

ГЕОДЕЗИЯ

УДК 528.3:004.896

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБРАБОТКЕ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ: ОТ BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ ДО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

В.А. СКАКУН, В.В. ГОРОВЕЦ
(Представлено: М.В. Волошина)

В статье рассматривается анализ современных технологических трендов для обработки геопространственной информации, в том числе искусственного интеллекта, внедрение BIM-технологий в качестве отраслевого стандарта информационного управления и оценке конкурентоспособности программного обеспечения (на примере программы «Спутник»).

Республика Беларусь активно интегрирует современные геодезические технологии в традиционные процедуры получения и обработки геопространственных данных. Внедрение инноваций поддерживается государственными программами, научными учреждениями и международным сотрудничеством.

Современные технологии в геодезии значительно расширили возможности точного измерения, анализа и визуализации пространственных данных.

Вот ключевые инновации и их применение:

- искусственный интеллект в автономных дронах и LiDAR;
- И и машинное обучение;
- еб-ГИС и облачные платформы;
- омпьютерное зрение в геодезии;
- IM-технологии.

Рассмотрим их несколько подробнее.

Искусственный интеллект в автономных дронах и LiDAR. Автономные дроны, оснащенные искусственным интеллектом, способные самостоятельно преодолевать препятствия, становятся универсальным инструментом для различных отраслей благодаря своей гибкости и адаптивности.

Одним из примеров использования интеллектуальных технологий в геодезии является БПЛА, управляемый интеллектуальной системой, такими являются беспилотники SenseFly – это профессиональные роботизированные аэросъемочные дроны с управляемой посадкой, которые продуманы до мелочей для сбора геопространственных данных. Они являются самыми легкими и безопасными из существующих на рынке профессиональных дронов, просты в управлении и незаменимы для тех, кто работает в области геодезии, картографии и сельского хозяйства. Компания-разработчик SenseFly (Швейцария) [1].

Профессиональный картографический БПЛА SenseFly выполняет картографическую съёмку с высот 70 – 2000 м, создавая при этом изображения с детальностью снимка от 2 до 30 см на один пиксель на поверхности земли. Площадь покрытия за полёт – 10 км² в зависимости от высоты и разрешения [2].

Значительным достижением в области роботизированной геодезии является внедрение алгоритмов машинного обучения, способных к автономному совершенствованию без явного программирования. Данные подходы показывают повышенную эффективность при обработке объемных геопространственных данных, в частности – облаков точек, полученных с помощью **LiDAR-сканирования (Light Detection and Ranging)**. Алгоритмы машинного обучения способны автоматически распознавать и классифицировать объекты – здания, дороги, растительность – в массивах данных LiDAR, обеспечивая более высокую скорость и точность по сравнению с традиционными методами.

Однако для полноценного внедрения технологии предстоит решить ряд задач. Необходимы более надежные алгоритмы, стабильно работающие в сложных и разнообразных условиях, а также тщательная проверка их точности и эффективности в реальных условиях [3].

К примеру, лазерный сканер EFT SL1 способен измерять расстояния с высокой точностью, что обеспечивает точное представление окружающей среды. А технология RTD позволяет обрабатывать данные геодезистам в режиме реального времени и не тратить дополнительное время на обработку данных сканирования. Результат этих исследований в дальнейшем используются проектными организациями для создания точных моделей будущих конструкций и позволяют не упустить деталей в ходе проектирования [4].

AI и машинное обучение. Алгоритмы машинного обучения выявляют закономерности и определяют изменения за долю того времени, которое потребовалось бы человеку для обработки данных. Это позволяет командам сосредоточиться на сложных задачах и решениях проблем, а не на трудоемком анализе. Также возможно использование специализированных AI-ассистентов для помощи инженерам-геодезистам в поиске информации. ИИ позволяет производить:

1. Мониторинг и анализ окружающей среды – помогает мониторить изменения на поверхности Земли, отслеживать состояние сельскохозяйственных угодий, лесов и городов, а также анализировать климатические изменения.

2. Анализ спутниковых изображений: Компании используют ИИ для анализа спутниковых снимков для мониторинга изменений на поверхности Земли.

Веб-ГИС и облачные платформы. Веб-ГИС значительно изменили работу с геоданными, устраняя ограничения настольных систем – недостаточную мощность, нехватку хранилищ, трудности доступа и обмена. Теперь технологии обеспечивают новые возможности и широкий круг пользователей.

