовании интеллекта картографа, а скорость составления карт и атласов ограничивается преимущественно человеческим фактором. Особую актуальность вопрос применения ИИ получил в последние годы, когда в сферах, использующих картографическую продукцию, в полной мере проявились две ключевые тенденции – неуклонный рост потока пространственных данных о территориях и существенное повышение требований потребителей к сокращению сроков создания карт и планов, вплоть до режима реального времени. Единственным вариантом удовлетворения этих требований является полная автоматизация картографических процессов на основе ИИ.

Особую актуальность исследованиям и разработкам по рассматриваемой тематике, выполняемым в России, придают два взаимосвязанных детерминанта национального уровня:

1. Принята и реализуется Государственная программа Российской Федерации «Национальная система пространственных данных» с завершением в 2030 г. (Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Национальная система пространственных данных»: Постановление Правительства РФ от 01.12.2021 № 2148 (ред. от 11.02.2025) – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный).

2. По поручению президента России В. В. Путина реализуется национальный проект «Развитие многоспутниковой орбитальной группировки», имеющий целью кратное увеличение численности действующей российской орбитальной группировки спутников к 2030 г. [1].

Реализация этих проектов означает, что уже с 2030 г. в России будет введена в эксплуатацию система сбора и создания огромного потока пространственных данных, отображающих состояние территории Российской Федерации и зарубежных территорий, происходящих на них процессов, явлений и событий,

в том числе по некоторым из них практически в режиме реального времени, например при возникновении чрезвычайных ситуаций различного характера. При этом будет достигнут синергетический эффект за счет того, что значительное увеличение группировки космических аппаратов кратно увеличит объемы данных дистанционного зондирования, а результаты их обработки обеспечат поддержание в актуальном состоянии Единой электронной картографической основы (ЕЭКО) России, проведение ситуационного территориального мониторинга, повышение уровня обеспеченности потребностей экономики, безопасности и граждан в пространственных данных.

Указанные реалии потребуют значительного увеличения степени автоматизации формирования геоинформационных моделей и карт, что может быть обеспечено только за счет активного внедрения технологий ИИ.

### **Материалы и методы исследований**

Рассмотрение проблем, задач, вопросов, методологических аспектов и формулирование предложений по реализации методов и технологий ИИ в картографии основывается на анализе отечественных и зарубежных публикаций и на результатах собственных комплексных исследований по цифровой картографии, выполняемых на кафедре картографии и геоинформатики Сибирского государственного университета геосистем и технологий [2].

Как было нами установлено, проблемы, задачи и вопросы по тематике использования ИИ в картографии начали формулироваться в мировой и отечественной литературе еще в конце прошлого века в контексте создания экспертных систем. За рубежом одной из первых публикаций в мире на эту тему была статья D. J. Peuquet [3], в которой рассмотрены структуры пространственных данных для представления знаний на основе географической информационной системы (ГИС). В нашей стране одними из первых были статья В. С. Тикунова [4], а затем монография А. В. Кошкарева и В. С. Тикунова [5], в которой выделен раздел, посвященный созданию баз знаний и экспертных систем.

В последующие годы эта тематика последовательно разрабатывалась, особенно в США, по линии консорциума NCGIA (National Center for

Geographic Information and Analysis) в направлении формализации картографических знаний. Например, в отчете [6] было предложено формализовать следующие знания:

- декларативные (геометрические и негеометрические факты);
- процедурные (алгоритмы и методы);
- структурные (географическое значение, включая процессы генерации данных);
- семантические (значение в контексте);
- эпизодические (временные коннотации).

В материалах Международной картографической ассоциации (International Cartographic Association, ICA) рассматриваются вопросы природы знаний, их создания и формализации, предполагается, что у картографии есть особые потребности, связанные с ее дисциплинарными границами, ролью неопределенных и «проблемных» знаний в ее предмете. Выполнена [7] оценка модели структуры, содержания и использования сводов знаний (BoK) по другим дисциплинам, а также приведены результаты проделанной работе по созданию картографической базы данных и использованию метода экспертной оценки Delphi для ее разработки. В публикации [8] отмечается, что использование систем, основанных на знаниях, стало возможным благодаря разработкам в области ИИ и что существует необходимость внедрения картографических правил непосредственно в программы для составления карт, особенно в программное обеспечение ГИС. Высказывается мнение, что реального картографа можно частично заменить использованием системы знаний (intelligent system).

