

УДК 528.441.1: 347.214.2

DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-3-132-142

Анализ эффективности современных измерительных технологий для трехмерной идентификации объектов недвижимости

Д. А. Гура^{1, 2✉}

¹Кубанский государственный технологический университет,
г. Краснодар, Российская Федерация

²Кубанский государственный аграрный университет,
г. Краснодар, Российская Федерация

e-mail: gda-kuban@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения технологии наземного лазерного сканирования и методов фотограмметрии для трехмерной идентификации объектов недвижимости, включая анализ точности, времени выполнения работ и в целом повышения эффективности проведения геодезических работ. Статья посвящена актуальному направлению развития науки в сфере координатного обеспечения кадастровых работ на застроенных территориях. Проведен ряд экспериментов с различными объектами недвижимости на предмет сравнительного анализа традиционных методов и современных технологий в области геодезии и кадастровых работ. В результате было выявлено, что использование современных технологий позволяет значительно сократить время на выполнение работ, а также более точно определять координаты характерных точек границ объектов недвижимости. Дополнительно отмечено, что современные технологии позволили выявить ошибки в ранее установленных границах объектов недвижимости, которые оставались незамеченными при использовании традиционных методов, посредством повышенных технических характеристик современного оборудования (дальность, точность угловых и линейных измерений, плотность и детальность). Результаты проведенного экспериментального исследования показывают эффективность внедрения современных геодезических технологий с точки зрения трудоемкости выполняемых работ, что в значительной степени улучшает пространственное планирование и развитие территорий.

Ключевые слова: наземное лазерное сканирование, методы фотограмметрии, геодезия, трехмерная идентификация объектов, государственный кадастровый учет, пространственное планирование, точность измерений, Единый государственный реестр недвижимости

Для цитирования:

Гура Д. А. Анализ эффективности современных измерительных технологий для трехмерной идентификации объектов недвижимости // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 3. – С. 132–142. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-3-132-142

Введение

На сегодняшний день комплексное развитие территорий практически невозможно без точной трехмерной идентификации объектов недвижимости (ОН), что требует использования высокотехнологичных методов съемки, таких как аэрофотосъемка и трехмерное лазерное сканирование. С увеличением плотно-

сти застройки и усложнением инфраструктурных связей традиционные подходы к кадастровой деятельности уже не обеспечивают необходимой точности и оперативности. В связи с этим на первый план выходят современные методы измерений в геодезии и картографии, которые позволяют не только фиксировать границы объектов недвижимости, но и с высокой точностью выявлять фактические от-

клонения фактических данных от зафиксированных в документации.

Наземное лазерное сканирование (НЛС) и методы фотограмметрии – это ключевые инструменты в решении задач пространственного анализа. Они позволяют получить детализированные данные о конфигурации объектов недвижимости, их взаимном расположении и состоянии [1]. Эти технологии не просто дополняют традиционные методы, но и во многих случаях полностью их заменяют, обеспечивая более высокую точность и эффективность. Применение современных методов сбора пространственной информации особенно актуально в условиях стремительного урбанистического развития, где ошибки в трехмерной идентификации объектов недвижимости могут привести к серьезным юридическим и экономическим последствиям [2].

Целью исследования является проведение оценки эффективности применения наземного лазерного сканирования и методов фотограмметрии посредством анализа точности и скорости выполнения работ для трехмерной идентификации объектов недвижимости. Также необходимо определить влияние современных технологий на улучшение процессов пространственного планирования и актуализации сведений государственного кадастрового учета, вносимых в Единый государственный реестр недвижимости (ЕГРН).

Изучением проблемы эффективного применения современных измерительных технологий для трехмерной идентификации объектов недвижимости занимались многие исследователи. Так, Т. А. Барина, А. Е. Катрич изучили возможности наземного лазерного сканирования для повышения точности геодезических работ в условиях городской застройки, выявляя преимущества данной технологии перед традиционными методами [3]. Е. Ю. Конушина, Д. В. Симашева изучили технологии применения методов фотограмметрии для создания трехмерных моделей сложных ландшафтов, что позволило значительно улучшить процессы пространственного планирования [4]. А. А. Красиков проводил исследования по интеграции геодезических данных в информационные системы управления недвижимостью, акцентируя вни-

мание на повышении эффективности государственного кадастрового учета [5]. Работы М. В. Литвиненко были сосредоточены на сравнении различных методик обнаружения ошибок в установлении границ, что стало основой для разработки рекомендаций по их исправлению [6]. Вышеперечисленные исследования способствуют развитию современных подходов в кадастровых и геодезических работах, обеспечивая более точное и надежное управление объектами недвижимости.

