

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ

На правах рукописи



Чуприн Максим Сергеевич

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
И МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ КАДАСТРОВОГО УЧЕТА**

Специальность 1.6.15. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель

АФТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2026

Работа выполнена в Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) на кафедре землеустройства и кадастров.

Научный руководитель: **Григорьев Сергей Александрович**, доктор технических наук, доцент, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), кафедра землеустройства и кадастров, профессор

Официальные оппоненты: **Аврунев Евгений Ильич**, кандидат технических наук, доцент, Сибирский государственный университет геосистем и технологий (СГУГиТ), кафедра кадастра и территориального планирования, профессор

Черных Елена Германовна, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное учреждение высшего образования «Тюменский индустриальный университет», доцент кафедры геодезии и кадастровой деятельности

Ведущая организация: **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»**

Защита состоится «03» декабря 2026 года в 10 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета 24.2.333.03 при Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) по адресу: 105064, Москва, Гороховский пер., 4, МИИГАиК, зал заседаний Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МИИГАиК и на сайте <http://miigaik.ru/upload/>

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета, к.т.н.

Скрыпицына
Татьяна Николаевна

Общая характеристика работы

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена переходом к проектированию с использованием технологий информационного моделирования и необходимостью создавать цифровую информационную модель объекта капитального строительства на разных стадиях его жизненного цикла. Вместе с тем, текущие требования к кадастровой деятельности предусматривают включение в Единый государственный реестр недвижимости (далее – ЕГРН) графического описания местоположения помещений в виде растровых поэтажных планов, из чего следует необходимость разработки научно-практической задачи генерализации и адаптации цифровой информационной модели здания для целей кадастрового учета. При этом текущее использование в ЕГРН растровых поэтажных планов предусмотрено нормативными требованиями, что усложняет вычисление площадей и не позволяет без дополнительной обработки использовать учтенные данные. В стремлении к идеальному виду происходит игнорирование фактической неортогональности стен, что понижает достоверность сведений и не отражает фактическое состояние помещений, а следовательно, и площадей. Стоит отметить, что нормативно предусматривается и трехмерное описание объектов капитального строительства, которое, однако, не получило широкого распространения на практике.

Степень разработанности темы исследования

Актуальным проблемам трехмерного представления объектов недвижимости посвящены работы Е.И. Аврунева, Д.В. Лисицкого, А.И. Гиниятова, М. Я. Брынь, И.А. Басовой, Н. Д. Яковлевой, С. С. Бачуриной, Peter J.M. Van Oosterom. Однако во всех работах не уделено должного внимания вопросам векторизации облаков точек лазерных отражений, используемых для целей моделирования.

Большой вклад в изучение и развитие изучения кадастровых систем, геодезического и фотограмметрического обеспечения кадастровой деятельности внесли С.А. Атаманов, С.А. Григорьев, В.В. Голубев, А.П. Михайлов, А.Г. Чибуничев, В.В. Ознамец. Тем не менее остаются открытыми вопросы разработки алгоритмов учета в ЕГРН пространственной информации в векторном виде.

Цель диссертационной работы

Разработка методики определения пространственных характеристик и моделирования объектов капитального строительства для целей кадастрового учета.

Задачи исследования:

- разработка классификации объектов кадастровых работ для обоснования выбора метода сбора и обработки пространственных данных, исследование и анализ методов измерений;
- обработка пространственных данных и создание векторной модели объекта капитального строительства;
- вычисление площадей и оценка точности результатов моделирования, апробация полученных результатов.

Объект исследования – методика сбора, документирования, математической обработки, хранения пространственных характеристик и связанных с этим особенностей информационного моделирования объектов капитального строительства для целей повышения достоверности сведений ЕГРН, а **предметом исследования** является совокупность пространственных характеристик объектов капитального строительства и процесс информационного моделирования объектов капитального строительства в кадастре недвижимости.

Новизна научных результатов проведенных исследований:

- впервые установлена зависимость между СКП планового положения точки в облаке ТЛО и СКП измерения расстояний в облаке ТЛО;
- впервые применен метод наименьших квадратов (параметрический способ уравнивания) для установления локальной системы координат при формировании поэтажного плана и определения пространственных характеристик, оценки точности измерения расстояний и вычисления площадей;
- впервые формализован и апробирован алгоритм векторизации облака ТЛО для целей применения результатов ПЛС в кадастровой деятельности в отношении помещений.

Теоретическая значимость:

- подведено теоретическое обоснование возможностей применения технологии ПЛС для кадастровой деятельности в отношении ОКС;
- методика позволит использовать данные информационной модели здания как источник данных об объектах кадастрового учета, устранит несоответствие фактических данных технического учета и сведений ЕГРН;
- установление локальной системы координат ОКС позволит алгоритмизировать процесс создания поэтажного плана и использовать координатную формулу определения площадей ОКС и помещений, что повысит технологичность кадастровых работ и объективность отражения пространственных характеристик в ЕГРН.

Практическая значимость:

- исследованы и приведены примеры особенностей векторизации элементов ОКС в облаке ТЛО для целей кадастрового учета;
- основные положения работы могут быть положены в основу методических указаний при проведении кадастровых работ с использованием ПЛС;
- на основе формулы профессора Маслова разработан автоматизированный алгоритм для оценки точности вычисления площадей помещений по координатам характерных точек их контуров.

Методы исследования

Включают общенаучные методы, такие как анализ и синтез, методы ТМОГИ. Экспериментальные методы: анализ производственных данных, самостоятельные натурные исследования и полевые измерения.

Основные положения и результаты диссертации, выносимые на защиту:

1. Установление локальной системы координат объекта капитального строительства при создании поэтажного плана повысит технологичность (степень автоматизации) кадастрового процесса.

2. Использование локальной системы координат объекта капитального строительства позволяет автоматизировать процесс вычисления площадей и выполнить оценку точности.

3. Создание поэтажного плана стен в локальной системе координат с ортогонализацией по материалам ПЛС на основе технологии SLAM отвечает требованиям кадастра.

Тема диссертации соответствует пунктам научной специальности 1.6.15. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель: п. 7 Принципы сбора, документирования, накопления, обработки и хранения сведений об объектах недвижимости. Разработка единой методики по ведению комплексного кадастра и п. 34 Разработка теории и методов создания геоинформационных систем и технологий обработки баз данных о состоянии земельных и природных ресурсов, кадастра недвижимости.

Степень достоверности и апробация полученных результатов исследования. Достоверность полученных результатов исследований подтверждена данными, полученными в ходе выполнения кадастровых работ и анализа производственной деятельности на объектах общей площадью более 250 тыс. кв. м.

