

УДК 528.442
DOI 10.17513/use.38457

СОЗДАНИЕ 3Д-МОДЕЛИ ОБЪЕКТА КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ПРИМЕРЕ ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНОГО ЦЕНТРА «КРАСНАЯ ПЛОЩАДЬ» В Г. КРАСНОДАР

Солодунов А.А. ORCID ID 0000-0001-6609-9398,
Пшидаток С.К. ORCID ID 0000-0001-8514-8677, Шичиях З.З.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар,
Российская Федерация, e-mail: 2602555@mail.ru*

Целью исследования является применение инновационного оборудования для создания детальной трехмерной модели. В рамках данной работы была проведена комплексная съемка объекта с использованием современных лазерных сканирующих систем, что позволило получить высокоточные данные о геометрии и структуре помещений. Использование передовых технологий сканирования обеспечило минимизацию погрешностей измерений и максимальную детализацию полученных данных. Полученные результаты представляют собой ценный источник информации для дальнейшего анализа и моделирования исследуемого объекта и могут быть интегрированы в специализированное программное обеспечение для построения высокодетализированной трехмерной модели, обеспечивающей визуализацию архитектурных особенностей здания с высокой степенью точности. Одним из перспективных направлений совершенствования визуализации и анализа пространственных характеристик объектов недвижимости является внедрение технологий трехмерного (3D) моделирования. Предложенное техническое решение интегрирует передовые технологии лазерного сканирования, что обеспечивает ему значительное функциональное превосходство. Этот аспект делает данную техническую разработку особенно востребованной для решения широкого спектра задач, охватывающих различные области применения. Результатом исследования является высокоточная и детализированная 3D-модель торгово-развлекательного центра, которая может быть использована для различных целей, включая планирование и координацию строительных работ, оценку объемов и стоимости строительства, а также для демонстрации проекта потенциальным инвесторам и клиентам.

Ключевые слова: визуализация пространственных характеристик, лазерная сканирующая система, трехмерная модель местности, высокая степень точности, инновационное оборудование.

CREATION OF A 3D MODEL OF A CAPITAL CONSTRUCTION FACILITY USING THE EXAMPLE OF THE RED SQUARE SHOPPING CENTER IN KRASNODAR

Solodunov A.A. ORCID ID 0000-0001-6609-9398,
Pshidatok S.K. ORCID ID 0000-0001-8514-8677, Shichiyakh Z.Z.

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”,
Krasnodar, Russian Federation, e-mail: 2602555@mail.ru*

The purpose of the research is to use innovative equipment to create a detailed three-dimensional model. As part of this work, a comprehensive survey of the object was carried out using modern laser scanning systems, which made it possible to obtain highly accurate data on the geometry and structure of the premises. The use of advanced scanning technologies ensured the minimization of measurement errors and the maximum detail of the data obtained. The results obtained represent a valuable source of information for further analysis and modeling of the object under study, which can be integrated into specialized software to build a highly detailed three-dimensional model that provides visualization of the architectural features of the building with a high degree of accuracy. One of the promising areas for improving visualization and analysis of spatial characteristics of real estate objects is the introduction of three-dimensional (3D) modeling technologies. The proposed technical solution integrates advanced laser scanning technologies, which provides it with significant functional superiority. This aspect makes this technical solution particularly in demand for solving a wide range of tasks covering various fields of application. The result of the research is a highly accurate and detailed 3D model of a shopping and entertainment center, which can be used for various purposes, including planning and coordinating construction work, estimating the volume and cost of construction, as well as to demonstrate the project to potential investors and customers.

Keywords: visualization of spatial characteristics, laser scanning system, three-dimensional terrain model, high degree of accuracy, innovative equipment

Введение

В современном мире наблюдается неуклонный рост числа городских агломераций, сопровождающийся интенсивным развитием их инфраструктурных комплексов [1].

Данный процесс приводит к увеличению числа архитектурных объектов, общественных пространств и транспортных узлов, что существенно усложняет пространственную организацию городских территорий [2; 3].

