

А. С. Федорчук¹, Д. А. Поцелуева^{1✉}, А. М. Мамурова¹

ГИС и Интернет вещей: когда карта «чувствует» мир в реальном времени

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: diana75759.com@gmail.com

Аннотация. Современное развитие геоинформационных систем (ГИС) в сочетании с технологиями Интернета вещей (IoT) формирует принципиально новые подходы к сбору, анализу и интерпретации пространственных данных. Карты становятся динамическими цифровыми моделями, способными отражать состояние окружающей среды в реальном времени. Одной из ключевых технологических основ современного этапа развития ГИС является применение методов искусственного интеллекта, которые позволяют автоматизировать анализ спутниковых снимков, цифровых моделей местности, данных сенсоров и изображений, получаемых с беспилотных летательных аппаратов. В статье рассматриваются основы использования нейросетевых алгоритмов для анализа картографической информации, включая применение сверточных нейронных сетей для распознавания пространственных объектов, выявления закономерностей и прогнозирования изменений в ландшафте. Особое внимание уделено вопросам интеграции систем искусственного интеллекта с сервисами логистики, транспортного планирования, туризма и урбанистики. Представлены примеры использования ИИ для автоматизации процесса обновления карт и формирования «народных» картографических ресурсов. Рассмотрены преимущества и технологические вызовы, связанные с обработкой больших объемов геоданных, проблемами приватности, качеством обучающих выборок и этическими аспектами применения данных технологий.

Ключевые слова: геоинформационные системы, искусственный интеллект, нейросети, компьютерное зрение, спутниковые снимки, Интернет вещей

A. S. Fedorchuk¹, D. A. Potselueva^{1✉}, A. M. Mamurova¹

GIS and the Internet of Things: When the Map “Feels” the World in Real Time

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: diana75759.com@gmail.com

Annotation. Modern geoinformation systems (GIS) combined with the Internet of Things (IoT) create fundamentally new ways to collect, analyze, and interpret spatial data. Maps are becoming dynamic digital representations that reflect environmental conditions in real time. Artificial intelligence plays an increasingly important role by automating the processing of satellite images, digital terrain models, sensor feeds, and UAV imagery. This article explores the use of neural network algorithms for map analysis, including convolutional neural networks for object recognition, pattern detection, and landscape change prediction. Special attention is given to integrating AI with logistics, transportation systems, tourism services, and urban planning. Examples of automated map generation, crowdsourced mapping systems, and intelligent cartographic services are provided. The study also identifies technological challenges related to data privacy, training set quality, and ethical considerations associated with the application of AI in geospatial analytics.

Keywords: geoinformation systems, artificial intelligence, neural networks, computer vision, satellite imagery, Internet of Things

Введение

Развитие технологий ГИС и Интернета вещей приводит к формированию комплексных пространственных цифровых платформ, современная эпоха характеризуется стремительным развитием информационных технологий, которые преобразуют различные сферы человеческой деятельности. Одной из ключевых тенденций является интеграция географических информационных систем (ГИС) и концепции Интернета вещей (IoT). Эти технологии позволяют создавать комплексные пространственные цифровые платформы, объединяющие огромные объемы данных о физической среде и объектах инфраструктуры. Такие платформы становятся основой для принятия решений в градостроительстве, экологии, транспорте, сельском хозяйстве и многих других областях. Они обеспечивают возможность мониторинга, анализа и управления объектами и процессами в режиме реального времени, повышая эффективность и устойчивость развития территорий.

Обзор роли искусственного интеллекта в геоаналитике, где карты рассматриваются как визуальные данные. Нейросети имитируют "зрение" человека, анализируя спутниковые снимки, топографические карты и геоданные для извлечения полезной информации.