Обоснованность и достоверность результатов исследования также подтверждается обсуждением диссертационной работы на научных семинарах кафедры Землеустройства и кадастров МИИГАиК, докладами на конференциях, научными публикациями по материалам исследования, практическим внедрением в реальное производство.

Основные положения работы и полученные результаты докладывались и обсуждались на 6 международных и 2 всероссийских научных конференциях.

Публикации по теме диссертации

По результатам диссертационного исследования разработаны две программы для ЭВМ, опубликовано 13 научных статей, в том числе 1 научная работа в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК России.

Личный вклад автора. Диссертационное исследование выполнено автором лично, в частности, разработана общая структура диссертации, определен уровень изученности рассматриваемых проблем, сформулированы цель и задачи исследования, основные результаты и положения, выносимые на защиту. Автором создана методика определения пространственных характеристик и моделирования объектов капитального строительства для целей кадастрового учета, проведена апробация и внедрение в производство кадастровых работ.

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 169 страниц машинописного текста. Диссертация состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, включающего 99 наименований, в том числе 17 зарубежных источников, содержит 21 таблицу, 56 рисунков, 9 приложений.

Основное содержание диссертации

Во **введении** обоснована актуальность диссертационной работы, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, показаны теоретическая и практическая значимость полученных результатов, отражены выносимые на защиту научные положения, степень достоверности и апробация результатов.

В **первом** разделе рассмотрена возможная связь применения ТИМ и совершенствования системы учета недвижимости. Именно ТИМ могут позволить внедрить трехмерный кадастр. В свою очередь кадастровые инженеры способны утонять ТИМ при переходе от строительной модели к эксплуатационной.

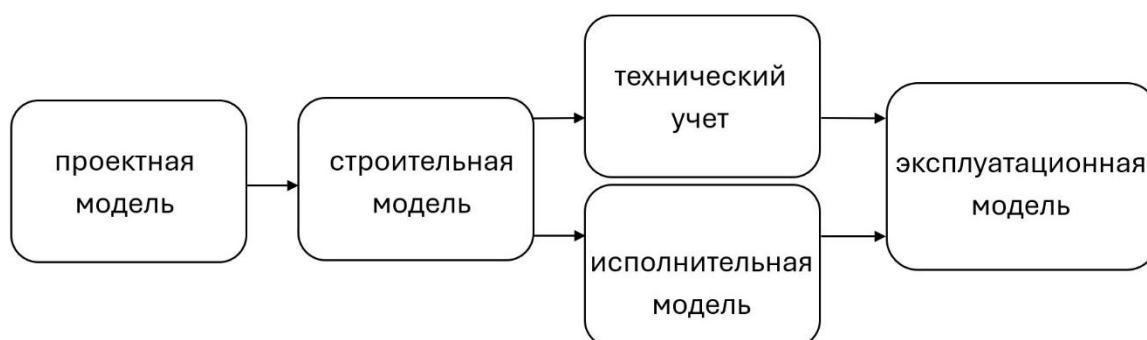


Рисунок 1 – Место кадастровых работ при использовании ТИМ

Для методического сопровождения создания моделей в рамках кадастровой деятельности необходимо разработать определения пространственных характеристик и моделирования объектов капитального строительства для целей кадастрового учета. Для целей методики ОКС классифицированы исходя из геометрических свойств значимых, при выборе конкретных методов измерений и моделирования.

Таблица 1 – Классификация объектов для целей применения методики

Класс	Описание	Предложения	Подкласс	Особенности
1	Совокупность комнат и помещений для постоянного или временного пребывания людей	Предлагается применять разрабатываемую методику с учетом подходящего по габаритам и дальности работы измерительного оборудования	1a	объект проектировался с применением ТИМ, задача при моделировании сводится к проверке проектных значений
			2б	при проектировании не применялись ТИМ, необходимо наиболее детальное моделирование, в том числе и для последующего проектирования перепланировки или реконструкции
2	Совокупность строительных объемов, создаваемых для решения производственных задач. Помещения для пребывания людей составляют незначительную часть объема, обусловленную производственной необходимостью	Предлагается применять разрабатываемую методику с учетом подходящего по габаритам и дальности работы измерительного оборудования	1a	объект проектировался с применением ТИМ, задача при моделировании сводится к проверке проектных значений
			2б	при проектировании не применялись ТИМ, необходимо наиболее детальное моделирование, в том числе и для последующего проектирования перепланировки или реконструкции

Продолжение Таблицы 1

Класс	Описание	Предложения	Подкласс	Особенности
3	Уникальные объекты, содержащие подавляющую часть внутреннего объема, составляют помещения сложной геометрической формы, которые проблематично разбивать на прямоугольные составляющие в процессе обмерных работ	Предлагается применять разрабатываемую методику с учетом подходящего по габаритам и дальности работы измерительного оборудования с учетом требований ГОСТ Р 56905-2016 Объекты культурного наследия	3а	объект проектировался с применением ТИМ, задача при моделировании сводится к проверке проектных значений
			3б	при проектировании не применялись ТИМ, необходимо наиболее детальное моделирование, в том числе и для последующего проектирования перепланировки или реконструкции

Проанализированы классические методы сбора пространственных данных о помещениях. Сделан вывод о недостаточной проработке существующих требований, выявлена необходимость разработки единой методики, включающей существующие и перспективные способы сбора пространственных данных. Описаны недостатки попыток автоматизации обмерных работ. Показаны недостатки текущей системы учета поэтажных планов в растровом виде. Рассмотрены актуальные практики сбора данных с применением ПЛС, вопросы оценки точности и геодезического, фотограмметрического обеспечения построения трехмерной модели. На примере схожих типов готовых данных показана совместимость ТИМ и кадастра.

Таблица 2 – Сопоставление типов данных в ЦИМ и ЕГРН

Атрибут ЦИМ	Характеристика ОКС в ЕГРН
IfcSpatialElement	Контур помещения
IfcSpatialElement	Контур здания
Qto_SpaceBaseQuantities	Площадь
IfcPropertySingleValue	Номер помещения

Во **втором** разделе исследуются и анализируются особенности применения различных методов определения координат характерных точек контура ОКС.

Доказана возможность установления локальной системы координат при создании поэтажного плана путем составления параметрических уравнений связи параметров. В качестве параметров выступают координаты контура помещения в локальной системе. Данный подход обеспечивает возможность провести уравнивание результатов измерений и оценить их точность. Для целей автоматизации подобных вычислений разработана программа для ЭВМ Planner, но в данном случае резко возрастает количество натуральных измерений помещений. Пример абриса с указанием связи параметров приведен на Рисунке 2.

