

УДК 004.65

DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-3-145-156

Опыт подготовки пространственных данных для решения задач трехмерного моделирования объектов недвижимости

И. С. Брылев¹, В. А. Бударова^{1✉}, Н. С. Елисеева²

¹ Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация

²Тарский филиал ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина», г. Тара, Омская область, Российская Федерация

e-mail: budarova@bk.ru

Аннотация. Целью работы является реализация решения по формированию трехмерной базы данных городского пространства с применением современных методов геодезической съемки и программного обеспечения. Объектом исследования выбран флигель дома В. П. Буркова, расположенный по адресу: Тюменская область, город Тюмень, улица Дзержинского, 30, строение 2, который имеет статус выявленного объекта культурного наследия, так как является частью усадьбы В. П. Буркова. Для получения пространственных данных объекта исследования была выполнена геодезическая съемка при помощи GNSS-приемника от EFT GROUP M5 RUS, а также было проведено натурное обследование флигеля дома В. П. Буркова. Далее была разработана и реализована технологическая схема создания 3D-модели по материалам наземной фотограмметрической съемки местности. Данный подход может быть применен для формирования трехмерной базы данных пространства города Тюмени.

Ключевые слова: геоинформационные системы, трехмерное моделирование, обработка геоданных, фотограмметрическая съемка, GNSS-приемник

Введение

На сегодняшний день большое внимание уделяется цифровизации информации как в архитектурно-строительной, так и в кадастровой сфере. Разрабатывается новая нормативная база для создания условий формирования цифрового пространства территории, которая позволит оптимизировать городское управление и строительную сферу.

Для повышения эффективности управления городскими территориями на основе современных информационных технологий планируется:

– «...внедрение систем информационного моделирования трехмерного городского пространства (3D-моделирования);

– создание единого информационного ресурса, содержащего актуальную информацию о пространственных объектах городской инфраструктуры...», согласно Указу Президента Российской Федерации (О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы : Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203. – URL: <https://base.garant.ru/71670570/>. – Текст : электронный) и Распоряже-

нию Правительства Российской Федерации (Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» : Распоряжение Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р. – URL: <http://government.ru/docs/28653/>. – Текст : электронный).

Также федеральным законом (О внесении изменений в Федеральный закон «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 27.06.2019 № 151-ФЗ (последняя редакция). – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_dosc_LAW_327710/. – Текст : электронный) в России законодательно закреплено понятие технологии информационного моделирования (ТИМ), которое описывается как совокупность взаимосвязанных методов, процессов и правил, основанных на использовании информационных технологий и обеспечивающих создание, хранение, управление и обмен данными об объектах строительства и их жизненном цикле.

Для систематизации пространственной информации разработаны два взаимосвязанных сервиса: Единая электронная картографическая основа и Федеральный фонд пространственных данных.

Исследования в области трехмерного геопространственного моделирования ведутся российскими учеными, такими как А. П. Карпик, Д. В. Лисицкий, А. Г. Осипов, В. Н. Савиных и др. [1, 2].

Реализация новых концепций в практическом решении проблем пространственного развития синтеза информации землеустройства, кадастра, мониторинга земель, геодезии, геоинформатики, картографии, земельного права и градостроительной деятельности сформулирована в [2–7].

Труды ученых, ведущих исследования в обозначенной области, в том числе [8, 9], демонстрируют, что применение трехмерных моделей в качестве источника информации позволяет повышать эффективность не только при городском управлении, но и при проектировании, строительстве и мониторинге объектов земельно-имущественного комплекса.

Современность работы обусловлена отсутствием решения проблем, возникающих при разработке конкретной технологической схемы по сбору, хранению и визуализации пространственных данных в трехмерном формате, которая была бы универсальной и позволяла бы легко трансформировать, передавать и использовать накопленную трехмерную информацию в условиях ускоряющегося развития технологических процессов и программного обеспечения их обработки.

В процессе исследования были поставлены задачи:

– выполнить геодезическую съемку методом наземной фотограмметрической съемки флигеля дома В. П. Буркова – выявленного объекта культурного наследия – с инструментальной точностью, соответствующей поставленным задачам обеспечения градостроительной и кадастровой деятельности;

– дать краткую характеристику используемого геодезического прибора для съемки;

– представить процесс обработки материалов наземной фотограмметрической съемки флигеля дома В. П. Буркова в автоматизированном режиме;

– сформировать 3D-модель объекта капитального строительства «Флигель дома В. П. Буркова»;

– разработать технологическую схему по сбору, обработке, моделированию и визуализации результатов в специальных ПО для создания трехмерной модели флигеля дома В. П. Буркова.