Примером геоинформационной системы служит программный продукт компании GEOSKAN ГИС Спутник. ГИС Спутник – это геоинформационная система, которая является эффективным инструментом визуализации и анализа разнородных пространственных данных. В программе доступны функции просмотра и трехмерного анализа облаков точек, ортофотопланов, матриц высот, 3D-моделей, растровых и векторных карт. Этот программный продукт помогает измерять расстояния на поверхности с учетом рельефа, кратчайшие расстояния и уклоны, рассчитать площади и измерить объем, сделать моделирование и построение профилей (рисунок 1).

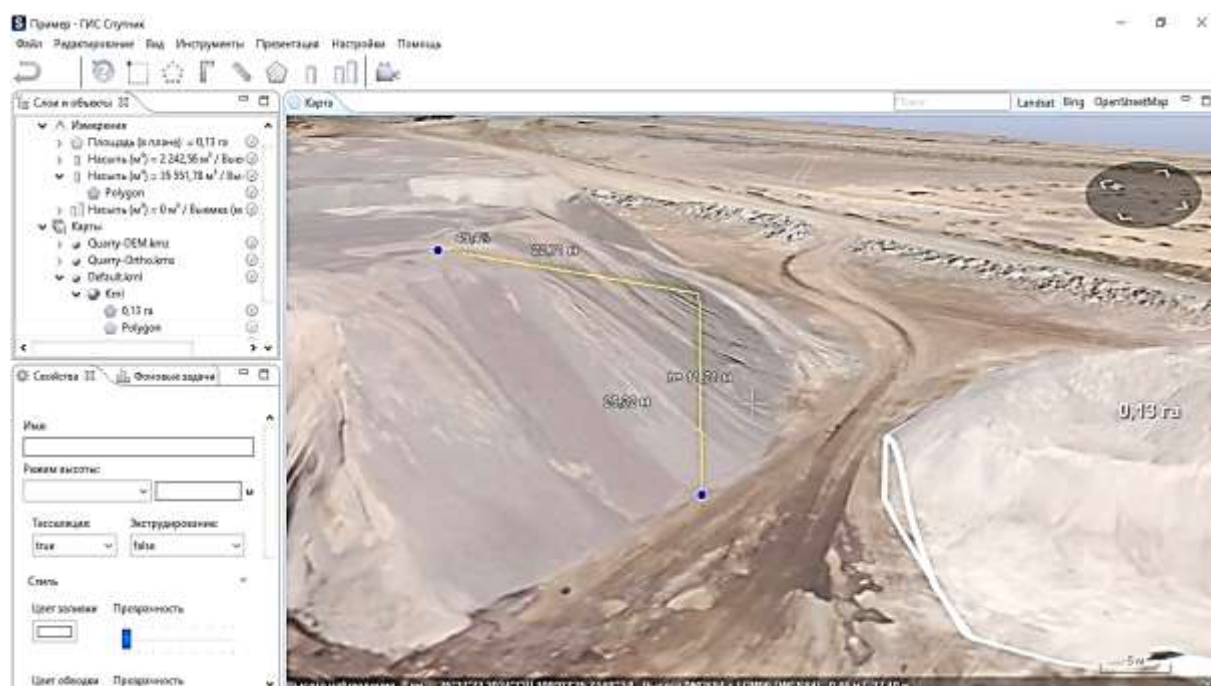


Рисунок 1. – Пример работы в ГИС Спутник

Компьютерное зрение в геодезии. Компьютерное зрение в геодезических изысканиях широко применяется в различных проектах и компаниях и реализуемых ими интересных проектов:

1. **Airbus Defence and Space** применяет компьютерное зрение для мониторинга изменений земной поверхности по спутниковым снимкам, отслеживая динамику сельхозугодий, лесных массивов и городской застройки.

2. **Trimble** интегрирует компьютерное зрение в геопространственные решения, комбинируя данные дронов, спутников и лидарных сканеров для построения точных цифровых моделей местности.

3. **Google Earth Engine** использует алгоритмы компьютерного зрения для обработки масштабных архивов спутниковой информации, они предоставляют инструменты для изучения изменений на поверхности Земли, мониторинга климатических изменений и других геодезических задач.

Эти компании и проекты демонстрируют важность и потенциал компьютерного зрения в геодезических изысканиях, а также его применение для решения сложных задач в области картографии, мониторинга окружающей среды и планирования градостроительства [5].

Что касается методологии виртуального моделирования строительства зданий, то она выражена в применении **BIM (Building Information Modeling или Building Information Model)**. Технология информационного моделирования зданий (BIM) позволяет создавать комплексные цифровые модели объектов, позволяет архитекторам, инженерам и строителям взаимодействовать и совместно работать над проектом, улучшая его качество и эффективность.