2 этаж

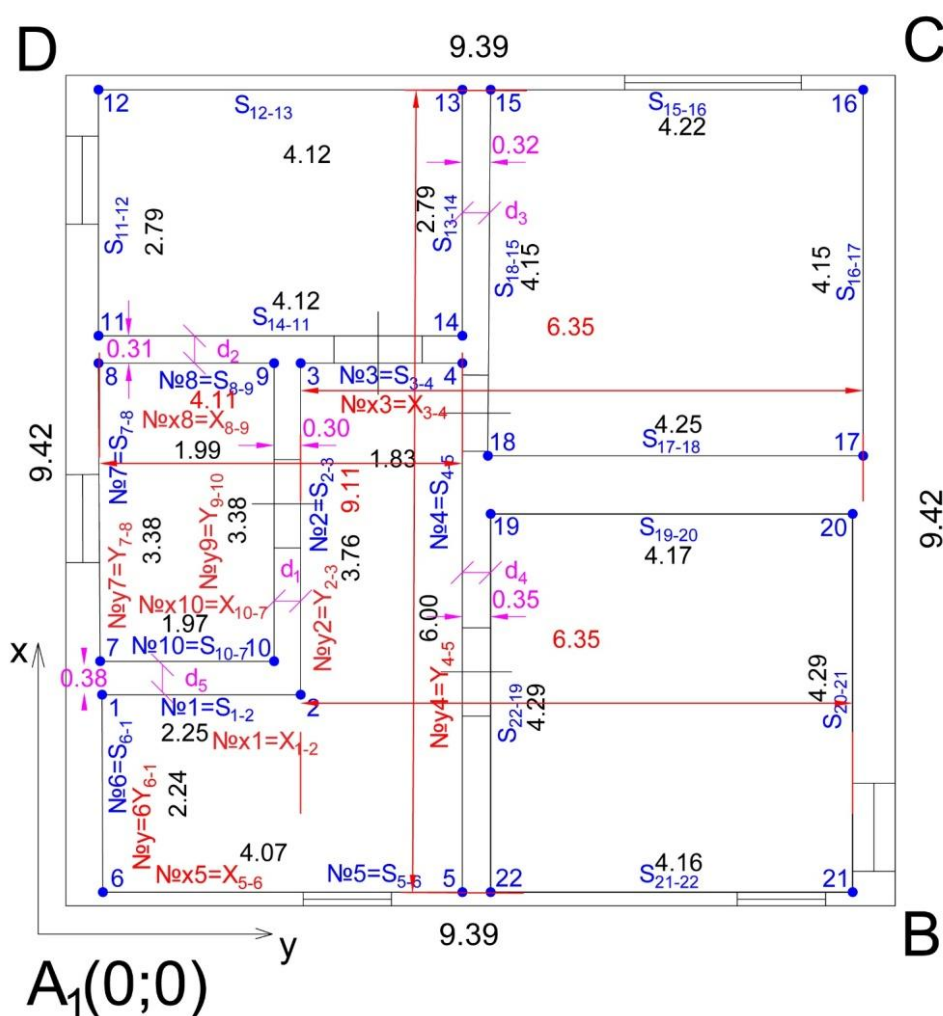


Рисунок 2 – Абрис с указанием связей параметров

После составления параметрических уравнений связи нужно составить параметрические уравнения поправок. Представим различные виды таких уравнений в виде таблицы.

Таблица 2 – Виды параметрических уравнений поправок

Параметрическое уравнение поправок	Условие
$\nu_s = -\cos \alpha_{12} \partial x_1 - \sin \alpha_{12} \partial y_1 + \cos \alpha_{12} \partial x_2 + \sin \alpha_{12} \partial y_2 + l_s$ (1), где α – угол между примыкающими конструкциями; ν_s – значение поправки в выполненное измерение; ∂y_1 – коэффициент (частная производная из параметрического уравнения связи); l_s – свободный член уравнения поправок	для стороны в общем виде для стен и перегородок, пересекающихся в плане не под прямым углом
$\nu_{1-2} = -\partial y_1 + \partial y_2 + l_s$ (2), где ν_{1-2} – значение поправки в выполненное измерение; ∂y_1 – коэффициент (частная производная из параметрического уравнения связи); l_s – свободный член уравнения поправок	при условии ортогональности стен для горизонтальных участков («вправо» или $\alpha = 90^\circ$)
$\nu_s = \partial y_1 - \partial y_2 + l_s$ (3), где ν_s – значение поправки в выполненное измерение; ∂y_1 – коэффициент (частная производная из параметрического уравнения связи); l_s – свободный член уравнения поправок	при условии ортогональности стен для горизонтальных участков («влево» или $\alpha = 270^\circ$)
$\nu_s = -\partial x_1 - \partial x_2 + l_s$ (4), где ν_s – значение поправки в выполненное измерение; ∂x_1 – коэффициент (частная производная из параметрического уравнения связи); l_s – свободный член уравнения поправок	при условии ортогональности стен для вертикальных участков («вверх» или $\alpha = 0^\circ$)
$\nu_s = \partial x_1 - \partial x_2 + l_s$ (5), где ν_s – значение поправки в выполненное измерение; ∂x_1 – коэффициент (частная производная из параметрического уравнения связи); l_s – свободный член уравнения поправок	при условии ортогональности стен для вертикальных участков («вниз» или $\alpha = 180^\circ$)

Свободные члены в свою очередь выражаются как разность координат и результатов измерений.

$$l_{1-2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_3 - y_2)^2} - S_{1-2}, \quad (6)$$

где l – свободный член параметрического уравнения поправок;

S – размер стены или перегородки;

x, y – прямоугольные координаты в локальной системе.

Для оптимизации процесса вычислений исходим из безусловной ортогональности поэтажного плана. Тогда каждый отрезок или вертикальный, или горизонтальный. С использованием методов ТМОГИ разработана программа для ЭВМ «Веб-сервис для создания планировочного каркаса объекта капитального

строительства (Planner)», автоматизирующая данный процесс вычислений. Программа стала частью разрабатываемой методики.

Для автоматизации сбора данных предложено использовать ПЛС, в разделе 2 разобраны основные положения национальных стандартов, которые регламентируют применения технологии. Приведена технологическая схема моделирования по результатам обработки ПЛС. Необходимость разработки методики определения пространственных характеристик и моделирования (ОКС) для целей кадастрового учета обусловлена существующими недостатками системы кадастрового учета ОКС, переходом к проектированию с использованием ТИМ. Установление локальной системы координат позволит автоматизировать процесс вычисления площадей, повысит технологичность (степень автоматизации) создания поэтажных планов.

Векторизация облака ТЛО с созданием трехмерных объектов сводится к задаче обратного моделирования. Для создания ТИМ на основе поэтажного плана необходимо указать местоположение координатных осей.