В последнее десятилетие активно проводятся исследования по использованию ИИ в картографии в рамках комплексных разработок по геопро пространственной разведке GEOINT (geospatial intelligence). В связи с этим, в США резко растет число компаний-единорогов (частных стартапов, с рыночной оценкой более 1 млрд долларов), представляющих следующее поколение технологий, работающих на основе ИИ и геопро пространственной разведки, что позиционирует США как мирового лидера в области геопро пространственных инноваций. В отчете о состоянии и будущем GEOINT высказывается мнение о том, что это направление находится в центре расходящейся конвергенции между методами науки

о данных, прогнозирования и предиктивной аналитики, а также такими технологиями, как ГИС, дистанционное зондирование Земли, искусственный интеллект, высокопроизводительные вычисления, а также развивающихся технических средств, таких как малые спутники, дроны, датчики типа «in situ» и интеллектуальные устройства [9]. В Геологической службе США (USGS) имеются значительные достижения по использованию Геопространственного искусственного интеллекта (GeoAI) в топографическом картографировании, создании цифровых геопространственных баз данных, проектировании интеллектуальной национальной карты. Отмечается, что компоненты интеллектуальной национальной карты включают в себя: извлечение и сопоставление признаков, обобщение, многомасштабное представление, разработку семантических данных, обработку логических выводов и графические пользовательские интерфейсы с возможностью запросов и визуализации результатов прямых запросов, а также подключение к обширному массиву данных и информации во Всемирной паутине. Сделан вывод, что Геологической службе США необходимо адаптировать GeoAI для создания интеллектуальной национальной карты, а GeoAI, как новая парадигма обработки геопространственных данных, формирует новое направление в геоинформатике и ГИС [10].

В работе о будущем картографии в связи с использованием ИИ [11] эта инновация провозглашается как «новая эра картографии», «революция в картографии», связанная с возможностью непрерывного мониторинга, выявления закономерностей и прогнозирования динамики окружающей среды. Среди ключевых тенденций, которые изменят способы создания, использования и понимания карт, указываются: повышение уровня автоматизации, развитие дополненной реальности (AR) в картографических приложениях, интеграция данных в картографические системы в реальном времени, переход к персонализированным картам, автоматическое обновление карт, расширение возможностей взаимодействия пользователей с картографическими технологиями. Отмечается появление таких понятий, вошедших в последние годы в пользовательскую среду, как «умная» карта, ин-

теллектуальные картографические технологии, сторителлинг в картографической визуализации, тепловые карты. В качестве наиболее острых проблем, обусловленных внедрением в картографию ИИ, указываются конфиденциальность данных, алгоритмическая предвзятость (обусловленная возможным использованием в машинном обучении ошибочных, недостоверных данных), общественное понимание и доверие пользователей, которым будет все сложнее понимать, как создаются эти карты и какие данные при этом используются. Сформулированы основополагающие принципы применения ИИ:

- прозрачность в вопросах получения и использования данных;
- регулярная проверка алгоритмов ИИ для выявления и устранения предвзятости;
- вовлечение сообщества в процесс составления карты для обеспечения учета различных точек зрения (краудсорсинг);
- соблюдение правил конфиденциальности и безопасности данных для обеспечения сохранности личной информации и индивидуальных предпочтений пользователей.

Сделан вывод, что «интеллектуальные картографические технологии – это не просто тренд, а фундаментальное изменение в том, как мы понимаем наш мир и ориентируемся в нем... эти технологии делают карты более интерактивными, информативными и отвечающими нашим потребностям» [11].

В фундаментальном исследовании методов, приложений и этики использования ИИ в картографии [12] отмечается, что новый исследовательский импульс, названный Геопространственным искусственным интеллектом (GeoAI), был вызван развитием глубокого обучения и подходов машинного обучения в информатике. Для картографии это обусловило два преимущества:

- технологии GeoAI могут достигать лучших результатов в решении нескольких сложных картографических задач по сравнению с классическими статистическими и вычислительными подходами;
- технологии GeoAI могут помочь достичь такого уровня автоматизации картографических и геоинформационных процессов, которого существующие инструменты ГИС не позволяют.

Выполненные исследования охватывают вопросы источников и форматов данных для картографии, оценки карт, пространственно-временного моделирования, дизайна и этики применения ИИ в картографии.

Рассмотрены три типа источников данных: авторитетные наборы данных (поддерживаются и публикуются правительствами), коммерческие наборы данных (предоставляются крупными технологическими компаниями, такими как Google Maps и Bing Maps) и наборы данных, созданные легитимными пользователями.

Детально раскрыты шесть категорий моделей GeoAI, каждая из которых служит для различных картографических задач: деревья решений (DT), технологии графов знаний и семантической сети (KG & SWT), глубокие сверточные нейронные сети (D CNNs), генеративные состязательные сети (GANs), графовые нейронные сети (GCNs) и обучение с подкреплением (RL).

Проанализированы семь приложений картографического дизайна, которые на сегодняшний день используют GeoAI: обобщение, символизация, типографика, чтение карт, интерпретация карт, анализ карт и производство карт.

Раскрыты такие этические проблемы, которые требуют внимания при интеграции GeoAI и картографии, как коммерциализация, ответственность, конфиденциальность, предвзятость и (вместе) прозрачность, объяснимость и происхождение.

Предложены четыре потенциальных темы для будущих исследований в области картографии с использованием GeoAI: активная картографическая символизация; человек в процессе интеллектуализации картографии; картографирование на основе GeoAI как услуга и генеративный искусственный интеллект для картографии.