Виртуальное моделирование включает:

1. Имитацию строительного процесса для оптимизации этапов работ
2. Визуализацию проекта для согласования с заказчиком (позволяет создать реалистичные визуализации будущего здания)
3. Выявление рисков до начала реального строительства

Важным элементом является также использование дронов и беспилотных аэрокосмических систем (БПАС) для съемки и мониторинга объектов. БПЛА осуществляют аэрофотосъемку и мониторинг объектов, а алгоритмы компьютерного зрения автоматизируют обработку геоданных. Совместное использование геодезического оборудования, GPS и IoT-сенсоров обеспечивает сбор информации для создания цифровых двойников.

Данный подход позволяет значительно улучшить качество проектирования, сократить сроки и бюджет строительства, а также повысить безопасность работ.

Примеры программ для создания BIM-моделей:

1. **Renga** – российская программа для комплексного BIM-проектирования.
2. **ТИМ КРЕДО** – комплекс программных продуктов, нацеленных на работу с "землей". В продуктах CREDO можно разработать цифровую модель местности (ЦММ), спроектировать дороги, генеральный план, обработать данные геологических изысканий и лазерного сканирования местности. Предназначена для организации сквозной многоотраслевой технологии информационного моделирования и управления жизненным циклом объектов капитального строительства и прилегающих территорий.
3. **Bentley Systems** – Это целое семейство программных продуктов для выполнения самых разных задач. В него, помимо прочих, входят следующие современные средства создания BIM-моделей: OpenBuildings, Promis.e, ProStructures, PowerDraft.
4. **Tekla Structures** – Предназначена для BIM-моделирования бетонных и стальных конструкций (колонн, балок, перекрытий, ферм, лестничных клеток и т. д.) [6].

Важным результатом для внедрения BIM в Республике Беларусь стало введение в 2016 году СТБ 12911-2015 «Основные положения руководства по информационному моделированию зданий» [7] на основе международного стандарта.

За последние пять лет мы наблюдаем невероятный рост использования искусственного интеллекта (ИИ) в различных аспектах нашей повседневной жизни. Все технологические дисциплины и наука в целом не застрахованы от этой волны приложений. Так, в 2023 году Глобальная геодезическая система наблюдений (GGOS), исполнительный орган Международной ассоциации геодезии (IAG), сформировала рабочую группу или направление (AI4G) для изучения и продвижения применения ИИ в геодезии [8].

В результате проведенного исследования были систематизированы ключевые направления цифровизации геодезической отрасли. Было установлено, что интеграция искусственного интеллекта в процессы обработки геопространственных данных обеспечивает точность при решении задач классификации и прогнозирования. Одновременно с этим, внедрение BIM-технологий создает основу для информационного моделирования на всех этапах жизненного цикла объектов. Практическая значимость работы заключается в выявлении перспективных направлений для развития отрасли, включая создание цифровых двойников территорий и разработку интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Ассоциации «ГЛОНАСС/GPS» [Электронный ресурс]. – URL: <https://gpscom.orgs.biz/> (дата обращения: 20.09.2025).
2. Технические характеристики БПЛА senseFly [Электронный ресурс]. – URL: <https://skymec.ru/company/manufacturers/sensefly/> (дата обращения: 21.09.2025).
3. Научный журнал «Вестник ГЛОНАСС» [Электронный ресурс]. – URL: vestnik-glonass.ru (дата обращения: 25.09.2025).
4. Геодезические изыскания для BIM-проектирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://geotop.msk.ru/geodezicheskie-izyskaniya-dlya-bim.html> (дата обращения: 25.10.2025).
5. Применение искусственного интеллекта в геодезических изысканиях [Электронный ресурс]. – URL: <https://spki.ooo/blog/inzhenerye-izyskaniya-geodezicheskie-izyskaniya-pod-upravleniem-ii-osobennosti-tekhnologii> (дата обращения: 29.10.2025).
6. Программы для BIM-моделирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://tangl.cloud/poleznoe/programmy-dlya-bim-proektirovaniya/> (дата обращения: 01.10.2025).
7. Основные положения руководства по информационному моделированию зданий: СТБ ISO/TS 12911-2015. – Введ. 01.03.2016 – Минск: РУП "Стройтехпром", 2015. – 43 с.
8. Soja B. Artificial Intelligence in Geodesy [Электронный ресурс]. – URL: <https://sigmma.xyz/benedikt-soja-artificial-intelligence-in-geodesy/> (дата обращения: 01.10.2025).