Искусственный интеллект (ИИ) значительно изменяет подход к геоаналитике, особенно когда речь идет о визуальных данных, таких как карты и спутниковые снимки. Благодаря своим алгоритмам и методам глубокого обучения, нейросети способны имитировать человеческое "зрение", анализируя и интерпретируя большое количество геоданных с высокой степенью точности. Геоаналитика использует разнообразные наборы данных, которые включают спутниковые изображения, топографические карты и другие визуальные источники информации. Эти данные могут содержать ценную информацию о характеристиках местности, изменениях в экологии и динамике городских ландшафтов. Нейросети, в свою очередь, обеспечивают возможность автоматизированного анализа этих изображений, что позволяет извлекать полезную информацию в значительно более короткие сроки. Современные достижения в области компьютерного зрения, основанные на использовании сверточных нейросетей (CNN), сыграли решающую роль в способности ИИ анализировать визуальные данные. Эти нейросети специализированы на распознавании объектов, что включает в себя выявление различных элементов на картах – здания, дороги или природные ресурсы. С помощью подходящих наборов обучающих данных такие сети могут обучаться выявлению даже мелких деталей, что значительно повышает точность картографического анализа. Одним из многих практических приложений ИИ в геоаналитике является мониторинг изменений в природной среде. Нейросети могут анализировать серийные спутниковые снимки, чтобы отслеживать изменения, такие как вырубка лесов, урбанизация или изменения в уровне воды. Аналогичным образом они могут использоваться для анализа

рисков, например, определения зон, подверженных наводнениям, путем анализа топографических данных и климатических моделей. Другая важная область применения – это городское планирование. Модели, построенные на базе ИИ, способны анализировать транспортные потоки и планировать эффективные маршруты, упрощая работу транспортных систем в больших городах. Таким образом, ИИ не только повышает точность анализа геоданных, но и способствует более обоснованным политическим решениям. Искусственный интеллект открывает новые горизонты в области геоаналитики, преобразуя способы, которыми мы анализируем и понимаем визуальные данные, а нейросети, имитируя человеческое зрение и восприятие, могут извлекать из геоданных функциональную информацию, что в итоге улучшает процессы планирования и управления ресурсами.

Основы нейросетей для анализа карт: Описание компьютерного зрения в ИИ – использование convolutional neural networks (CNN) для распознавания объектов на картах, таких как дороги, здания или ландшафты.

Нейросети стали основным инструментом в области компьютерного зрения, особенно когда речь идет об анализе карт. Основным типом нейросетей, используемым для распознавания объектов, являются сверточные нейросети (CNN). Эти модели специально разработаны для обработки и анализа изображений, что делает их идеальными для задач, связанных с геоданными. Архитектура CNN позволяет выделять и распознавать ключевые характеристики изображений, такие как границы, текстуры и формы. При анализе карт нейросети способны обучаться выявлению различных объектов на изображениях, включая дороги, здания, водоемы и прочие элементы ландшафта. Процесс обучения сверточной нейросети обычно включает три основных этапа: предварительную обработку данных, обучение на размеченных изображениях и оценку производительности модели. На первом этапе происходит нормализация и подготовка данных, что позволяет нейросети более эффективно обучаться. Затем модель проходит через несколько слоев свертки и подвыборки, где каждый слой извлекает все более сложные признаки, начиная от простых краев до сложных форм объектов. После завершения обучения сеть тестируется на новых данных для оценки ее способности распознавать объекты. В случае успешного обучения, CNN могут достигать высокой точности в распознавании объектов на картах и обеспечивать полезные данные для дальнейшего анализа. Это позволяет применять результаты анализа не только в научных исследованиях, но и в практических приложениях, таких как мониторинг инфраструктуры, управление природными ресурсами и планирование территорий. Таким образом, использование сверточных нейросетей в компьютерном зрении открывает новые перспективы для анализа карт и улучшения качества геоинформационных технологий.

Процесс обучения нейросетей: Шаги подготовки данных – разметка карт, обучение на примерах и дообучение для специфических задач. Примеры, как ИИ учится предсказывать изменения в ландшафте или выявлять аномалии, подобные тому, как Gemini интегрируется с картами для понимания локаций.