В этих условиях актуализируется проблема обеспечения высокой степени конкретности и полноты информационной базы, касающейся объектов недвижимости [4; 5].

Одним из инновационных решений, направленных на улучшение визуализации и анализа пространственных характеристик объектов недвижимости, является внедрение технологий трехмерного (3D) моделирования [6]. Применение данного метода позволит не только представить объекты в их реальном пространственном контексте, но и детализировать такие параметры, как объем, пространственное положение, взаимное перекрытие контуров и другие геометрические характеристики [7].

Целью данного исследования является применение передовых технологий 3D-сканирования для создания детальной цифровой модели первого этажа торгово-развлекательного центра «Красная площадь», расположенного в городе Краснодар.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является торгово-развлекательный центр «Красная Площадь» в городе Краснодар Краснодарского края, представляющий собой комплексный объект многофункционального назначения, интегрирующий в себе элементы коммерческой и развлекательной инфраструктуры. Торгово-развлекательный центр (ТРЦ) расположен в Прикубанском округе города Краснодара, в микрорайоне Жукова (ЭНКА), на одной из ключевых транспортных артерий города – Ростовском шоссе.

Результаты исследования и их обсуждение

«Красная Площадь» в Краснодаре – это один из крупнейших в Южном федеральном округе торгово-развлекательных центров (ТРЦ) европейского формата. Он является первым и самым крупным объектом сети холдинга «РАМО-М» на Кубани, открытый в 2003 году. В нем расположены более 500 магазинов, кинотеатр, боулинг, фудкорты, кафе, рестораны, детские площадки и т.д. Состоит из двух корпусов: один со стороны улицы Дзержинского с кадастровым номером 23:43:0128002:365 и другой со стороны Александра Покрышкина с кадастровым номером 23:43:0128002:213.

К основным характеристикам здания отнесена общая площадь ТРЦ, составляющая 61 895,30 м², из которой:

– площадь торгового назначения – 46 583,23 м²;

– площадь общего назначения – 8 730,54 м²;

– площадь складских, инженерных помещений – 3 258,68 м².

На рисунке 1 изображен план 1-го этажа ТРЦ «Красная Площадь» в г. Краснодаре.

Сложные архитектурные формы зданий создают значительные сложности при их контроле, особенно в контексте кадастрового учета и градостроительного планирования [8]. Проблема заключается в необходимости точного определения геометрических параметров и пространственного положения таких объектов для их корректного отображения в реестрах и на картах [9; 10]. В современном градостроительстве всё чаще применяются здания с различной архитектурой, что приводит к естественной проблеме их учета как объектов недвижимости. Для реализации поставленных задач на исследуемом объекте был выбран инновационный метод, относящийся к области геопространственных данных и лазерной локализации [11]. Данный подход позволяет создавать высокоточные пространственные модели объектов, что является достаточно важным фактором для эффективного анализа и интерпретации географических характеристик исследуемой территории [12].

Для корректной эксплуатации необходимо осуществить определение координат двух точек, расположенных на противоположных сторонах здания, с целью их последующей пространственной привязки (рис. 2).

Данный подход обеспечивает высокую точность и надежность функционирования системы, что является достаточно важным для достижения поставленных технических и эксплуатационных целей [13]. Для проведения съемки торгово-развлекательного комплекса «Красная Площадь» в городе Краснодар была применена инновационная разработка, созданная коллективом кафедры геодезии Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина [14] (рис. 3).

Изобретение относится к сфере вычислительной техники, используемой в процессе геодезических измерений, и предназначено для создания пространственных моделей помещений. Это устройство применимо в области сбора и обработки геопространственных данных и использует методы лазерного сканирования для определения пространственных характеристик окружающей среды. Особое внимание уделяется интеграции фото- и видеофиксации, что существенно оптимизирует процесс обработки данных (рис. 4).