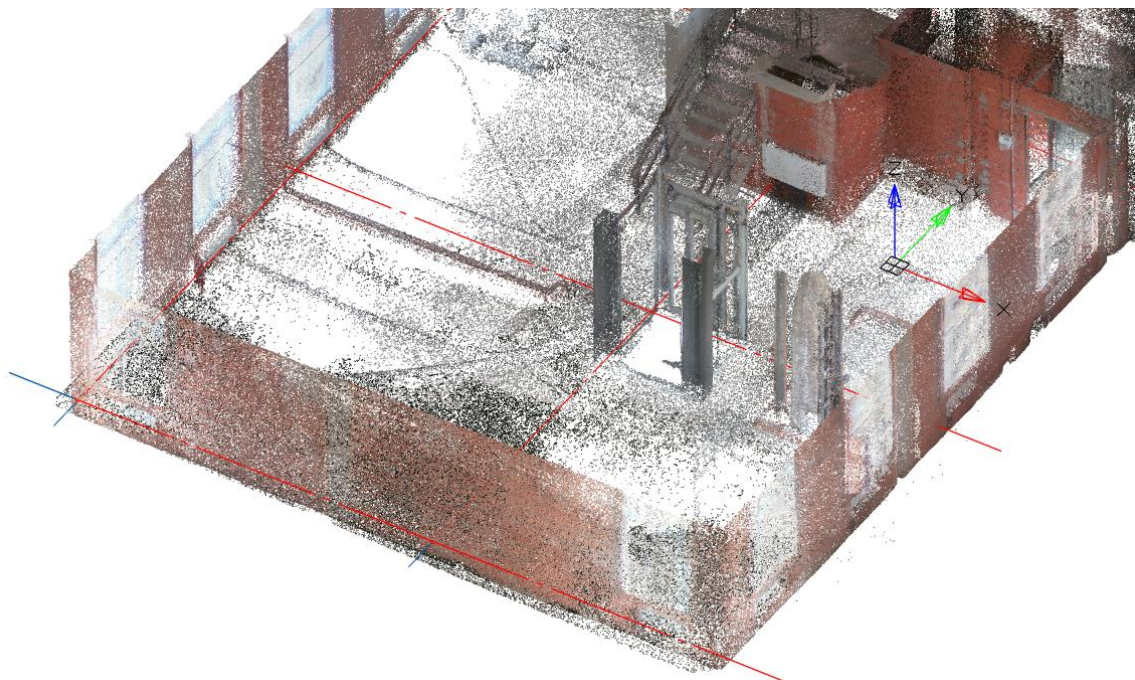


Рисунок 3 – Определение положения координатных осей в облаке ТЛО

После завершения моделирования непосредственно конструкций можно создать параметрические объекты, описывающие помещения, и экспортировать

модель в формат ifc. Общая последовательность операций при моделировании приведена ниже в виде блок-схемы.

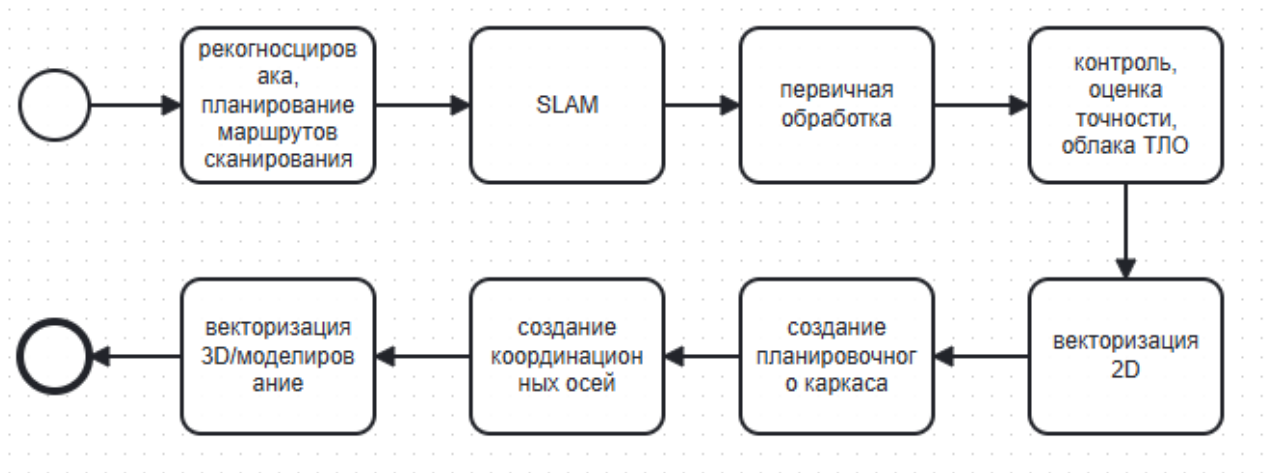


Рисунок 4 – Последовательность операций при моделировании

Рассмотрены вопросы предрасчета СКП линейных измерений в облаке ТЛО. Путем решения прямой задачи теории ошибок выведена зависимость между СКП определения координат измерения длин в облаке ТЛО. Только для лазерных рулеток будет справедливо говорить о СКП линейных измерений. Для электронных тахеометров и ручных лазерных сканеров СКП длин будет определяться как для функции от измеренных величин. В данном случае длины будут определяться по формуле:

$$S_{1-2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (7),$$

а исходя из прямой задачи теории ошибок, принимая по принципу равных влияний $m_x = m_y = m_{xy}$

$$\begin{aligned}
m_s^2 &= \left(\frac{ds}{dx_1}\right)^2 m_{x_1}^2 + \left(\frac{ds}{dy_1}\right)^2 m_{y_1}^2 + \left(\frac{ds}{dx_2}\right)^2 m_{x_2}^2 + \left(\frac{ds}{dy_2}\right)^2 m_{y_2}^2 = \\
&= \left(\frac{1}{2S} 2\Delta x\right)^2 m_{x_1}^2 + \left(\frac{1}{2S} 2\Delta y\right)^2 m_{y_1}^2 + \left(\frac{1}{2S} 2\Delta x\right)^2 m_{x_2}^2 + \left(\frac{1}{2S} 2\Delta y\right)^2 m_{y_2}^2 = \\
&= \left(\frac{\Delta x}{S}\right)^2 m_{x_1}^2 + \left(\frac{\Delta y}{S}\right)^2 m_{y_1}^2 + \left(\frac{\Delta x}{S}\right)^2 m_{x_2}^2 + \left(\frac{\Delta y}{S}\right)^2 m_{y_2}^2 = \\
&= \left(\frac{1}{S^2}\right)^2 m_{xy}^2 (\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta x^2 + \Delta y^2) = \left(\frac{1}{S^2}\right)^2 m_{xy}^2 (S^2 + S^2) = \\
&= \left(\frac{1}{S^2}\right)^2 m_{xy}^2 (2S^2) = 2m_{xy}^2 \\
m_s &= \sqrt{2}m_{xy}
\end{aligned}$$

(8).

