

УДК 528.02

Порядина Ирина Алексеевна, студент 3-го курса, факультет Горное дело, филиал «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева», г. Прокопьевск

Емец Елена Викторовна, научный руководитель, доцент кафедры технологии и комплексной механизации горных работ, филиал «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева», г. Прокопьевск

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И БУДУЩЕЕ РАЗВИТИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ГЕОДЕЗИЯ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Статья посвящена анализу современных тенденций и перспектив развития геодезии как дисциплины в условиях цифровой трансформации. Рассматривается переход от традиционных методов измерений к комплексному использованию спутниковых навигационных систем (GNSS), беспилотных авиационных систем, лазерного сканирования и технологий дистанционного зондирования. Статья будет полезна специалистам в области геодезии, картографии, градостроительства и цифровизации пространственных данных.

This article analyzes current trends and prospects for the development of geodesy as a discipline in the context of digital transformation. It examines the transition from traditional measurement methods to the integrated use of satellite navigation systems (GNSS), unmanned aerial vehicles (UAVs), laser scanning, and remote sensing technologies. This article will be useful for specialists in the fields of geodesy, cartography, urban planning, and the digitalization of spatial data.

Ключевые слова: геодезия, цифровая трансформация, GNSS, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), лазерное сканирование, цифровой двойник, инфраструктура пространственных данных, геодезический мониторинг, BIM.

Keywords: geodesy, digital transformation, GNSS, unmanned aerial vehicles (UAVs), laser scanning, digital twin, spatial data infrastructure, geodetic monitoring, BIM.

На современном этапе геодезия претерпевает кардинальные изменения, масштаб которых превосходит все предыдущие этапы ее развития. Из узкопрофильной инженерной отрасли с ограниченным кругом задач — тахеометрической съемки, создания планов и выноса осей — она трансформировалась в сложную междисциплинарную систему, интегрированную в процессы цифровизации, территориального планирования и управления городским хозяйством.

Усложнение инфраструктуры, стремительная урбанизация, климатические вызовы и переход к цифровым экономическим моделям породили потребность в таком уровне детализации и оперативности пространственной информации, который невозможно обеспечить классическими методиками.

В связи с этим дисциплина переживает не поверхностную модернизацию, а структурную перестройку, где традиционные приемы комбинируются с роботизированными комплексами, автоматизированными системами сбора и интеллектуальными алгоритмами обработки массивов данных.

Фундаментом современной геодезической деятельности стали глобальные спутниковые навигационные системы (GNSS). В настоящее время они формируют несущий каркас координатного обеспечения обширных территорий. Развертывание сетей постоянно действующих референц-станций позволяет определять координаты в режиме реального времени, минимизируя продолжительные полевые измерения и сложные геодезические построения.

Существенное влияние оказало широкое внедрение беспилотных авиационных систем. Для геодезиста БПЛА перешли из категории экспериментальных разработок в разряд стандартного инструментария.

Беспилотные платформы позволяют в сжатые сроки получать высокодетализированные изображения обширных площадей. Задачи, ранее требовавшие привлечения авиации и значительных финансовых затрат, теперь решаются силами ограниченной группы операторов.

Одиночный полет предоставляет материал для генерации цифровых моделей рельефа и местности, анализа состояния растительности и контроля хода строительных работ.

Последующая автоматизированная обработка — создание ортофотопланов, 3D-моделей, тематическое дешифрирование — утвердила беспилотные технологии в качестве одного из ключевых источников актуальных геопространственных данных.

Прочные позиции закрепили методы лазерного сканирования. Лидарные системы занимают центральное место в инженерно-геодезических изысканиях. Технология позволяет регистрировать миллионы точек в секунду, формируя плотные облака, с высокой точностью передающие пространственную структуру объектов и ландшафтов.

В отличие от методов фотограмметрии, лидар способен фиксировать не только внешние поверхности, но и сложную морфологию объектов. Это свойство незаменимо при диагностике мостов, тоннелей, гидротехнических сооружений и элементов природного ландшафта.

Мобильные сканирующие комплексы, устанавливаемые на транспортные средства, применяются для оперативного обновления сведений о дорожной сети, улицах и инженерных коммуникациях. Это способствует развитию культуры

пространственного анализа, где акцент смещается с двумерных картографических произведений на трехмерные модели, передающие не только плановое положение, но и высотные характеристики, объемы и формы.