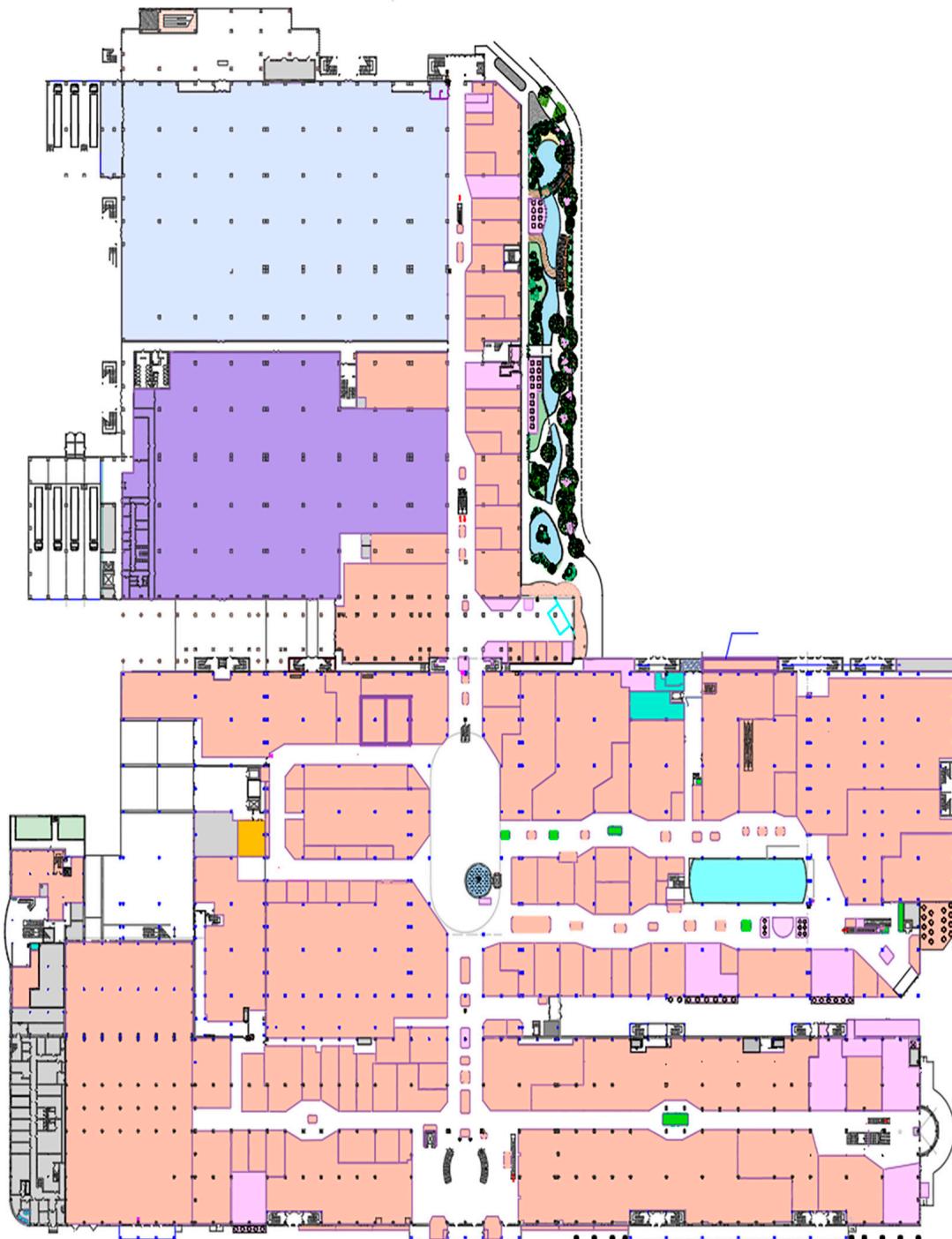


Рис. 1. План 1-го этажа ТРЦ «Красная площадь»
Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования

Лазерные сканеры, испуская луч, отражающийся от окружающих объектов, формируют облако точек с пространственными координатами. В блоке объединения данных облако точек накладывается на фотографии, синхронизируется и сохраняется на запоминающем устройстве. Полученное

облако точек отображается на мониторе оператора в реальном времени, позволяя его просматривать, вращать и проводить измерения [15].