Границы помещения для вычисления площади определяются границами геометрической фигуры, образованной внутренними поверхностями наружных стен такого помещения. Одним из видов простых геометрических фигур, применяемых для определения границ помещений и вычисления их площадей является простой многоугольник, площадь которого может быть определена по формуле площади Гаусса (формула землемера, или формула шнурования, или алгоритм шнурования), используя координаты вершин многоугольника.

В **третьем** разделе выполнена апробация методики на объектах общей площадью чуть более 250 тыс. кв. м. Проведен эксперимент по созданию плана этажа строящегося многоквартирного дома в пяти вариантах: по материалам сканирования с использованием опорных точек и без ортогонализации отрезков; по материалам сканирования с использованием опорных точек с ортогонализацией отрезков; по материалам сканирования без использования опорных точек и без ортогонализации отрезков; по материалам сканирования без использования опорных точек с ортогонализацией отрезков; по материалам обмеров лазерной рулеткой с ортогонализацией отрезков. Для каждого варианта выполнена оценка точности. Проведено общее сравнение технологий. Сделан вывод: создание поэтажного плана в локальной системе координат с ортогонализацией по материалам ПЛС на основе технологии SLAM отвечает требованиям кадастра.

Для оценки точности вычисления площадей помещений применена формула:

$$m_p = 0.35m_t \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{i+1} - y_{i-1})^2 + (x_{i+1} - x_{i-1})^2}, \quad (9),$$

проведено ее сравнение с другими, сделан вывод о допустимости применения (9). Разработан алгоритм для автоматизации подобных вычислений в среде САПР (Приложение Д).

Рассмотрен пример оценки точности по разностям двойных линейных измерений в облаке ТЛО и контрольных измерений лазерным дальномером.

Показан пример координирования опорных точек для ПЛС путем координирования линейными засечками без использования угловых измерений, проведена оценка точности.

Пусть $d_i = l_{рул_i} - l_{лс_i}$, тогда все разности d_i равнозначны между собой, т.к. вычислялись как разности двух рядов равнозначных измерений внутри каждого ряда.

$$m_d^2 = m_{l_{рул}}^2 + m_{l_{лс}}^2$$

Отсюда, если принять $\mu^2 = m_d^2$, то веса всех d_i будут равны единице.

$$\text{Веса } l_{рул_i} \quad P_{l_{рул}} = \frac{\mu^2}{m_{l_{рул}}^2}, \text{ а веса } l_{лс_i} \text{ будут равны } P_{l_{лс}} = \frac{\mu^2}{m_{l_{лс}}^2}.$$

$$\text{Где } m_{l_{рул}}^2 = \mu^2 \frac{1}{P_{l_{рул}}}, \text{ аналогично } m_{l_{лс}}^2 = \mu^2 \frac{1}{P_{l_{лс}}}.$$

Отметим, что значение СКП в разделе 1 путем решения прямой задачи теории ошибок является предрасчетом.

Для определения весов СКП определения длин рулеткой примем равной 1,0 см, как общая накопленная ошибка по сумме всех погрешностей, а СКП



Рисунок 5 – Разброс точек отражения стены в облаке

определения длин по материалам ПЛС примем равной 1,2 см (как разброс точек отражения стены в облаке) , что соответствует значению относительной точности оборудования заявленного на сайте официального поставщика в Россию.

Были проведены вычисления разностей в парах 5-3 и 5-1. Результаты вычислений приведены в приложении Е. В обоих случаях: $m_d = \mu = 1,0 \text{ см}$. СКП вычислим следующим образом.

$$P_{lрул} = \frac{\mu^2}{m_{lрул}^2}$$

$$P_{lрул} = \frac{1,0^2}{1,0^2} = 1,00$$

$$m_{lрул}^2 = \mu^2 \frac{1}{P_{lрул}}$$

$$m_{lрул}^2 = 1,0^2 \frac{1}{1,00^2} = 1,0$$

$$m_{lрул} = 1,0 \text{ см}$$

$$P_{lнлс} = \frac{\mu^2}{m_{lнлс}^2}$$

$$P_{lнлс} = \frac{1^2}{1,2^2} = 0,69$$

$$m_{lнлс}^2 = \mu^2 \frac{1}{P_{lнлс}}$$

$$m_{lнлс}^2 = 1,0^2 \frac{1}{0,69} = 1,4$$

$$m_{lнлс} = 1,2 \text{ см}$$

Встаёт вопрос о необходимом количестве контрольных измерений. Инструкция о проведении учета жилищного фонда в Российской Федерации предусматривает проверку до 25% взятых при съемке измерений по зданиям, но с учетом исключения ошибок, вызванных невнимательностью исполнителя (т.к. он вручную не ведет записей измерений), объем контрольной выборки можно сократить. Величину такого сокращения предстоит исследовать отдельно. Представляется целесообразным контролировать размеры отдельных помещений с

плохими условиями для работы SLAM сканера (плохое освещение и захламленность).

Рассмотрены особенности векторизации облака ТЛЮ для моделирования и создания поэтажных планов в ходе выполнения кадастровых работ. В сложных по конфигурации помещениях могут наблюдаться артефакты в виде частичного разворота стен в отдельных комнатах. В таком случае следует достраивать стены до логичных пересечений по фото и повторно выходить на объект для контрольных измерений, которые в таком случае гораздо эффективнее выполнять лазерной рулеткой. Исследуемое помещение (Рисунок 6) представляет две смежных офисных комнаты (1 и 2) и прилегающий коридор (3).