Следует отметить, что исследование выполнено по 101 англоязычной публикации в наиболее авторитетных мировых изданиях. Из русскоязычных публикаций упомянута только одна – статья Я. Г. Пошивайло и А. А. Колесникова [13], посвященная вопросам организации высшего образования для геопространственной индустрии.

Действующий президент Международной картографической ассоциации (ICA) Georg Gartner на период 2023–2027 гг. отмечает, что ICA не только поддерживает, но и активно содействует развитию роли картографии в ИИ [14]. Картография выступает в качестве важнейшего инструмента для GeoAI и больших языковых моделей, поскольку она предоставляет пользователям возможность визуализировать сложные данные, извлекать из них значимую информацию и эффективно сообщать о своих выводах. Он утверждает, что картография является фундаментальной частью будущего геопространственного интеллекта и аналитики на основе ИИ. Интегрируя картографические принципы, модели на основе GeoAI можно использовать для создания тематических карт, которые обеспечивают лицам, принимающим решения, понимание сложных геопространственных данных, облегчая планирование на основе данных и распределение ресурсов. Такая синергия между картографией и ИИ имеет решающее значение, поскольку она позволяет проводить более глубокий анализ и принимать эффективные решения за счет расширения возможностей людей по интерпретации, визуализации и прогнозированию геопространственных закономерностей.

В России публикаций по рассматриваемой тематике существенно меньше, при этом основные исследования по применению ИИ вначале осуществлялись в рамках общих задач геоинформатики, затем в контексте разработок интеллектуальных геоинформационных систем, а в последние годы – в направлении технической реализации существующих алгоритмов для решения частных задач. При этом крайне мало работ теоретического характера, раскрывающих новые методологические и концептуальные подходы развития геоиндустрии в целом и картографирования в частности.

В статье В. П. Савиных и В. Я. Цветкова [15] рассматриваются особенности решения ряда задач в геоинформатике, которые сближены с методами ИИ и направлены на извлечение, получение и формирование геоинформационных знаний об окружающем мире.

А. А. Глотов анализирует технологические барьеры развития геоинформационных технологий как предпосылки интеллектуали-

зации ГИС [16], под которой подразумевает использование методов ИИ на каком-либо одном либо на всех этапах полной функции анализа данных. Автор делает вывод о том, что построение интеллектуальных ГИС остро ставит задачу их методологического обеспечения. По его мнению, в качестве методологической основы интеллектуализации геоинформационных систем, кроме собственно ИИ, следует рассматривать такие научные направления, как общая теория геосистем и геоинформационное моделирование.

Эта же тема получает развитие в статье [17], где ГИС рассматривается как объект исследования и интеллектуализации. Констатируется, что в интеллектуальных ГИС применимы классическая обработка информации и интеллектуальная обработка больших данных в сочетании, например, искусственной нейронной сети и ГИС. На современном этапе интеллектуализация включает поиск вариантов решений задачи, выбор оптимального, решения и наличие четкой или нечеткой постановки задачи. Такой подход характерен постановкой сложных задач, решение которых осуществимо множеством алгоритмов. При этом, методы интеллектуализации различаются, что обусловлено различием главных функций ГИС и вследствие этого многообразием специализации ГИС и, соответственно, ИИ. Получает развитие интеллектуализация ГИС на основе применения мультиагентных алгоритмов, которые применяют при нечеткой постановке задачи. Делается вывод, что несмотря на долгий путь развития проблема интеллектуализации ГИС далека от своего завершения, особенно в области теории и обобщения. Она требует дальнейших исследований, особенно для решения задач в условиях фактической или условной неопределенности.

В уже упомянутой монографии [2] также исследуются вопросы подготовки методологической основы и решается ряд частных задач с применением ИИ в картографии.

Так, С. С. Янкелевич в разделе 1.6. «Когнитивная картография» рассмотрены основные предпосылки формирования новой концепции картографии, сущность которой заключается в развитии классического картографического метода исследования в направлении использо-

вания, наряду с геоинформацией, накопленных геопространственных знаний в виде алгоритмов, программ и моделей в составе интеллектуальных ГИС. Это обеспечивает формализацию знаний, создание баз знаний и применение технологических решения по использованию ИИ в картографии. Более подробно результаты выполненных исследований приведены в диссертационном исследовании автора данного раздела [18].

В разделе 2.4. «Искусственный интеллект и машинное обучение в цифровой картографии» А. А. Колесниковым выделены такие уникальные особенности картографии, как вариативность исходных данных, разнообразие представления значений координат, большое количество алгоритмов обработки всех видов данных; интерпретируемость результатов и построенной математической модели для многомерных данных. Проанализированы основные технические и программные средства ИИ и машинного обучения в картографии. Приведены типовые примеры решаемых задач, такие как геопозиционирование фотографий и видеороликов, не имеющих информации о параметрах и координатах съемки; определение и уточнение типов данных в атрибутивных таблицах; обработка облаков точек; сегментация спутниковых и аэроснимков; обработка неструктурированных текстов; автоматическое картографирование по данным с беспилотных авиационных систем (БАС); интеграция данных из внешних источников; стилизация картографических изображений; геостатистика и пространственно-временное прогнозирование; пространственно-временное моделирование и визуализация динамических процессов в окружающей среде. В привязке к указанным задачам раскрыты наиболее часто используемые в цифровой картографии алгоритмы и методы. Сделан вывод о том, что достижения в области ИИ могут реализовать новые идеи, выходящие за рамки существующей теории, обеспечить решение тех задач, которые ранее решались только человеком, способствовать дальнейшему пониманию самой теории картографии.