В таблице 1 представлена скорость и время прохождение изобретения по каждому маршруту.

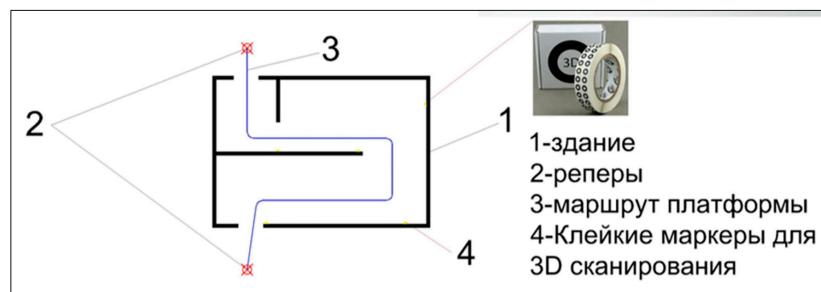


Рис. 2. Принцип 3D-моделирования объекта
Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования



Рис. 3. Изобретение для 3D-моделирования
Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования

СХЕМА РАБОТЫ

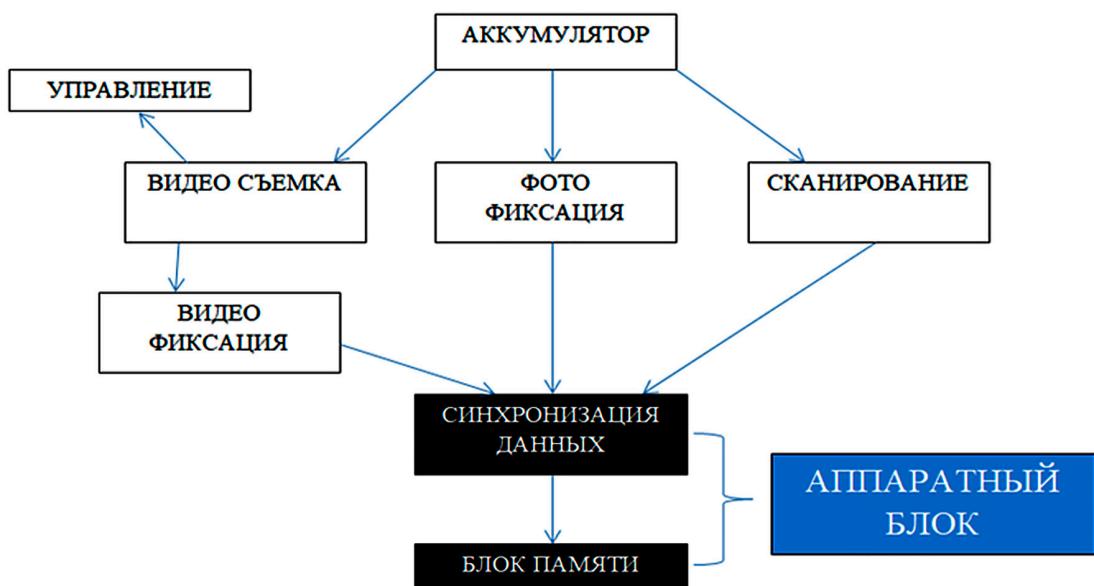


Рис. 4. Схема взаимодействия основных элементов
Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования

Таблица 1

Скорость и время прохождения каждого маршрута

Наименование маршрута	Длина маршрута, м	Скорость движения, км/ч	Время прохождения, мин.
Внешний маршрут	1 378	4	20
1-й маршрут	316	3	30
2-й маршрут	401	3	40
3-й маршрут	389	3	40

Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования.