Таким образом, применение наземного лазерного сканирования и методов фотограмметрии для обработки данных в целях трехмерной идентификации объектов недвижимости дало положительные результаты в различных проектах [7, 8].

Дальнейшие научные исследования, направленные на совершенствование методов обработки данных и разработку новых алгоритмов, способствуют значительному повышению точности, эффективности и экономичности этого процесса, обеспечивая создание надежных и детальных трехмерных моделей для решения широкого круга задач в сфере управления недвижимостью и пространственного планирования.

Материалы и методы

Исследование основывается на использовании современных геодезических технологий, нацеленных на точное и надежное определение объекта недвижимости в пространстве. Сделан акцент на применение технологий наземного лазерного сканирования и методов фотограмметрии, позволяющих создавать трехмерные модели объектов недвижимости с целью их детализации и определения точности, необходимой для выполнения геодезических работ в городской среде [9].

Для получения пространственной информации об объектах недвижимости использовалось современное оборудование сбора геодезических данных: лазерные сканеры Leica RTC360 (рис. 1) и электронные безотражательные тахеометры Leica TS07 R1000. Основные технические характеристики используемого оборудования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики оборудования

Параметр	Лазерный сканер Leica RTC360
Дальность сканирования	130 м
Скорость сканирования	2 000 000 точек/с
Точность измерения расстояния	1 мм + 10 мм/км
Точность измерения отдельной точки (3D)	1,9 мм на 10 м 2,9 мм на 20 м 5,3 мм на 40 м
Диапазон шума	0,4 мм на 10 м 0,5 мм на 20 м
Угловая точность сканирования	18"
Камера	36-Мп система с тремя камерами производит съемку 432-Мп необработанных данных для калиброванного сферического изображения $360 \times 300^\circ$

Параметр	Leica TS07 R1000
Дальность на призму	До 3500 м
Дальность без отражателя	До 1000 м
Точность на призму	От 1 мм $\pm$ 1,5 ppm до 5 мм $\pm$ 2 ppm
Точность угловых измерений	1"
Точность в безотражательном режиме	От 2 мм $\pm$ 2 ppm до 4 мм $\pm$ 2 ppm
Диапазон работы компенсатора	$\pm 3,78'$
Точность фиксации компенсатора	1,5"



Рис. 1. Наземный лазерный сканер Leica RTC360

Сканер Leica RTC360 позволил получить облака точек, из которых были построены модели объектов недвижимости. На рис. 2 представлено облако точек на примере путепровода.

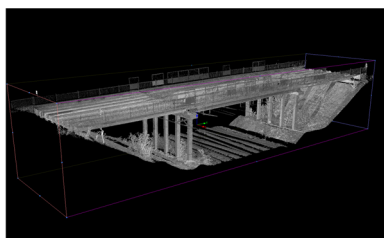


Рис. 2. Облако точек путепровода

Для повышения точности и детализации информации об объектах использовались методы фотограмметрии, в частности, снимки, сделан-

ные беспилотным воздушным судном (БВС) DJI Matrice 300 RTK с точностью позиционирования до 1,0 см в горизонтальной плоскости, 1,5 см в вертикальной, разрешением и частотой кадров FPV-камеры 960p и 30fps соответственно.

Высокое качество изображений и их обработка обеспечили создание детализированных карт территории, отображающих не только четкие контуры объектов недвижимости, но и особенности объектов, необходимые для точной трехмерной идентификации.

По результатам аэрофотосъемки данные обрабатывались в специализированном программном обеспечении (ПО) Agisoft Metashape Pro с целью создания ортофотопланов (рис. 3) и цифровых моделей местности. Это открывает новые возможности для картографирования объектов недвижимости в масштабах 1 : 2 000, 1 : 1 000 и 1 : 500 [10]. Процесс обработки данных включал несколько этапов: начальная обработка и фильтрация облака точек, создание моделей и привязка к геодезической сети [11].