В разделе 2.1. «Геоинформационное картографирование и геоинформационный анализ» Я. Г. Пошивайло выполнена формализа-

ция геоинформационного картографирования с учетом технологических режимов выполнения геопространственных функций в аспекте уровня автоматизации процессов. Перечислены направления революционных изменений картографии, в том числе развитие технологии картографической визуализации в виде виртуальной и дополненной реальностей и существенное повышение уровня автоматизации процессов составления и обновления карт за счет применения ИИ, машинного обучения и геокогнитивных технологий. Сделан вывод о том, что ГИС будут ориентированы на создание 3D и 4D геоинформационных цифровых двойников, а затем с их использованием на реализацию пространственного мониторинга и выработку управляющих пространственных решений.

Еще одно диссертационное исследование в области картографии в направлении создания научно-теоретической основы и разработки автоматизированных методов генерализации пространственных данных, обеспечивающих воспроизведение географических особенностей картографируемых объектов, представленных в исходных цифровых моделях, выполнено Т. Е. Самсоновым в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова [19]. Был разработан и доведен до уровня технической (в том числе программной) реализации целый ряд из 18 оригинальных методик генерализации, в основе каждой из которых предложен новый или адаптирован известный частно-специализированный метод решения задачи. Совокупность полученных результатов исследований может быть положена в основу создания профессиональной картографической базы знаний в части генерализации карт, что, безусловно, обеспечит дальнейшую реализацию методов и технологий ИИ в картографии.

### **Результаты исследований**

В целом, анализ зарубежных и отечественных публикаций по вопросу использования ИИ в картографии позволяет сделать три важных обобщения:

– использование методов и технологий ИИ в картографии, безусловно, позволит ре-

шить назревшую проблему существенного, на порядок, повышения скорости картографирования территорий при одновременном кратном увеличении объемов исходных геопространственных данных;

– теоретические и методологические основы картографии требуют соответственного развития и дополнения, отражающего революционные технологические изменения;

– приоритетное развитие в ближайшие годы получит оперативное картографирование как часть территориального мониторинга, обеспечивающего ситуационную осведомленность органов власти и управления территориями разного уровня, производственными процессами в экономике, при кризисных ситуациях и в военном деле в режиме практически реального времени.

Следует иметь в виду, что необходимо создание инструментов интеграции традиционных подходов и инновационных технологий. Традиционные методы составления карт основаны на опыте специалистов-картографов, знающих особенности территории и учитывающих национально-культурные аспекты восприятия пространства. Технологии ИИ предлагают автоматизацию процессов создания карт, однако зачастую приводят к утрате индивидуальности картографического продукта и снижению внимания к специфическим особенностям конкретных регионов.

Вследствие этого появляется ряд вопросов по постановке, содержанию и направлениям исследований по указанной тематике.

1. Какие основные проблемы, противоречия и препятствия сдерживают применение ИИ в картографии?

2. Какова стратегия последовательной реализации методов и технологий, разработок программного обеспечения для применения ИИ в картографии?

3. Как должен быть организован процесс создания Свода профессиональных знаний по картографии, а затем формирования и ведения Единой национальной базы профессиональных картографических знаний на основе ИИ в России?

4. Какие принципиальные изменения должны произойти в геоинформационных системах и сервисах, для того, чтобы обеспе-

читать интеллектуализацию создания картографической продукции?

5. Какими должны быть план и механизмы внедрения разработок по ИИ в картографическое производство?

Наряду с общими проблемами использования ИИ в жизнедеятельности человека (этические и психологические аспекты, конфиденциальность и безопасность, справедливость и прозрачность алгоритмов, нормативно-правовое регулирование и др.), имеются и специфические проблемы картографии, в том числе в связи с национальными реалиями:

- возможности методов и технологий ИИ используются в мировой картографии весьма ограниченно вследствие недостаточной подготовленности для этого ее теоретической и методологической основы;

- в Российской Федерации отсутствует необходимая семантическая основа для реализации ИИ в области картографии, содержащая профессиональные знания в формализованном виде;

- на всех этапах создания и использования картографических произведений и геоинформационных моделей возникают сложности подбора подходящих для конкретной картографической задачи технических решений и программных средств ИИ, совокупность которых применительно к картографии недостаточно структурирована и при этом непрерывно увеличивается;

- имеются сложности и ограничения для открытого доступа большого числа источников геоинформации;

- имеются проблемы, связанные с созданием конкурентноспособных отечественных технологических платформ и ГИС;

- отстает в развитии нормативно-правовая база в сфере геопространственных данных, знаний, интеллектуальной продукции и геопространственного искусственного интеллекта.

