



УДК 528

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Кочкурова Наталия Викторовна, к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидротехнических сооружений

Волжский государственный университет водного транспорта
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Уткина Александра Константиновна, студент 4 курса

Волжский государственный университет водного транспорта
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Фадеев Артем Михайлович, студент 4 курса

Волжский государственный университет водного транспорта
603950, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

Аннотация. Курс на инновационное развитие строительной отрасли, определенный государственной политикой нашей страны, влияет и на тенденции развития изыскательской сферы. Изыскания все чаще производятся с использованием инновационных технологий, которые позволяют повысить точность измерений и эффективность проведения работ. В статье описаны различные методы применения современных технологий в геодезических изысканиях.

Ключевые слова: геодезические изыскания, инновационные технологии, спутниковые системы, лазерное сканирование, беспилотники, искусственный интеллект, мониторинг.

Инженерно-геодезические изыскания относятся к основным видам изыскательских работ и направлены на получение топографо-геодезических материалов, необходимых для реализации градостроительной деятельности. Получение точных и достоверных данных о ситуации и рельефе поверхности земли, расположении и динамике изменения водных объектов, выявление потенциальных проблем на стадиях планирования и проектирования зданий и сооружений, данные о существующих объектах, опасных природных процессах и техногенных факторах позволяет снижать риски и помогает инженерам принимать обоснованные решения.

В состав инженерно-геодезических изысканий входят следующие виды работ [1]:

- создание опорных геодезических сетей;
- геодезические наблюдения за деформациями и осадками зданий и сооружений, движениями земной поверхности и опасными природными процессами;
- создание и обновление инженерно-топографических планов в масштабах 1:5000-1:200, в том числе в цифровой форме, съемка подземных коммуникаций и сооружений;
- трассирование линейных объектов;
- инженерно-гидрографические работы;

- специальные геодезические и топографические работы при строительстве и реконструкции зданий и сооружений.

Современные методы проведения геодезических работ предполагают использование глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), лазерного сканирования местности, применения беспилотных летательных аппаратов, искусственного интеллекта (ИИ), геоинформационных систем (ГИС) и облачных технологий, технологий виртуальной и дополненной реальности.

ГНСС – это система наземного и космического оборудования, которая позволяет определять местоположение объектов в пространстве через приём и передачу спутникового сигнала. Помимо координат, современные навигационные системы способны вычислять скорость и направление движения любых объектов, которые могут принимать сигналы от навигационных спутников. Например, GNSS-приемником может служить прибор EFT M3 Plus для точного позиционирования на местности (рис. 1). Принцип работы GNSS-приемника заключается в обработке сигналов от группировки навигационных спутников для определения местоположения и вычисления координат. На основе обработанных данных строится цифровая модель местности (ЦММ), которая является основой при дальнейшем проектировании (рис. 2).



Рис.1. GNSS-приемник EFT M3 PLUS

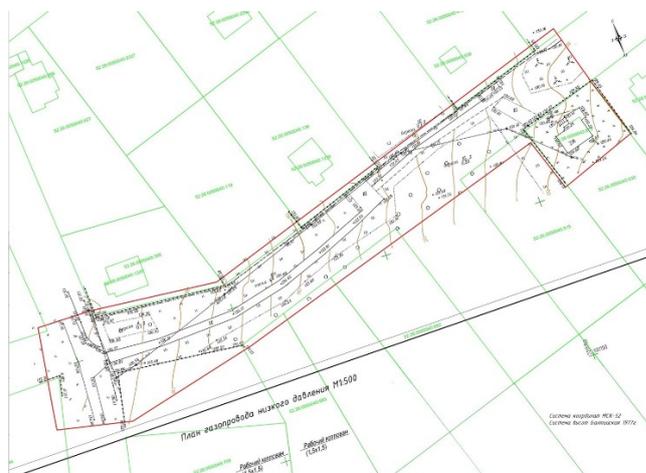


Рис.2. Топографический план местности

Методы съёмки с применением GNSS-приёмников используют спутниковые сигналы для определения точных координат. Существуют следующие методы:

1. Одноточечное позиционирование (SPP), при котором один приёмник собирает спутниковые сигналы для определения своего положения.
2. Дифференциальное позиционирование (DGPS). Повышает точность за счёт использования опорной станции с известными координатами.
3. Кинематика в реальном времени (RTK). Обеспечивает высокоточное позиционирование в реальном времени.
4. Кинематика постобработки (ППК). Включает в себя запись необработанных данных GNSS во время съёмки и их обработку после сбора данных.