Рис. 3. Ортофотоплан на примере центрального фасада учебного корпуса университета

Также была выполнена интеграция разрозненных данных (объединение облаков точек, полученных различными методами) в единую геопространственную базу, что обеспечило возможность выполнения комплексного анализа (обследования) состояния объектов недвижимости [12, 13]. При объединении данных в единую систему особое внимание уделялось проверке точности, так как именно этот показатель является основным при трехмерной идентификации объектов недвижимости при ведении ЕГРН [9].

Таким образом, используемые методы не только обеспечили высокую точность трехмерной идентификации объектов, но и позволили сократить сроки выполнения работ, что особенно важно в условиях интенсивного развития территорий.

Результаты и их обсуждение

Съемка с беспилотных воздушных судов позволила получить детализированные изображения, на основе которых были составлены высокоточные карты, отразившие реальные границы земельных участков с учетом всех природных и антропогенных изменений (рис. 4) [14]. Обработанные результаты измерений стали основой для внесения корректировок в ЕГРН, что позволило избежать длительных судебных разбирательств между собственниками соседних участков.



Рис. 4. Изображение земельного участка в результате аэрофотосъемки

Традиционные методы, включая использование теодолитов, основываются на дискретном измерении точек границ объекта с их последующей обработкой, что требует временных затрат и человеческих ресурсов [15].

Современные технологии, напротив, позволяют получать большое количество данных за короткий промежуток времени: сканеры и фотограмметрические камеры фиксируют миллионы точек, создавая точные трехмерные модели объектов недвижимости и прилегающую к ним инфраструктуру [16]. Эти методы минимизируют влияние человеческого фактора, что значительно снижает вероятность возникновения ошибок. Более того, данные, полученные при помощи НЛС и методов фотограмметрии, легко интегрируются в геоинформационные системы, что упрощает их дальнейший анализ и использование в проектировании и государственном кадастровом учете.

Существует множество факторов, способствующих возникновению ошибок при определении границ земельных участков [9]. К числу таких факторов можно отнести низкую точность картографических измерений, что проявляется в неточностях расположения объектов на картах, а также человеческий фактор, заключающийся в неточностях при интерпретации собранной информации [17]. При этом современные технологии способны предотвратить возникновение таких ошибок, что позволяет своевременно актуализировать данные об объектах недвижимости.

Данные, полученные с использованием наземного лазерного сканирования и методов фотограмметрии, обладают высокой точностью и полнотой, что делает их незаменимыми для пространственного планирования и развития территорий [18]. Детализированные трехмерные модели позволяют не только учитывать текущее состояние объектов недвижимости, но и прогнозировать их развитие с учетом различных факторов: плотность застройки, транспортная доступность и природные особенности территорий [19]. Эти данные становятся основой для принятия обоснованных решений в рамках градостроительного планирования, позволяя оптимизировать использование земельных ресурсов и ми-

минимизировать риски, связанные с неправильным размещением объектов инфраструктуры.

В рамках исследования, проведенного для оценки эффективности применения наземного лазерного сканирования и методов фотограмметрии для трехмерной идентификации объектов недвижимости, был проанализирован ряд требований к точности и скорости выполнения геодезических работ в городской среде [20].

В ходе эксперимента были проведены работы как традиционными методами с исполь-

зованием теодолитов и нивелиров, так и с помощью лазерного сканера Leica RTC360 и фотограмметрической камеры БВС DJI Matrice 300 RTK [21]. По результатам проведенных работ на 12 объектах, представляющих собой различные типы недвижимости, был проведен сравнительный анализ применения современных и традиционных технологий по следующим критериям: временные затраты на выполнение работ, полученная точность результатов измерений (табл. 2) [9]

Таблица 2

Результаты сравнения времени выполнения геодезических работ и точности результатов полученных измерений