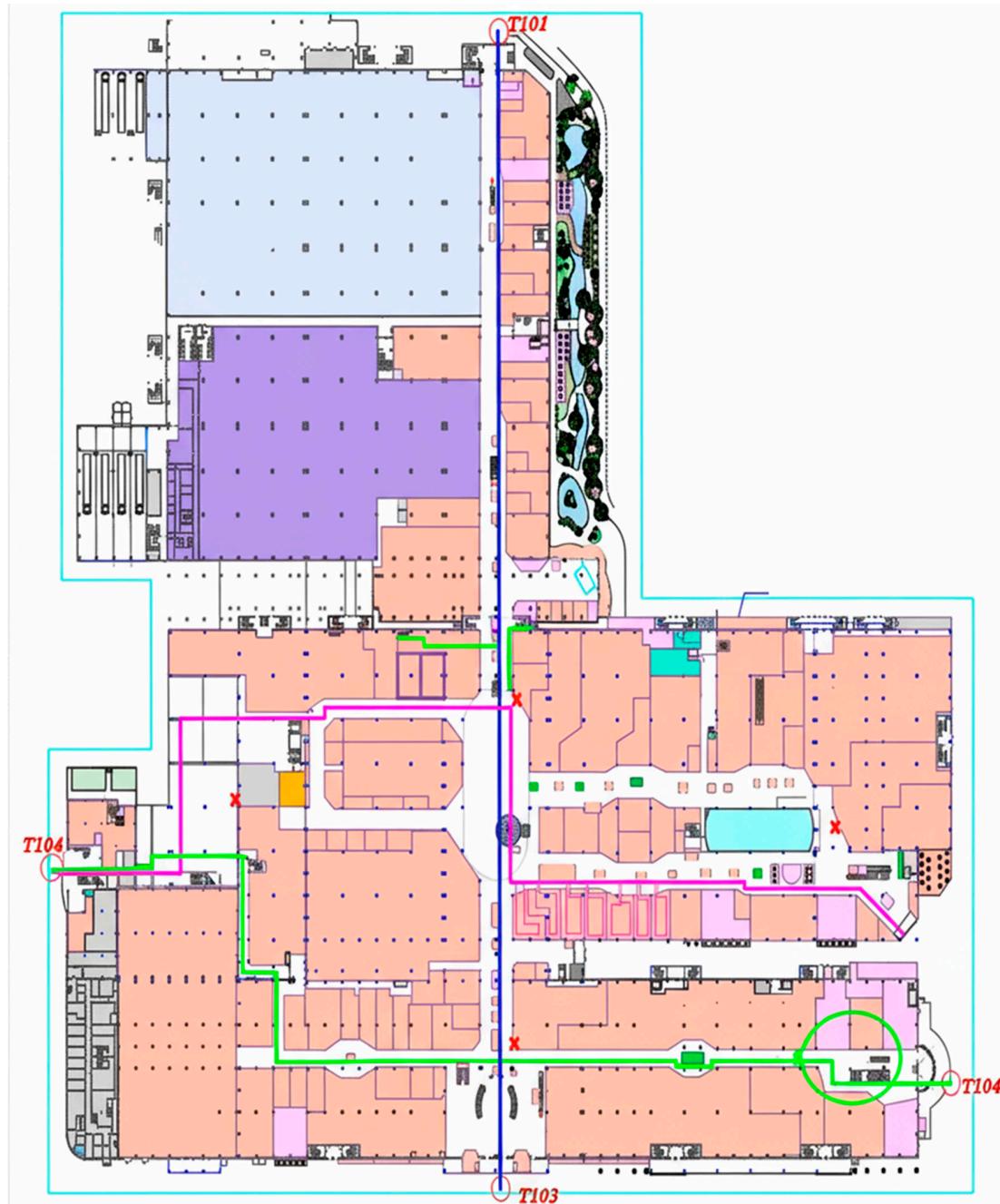


Рис. 5. Схема внутренних и внешних маршрутов изобретения
Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования

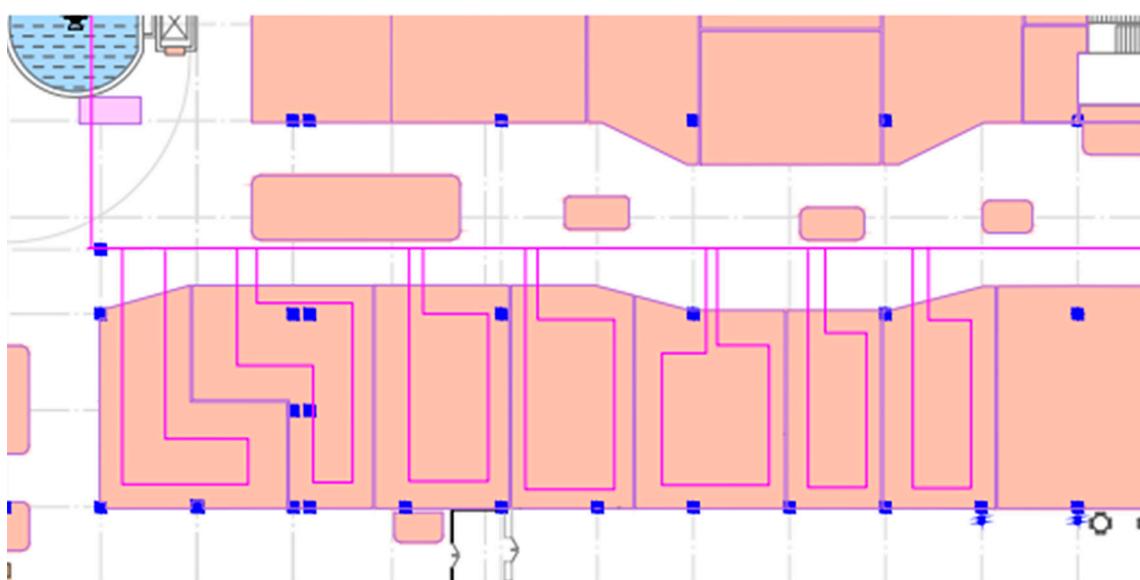


Рис. 6. Примерные маршруты в магазинах ТРЦ «Красная площадь»
Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования

Проведя сравнительный анализ четырех альтернативных маршрутов, можно сделать вывод о том, что внешний маршрут характеризуется наибольшей протяженностью. Однако, принимая во внимание тот факт, что скорость функционирования устройства в данном контексте превышает аналогичные показатели для внутренних маршрутов, можно предположить, что время, необходимое для прохождения внешнего маршрута, будет минимизировано. Этот вывод основывается на предположении о прямой корреляции между скоростью устройства и временными затратами на выполнение задачи. Внутренние маршруты отличаются примерно одинаковой протяженностью, что упрощает обработку данных. На рисунке 5 показана схема внутренних и внешних маршрутов изобретения. Примерные маршруты в магазинах ТРЦ «Красная площадь» показаны на рисунке 6.

В результате сканирования внутренних и внешних конструктивных элементов торгово-развлекательного центра «Красная площадь» в городе Краснодар с применением методов лазерного сканирования было получено облако точек, представляющее собой высокоточные данные о геометрии исследуемых объектов. Эти данные могут быть обработаны с использованием специализированного программного обеспечения для трехмерного моделирования. В част-

ности, посредством любого современного 3D-редактора, обладающего необходимыми функциональными возможностями, облако точек может быть трансформировано в завершенную трехмерную модель помещения.

В ходе выполнения исследования была получена 3D-модель 1-го этажа торгового центра «Красная площадь». На объекте был реализован комплекс мероприятий, охватывающих все аспекты, необходимые для проведения работ. Все организационные вопросы, связанные с деятельностью на объекте, подвергались тщательному согласованию с эксплуатирующими организациями. Проведение работ осуществлялось исключительно в присутствии представителей данных организаций и при наличии соответствующих разрешений, что обеспечивало соответствие нормативным требованиям и стандартам безопасности.

Согласно Приказу Минстроя России от 30.06.2022 г. № 221/пр «Об утверждении Методики определения нормативных затрат на информационное моделирование с учетом использования технологий лазерного сканирования и фотограмметрии» в таблице 2 представлена смета на выполнение проекто-изыскательских работ.