Лазерное сканирование – новейший и эффективный метод сбора данных, который основан на применении свойств и характеристик лазера. В результате измерений создается облако точек и строится трехмерная модель исследуемого объекта. Данный метод имеет ряд преимуществ: высокая точность и уровень детализации, экономия времени и повышение уровня безопасности, так как обследование ведется дистанционно, что облегчает работу на труднодоступных объектах. Лазерное сканирование бывает трех видов: наземное, воздушное и мобильное сканирование. К примеру, для мобильного сканирования используют лазерный сканер TOPODRONE SLAM 100 (рис.3). Дальность его работы составляет 100 м при создании 320000 точек в секунду. Подобный прибор имеет ряд преимуществ таких, как небольшие габариты, вес 1,5 кг, способность работать при

температуре от -10°C до $+45^{\circ}\text{C}$, высокую скорость обработки данных и быстроту получения результатов. Всё это что превосходит большинство альтернативных методов сбора данных.

Беспилотники, или дроны (рис. 4), стали незаменимым инструментом сбора данных в геодезии и картографии. Оснащенные различными сенсорами – от стандартных камер высокого разрешения до LiDAR (Light Detection and Ranging) и мультиспектральных камер – они обеспечивают высокоточную съемку местности, недоступную для традиционных методов. Дроны обладают высокой маневренностью, позволяя проводить съемку в труднодоступных местах, таких как крутые склоны, густые леса или обширные водные пространства. Использование беспилотников значительно ускоряет процесс сбора данных и снижает его стоимость, делая высокоточные геодезические работы более доступными. Важно отметить, что современные дроны способны к автономной навигации, используя системы GPS и специализированное программное обеспечение, что позволяет планировать и выполнять сложные маршруты съемки с минимальным участием оператора. Модель прибора может меняться в зависимости от объекта исследований. В одном случае выбор может складываться в пользу складного DJI Mavic 2 Enterprise, а при более масштабных задачах потребуется более мощный квадрокоптер DJI Matrice 210 RTK V2. Одним из нововведений является использование тепловизионной камеры совместно с беспилотным летательным аппаратом для изучения и обследования аномальных объектов. Некоторые дроны имеют модуль RTK, обеспечивающий привязку снимков к местности в режиме настоящего времени.

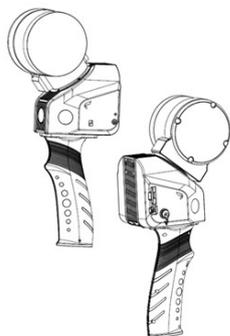


Рис. 3 - Лазерный сканер TOPODRONE SLAM 100



Рис. 4 - Квадрокоптер

Интеграция беспилотников с ИИ позволяет автоматизировать обработку полученных данных, уменьшая время, затрачиваемое на создание конечных продуктов. Например, ИИ может автоматически выявлять дефекты на дорожном полотне на основе снимков с дрона, что значительно облегчает мониторинг инфраструктуры. Взаимодействие ИИ и беспилотников создаёт синергетический эффект, усиливающий возможности каждого из этих направлений. ИИ обрабатывает огромные объемы данных, полученных с беспилотников, выявляя скрытые закономерности и создавая точные, детальные и регулярно обновляемые карты. Этот процесс непрерывного обновления картографической информации критически важен для мониторинга динамических объектов и процессов, например, слежения за строительством, изменением береговой линии или лесовосстановлением. Дальнейшее развитие технологий обещает ещё более точные и детальные карты, более эффективные методы планирования и более глубокое понимание сложных пространственных процессов на нашей планете.