Комплексное применение GNSS, БПЛА, лидара и смежных технологий инициировало пересмотр принципов организации пространственных данных. В международной практике формируются инфраструктуры пространственных данных (Spatial Data Infrastructure), представляющие собой не разрозненные архивы, а целостные цифровые экосистемы. В таких системах консолидируются кадастровые сведения, данные инженерных изысканий, результаты мониторинга объектов, архитектурные проекты и материалы дистанционного зондирования.

В новых условиях геодезист трансформируется из оператора измерительного прибора в куратора информационных ресурсов, ответственного за логическую организацию данных, их согласованность, точность и пригодность для аналитики.

Самостоятельным значимым направлением развития является генерация цифровых двойников территорий и инженерных объектов. Речь идет о виртуальных динамических моделях городов, промышленных зон и инфраструктурных комплексов, которые с максимальной адекватностью воспроизводят их актуальное состояние.

Для построения таких моделей привлекаются результаты геодезических измерений, лазерного сканирования, фотограмметрии и данных мониторинга. Геодезическая компонента служит основой, гарантирующей корректную геометрию и координатную привязку всех элементов цифрового двойника. Такая модель открывает возможности для прогнозирования поведения сложных систем, симуляции транспортных потоков, анализа состояния сетей и планирования реконструкции.

Ответственность геодезиста в этих проектах крайне высока: именно он обеспечивает соответствие виртуальной модели ее физическому прототипу.

Значимым вектором применения геодезии выступает мониторинг природных динамических процессов. Это касается не только катастрофических явлений, но и медленных, кумулятивных изменений, способных в долгосрочной перспективе привести к серьезным последствиям. Тектонические подвижки, эрозионные процессы, смещения склонов, абразия берегов, колебания уровней водных объектов — все это требует систематического и высокоточного наблюдения.

Методы спутниковой интерферометрии, данные GNSS и другие современные решения позволяют регистрировать вертикальные и горизонтальные смещения земной поверхности.

Усложнение профессиональных задач закономерно привело к ужесточению требований к подготовке геодезических кадров. Сегодня недостаточно компетентного владения лишь классическим инструментарием и методиками. Специалист должен разбираться в архитектуре цифровых систем, понимать принципы построения 3D-моделей, владеть методами машинной обработки облаков точек, работать с материалами дистанционного зондирования, знать специфику эксплуатации GNSS-оборудования, лидарных комплексов и беспилотных платформ.

Отдельно отмечается возрастание роли геодезии в обеспечении национальной и региональной безопасности. Точные пространственные данные используются для контроля государственных границ, наблюдения за критическими объектами, анализа последствий чрезвычайных ситуаций. Лидарные и фотограмметрические съемки позволяют оценивать состояние плотин, мостов и высотных конструкций.

Космические методы наблюдений дают возможность отслеживать изменения рельефа и развитие опасных процессов на обширных территориях. На основе этих данных разрабатываются планы реагирования, проектируются защитные мероприятия, рассчитываются зоны риска.

В последние годы наблюдается активное развитие автоматизации и роботизации геодезических процессов. На рынке представлены роботизированные тахеометры, способные выполнять измерения автономно, без постоянного контроля оператора. Разрабатываются мобильные автономные платформы, которые могут перемещаться по стройплощадкам, выполнять сканирование, сопоставлять фактические параметры с проектными и передавать данные в систему контроля. Алгоритмы искусственного интеллекта и машинного обучения применяются для обработки облаков точек, автоматического выявления деформаций и отклонений. В перспективе ожидается дальнейшее расширение доли автоматизированных решений на всех этапах геодезического цикла: от полевых измерений до анализа и визуализации.

Значительный импульс получает развитие методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Геодезисты используют эту информацию для анализа состояния земель, мониторинга лесных массивов, оценки последствий катастроф, контроля водных ресурсов и наблюдения за урбанизацией.

В сочетании с цифровыми моделями рельефа, наземными замерами и данными лазерного сканирования космическая информация формирует многоуровневую картину, позволяющую анализировать сложные пространственные процессы.