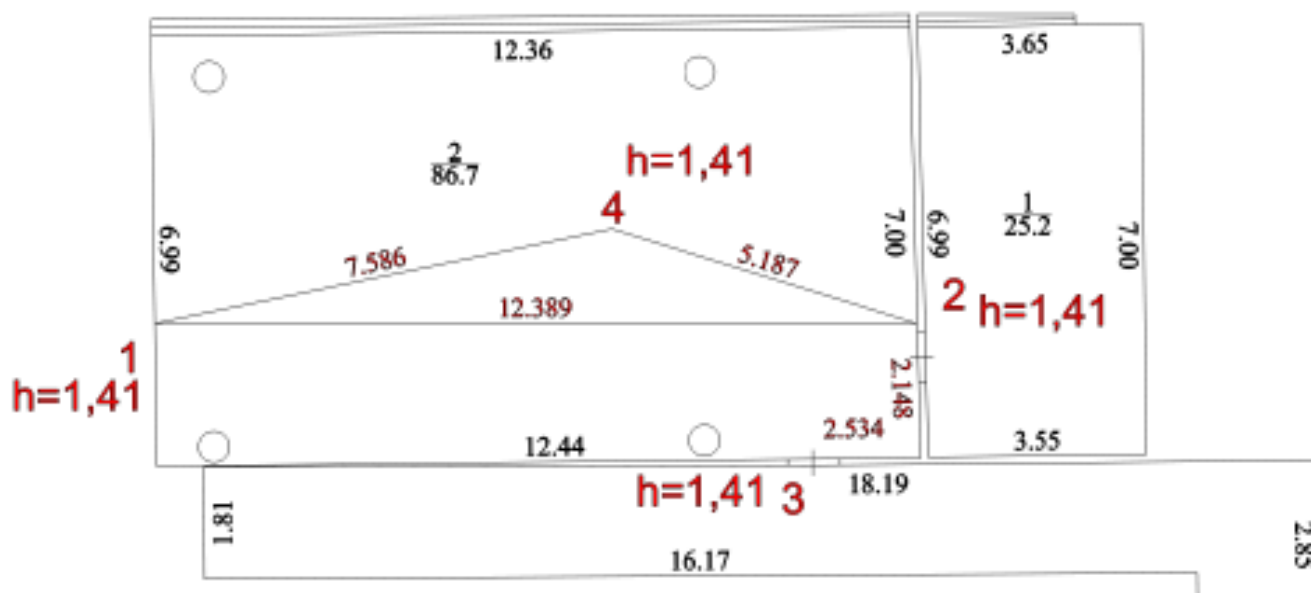


Рисунок 6 – Схема измерений при координировании опорных точек

Использование опорных точек при ПЛС позволяют объединять различные сессии сканирования через область перекрытия. Минимальное количество опорных точек три. Определение координат и высот опорных и контрольных точек надежнее проводить электронным тахеометром, но не всегда это возможно. Например, в помещении может быть закрыт доступ с громоздким оборудованием. Проведен эксперимент по координированию опорных и контрольных точек лазерной рулеткой.

После этого электронным тахеометром по координатам были определены координаты точек 1,2,3 и контрольных точек 4, 5,6. Координаты 5 и 6 не определялись лазерной рулеткой. В результате оценки точности облаков ТЛО в СКП в плане составили 4 мм. СКП высоты составило около 10 см, но это обусловлено особенностями ПО LixelStudio: не удалось корректно в облаке ТЛО задать положение контрольных точек, лежащих в плоскости стены, для оценки точности. При контрольных измерениях высот потолков лазерной рулеткой они сошлись с данными высот в облаке ТЛО (Рисунок 7).

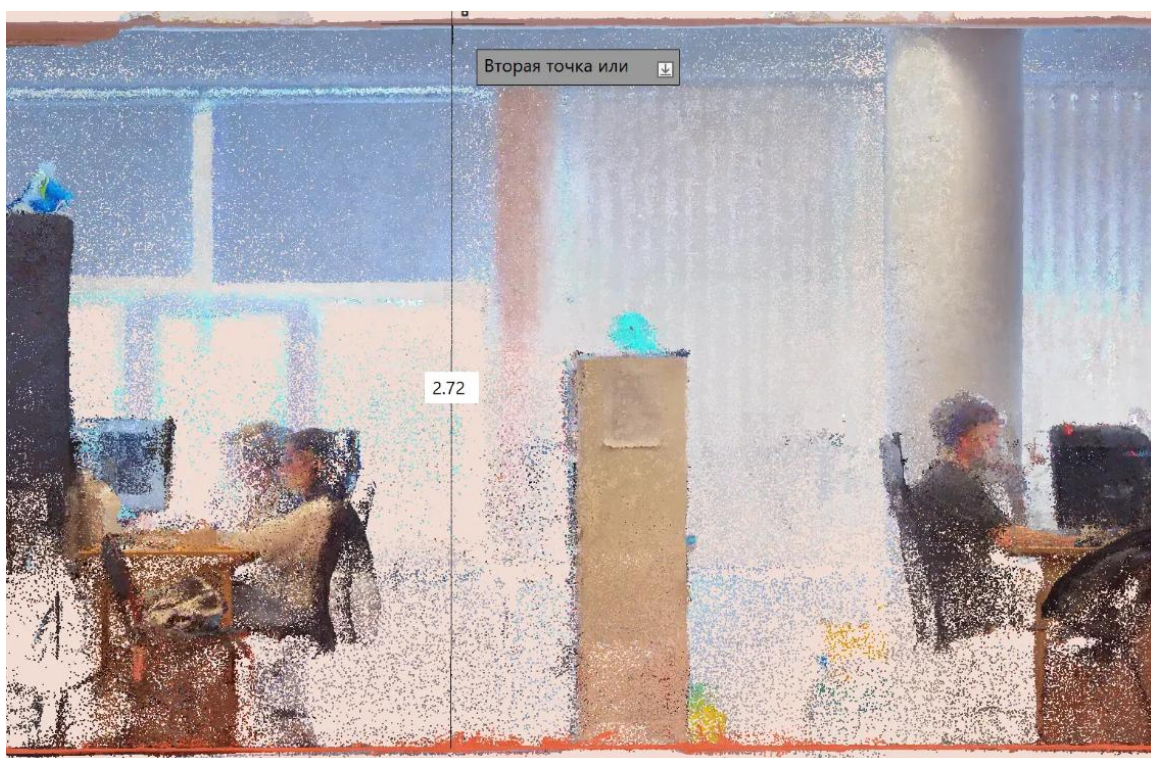


Рисунок 7 – Контроль высоты в облаке ТЛО

Как показано выше, результаты первичной векторизации материалов ПЛС подлежат дальнейшей ортогонализации. Для этого возможно использовать алгоритм Planner путем создания электронного абриса и последующих вычислений.

В ходе другого эксперимента проведено ПЛС первого этажа строящегося индивидуального жилого дома, проведена векторизация, определены размеры и площади помещений, составлен планировочный каркас в САПР (Рисунок 8).

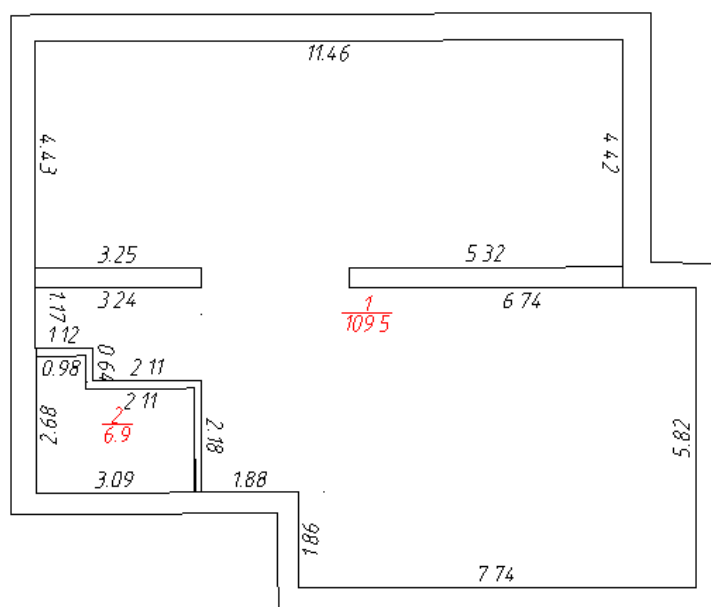


Рисунок 8 – Планировочный каркас до ортогонализации

По результатам дополнительных измерений в среде САПР определены дополнительные размеры, являющиеся избыточными измерениями. С использованием Planner создан ортогонализированный планировочный каркас (Рисунок 9), который может служить основой для оформления поэтажного плана в составе технического плана.