ГИС и облачные технологии делают геодезию более доступной и позволяют управлять проектами дистанционно. ГИС — это программное обеспечение, которое позволяет анализировать и визуализировать пространственные данные. Они собирают, хранят и анализируют сигналы, поступающие с различных геодезических приборов. Облачные технологии делают доступ к данным возможным с любого устройства. Сохранение данных в облаке позволяет сравнивать текущие данные с предыдущими измерениями, что помогает отслеживать изменения и выявлять проблемы на ранней стадии. Преимущества использования ГИС и облачных технологий в геодезии это доступ к данным

в реальном времени и возможность коллаборации специалистов. Инженеры, архитекторы и геодезисты могут работать вместе в одной системе, быстро обмениваться данными и создавать общие проекты.

Технологии виртуальной и дополненной реальности (VR и AR) постепенно находят применение в геодезии. Они позволяют визуализировать местность и проектируемые объекты, что делает проект более наглядным. Использование VR и AR в геодезии позволяет:

- визуализировать данные. С помощью VR и AR можно представить объект в трёхмерном виде и продемонстрировать, как он будет выглядеть после завершения строительства;

- совершить прогулку по виртуальному участку. Заказчики и проектировщики могут «пройтись» по виртуальной модели участка и увидеть возможные проблемы или особенности местности;

- более точно определять зоны строительства путем совмещения с ГИС-данными при использовании AR-очков, которые наложат данные, полученные от геодезистов, прямо на местность.

Также технология дополненной реальности, например, помогает получать информацию о подземных коммуникациях. Данные геоинформационных систем можно перевести в мобильном приложении в изображения подземных коммуникаций и наложить на реальное изображение, полученное с помощью видеокамеры мобильного устройства.

Однако, любые методы имеют не только преимущества, но и недостатки. GNSS-приемники чувствительны к помехам или блокировкам сигнала. Беспилотные летательные аппараты не эффективны в условиях плотной городской застройки или в сложных погодных условиях. Для применения ИИ необходима разработка сложных надежных алгоритмов, что приводит к большим затратам времени. ГИС и облачные технологии зависят от интернет-соединения и могут иметь проблемы с защитой информации. Технологии дополненной реальности требуют использования специальных очков, работа которых зависит от заряда батареи и др.

В экологическом отношении геодезические изыскания участвуют в изучении и мониторинге окружающей среды, позволяют отслеживать изменения поверхности Земли для выявления эрозии почв, обнаружения лесных пожаров, оценки уровня загрязнения водных ресурсов и др. С помощью геодезических методов проводится мониторинг и прогнозирование опасных геодинамических процессов таких как землетрясения и вулканическая активность. Геодезия участвует в управлении природными ресурсами и экологическом планировании в части создания картографического обоснования заповедных территорий, определения границ охраняемых объектов и др.

В целом использование инновационных технологий позволяет увеличить скорость проведения работ, их эффективность, уменьшить погрешность и улучшить качество проведения изысканий.

Список литературы:

1. СП 47.13330.2016 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения». – Введ. 01-07-2017.
2. Бояркин Г.А. О выполнении топографо-геодезических работ современными методами. // Научное обозрение: электронный журнал. – 2016. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vypolnenii-topografo-geodezicheskikh-rabot-sovremennymi-metodami/viewer>
3. Ивасик Д.В. Инновации современной геодезии в дорожном и аэродромном строительстве. / Д.В. Ивасик, А.А. Васильченко, К.В. Кокарев. // Инженерный вестник Дона: электронный научный журнал. – №2. – 2018. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-sovremennoy-geodezii-v-dorozhnom-i-aerodromnom-stroitelstve/viewer>

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN GEODETIC SURVEYS

Nataliya V. Kochkurova, Aleksandra K. Utkina, Artem M. Fadeev

Abstract. The course towards the innovative development of the construction industry, determined by the state policy of our country, also affects the trends in the development of the exploration sector. Surveys are increasingly using innovative technologies that improve the accuracy of measurements and the efficiency of work. The article describes various methods of applying modern technologies in geodetic surveys.

Keywords: geodetic surveys, innovative technologies, satellite systems, laser scanning, drones, artificial intelligence, monitoring.