№	Объект недвижимости	Город	Время выполнения комплекса геодезических работ на объекте		Временная эффективность применения современных технологий	Средняя квадратическая погрешность в определении координат, мм		Изменение СКО, мм
			Традиционные методы	Современные технологии		Традиционные методы	Современные технологии	
1	Земельный участок, 15 га	Краснодар	5 часов 50 мин	1 час 30 мин	4 часа 20 мин	9	3	6
2	Жилой дом, площадь застройки 1 га	Краснодар	6 часов 40 мин	2 часа 10 мин	4 часа 10 мин	11	4	7
3	Земельный участок, 18 га	Краснодар	6 часов	1 час 40 мин	4 часа 20 мин	10	3	7
4	Школа, 4 га	Краснодар	5 часов 40 мин	2 часа	3 часа 40 мин	11	4	7
5	Жилой дом, площадь застройки 1,1 га	Краснодар	6 часов 30 мин	2 часа 20 мин	4 часа 10 мин	13	6	7
6	Корпус университета, площадь застройки 0,8 га	Краснодар	5 часов 50 мин	1 час 50 мин	4 часа 00 мин	10	3	7
7	Земельный участок, 20 га	Краснодар	7 часов	3 часа	4 часа 00 мин	13	6	7
8	Земельный участок, 17 га	Майкоп	6 часов	2 часа 10 мин	3 часа 50 мин	12	4	8
9	Земельный участок, 12 га	Краснодар	5 часов	1 час 40 мин	3 часа 20 мин	11	4	7
10	Промышленное сооружение, площадь застройки 3 га	Анапа	5 часов 50 мин	2 часа	3 часа 50 мин	11	3	8
11	Путепровод, протяженность 35 м, 0,6 га	Краснодар	5 часов 20 мин	1 час 30 мин	3 часа 50 мин	9	3	6
12	Промышленное сооружение, площадь застройки 4,5 га	Адлер	6 часов 20 мин	2 часа 10 мин	4 часа 10 мин	12	5	7

Общая площадь исследований по 12 объектам недвижимости составила 97 га. Общее время выполнения измерений традиционными методами съемки составило 72 часа, современными средствами измерений – 24 часа 20 минут. Выигрыш по времени составил 47 часов 40 минут. Средняя квадратическая погрешность в определении координат по 12 объектам недвижимости, участвующим в исследовании, традиционными средствами измерения составила 11 мм, современными технологиями – 4 мм. Выигрыш в точности определения координат составил 7 мм.

Таким образом, по результатам исследований, представленных в табл. 2, можно сделать вывод о том, что применение современных технологий в разы эффективнее традиционных методов съемки, снижают трудозатраты и увеличивают точность. На основании результатов исследования была составлена сводная таблица применения современных и традиционных технологий съемки объектов недвижимости при выполнении геодезических работ по основным показателям (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение традиционных и современных технологий

Показатель	Традиционные методы	Наземное лазерное сканирование и фотограмметрия
Среднее время выполнения комплекса геодезических работ	6 часов	2 часа
Средняя квадратическая погрешность в определении координат	11 мм	4 мм
Количество объектов, на которых обнаружены ошибки в установленных границах	0 из 12	3 из 12
Оборудование, используемое для съемки	Теодолит, нивелир	Лазерный сканер Leica RTC360, БВС DJI Matrice 300 с поддержкой RTK

Проведенное исследование выявило существенную разницу во времени, необходимом для обработки и анализа информации. Традиционные подходы требуют в среднем около 6 часов для обработки данных одного объекта, тогда как НЛС и фотограмметрия сократили этот срок до менее чем 2 часов.

Стоит отметить, что нормативная средняя квадратическая ошибка при координировании границ объектов кадастровых работ для городских земель составляет 0,10 м согласно приказу Росреестра от 01.06.2021 N П/0241 [9]. В проведенном исследовании при использовании современных технологий средняя квадратическая погрешность в определении координат составила 4 мм, а при использовании традиционных – 11 мм.

Одним из наиболее важных аспектов применения НЛС и методов фотограмметрии является получение избыточной информации, что позволяет специалисту детализировать полученную модель и получать большее количество сведений об объекте. В результате обработки данных лазерного сканирования были выявлены отклонения от проектных параметров: кручение высотных трехгранных конструкций, осадок линейных и площадных сооружений, крен зданий, а также несоответствие фактических границ объектов на местности сведениям о границах, содержащимся в ЕГРН, которые не были зафиксированы традиционными методами.

Таким образом, результаты исследования продемонстрировали явные преимущества современных технологий: их применение не только существенно продемонстрировало эффективность в проведении геодезических работ, но и позволило значительно сократить время на выполнение задач в условиях интенсивного развития урбанизированных территорий.

Заключение

Использование технологий наземного лазерного сканирования и методов фотограмметрии при анализе различных видов недвижимости привело к уменьшению времени проведения полевых и камеральных работ и понижению средней квадратической погрешности в определении их координат. Ис-

пользование современных измерительных технологий позволяет выполнить трехмерную идентификацию объектов недвижимости, опирающуюся на данные лазерного сканирования и методы фотограмметрии, которые помогут сократить возможные юридические споры и уменьшить риски для владельцев объектов недвижимости.