Исходя из имеющегося зарубежного и отечественного опыта применения ИИ в картографии на настоящем этапе развития геоиндустрии можно предложить следующие методологические, технологические и организационные идеи по решению проблем и ответов на поставленные вопросы.

1. В порядке развития научно-методических основ картографии необходима кооперация ведущих университетов страны в данной области

по разработке российского «Свода профессиональных знаний по картографии» в соответствии с отечественной научной школой.

2. Модернизацию отечественной картографии в аспекте использования ИИ целесообразно проводить в рамках государственно-частного партнерства, в котором формирование и ведение «Единой национальной базы профессиональных картографических знаний» обеспечивает государство (в части полномочий Росреестра), а разработка технологий и программных приложений ведется на коммерческой основе различными организациями.

3. С целью обеспечения технической реализации ИИ необходимы специальные научные исследования технологий геоинформационного картографирования по формализации технологических процессов и созданию баз профессиональных знаний.

4. Технологические инструменты на основе геопространственного ИИ целесообразно разрабатывать поэтапно, с постепенным повышением уровня использования:

- а) информационный помощник картографа по вопросам картографии – ИПК (интеллектуальный справочник);

- б) интеллектуальный консультант картографа – ИКК (для выработки профессиональных картографических решений);

- в) виртуальный картограф – ВК (для выполнения производственных процессов картографии);

- г) виртуальный геоаналитик – ВГА (для выработки пространственных отраслевых решений).

5. Необходимы исследования и разработки семантической (содержательной) основы для функционирования ИИ в соответствии с уровнем его использования:

- а) базы формализованных профессиональных знаний картографа (БФПЗК) – созданной на основе явных знаний, содержащихся в виде определений, правил, принципов, критериев, шаблонов процессов, каталога геооператоров и специально созданных сводов профессиональных знаний по аналогии с зарубежной GIS&T Body of Knowledge [20] и др.;

- б) базы неформализованных знаний по картографии (БНФПЗК) – совокупности отобранных текстовых и картографических ис-

точников, их библиографических описаний, адресов в Интернете, содержащих пояснения и предложения по развитию, толкованию, уточнению, дополнению, обновлению явных профессиональных знаний и неявные знания авторов этих материалов (ГОСТы, справочники, инструкции, наставления, карты, атласы, монографии, учебники, научные отчеты, статьи и др.);

в) системы отбора контента из Интернета (КИ) всех источников по картографии, включающих неформализованные знания о картографируемых территориях – текстовые, картографические, фото- и видеоисточники, содержа-

ние которых пропускается через специальные фильтры, отсекающие недостаточно авторитетные, адекватные и достоверные материалы;

г) системы отбора контента из различных отраслевых материалов (КОМ), содержащего неформализованные отраслевые знания о геопространственном факторе отраслевой деятельности в текстовом виде (отраслевые ГОСТы, справочники, инструкции, наставления, карты, монографии, учебники, научные отчеты, статьи и др.).

Взаимосвязи рассмотренных компонентов сферы использования ИИ в картографии показаны в таблице.

### Сфера использования ИИ в картографии

Искусственный интеллект в картографии	Уровни использования искусственного интеллекта			
	Предоставление по запросу явных профессиональных знаний в формализованном виде	Выработка по запросу профессиональных решений по картографическим процессам и продукции	Управление выполнением производственных картографических процессов	Выполнение пространственного анализа и выработка пространственных решений (по отраслям)
Инструмент на основе геопространственного интеллекта	Информационный помощник картографа (ИПК)	Интеллектуальный консультант картографа –ИКК (в том числе включает функции ИПК)	Виртуальный картограф – ВК (в том числе функции ИКК)	Виртуальный геоаналитик – ВГА (в том числе часть функций ВК)
Получаемый результат	Справка по запросу	Технологические решения	Составительские оригиналы	Оценка ситуации и пространственные решения
Содержательная основа для реализации ИИ	БФПЗК	БФПЗК, БНФПЗК	БФПЗК, БНФПЗК, КИ	КОМ, БФПЗК, БНФПЗК, КИ
Необходимые мероприятия по подготовке к реализации средств искусственного интеллекта в картографии на основе профессиональных знаний и экспертных материалов	Выявление и формализация явных профессиональных картографических знаний. Формирование и актуализация БФПЗК	Поиск, анализ и отбор источников неявных картографических знаний. Выработка критериев отбора источников, формирование и актуализация БНФЗК	Системный анализ и алгоритмизация профессиональных картографических знаний о картографических процессах. Разработка методов и технологий экспертного машинного обучения ИИ	Выявление и накопление отраслевых знаний пользователей о геопространственном факторе отраслевой деятельности. Алгоритмизация процессов пространственного анализа
Реализация методов и средств искусственного интеллекта в картографии на основе профессиональных знаний и экспертных материалов	Разработка программных решений и средств описания картографических процессов и продуктов по запросам пользователей	Разработка программных решений и средств представления картографическим процессам и продуктам с использованием искусственного интеллекта	Разработка программных решений и средств по выполнению картографических процессов с использованием искусственного интеллекта. Машинное обучение ИИ	Разработка программных решений и средств по выполнению пространственного анализа с использованием искусственного интеллекта. Машинное обучение ИИ