Методы и материалы

Основу разработки технологической схемы составляли материалы полевых изысканий объекта «Флигель дома В. П. Буркова».

Для проведения геодезической съемки и создания 3D-модели было выполнено несколько этапов.

1. Подготовительный этап включает в себя сбор исходной информации об объекте, составление плана работ и подбор необходимого оборудования.

2. Измерительный этап выполняется с помощью геодезических приборов.

3. Обработка результатов измерений выполняется с использованием специального программного обеспечения (далее – ПО).

4. Трехмерное моделирование происходит по результатам обработанных полевых изысканий с помощью программного обеспечения для 3D-моделирования.

Рассмотрим детально каждый этап.

Подготовительный этап. В подготовительный этап входило: изучение климатических и географических особенностей района производства работ, фотографий и ситуации местности по бесплатным геоинформационным ресурсам; запрос выписки из Единого государственного реестра недвижимости (далее ЕГРН) об объекте недвижимости (далее ОН) «Флигель дома В. П. Буркова».

Исследуемый объект – флигель дома В. П. Буркова – находится по адресу: Тюменская область, город Тюмень, улица Дзержинского, 30, строение 2 и имеет историко-культурное значение, поскольку является выявленным объектом культурного наследия и частью усадьбы – памятника истории и культуры регионального значения [10].

Согласно информации из выписки ЕГРН от 25.09.2023 № КУВИ-001/2023-218103987, дом находится в собственности муниципального образования городского округа города Тюмени и в нем расположено муниципальное

автономное учреждение дополнительного образования – центр эстетического воспитания детей «В доме Буркова».

На рис. 1 представлен внешний вид объекта культурного наследия и капитального строительства «Флигель дома В. П. Буркова».



Рис. 1. Внешний вид объекта культурного наследия и капитального строительства «Флигель дома В. П. Буркова»

Измерительный этап. Для выполнения геодезической съемки был выбран GNSS-приемник M5 RUS с интеллектуальным фотограмметрическим модулем, который позволяет вести съемку методом наземной фотограмметрической съемки [11]. Обработка фотографий, полученных с данного прибора, при помощи специального программного обеспечения дает возможность получать облака точек и 3D-модель объекта.

Приемник GNSS M5 RUS является новинкой компании EFT GROUP, дата выпуска которого – начало 2023 г. Основные особенности данного приемника в том, что он имеет две важные новые функции, а именно:

– наличие фронтальной HD-камеры в 5 мегапикселей, которая позволяет осуществлять фотографирование объекта с возможностью автоматической сшивки и скальвания координат любой точки с фотоснимка с точностью

2–4 см. Важно отметить, что в руководстве по эксплуатации [11] данного прибора его производитель рекомендует осуществлять фотографирование объекта на расстоянии 2–15 м, так как только при таких условиях обеспечивается точность скальвания фотоснимков в 2–4 см. При увеличении дистанции фотографирования объекта точность ухудшается;

– инерциальный датчик наклона последнего поколения. Он позволяет осуществлять съемку и разбивку с наклоном и не обладает предельным углом работы компенсатора.

Поскольку объект «Флигель дома В. П. Буркова» небольшой по площади и высоте (до 15 м), то съемка GNSS-приемником M5 RUS идеально подходит для этого объекта.

Инструментальная точность данного прибора соответствует задачам, поставленным в статье, а также другим задачам в сфере обеспечения градостроительной и кадастровой де-

тельности, согласно сертификату «Об утверждении типа средств измерений № 89128-23» от 05.06.2023.

Опираясь на личную практику авторов, для обеспечения точности позиционирования на уровне 2–4 см, рекомендуется использовать базовую станцию (далее БС) в пределах 15 км от мобильного приемника. Для обеспечения точности позиционирования на уровне

до 10 см расстояние должно составлять не более 40 км согласно [12]. Однако стоит отметить, что максимальное расстояние до БС может меняться в зависимости от условий местности.

На рис. 2 показан район выполнения работ и базы фотографирования объекта прибором (съёмочные точки) на спутниковом снимке Google Maps в ГИС QGIS.



Рис. 2. Базисы фотографирования объекта культурного наследия и капитального строительства «Флигель дома В. П. Буркова» на спутниковом снимке

Съемка объекта происходила в режиме RTK от БС Тюмень-3 (ТМН3) (координаты, точность которых соответствует требованиям нормативных документов, в системе координат WGS84: 57°8'39,43157"N, 65°35'39,88677"E, высота $Z = 97,369$ м) на удалении от нее на 4,2 км.