Процесс обучения нейросетей является важным этапом их интеграции в анализ карт. Первым шагом является подготовка данных, что включает разметку карт – процесс, при котором различным элементам на изображениях присваиваются метки. Качественная разметка образует основу для обучения модели. Далее следует этап обучения, где нейросеть обрабатывает размеченные примеры и оптимизирует свои параметры, например, с помощью градиентного спуска, что позволяет ей учиться на ошибках. В некоторых случаях модель может пройти дообучение на специализированных данных для повышения точности в конкретных задачах, таких как предсказание изменений в ландшафте или выявление аномалий. Технология, подобная Gemini, демонстрирует интеграцию с картами, анализируя данные для понимания местоположений и предсказывая изменения на основе исторических и текущих данных. Таким образом, подготовка данных, обучение и дообучение являются ключевыми шагами для создания эффективных нейросетей в анализе карт.

Применение в логистике и транспорте: Как нейросети оптимизируют маршруты, анализируя реальное время трафика и геометрию карт. Интеграция ИИ с сервисами, которые позволяет предлагать персонализированные пути и предсказывать загруженность.

Нейросети находят широкое применение в области логистики и транспорта, особенно в оптимизации маршрутов. С помощью алгоритмов машинного обучения они могут анализировать данные о текущем трафике в реальном времени, что позволяет значительно улучшить процесс планирования поездок. Это достигается за счет обработки информации о загруженности дорог, времени в пути и геометрии карт, что дает возможность принимать более обоснованные решения по выбору маршрутов. Интеграция искусственного интеллекта с различными сервисами, такими как навигационные приложения и службы доставки, позволяет предлагать персонализированные маршруты для пользователей. Например, на основе данных о привычках водителя и условиях на дорогах, системы могут предоставить рекомендации, которые учитывают индивидуальные предпочтения, например, избегание платных дорог или пробок. Кроме того, нейросети способны предсказывать загруженность на определенных участках в зависимости от времени суток, погодных условий и других факторов. Это позволяет не только улучшить время доставки, но и оптимизировать использование транспортных ресурсов, снижая затраты на логистику и улучшая качество обслуживания клиентов. Такие инновационные решения открывают новые возможности для организаций, стремящихся повысить эффективность своих операций и адаптироваться к меняющимся условиям на дорогах.

Использование в туризме и урбанистике: Нейросети "видят" карты для рекомендаций мест (рестораны, достопримечательности) на основе контекста. В городском планировании – анализ для выявления зон роста или экологических рисков через обработку спутниковых изображений.

Нейросети находят широкое применение в туризме и урбанистике, предлагая новые возможности для анализа и улучшения пользовательского опыта. В туристическом секторе ИИ анализирует карты и данные местоположения для создания рекомендаций по посещению ресторанов, достопримечательностей и других интересных мест. Такие системы учитывают контекст, включая предпочтения пользователя и отзывы, что позволяет предлагать наиболее подходящие варианты. В урбанистике нейросети используются для анализа спутниковых изображений, позволяя выявлять зоны роста и потенциальные экологические риски. Системы отслеживают изменения в городской инфраструктуре и помогают планировщикам принимать обоснованные решения. Например, анализ данных позволяет определить районы, подверженные экологическим угрозам, таким как наводнения, и разработать меры по улучшению городской среды. Таким образом, нейросети способствуют более глубокому пониманию потребностей пользователей в туризме и динамики городского развития.

Автоматизация создания карт: Роль ИИ в генерации и обновлении "народных" карт, где нейросети обрабатывают пользовательские данные, делая карты точнее традиционных, как в примерах с автоматизированными решениями для дорожных сетей.

Автоматизация создания карт с помощью искусственного интеллекта существенно улучшает качество "народных" карт. Нейросети играют ключевую роль в их генерации и обновлении, обрабатывая пользовательские данные, полученные из мобильных приложений и соцсетей. Это позволяет создавать более точные и актуальные карты по сравнению с традиционными методами. Процесс начинается с сбора информации от пользователей, что помогает выявлять новые дороги и изменения в инфраструктуре. Нейросети анализируют эти данные, используя машинное обучение для исправления ошибок и обновления устаревшей информации. Например, автоматизированные решения для дорожной сети могут отслеживать состояние дорог и учитывать влияние природных катастроф на инфраструктуру. Таким образом, "народные" карты становятся более надежными и полезными, предоставляя актуальную информацию о маршрутах и условиях движения.