### **Выводы и дальнейшие перспективы исследования**

Имеющийся в мире и России опыт применения ИИ в картографии показывает его боль-

шие возможности и перспективы в достижении ранее недостижимой цели – полной автоматизации картографических процессов, в том числе и в режиме практически реального времени. Особое значение данное достиже-

ние приобретает в критически важных сферах деятельности, характеризующихся необходимостью оперативной реакции на изменения обстановки: мониторинг антропогенных и природных изменений территории, эффективное управление земельными и иными природными ресурсами, прогнозирование и минимизация последствий кризисных ситуаций природного и техногенного характера. Получение актуальных цифровых картографических продуктов в минимальные временные интервалы способствует повышению качества управленческих действий и снижению рисков при принятии решений.

В нашей стране имеются факторы и предпосылки существенного развития исследований и разработок по данной тематике, есть определенные достижения и результаты. В то же время имеются проблемы, сдерживающие этот процесс и требующие решения задач научного и организационного плана.

В первую очередь необходимо:

– расширить круг научных исследований по развитию научно-методологических основ картографии, формированию нового образа мышления, новой концепции для обеспечения эффективного применения ИИ;

– выполнить специальное научное исследование в области геоинформационного картографирования по формализации технологических процессов и созданию баз знаний, в том числе на основе методов онтологий и семантических сетей;

– выполнить специальное научное исследование по адаптации базовых технологий ИИ к особенностям и специфике геопространственных задач и интеллектуальной продукции;

– выполнить специальное научное исследование по созданию отечественной интел-

лектуальной ГИС и геопространственных цифровых двойников;

– организовать профессиональное картографическое сообщество России на создание семантической основы для реализации ИИ в виде «Свода профессиональных знаний по картографии», «Единой национальной базы профессиональных картографических знаний», системы отбора контента из Интернета и других внешних источников, содержащего неформализованные знания о картографируемых территориях и о геопространственном факторе в различных отраслях деятельности;

– развернуть комплексные исследования по созданию на базе ИИ национальной высокотехнологичной платформы для осуществления геопространственного ситуационного мониторинга (в англоязычной литературе – геопространственная разведка), обеспечивающей ситуационную осведомленность о территории, оценку и эффективное управление ресурсами, логистикой, производственными объектами и процессами вплоть до режима реального времени;

– инициировать обсуждение на государственном уровне необходимости дополнения перечня функций ППК «Роскадастр» новой функцией по осуществлению ситуационного территориального мониторинга в интересах органов государственной власти, местного самоуправления, юридических лиц и граждан, а также в целях обеспечения обороноспособности и безопасности государства;

– проводить планомерную модернизацию учебных программ с учетом развития новых технологий, в том числе ИИ, дополненной реальности, компьютерного зрения и др.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Нацпроекты.РФ. [Электронный ресурс]. URL: <https://нацпроекты.рф./naczproekt-razvitiemnogospuznikovoj-orbitalnoj-gruppirovki/>.
2. Андрухина Ю. Н., Бугаков П. Ю., Касьянова Е. Л., Кацко С. Ю., Колесников А. А., Комиссарова Е. В., Лисицкий Д. В., Молокина Т. С., Радченко Л. К., Пошивайло Я. Г., Утробина Е. С., Янкелевич С. С. Цифровая картография : монография; под научной редакцией Д. В. Лисицкого. Новосибирск : СГУГиТ, 2023. 442 с. ISBN 978-5-907711-37-2.
3. Peuquet D. J. Data Structures for a Knowledge-Based Geographic Information System. Proceedind of International Geographical Union International Symposium on Spatial Data Handling. Zurich, Switzerland, 1984. P. 372–391.