Становится очевидной еще одна характерная черта современного этапа: геодезия утрачивает обособленность и интегрируется в смежные области. В инженерной геологии она обеспечивает точную привязку разрезов и пунктов

наблюдения. В гидрологии применяется для мониторинга уровней водоемов и динамики береговых линий. В экологии геодезические методы используются для оценки антропогенного воздействия на ландшафты. В транспортном планировании — для анализа пропускной способности магистралей. В строительстве геодезические измерения являются неотъемлемой частью BIM-подхода, интегрируясь в информационные модели зданий. Это делает геодезиста полноправным участником комплексных проектов.

Важной долгосрочной тенденцией является переход к системному долговременному хранению пространственных данных. Результаты геодезических работ рассматриваются уже не как тактический материал для конкретного проекта, а как часть стратегического информационного наследия. Возникает потребность в создании надежных цифровых архивов, разработке стандартов описания и регламентов обновления.

В итоге, современная геодезия развивается как высокотехнологичная, многопрофильная и междисциплинарная сфера. В ней конвергируют точные измерения, цифровое моделирование, мониторинг и территориальный менеджмент. Она формирует основу для цифровой экономики, устойчивого развития территорий, безопасности объектов и сохранения окружающей среды.

Литература

1. Агафонов В. М., Гаврилов А. И. Инженерная геодезия. — М.: Высшая школа, 2016. — 432 с.
2. Соловьёв В. С., Гусев Н. А. Современные методы спутниковых геодезических измерений. — СПб.: Политехника, 2017. — 289 с.
3. Шойгин А. Н., Кондратьев Д. А. Лазерное сканирование в инженерных изысканиях. — Новосибирск: СГУГиТ, 2020. — 256 с.
4. Лурье П. М. Основы фотограмметрии и дистанционного зондирования. — М.:

- Геозидздат, 2014. — 368 с.
5. Юферев Г. Б., Киселёв С. А. Геоинформационные системы: основы, методы, технологии. — М.: Форум, 2018. — 412 с.
6. Лисицын Д. В., Максимов А. А. Инфраструктура пространственных данных: теория и практика. — М.: Инфра-М, 2021. — 304 с.
7. Романов А. Н. Цифровые модели местности и цифровые двойники в геодезии. — М.: АСВ, 2022. — 220 с.
8. Докучаев В. И. Мониторинг инженерных сооружений: современные методы. — Екатеринбург: УрФУ, 2020. — 198 с.
9. ГОСТ Р 51794-2008. Государственная геодезическая сеть. Основные положения.
10. ГОСТ Р 58378-2019. Беспилотные авиационные системы. Общие требования к проведению аэрофотосъёмки.
11. Журнал «Геодезия и картография». — Выпуски 2019–2024 гг.
12. Журнал «Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка». — Выпуски 2020–2024 гг.

Literature

1. Agafonov V. M., Gavrilov A. I. Engineering Geodesy. Moscow: Vysshaya Shkola, 2016, 432 p.
2. Soloviev V. S., Gusev N. A. Modern Methods of Satellite Geodetic Measurements. St. Petersburg: Politekhnika, 2017, 289 p.
3. Shoigin A. N., Kondratyev D. A. Laser Scanning in Engineering Surveys. Novosibirsk: SGUGiT, 2020, 256 p.
4. Lurye P. M. Fundamentals of Photogrammetry and Remote Sensing. Moscow: Geodezizdat, 2014, 368 p.
5. Yuferov G. B., Kiselev S. A. Geoinformation Systems: Fundamentals, Methods, Technologies. — Moscow: Forum, 2018. — 412 p.
6. Lisitsyn D. V., Maksimov A. A. Spatial Data Infrastructure: Theory and Practice. — Moscow: Infra-M, 2021. — 304 p.

7. Romanov A. N. Digital Terrain Models and Digital Twins in Geodesy. — Moscow: ASV, 2022. — 220 p.
8. Dokuchaev V. I. Monitoring Engineering Structures: Modern Methods. — Yekaterinburg: UrFU, 2020. — 198 p.
9. GOST R 51794-2008. State Geodetic Network. Basic Provisions.
10. GOST R 58378-2019. Unmanned Aircraft Systems. General Requirements for Aerial Photography.
11. Journal "Geodesy and Cartography". — Issues 2019–2024.
12. Journal "News of Universities. Geodesy and Aerial Photography". — Issues 2020–2024.