Преимущества и вызовы: Плюсы – скорость анализа, точность и масштабируемость. Минусы – проблемы с приватностью данных, зависимость от качества обучения и этические вопросы в использовании геоданных.

Внедрение искусственного интеллекта в анализ данных обладает несколькими важными преимуществами. Главным плюсом является скорость анализа: ИИ обрабатывает большие объемы информации гораздо быстрее традиционных

методов, что позволяет получать результаты почти в реальном времени. Высокая точность достигается благодаря алгоритмам машинного обучения, которые постоянно обучаются на новых данных, что позволяет улучшать прогнозы. Масштабируемость таких систем позволяет легко адаптировать их к различным задачам и объемам данных. Тем не менее, использование ИИ связано и с определенными вызовами. Прежде всего, важна проблема приватности данных, так как работа с личной информацией требует соблюдения законов о защите данных. Также эффективность нейросетей зависит от качества обучающих данных; если они имеют недостатки или предвзятости, это повлияет на точность анализа. Наконец, необходимо учитывать этические вопросы, связанные с использованием геоданных и их влиянием на пользователей и сообщества. Таким образом, внедрение ИИ в анализ данных предоставляет как возможности, так и серьезные вызовы, требующие внимания.

Результаты

Внедрение искусственного интеллекта в анализ данных продемонстрировало улучшение в скорости обработки информации, точности прогнозов и масштабируемости систем. Нейросети, благодаря алгоритмам машинного обучения, способны быстро обрабатывать большие объемы информации, что позволяет получать актуальные данные в реальном времени. Высокая точность анализа достигается за счет адаптации моделей к новым данным, что значительно повышает качество прогнозов.

Обсуждение

Несмотря на преимущества, использование ИИ в анализе данных также сопряжено с определенными вызовами. Проблема приватности данных требует внимательного подхода, так как обработка личной информации подразумевает соблюдение строгих норм и законов о защите. Эффективность ИИ систем зависит от качества обучающих данных, и недостатки в данных могут существенно снизить точность анализа. Важно также учитывать этические аспекты использования геоданных и их влияние на сообщества и пользователей.

Заключение

Искусственный интеллект предоставляет значительные возможности для анализа данных, улучшая скорость, точность и масштабируемость. Однако необходимо внимательно подходить к вопросам приватности, качества данных и этики. Только комплексное решение этих проблем позволит реализовать весь потенциал ИИ в анализе данных и обеспечить его устойчивое и ответственное использование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1.<https://gisgeo.org/itogi-goda-otrasli-geoinformaczionnyh-tehnologij-i-distanczionnogo-zondirovaniya-zemli-2021/>
- 2.<https://web.archive.org/web/20200309001552/https://istina.msu.ru/collections/87179232/>
- 3.<https://www.ultralitics.com/ru/blog/the-impact-of-ai-on-the-tourism-industry>

4. https://geocartography.ru/scientific_article/2023_4_39-49
5. <https://arcreview.esri-cis.ru/2012/05/14/gis-and-fm-technology/>
6. https://avtprom.ru/system/files/44-46_10.pdf
7. <https://e-univers.ru/upload/iblock/903/lxkz8tqolsty068ztzx2pt0ja67te961.pdf>
8. <https://cartetika.ru/tpost/9ikdp45v41-pyat-trendov-gis-i-kak-v-nih-razobratsya>
9. <https://gisgeography.com/internet-of-things-iot/>
10. <https://www.vietnam.vn/ru/iot-va-ai-thuc-day-the-he-tu-dong-hoa-cong-nghiep-tiep-theo>
11. <https://www.verifiedmarketreports.com/ru/blog/top-7-trends-in-the-geographic-information-system-gis-market/>

© А. С. Федорчук, Д. А. Поцелуева, А. М. Мамурова, 2026