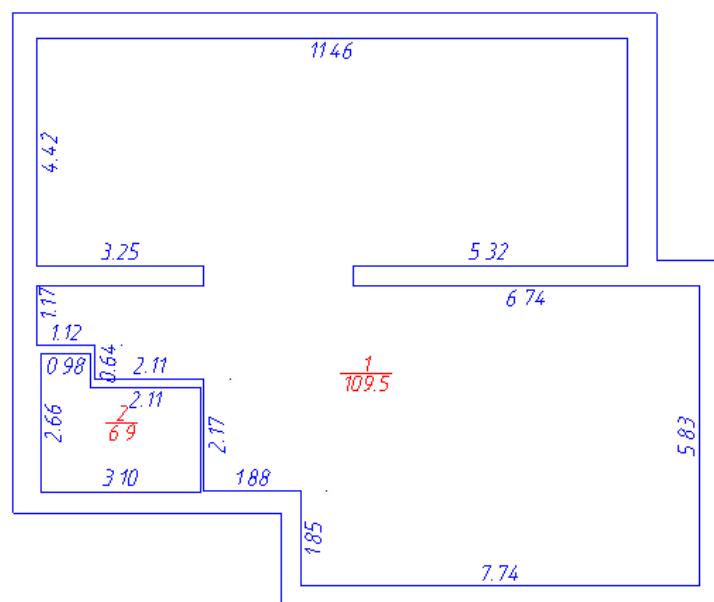
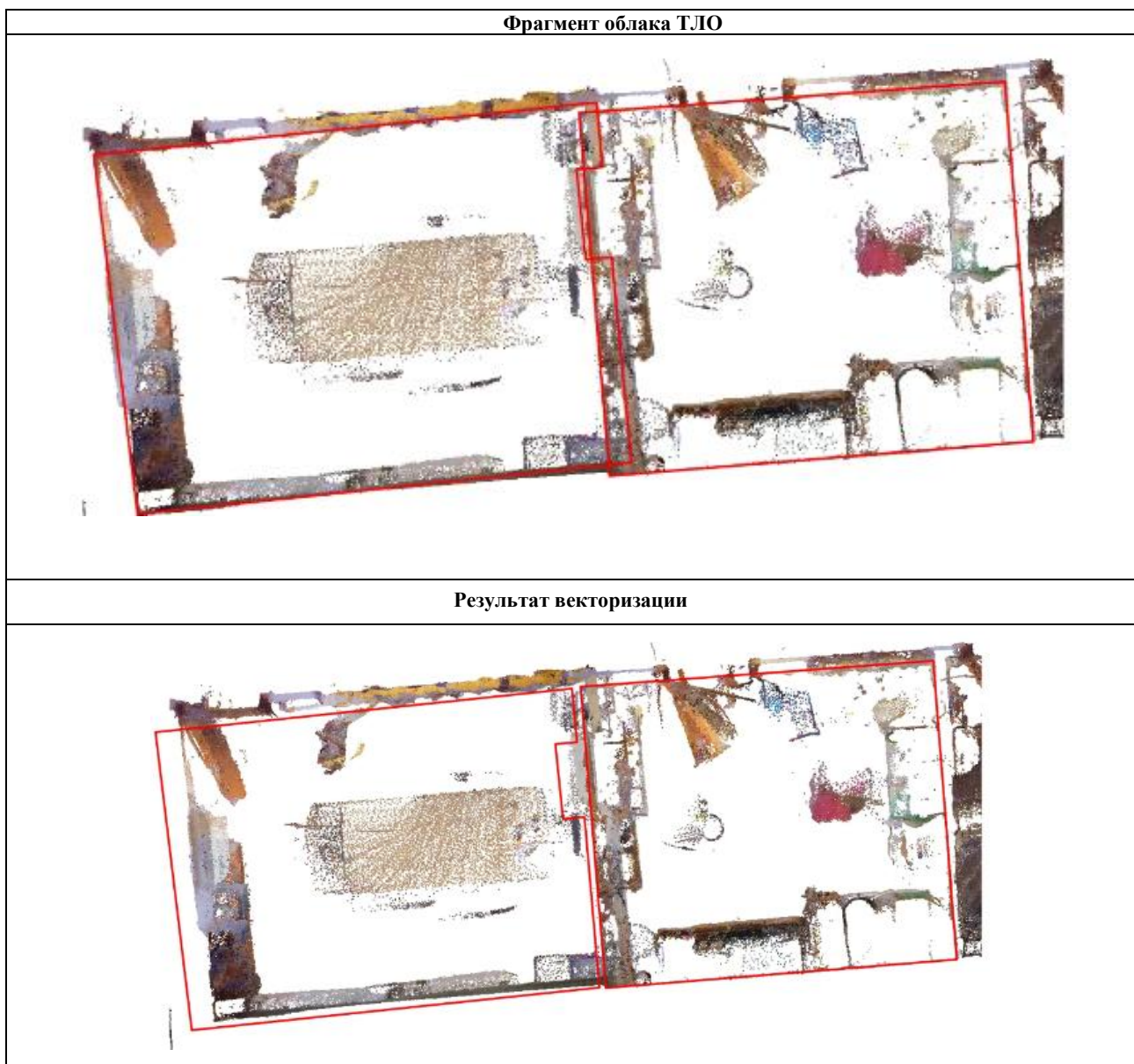


Рисунок 9 – Планировочный каркас после ортогонализации

Выполнено 36 измерений длин и составлено 24 параметрических уравнений связи. СКП измеряемого расстояния составила 0,66 см. Площади комнат,

рассчитанные с помощью САПР и Planner, в данном случае равны. Можно сделать вывод о допустимости применения Planner для целей автоматической ортогонализации планировочного каркаса, что не снимает необходимости контролировать процесс вычисления площадей комнат, т.к. в случае значительных строительных отклонений значения площадей комнат между исходным (по вычерченным материалам ПЛС) и ортогонализированным чертежом могут быть значимыми.