Стоит отметить, что внедрение современных измерительных технологий и технологий обработки данных, основанных на машинном обучении, открывает новые возможности для получения ТИМ-моделей и трехмерной идентификации объектов недвижимости с целью

их дальнейшего внесения в планируемый к разработке и внедрению 3D-кадастр [11]. Решение задач мониторинга объектов недвижимости потенциально позволит в дальнейшем перейти на 4D-кадастр, основанный на динамичном наблюдении за объектами недвижимости с определенной периодичностью обновления геопространственной информации.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научно-инновационного проекта № НИП-20.1/22.16.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шарафутдинова А. А., Брынть М. Я. Опыт применения наземного лазерного сканирования и информационного моделирования для управления инженерными данными в течение жизненного цикла промышленного объекта // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 1. – С. 57–67. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-1-57-67. – EDN UONPQL.
2. Дьяченко Р. А., Борисов С. Н. О возможности использования API геоинформационных систем // Научные чтения профессора Н. Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н. Е. Жуковского». – КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А. К. Серова, 2018. – С. 299–302. – EDN YPSAUK.
3. Баринова Т. А., Катрич А. Е. Наземное лазерное сканирование // Научные достижения и открытия современной молодежи : сборник статей победителей международной научно-практической конференции: в 2 частях, Пенза, 17 февраля 2017 года. Ч. 1. – Пенза : Наука и Просвещение, 2017. – С. 1569–1571. – EDN XXSPMN.
4. Конушина Е. Ю., Симашева Д. В. Фотограмметрия, как основополагающая дисциплина современного геодезиста // Перспективные разработки и прорывные технологии в АПК : Сборник материалов национальной научно-практической конференции, Тюмень, 21–23 октября 2020 года. – Тюмень : Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2020. – С. 30–34. – EDN LLOUUI.
5. Красиков А. А. Необходимость интеграции геодезических и BIM-технологий в процессе проектирования зданий // НАУКА и ОБРАЗОВАНИЕ: Актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей IX Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 августа 2023 года. – Пенза : Наука и Просвещение, 2023. – С. 185–187. – EDN OQTABM.
6. Литвиненко М. В. Практические аспекты исправления реестровых ошибок при наложении границ нескольких смежных земельных участков // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2018. – Т. 62, № 5. – С. 530–535. – DOI 10.30533/0536-101X-2018-62-5-530-535. – EDN YMSADZ.
7. Краснопевцев Б. В. Фотограмметрия. – М. : УПП «Репрография» МИИГАиК, 2008. – С. 91. – EDN QKHVXH.
8. Гура Д. А., Дубенко Ю. В., Бучацкий П. Ю., Марковский И. Г., Хушт Н. И. Мониторинг сложных объектов инфраструктуры // Вестник Адыгейского государственного университета. Сер. 4: Естественно-математические и технические науки. – 2019. – № 4 (251). – С. 74–80.
9. Аврунев Е. И., Горобцов С. Р. Геодезическое обеспечение кадастровых работ : монография. – Новосибирск : СГУГиТ, 2024. – 239 с.
10. Брынть М. Я., Богомоллова Н. Н., Журавлев И. Н., Никитчин А. А. Возможности применения лазерного сканирования на стадии изысканий при реконструкции искусственных сооружений //

Бюллетень результатов научных исследований. – 2020. – № 1. – С. 43–53. – DOI 10.20295/2223-9987-2020-1-43-53. – EDN IEWCHM.

11. Гура Д. А., Ващенко Д. А., Беспятчук Д. А., Самарин С. В., Пшидаток С. К. Перспективы применения воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъемки для обеспечения пространственными данными 3D-кадастра // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. – 2023. – № 3. – С. 179–183. – DOI 10.33920/sel-04-2303-07. – EDN QVATCF.

12. Щенявская Л. А., Шалая А. А. Технология объединения пространственных данных, полученных по результатам наземного лазерного сканирования, цифровой аэрофотосъемки и ручного лазерного сканирования // *Молодежная наука. Сборник лучших научных работ молодых ученых : Материалы LI студенческой научной конференции, Краснодар, 29 февраля 2024 года*. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2024. – С. 509–515. – EDN UCRUHR.