В ходе расчетов установлено, что итоговая стоимость на работы по выполнению инженерно-геодезических изысканий с применением изобретения составила 574 564,40 руб.

Таблица 2

Смета на выполнение проектно-изыскательских работ

№	Показатели	Показатель	Расчет, руб.
1	Создание съемочной геодезической сети методом спутниковых геодезических определений пункт 38 таблица 2.1	1 категория $3948,55 \times 1,54 = 6\ 136,21$	6 136,21
2	Съемка искусственных сооружений методом НЛС плотностью точек лазерных отражений не менее 1000 точек на 1 кв. м пункт 47 таблица 2.7	1 км = 32 288,79 6,5 км $6,5 \times 32\ 288,79 = 209\ 877,13$ $209\ 877,13 \times 1,54 = 323\ 210,79$	323 210,79
3	Подготовка технического задания на выполнение съемочных работ пункт 52 таблица 3.1	$8\ 989,96 \times 1,54 = 13\ 844,54$	13 844,54
4	Подготовка программы на выполнение съемочных работ пункт 53 таблица 3.2	$47\ 053,83 \times 1,54 = 72\ 462,90$	72 462,90
5	Обработка результатов измерений, выполненных при создании съемочной геодезической сети методом спутниковых геодезических определений пункт 57 таблица 3.5	5 пунктов $5 \times 418,72 = 2\ 092,1$ $2\ 092,1 \times 1,54 = 3\ 223,37$	3 223,37
6	Камеральная обработка материалов топографической съемки линейного объекта методом МЛС протяженностью от 5 до 10 км включительно пункт 61 таблица 3.7	$18\ 633,30 \times 1,54 = 28\ 695,28$	28 695,28
7	Подготовка технического отчета на выполнение съемочных работ на территории площадью до 50 га включительно пункт 66 таблица 3.11	$20\ 279,60 \times 1,54 = 31\ 230,58$	31 230,58
8	Итого		478 803,67
9	НДС 20%		95 760,73
1	ВСЕГО		574 564,40

Примечание: составлено авторами по результатам данного исследования.

Заключение

В рамках данной работы было проведено исследование по автоматизированной комплексной съемке объекта с использованием современных лазерных сканеров, что позволило получить высокоточные данные о геометрии и структуре помещений. Полученные результаты были интегрированы в специализированное программное обеспечение для построения трехмерной модели, обеспечивающей высокую степень детализации и визуализации архитектурных особенностей здания. В ходе исследования выявлено, что предлагаемое техническое решение сочетает в себе преимущества лазерного сканирования и обладает рядом функциональных преимуществ, что делает его особенно актуальным для широкого спектра задач:

– во-первых, позволяет создавать высокоточные 3D-модели сложных архитектурных сооружений, обеспечивая де-

тальное представление их пространственной структуры;

– во-вторых, открывает новые возможности для проведения изысканий в сложных или опасных для человека условиях, минимизируя риски для исследователя и повышая эффективность выполнения работ;

– в-третьих, значительно сокращает время, необходимое для проведения геодезических и картографических исследований, что способствует повышению производительности и снижению затрат на выполнение подобных задач.

Список литературы

1. Гурад.А., Марковский И.Г., Пшидаток С.К. Методика мониторинга объектов недвижимости с помощью трехмерного лазерного сканирования в специфике городских земель // Геодезия и картография. 2021. Т. 82. № 4. С. 45-53. DOI: 10.22389/0016-7126-2021-970-4-45-53. EDN: TSBMMW.

2. Пшидаток С.К., Турк Г.Г., Сарксян Л.Д., Лукьянова М.С. Инженерно-геодезические изыскания для целей подготовки проектной документации линейного объекта // Научная жизнь. 2022. Т. 17. № 2 (122). С. 206-218. DOI: 10.35679/1991-9476-2022-17-2-206-218. EDN: NXJSBY.