Таблица 3 – Векторизация после повторных обмеров



Апробируемая методика основана на совместном применении как классических, так и современных средств измерения ручных лазерных сканеров. Показан практический пример использования данной технологии в кадастровых

работах, проведено сравнение с классической технологией обмеров. Установление локальной системы координат позволит автоматизировать процесс вычисления площадей, повысит технологичность (степень автоматизации) создания поэтажных планов.

Заключение

В результате проведенного диссертационного исследования достигнута поставленная цель – разработана методика определения пространственных характеристик ОКС, включаемых в кадастр недвижимости, под которыми понимаются местоположение контура на земельном участке (для зданий и сооружений), поэтажный план и площадь помещений.

Разработанная классификация объектов кадастровых работ для целей применения методики позволяет обосновать выбор метода сбора и обработки пространственных данных. Проведено сравнение результатов оценки точности для различных методов измерений помещений при составлении поэтажных планов и планировочного каркаса для трехмерного моделирования. Предложены алгоритмы автоматического определения площадей помещений и вычисление значения СКП их площади. Для достижения поставленных целей разработаны две программы для ЭВМ «Веб-сервис для расчета погрешностей определения площадей объектов капитального строительства (П/0393)» и «Веб-сервис для создания планировочного каркаса объекта капитального строительства (Planner)».

Результатом решения поставленных задач стало формирование общей методики, которая позволяет определять пространственные характеристики ОКС по общим правилам. Первое положение, выносимое на защиту, определяет создание поэтажного плана в локальной системе координат как возможность алгоритмизировать процесс распределения невязки при наличии избыточных измерений, что дает возможность выявлять грубые ошибки до формирования итоговых документов. Второе положение, выносимое на защиту, определяет применение ПЛС как допустимый и самый эффективный способ сбора данных для определения пространственных характеристик и моделирования ОКС. При этом методика предусматривает использование и другого оборудования в зависимости

от рациональности его применения согласно классификации, приведенной выше. В ходе апробации разработан алгоритм автоматизированной оценки точности вычисления значения СКП площади помещений. Предложен подход к оценке точности результатов сканирования по результатам двойных измерений без использования опорных и контрольных точек, что значительно снижает трудозатраты при сканировании. В ходе апробации рассмотрены проблемы векторизации облаков ТЛО в рамках кадастровой деятельности, предложены подходы к применению специальных условных знаков.

Направлением дальнейших исследований является изучение алгоритмов векторизации облаков ТЛО с применением систем искусственного интеллекта, т.к. в разрабатываемой методике распознавание и векторизация облака ТЛО является наиболее трудозатратным процессом.

Список основных публикаций по теме диссертации

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК:

1. Чуприн М. С. Установление локальной системы координат при создании поэтажного плана // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 5. – С. 142-154. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-5-142-154.

Приравненные к публикациям свидетельства

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024666929 Российская Федерация. Веб-сервис для создания планировочного каркаса объекта капитального строительства (Planner) : № 2024664603 : заявлено 20.06.2024 опубликовано 17.07.2024, Бюл. № 7 / Чуприн Максим Сергеевич (RU), Атаманов Сергей Александрович (RU), Голубев Владимир Викторович (RU). правообладатель Чуприн Максим Сергеевич (RU) – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024616544 Российская Федерация Веб-сервис для расчета погрешностей определения площадей объектов капитального строительства (П/0393) : № 2023690067 : заявлено 29.12.2023 опубликовано 21.03.2024, Бюл. № 4 / Чуприн

Максим Сергеевич (RU), Атаманов Сергей Александрович (RU), Голубев Владимир Викторович (RU), Григорьев Сергей Александрович (RU), Косаруков Закир Сергеевич (RU). правообладатели: Чуприн Максим Сергеевич (RU), Атаманов Сергей Александрович (RU), Голубев Владимир Викторович (RU), Григорьев Сергей Александрович (RU), Косаруков Закир Сергеевич (RU) – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ.

Прочие работы

4. Чуприн, М. С. Анализ методов сбора пространственных данных для формирования эксплуатационной модели здания и последующего кадастрового учета / М. С. Чуприн, С. А. Григорьев // Управление объектами недвижимости и комплексное развитие территорий: сборник статей III Международного научно-практического семинара. Санкт-Петербург, 2024. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет, 2024. – С. 204-211. – ISBN 978-5-94211-993-5. – EDN BQUENY.
5. Атаманов, С. А. Перспективы развития системы учета недвижимости / С. А. Атаманов, С. А. Григорьев, З. С. Косаруков, М. С. Чуприн // Пространственные данные: наука и технологии. – 2023. – Т. 14, № 4. – С. 28-46. – DOI 10.30533/scidata-2023-14-16. – EDN BUZFDJ.
6. Атаманов, С. А. Проблема понятия точности в кадастре недвижимости / С. А. Атаманов, С. А. Григорьев, З. С. Косаруков, М. С. Чуприн // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2023. – Т. 67, № 2. – С. 65-77. – DOI 10.30533/GiA-2023-010.
7. Чуприн, М. С. Уровень проработки модели объекта недвижимости для включения в трехмерный кадастр с учетом правил информационного моделирования в строительстве / М. С. Чуприн // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. – 2020. – № 11. – С. 165-167.
8. Чуприн, М. С. Проблемы оценки точности результатов измерений с применением геодезического и спутникового методов определения координат

характерных точек границ объектов недвижимости / М. С. Чуприн // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. – 2019. – № 10-1. – С. 164-166.

9. Чуприн, М. С. Применение ДЗЗ в кадастровой деятельности / М. С. Чуприн // Актуальные проблемы землеустройства и кадастров на современном этапе: сборник статей VI Международная научно-практическая конференция. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2019. – С. 241-245.

10. Атаманов, С. А. Апелляция 2.0 / С. А. Атаманов, С. А. Григорьев, З. С. Косаруков, М. С. Чуприн // Кадастр недвижимости. – 2019. – № 3 (56). – С. 94-95.

11. Сизов, А. П. Анализ влияния технологических укладов производства на технологии землеустройства, кадастра и мониторинга земель в России и Китае / А. П. Сизов, А. Ф. Кораблин, З. С. Косаруков, М. С. Чуприн // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2015. – Т. 140, № 2. – С. 17–21. – ISSN: 2222-5633.

12. Атаманов, С. А. Особенности кадастровых работ в отношении помещений / С. А. Атаманов, С. А. Григорьев, А. Ф. Кораблин, З. С. Косаруков, М. С. Чуприн // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. – 2014. – № 7-2. – С. 10-12.

13. Чуприн, М. С. Объектно-ориентированная модель земельно-имущественных отношений / М. С. Чуприн, Е. В. Моздир // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет геодезии и картографии", 2014. – №. 7-2. – С. 148-150.