4. Тикунов В. С. Исследования по искусственному интеллекту и экспертные системы в географии. Вестник Московского университета, сер. геогр. 1989, № 6. С. 3–9.
5. Кошкарёв А. В., Тикунов В. С. Геоинформатика / Под ред. Д. В. Лисицкого. М. : Картгеоцентр. «Геодезиздат», 1993. 213 с.
6. Buttenfield B. NCGIA Research Initiative 8 (Formalizing Cartographic Knowledge): Scientific Report for the Specialist Meeting (95-15) - eScholarship. 1995 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.academia.edu/129018897/NCGIA\\_Research\\_Initiative\\_8\\_Formalizing\\_Cartographic\\_Knowledge\\_Scientific\\_Report\\_for\\_the\\_Specialist\\_Meeting\\_95\\_15\\_eScholarship](https://www.academia.edu/129018897/NCGIA_Research_Initiative_8_Formalizing_Cartographic_Knowledge_Scientific_Report_for_the_Specialist_Meeting_95_15_eScholarship).
7. Fairbairn D. Creating a Body of Knowledge for cartography. Proceedings of the ICA. – 2018 [Электронный ресурс]. URL: [https://www.researchgate.net/publication/325185021\\_Creating\\_a\\_Body\\_of\\_Knowledge\\_for\\_cartography](https://www.researchgate.net/publication/325185021_Creating_a_Body_of_Knowledge_for_cartography). – DOI:10.5194/ICA-PROC-1-35-2018
8. Dobešová Z., Brus J. Intelligent Systems in Cartography. Ed.: V. M. Koleshko. Intelligent Systems, InTech, Rieka, Croatia. 2012. P. 257–276 ISBN 978-953-51-0054-6.
9. 2020-SaFoG\_2020 State and Future of GEOINT Report [Электронный ресурс]. URL: <https://usgif.org/wp-content/uploads/2024/06/2020-SaFoG.pdf>
10. Usery E. L., Arundel S. T., Shavers E., Stanislawski L., Thiem P., Varanka D. GeoAI in the US Geological Survey for topographic mapping. Transactions in GIS. 2022. Vol. 26, P. 25–40. DOI: 10.1111/tgis.12830.
11. Navigating the Future: AI and Cartography [Электронный ресурс]. URL: <https://aifutureday.com/details-7492000-navigating-the-future-ai-and-cartography.html>.
12. Yuhao K., Song G.a, Robert E. R. Artificial Intelligence Studies in Cartography: A Review and Synthesis of Methods, Applications, and Ethics. Cartography and Geographic Information Scienc. 2024. Vol. 51(2), P. 1–32. DOI: 10.1080/15230406.2023.2295943.
13. Пошивайло Я. Г., Колесников А. А. Разработка образовательной концепции для геопространственной отрасли в рамках основных технологий цифровой экономики. InterCarto/ InterGIS-27 : сборник материалов Международной конференции (21–23 августа 2021 г.). М.: Т. 27, № 1, С. 29–43. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-29-43.
14. Why AI and Large Language Models Benefit from Cartography [Электронный ресурс]. URL: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/why-ai-and-large-language-models-benefit-from-cartography>.
15. Савиных В. П., Цветков В. Я. Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике. Транспорт Российской Федерации, 2010. № 5. С. 41–43.
16. Глотов А. А. Интеллектуализация геоинформационных систем: подходы и направления. Геоматика. 2015. № 4. С. 119–123.
17. Бучкин В. А. Состояние и развитие интеллектуальных ГИС. Информация и космос. 2020. № 3. С.119–123.
18. Янкелевич С. С. Разработка теории и методологии картографирования территорий на основе геопространственных знаний : автореф. дис. док техн. наук. М.: МИИГАиК, 2024. 48 с.
19. Самсонов Т. Е. Генерализация пространственных данных и ее картографические приложения: автореф. дис. док географ. наук. М. : МГУ им. М. В. Ломоносова, 2025. 50 с.
20. GIS&T Body of Knowledge. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (BoK) is available via two new platforms to support more extensive data exploration, search, discovery, and visualization [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ucgis.org/site/gis-t-body-of-knowledge>.

## REFERENCES

1. Natsproyekty.RF. URL: <https://нацпроекты.рф./naczproekt-razvitie-mnogosputnikovoj-orbitalnoj-gruppirovki>.
2. Andryukhina, Ju. N., Bugakov, P. Ju., Kasyanova, E. L., Katsko, S. Ju., Kolesnikov, A. A., Komissarova, E. V., Lisitsky, D. V., Molokina, T. S., Radchenko, L. K., Poshivaylo, Ya. G.,