3. Туров Д.И., Гура Д.А., Шевченко Г.Г., Гура Т.А. Комплекс геодезических работ для составления пространственных обмерных чертежей подземных сооружений на примере ГЭС // Электронный сетевой политехнический журнал «Научные труды КубГТУ». 2017. № 4. С. 51-59. EDN: ZKAONX.
4. Gura D.A., Kuziakina M.V., Dubenko Yu. V. [et al.] Classification and Automatisation of Laser Reflection Points Processing in the Detection of Vegetation // Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology : Proceedings of the International Symposium “Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research” dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019), Groznyi, Russia, 12–13 июня 2019 года. Vol. 1. Groznyi, Russia: Atlantis Press, 2019. P. 593-596. EDN: TVCXYG.
5. Струсь С.С. Экономическое регулирование рационального использования земельных ресурсов, методы установления арендной платы за землю // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2009. № 16. С. 54-58. EDN: KGXLJP.
6. Савченко Ю.М. , Турк Г.Г., Гурский И.Н. Современные возможности использования фотограмметрии // Московский экономический журнал. 2024. Т. 9. № 1. DOI: 10.55186/2413046X_2023_9_1_49. EDN: BFWWII.
7. Савченко Ю.М., Турк Г.Г. Современные возможности лазерного сканирования // Московский экономический журнал. 2024. Т. 9. № 6. С. 632-642. DOI: 10.55186/2413046X_2024_9_6_311. EDN: CLRKWF.
8. BezuglovaE., Matsiy S., Podtelkov V. Landslide risk management at transport facilities // Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice: 12th, Napoli, 12–19 июня 2016 года. Vol. 2. 2016. P. 405-409. DOI: 10.1201/b21520-40. EDN: XFHQCL.
9. Струсь С.С., Пшидаток С.К., Подтелков В.В. К вопросу выбора метода проведения топографической съемки с учетом стоимости работ / С. С. Струсь, // Экономика и предпринимательство. 2020. № 11 (124). С. 1116-1119. DOI: 10.34925/EIP.2020.124.11.219. EDN: DWPKWA.
10. Подтелков В.В. , Прокопенко А.В., Зеленков Д.С., Пшидаток М.А. Проблемы устройства дорожного полотна на землях сельскохозяйственного назначения // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 173. С. 180-192. DOI: 10.21515/1990-4665-173-012. EDN: NLRUWX.
11. Савченко Ю.М. , Турк Г.Г. Безопасность при производстве // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 191. С. 61-75. DOI: 10.21515/1990-4665-191-013. EDN: ARDFZW.
12. Подтелков В.В., Прокопенко А.В., Зеленков Д.С., Пшидаток М.А. Оптимизация технических решений устройства оснований зданий и дорожных одежд предприятий первичной подработки и хранения сельскохозяйственной продукции // Политехнический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 175. С. 179-188. DOI: 10.21515/1990-4665-175-012. EDN: EDYTGW.
13. Патент № 2846749 С1 Российская Федерация, МПК G01N 21/88, F17D 5/02. Устройство для автоматического мониторинга состояния асбестоцементных водоподающих и водоотводящих трубопроводов закрытых оросительных систем: заявл. 09.08.2024: опубл. 15.09.2025 / С.К. Пшидаток, А.А. Солодунов, А.С. Ерж, М.К. Кузьменко; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». EDN: WYHJZO.
14. Патент № 2819372 С1 Российская Федерация, МПК G06T 17/05, G05D 1/222, B62D 63/02. Устройство для получения 3D-моделей помещения: № 2023112964: заявл. 18.05.2023: опубл. 20.05.2024 / С.К. Пшидаток, А.А. Солодунов, А.С. Ерж, М.К. Кузьменко; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина». EDN: QDOUHZ.
15. Солодунов А.А. , Кузьменко М.К., Ерж А.С. Мобильная платформа для создания 3D-модели конструктивных элементов здания // Экономика и предпринимательство. 2024. № 5 (166). С. 1122-1126. DOI: 10.34925/EIP.2024.166.5.231. EDN: EGZXND.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.