13. Гура Д. А., Дьяченко Р. А., Шалая А. А. Разработка модульной структуры геоинформационной системы пространственного анализа данных // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. – 2024. – Т. 19, № 5(232). – С. 314–317. – DOI 10.33920/sel-04-2405-07. – EDN NUMDGH.

14. Дьяченко Р. А., Гура Д. А., Осенняя А. В. и др. Разработка структуры информационной системы геопространственных данных для решения задач территориального планирования // *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*. – 2024. – Т. 68, № 4. – С. 87–99. – DOI 10.30533/GiA-2024-013. – EDN YQASPD.

15. Золотухин В. В. Цифровое геодезическое оборудование в археологических исследованиях с применением методов геоинформационных систем // *Вестник Новосибирского государственного университета. Сер.: История, филология*. – 2011. – Т. 10, № 7. – С. 61–66. – EDN OFWUYJ.

16. Волынова М. П. Цифровизация результатов территориального планирования на примере Федеральной государственной информационной системы территориального планирования // *Цифровизация землепользования и кадастров: тенденции и перспективы : Материалы международной научно-практической конференции 25 сентября 2020 года*. – Москва : ГУЗ, 2020. – С. 70–74. – EDN RQJXV.

17. Портнов А. М., Добровольский Д. О. Сравнительная оценка геометрической сложности контуров объектов местности при осуществлении государственного земельного надзора и мониторинга земель на примере объектов капитального строительства // *Геодезия и картография*. – 2024. – Т. 85, № 3. – С. 50–61. – DOI 10.22389/0016-2024-1005-3-50-61. – EDN HTGACU.

18. Чернов А. В. Исследование вариантов построения 3D-модели объектов недвижимости для целей кадастра // *Вестник СГУГиТ*. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 192–210. – EDN YAATKP.

19. Богомолова Н. Н. Определение точности геодезических измерений при реконструкции исторических объектов // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. – 2022. – Т. 19, № 4. – С. 693–701. – DOI 10.20295/1815-588X-2022-4-693-701. – EDN QLTIEJ.

20. Степанов И. Ю. Использование методов машинного обучения в геоинформационных моделях при решении задач геофизической разведки // *Вестник СГУГиТ*. – 2024. – Т. 29, № 2. – С. 108–117. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-2-108-117. – EDN BNXCBY.

21. Гура Д. А. Применение технологий машинного обучения для распознавания крыш объектов недвижимости // *Цифровые, компьютерные и информационные технологии в науке и образовании : Сборник статей Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, Брянск, 01–02 ноября 2023 года*. – Брянск: Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского, 2023. – С. 301–309. – EDN OAKNKJ.

Об авторах

Дмитрий Андреевич Гура – кандидат технических наук, доцент кафедры кадастра и геоинженерии Кубанского государственного технологического университета; кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии Кубанского государственного аграрного университета.

Получено 09.12.2024

© Д. А. Гура, 2025

Analysis of the effectiveness of modern measurement technologies for three-dimensional identification of real estate objects

D. A. Gura^{1,2}✉

¹ Kuban State Technological University, Krasnodar, Russian Federation

² Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russian Federation

e-mail: gda-kuban@mail.ru

Annotation. The article discusses the possibilities of using ground-based laser scanning and photogrammetry methods to analyze the accuracy, time of work and effectiveness of geodetic work in the field of three-dimensional identification of movable objects. The article is devoted to the current direction of scientific development in the field of coordination of cadastral works in built-up areas. A number of experiments have been conducted with various real estate objects for a comparative analysis of traditional methods and modern technologies in the field of geodesy and cadastral works. As a result, it was revealed that the use of modern technologies makes it possible to significantly reduce the time for work, as well as more accurately determine the coordinates of the characteristic points of the boundaries of real estate. Additionally, it is noted that modern technologies have made it possible to identify errors in previously established boundaries of real estate objects that went unnoticed when using traditional methods, through increased technical characteristics of modern equipment (range, accuracy of angular and linear measurements, density and detail). The results of the experimental study show the effectiveness of the introduction of modern geodetic technologies in terms of the complexity of the work performed, which significantly improves spatial planning and development of territories.