- Utrobina, E. S., Yankelevich, S. S. (2023). *Cifrovaja kartografija [Digital cartography]:* D. V. Lisitsky (Eds.). Novosibirsk: SGUGiT, 442 p. (In Russian). ISBN 978-5-907711-37-2.
3. Peuquet, D. J. (1984) Data Structures for a Knowledge-Based Geographic Information System. *Proceedings of International Geographical Union International Symposium on Spatial Data Handling*. Zurich, Switzerland, pp. 372–391.
  4. Tikunov, V. S. (1989). Research on artificial intelligence and expert systems in geography. *Vestnik moskovskogo universiteta, seriya geografiya [Vestnik of Moscow University, geography series]*, 6, pp. 3–9. [In Russian].
  5. Koshkarev, A. V., Tikunov V. S. (1993) *Geoinformatika [Geoinformatics]* / D.V. Lisitsky (Eds.). Moscow: Kartgeocenter - "Geodezizdat". 213 p. [In Russian].
  6. Buttenfield, B. (1995) NCGIA Research Initiative 8 (Formalizing Cartographic Knowledge): Scientific Report for the Specialist Meeting (95-15) – eScholarship. Retrieved from [https://www.academia.edu/129018897/NCGIA\\_Research\\_Initiative\\_8\\_Formalizing\\_Cartographic\\_Knowledge\\_Scientific\\_Report\\_for\\_the\\_Specialist\\_Meeting\\_95\\_15\\_eScholarship](https://www.academia.edu/129018897/NCGIA_Research_Initiative_8_Formalizing_Cartographic_Knowledge_Scientific_Report_for_the_Specialist_Meeting_95_15_eScholarship).
  7. Fairbairn, D. (2018) Creating a Body of Knowledge for cartography. *Proceedings of the ICA*. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/325185021\\_Creating\\_a\\_Body\\_of\\_Knowledge\\_for\\_cartography](https://www.researchgate.net/publication/325185021_Creating_a_Body_of_Knowledge_for_cartography). DOI:10.5194/ICA-PROC-1-35-2018
  8. Dobešová, Z., Brus, J. (2012) Intelligent Systems in Cartography. Ed.: V. M. Koleshko. *Intelligent Systems, InTech, Rieka, Croatia*, pp. 257–276 ISBN 978-953-51-0054-6.
  9. 2020-SaFoG\_2020 State and Future of GEOINT Report Retrieved from <https://usgif.org/wp-content/uploads/2024/06/2020-SaFoG.pdf> (2022).
  10. Usery, E. L., Arundel, S. T., Shavers, E., Stanislawski, L., Thiem, P., Varanka, D. GeoAI in the US Geological Survey for topographic mapping. *Transactions in GIS*. Vol. 26, pp. 25–40. DOI: 10.1111/tgis.12830.
  11. Navigating the Future: AI and Cartography Retrieved from <https://aifutureday.com/details-7492000-navigating-the-future-ai-and-cartography.html>.
  12. Yuhao, K., Song, G.a, Robert, E. R. (2024) Artificial Intelligence Studies in Cartography: A Review and Synthesis of Methods, Applications, and Ethics. *Cartography and Geographic Information Scienc.* Vol. 51(2), pp. 1–32. DOI:10.1080/15230406.2023.2295943.
  13. Poshivaylo, Ya. G. Kolesnikov, A. A. (2021, August 21–23). Development of an educational concept for the geospatial industry within the framework of the main technologies of the digital economy. *Sbornik materialov Mezhdunarodnoj konferencii [Proceedings of the International Conference InterCarto/InterGIS-27]*. Moscow: Vol.27(1), pp. 29–43. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-1-27-29-43. [In Russian].
  14. Why AI and Large Language Models Benefit from Cartography Retrieved from <https://www.esri.com/about/newsroom/arcnews/why-ai-and-large-language-models-benefit-from-cartography>.
  15. Savinykh, V. P. Tsvetkov, V.Ya. (2010) Development of artificial intelligence methods in geoinformatics. *Transport v Rossiyskoy Federatsii [Transport of the Russian Federation]*, 5. pp. 41–43. [In Russian].
  16. Glotov, A. A. (2015). Intellectualization of geographic information systems: approaches and directions. *Geomatika [Geomatics]*, 4, pp. 119–123 [In Russian].
  17. Buchkin V. A. (2020). Status and development of intelligent GIS. *Informacija i kosmos [Information and Space]*, 3, pp.119–123. [In Russian].
  18. Yankelevich S. S. (2024) *Razrabotka teorii i metodologii kartografirovaniya territoriy na osnove geoprostran-stvennykh znaniy [Development of theory and methodology for mapping territories based on geospatial knowledge]:* Extended Abstract of D.Sc. Thesis. Moscow: MIIGAiK, 48 p. [In Russian].

19. Samsonov T. E. (2025) *Generalizatsiya prostranstvennykh dannykh i yeye kartograficheskiye prilozheniya [Spatial data generalization and its cartographic applications]*: Extended Abstract of D.Sc. Thesis. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 50 p. [In Russian].

20. GIS&T Body of Knowledge. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (BoK) is available via two new platforms to support more extensive data exploration, search, discovery, and visualization Retrieved from <https://www.ucgis.org/site/gis-t-body-of-knowledge>.

### Об авторах

*Алексей Александрович Колесников* – кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики.

*Дмитрий Витальевич Лисицкий* – доктор технических наук, профессор, директор НИИ стратегического развития.

*Ярослава Георгиевна Пошивайло* – кандидат технических наук, заведующая кафедрой картографии и геоинформатики.

*Светлана Сергеевна Янкевич* – доктор технических наук, профессор, ректор университета.

### Author details

*Alexey A. Kolesnikov* – PhD, Associate Professor, Department of Cartography and Geoinformatics.

*Dmitry V. Lisitsky* – D. Sc., Professor, Director of Scientific Research Institute of Strategic Development.

*Yaroslava G. Poshivaylo* – PhD, Head of the Department of Cartography and Geoinformatics.

*Svetlana S. Yankelevich* – D. Sc., Professor, Rector.

Получено / Received 05.09.2025

Поступила после рецензирования / Revised 03.03.2026

Принята к публикации / Accepted 12.03.2026