Keywords: terrestrial laser scanning, photogrammetry methods, geodesy, three-dimensional identification of objects, state cadastral registration, spatial planning, measurement accuracy, Unified State Register of Real Estate

REFERENCES

1. Sharafutdinova A. A., Bryn M. Ya. (2021). Experience of using ground-based laser scanning and information modeling for engineering data management during the life cycle of an industrial facility *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGiT]*. Vol. 26, No. 1. pp. 57–67. DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-1-57-67 EDN UONPQL [in Russian].
2. Dyachenko R. A., Borisov S. N. (2018). On the possibility of using the API of geoinformation systems *Nauchnyye chteniya professora N.Ye. Zhukovskogo. Sbornik nauchnykh statey VIII Mezhdunarod-noy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauchnyye chteniya imeni professora N. Ye. Zhukovskogo»*. KVVAUL im. Geroya Sovetskogo Soyuza A. K. Serova, 2018 [Scientific readings of Professor N.E. Zhukovsky. Collection of scientific articles of the VIII International Scientific and practical Conference "Scientific readings named after Professor N. E. Zhukovsky". KVVAUL named after Hero of the Soviet Union A. K. Serov, 2018], pp. 299-302. EDN YPSAUK [in Russian].
3. Barinova T. A., Katrich A. E. (2017). Ground-based laser scanning // *Nauchnyye dostizheniya i otkrytiya sovremennoy molodozhi: sbornik statey pobediteley mezh-dunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: v 2 chastyakh, Penza, 17 fevralya 2017 goda. [Scientific achievements and discoveries of modern youth: a collection of articles by the winners of the international scientific and practical conference: in 2 parts, Penza, February 17]*, Vol. Part 1., pp. 1569-1571. EDN XXSPMN [in Russian].
4. Konushina E. Yu., Simasheva D. V. (2020). Photogrammetry as a fundamental discipline of a modern geodesist *Perspektivnyye razrabotki i proryvnyye tekhnologii v APK: Sbornik materialov natsio-nal'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Tyumen', 21–23 oktyabrya 2020 goda. [Promising developments and breakthrough technologies in agriculture: Proceedings of the National Scien-*

tific and Practical Conference, Tyumen, October 21-23, 2020]. Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals, pp. 30–34. EDN LLOUUI [in Russian].

5. Krasikov A. A. (2023). The need to integrate geodetic and BIM technologies in the process of building design *NAUKA i OBRAZOVANIYE: Aktual'nyye voprosy, dostizheniya i innovatsii: sbornik sta-tey IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Penza, 25 avgusta 2023 goda* [SCIENCE and EDUCATION: Current issues, achievements and innovations: collection of articles of the IX International Scientific and Practical Conference, Penza, August 25, 2023], pp. 185–187. EDN OQTABM [in Russian].

6. Litvinenko M. V. (2018). Practical aspects of correcting registry errors when delineating the boundaries of several adjacent land plots *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotos"yemka. [Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodesy and aerial photography]*. Vol. 62, No. 5. pp. 530-535. DOI 10.30533/0536-101X-2018-62-5-530-535. EDN YMSADZ [in Russian].

7. Krasnopevtsev B. V. Photogrammetry. Moscow: UPP "Reprography" MIIGAiK, 2008. P. 91. EDN QKHVXH [in Russian].

8. Gura D. A., Dubenko Yu. V., Buchatskiy P. Yu., Markovsky I. G., Khusht N. I. (2019). Monitoring of complex infrastructure facilities *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Yestestvenno-matematicheskkiye i tekhnicheskkiye nauki [Vestnik of the Adygea State University. Series 4: Natural, mathematical and technical sciences]*. № 4 (251). Pp. 74–80 [in Russian].

9. Avrunev E. I., Gorobtsov S. R. (2024). Geodetic support of cadastral works: a monograph *Novosibirsk: SGUGiT Publ.*, 239 p. [in Russian].

10. Bryn M. Ya., Bogomolova N. N., Zhuravlev I. N., Nikitchin A. A. (2020). Possibilities of using laser scanning at the survey stage during the reconstruction of artificial structures *Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy [Bulletin of scientific research results]*. No. 1. pp. 43-53. DOI 10.20295/2223-9987-2020-1-43-53. EDN IEWCHM [in Russian].

11. Gura D. A., Vashchenko D. A., Bespyatchuk D. A., Samarin S. V., Pshidatok S. K. (2023). Prospects of using aerial laser scanning and aerial photography to provide spatial data of the 3d cadastre *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel' [Land management, cadastre and land monitoring]*. No. 3. pp. 179–183. DOI 10.33920/sel-04-2303-07. EDN QVATCF [in Russian].

12. Schenyavskaya L. A., Shalaya A. A. Technology of combining spatial data obtained from ground-based laser scanning, digital aerial photography and manual laser scanning *Molodezhnaya nauka. Sbornik luchshikh nauchnykh rabot molodykh uchenykh: Materialy LI studentcheskoy nauchnoy konferentsii, Krasnodar, 29 fevralya 2024 goda. [Youth Science. Collection of the best scientific papers of young scientists : Proceedings of the LI Student Scientific conference, Krasnodar, February 29 - 21, 2024]*. Pp. 509–515. EDN UCRUHR [in Russian].

13. Gura D. A., Dyachenko R. A., Shalaya A. A. (2024). Development of a modular structure of a geoinformation system for spatial data analysis *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel' [Land management, cadastre and land monitoring]*. Vol. 19, No. 5(232). Pp. 314-317. DOI 10.33920/sel-04-2405-07. EDN NUMDGH [in Russian].

14. Dyachenko R. A., Gura D. A., Osennaya A. V. et al. (2024). Development of the structure of the geospatial data information system for solving territorial planning problems *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotos"yemka. [Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodesy and aerial photography]*. Vol. 68, No. 4. pp. 87-99. DOI 10.30533/GiA-2024-013. EDN YQASPD [in Russian].

15. Zolotukhin V. V. (2011) Digital geodetic equipment in archaeological research using methods of geoinformation systems *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Istoriya, filologiya [Vestnik of Novosibirsk State University. Series: History, philology]*. Vol. 10, No. 7. Pp. 61–66. EDN OFWUYJ [in Russian].

16. Volynova M. P. Digitalization of the results of territorial planning using the Federal State Information System of Territorial Planning *Tsifrovizatsiya zemlepol'zovaniya i kadaistrov: tendentsii i perspektivy: Materialy mezh-dunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 25 sentyabrya 2020*

goda [Digitalization of land use and cadastre: trends and prospects: Materials of the international scientific and practical conference on September 25, 2020]. Moscow: GUZ, 2020, pp. 70–74. EDN RQJJXV [in Russian].

17. Portnov A. M., Dobrovolsky D. O. (2024). Comparative assessment of the geometric complexity of the contours of terrain objects in the implementation of state land supervision and land monitoring using the example of capital construction facilities *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and cartography]. Vol. 85. No. 3. pp. 50-61. DOI 10.22389/0016-2024-1005-3-50-61. EDN HTGACU [in Russian].

18. Chernov A. V. (2018). Research of options for constructing a 3D model of real estate objects for the purposes of cadastre *Vestnik SGUGiT* [Vestnik SSUGiT]. Vol. 23, No. 3. – Pp. 192–210. [in Russian].

19. Bogomolova N. N. (2022). Determination of the accuracy of geodetic measurements during the reconstruction of historical objects *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Izvestiya Peterburgskogo universiteta kommunikatsii]. Vol. 19, No. 4. Pp. 693-701. DOI 10.20295/1815-588X-2022-4-693-701. EDN QLTIEJ [in Russian].

20. Stepanov I. Y. (2024). The use of machine learning methods in geoinformation models in solving problems of geophysical exploration *Vestnik SGUGiT* [Vestnik SSUGiT]. Vol. 29. No. 2. pp. 108-117. DOI 10.33764/2411-1759-2024-2-108-117. EDN BHXCBY [in Russian].

21. Gura D. A. Application of machine learning technologies for recognizing roofs of real estate objects // *Tsifrovyye, komp'yuternyye i informatsionnyye tekhnologii v nauke i obrazovanii: Sbornik statey Mezhhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, Bryansk, 01–02 noyabrya 2023 goda*. [Digital, computer and information technologies in science and education: Collection of articles of the Interregional Scientific and Practical Conference with international participation, Bryansk, November 01-02, 2023.] Bryansk: Bryansk State University named after Academician I. G. Petrovsky, 2023. Pp. 301–309. – EDN OAKNKJ.

Author details

Dmitry A. Gura – Ph. D., Associate Professor of the Department of Cadastre and Geoengineering Kuban State Technological University; Ph. D., Associate Professor of the Department of Geodesy Kuban State Agrarian University.

Received 09.12.2024

© D. A. Gura, 2025