В результате фотограмметрической съемки данным приемником были получены 217 фотографий в формате .jpg.

Для получения дополнительных данных было также выполнено натурное обследование здания, а именно:

- осмотр прилегающей территории, фасадов и внутренних помещений, где на основе профессионального опыта фиксируются выводы об объекте и его элементах: двухэтажное симметричное здание с двумя аттиками и двускатной крышей, с двумя самостоятельными входами; стены из глиняного кирпича; лучковые оконные проемы, заполненные прямоугольными окнами в деревянных рамах, окрашенных белой краской, и др.;

- обмерные работы: помимо съемки приемником M5 RUS также проведены замеры

лазерным дальномером Bosch GLM 50C (как снаружи, так и внутри здания), что дополнило и уточнило данные для разработки 3D-модели, такие как: толщина внешних несущих стен, среднее значение которых составило 515 мм; габаритные размеры окон: по первому этажу – 1 000 × 1 200 мм, по второму – 1 000 × 1 520 мм и др.

Обработка результатов измерений. Обработка полевых материалов происходила в программном обеспечении российского разработчика Agisoft Metashape Professional версии 1.8.5.

Для сшивания фотоснимков Agisoft Metashape Professional выполняет следующие действия:

- вычисление координат опорных точек на каждом изображении, где опорные точки – это точки, которые видны на нескольких изображениях;

- «выравнивание» изображений по опорным точкам, что позволяет устранить перспективные искажения. В Agisoft Metashape «выравнивание» – это процесс определения пространственного положения и ориентации камер для каждого изображения в наборе данных. Этот процесс выполняется при помощи алгоритма Structure from Motion (SfM), который работает следующим образом: для каждой пары снимков, которые имеют перекрытие, рассчитывается матрица корреляции, демонстрирующая точность совпадения пикселей в этих двух снимках. На основе матрицы корреляции рассчитывается матрица соответствия, которая показывает сопоставление точек на двух снимках и используется для восстановления положения и ориентации камер. После расчета матриц определяются элементы внешнего и внутреннего ориентирования камер, затем рассчитываются координаты точек в пространстве с помощью формулы

$$P = f \cdot R \cdot T \cdot X + t,$$

где P – координаты точки в пространстве; f – фокусное расстояние камеры; R – матрица поворота камеры; T – матрица переноса камеры; X – координаты точки в камере; t – смещение камеры;

- построение треугольников из опорных точек для каждой пары изображений. Данные треугольники используются для создания «разреженного облака точек»;

- использование треугольников для построения плотного облака точек [13].

С позиции классической фотограмметрии процессы, описанные выше, можно представить следующим образом:

Процесс «выравнивание» представляет собой совокупность процессов:

- стереосопоставления – это процесс поиска точек соответствия на изображениях. Существует множество различных алгоритмов стереосопоставления, но все они основаны на принципе, согласно которому точки на одном объекте будут иметь одинаковые координаты на всех изображениях, на которых он виден;

- аэротриангуляции – это процесс определения пространственного положения камеры для каждого изображения, что делается путем решения системы уравнений, основанных на координатах точек соответствия.

«Разреженное облако точек» представляет собой набор точек, рассчитанных по стереопарам фотографий при помощи фототриангуляции методом независимых связей, математической основой которого являются уравнения коллинеарности, а «плотное облако точек» представляет собой более плотный набор точек, созданный путем интерполяции методом кригинга «разреженного облака точек» [14].

Для начала обработки в ПО Agisoft Metashape Professional создаем проект и импортируем фотографии в формате .jpg и текстовый файл .txt, содержащий элементы внешнего ориентирования (координаты X , Y и высоту Z для каждой фотографии), полученные в результате съемки. Далее необходимо прописать в проект параметры системы координат МСК-72 – зона 1 (1,5-градусная) (далее СК) в формате .prj, в которой находятся наши фотографии. Также в проект вводится информация о параметрах камеры; в нашем случае параметры были автоматически считаны программой из метаданных снимков EXIF.

В Agisoft Metashape Professional можно регулировать точность процесса «выравнивания» фотографии (за счет изменения количества пикселей в исходном изображении). В нашем случае применялся параметр точности «высокая», то есть в расчетах ис-

пользовались изображения исходного размера.

В результате «выравнивания» формируется «разреженное облако точек» (рис. 3).

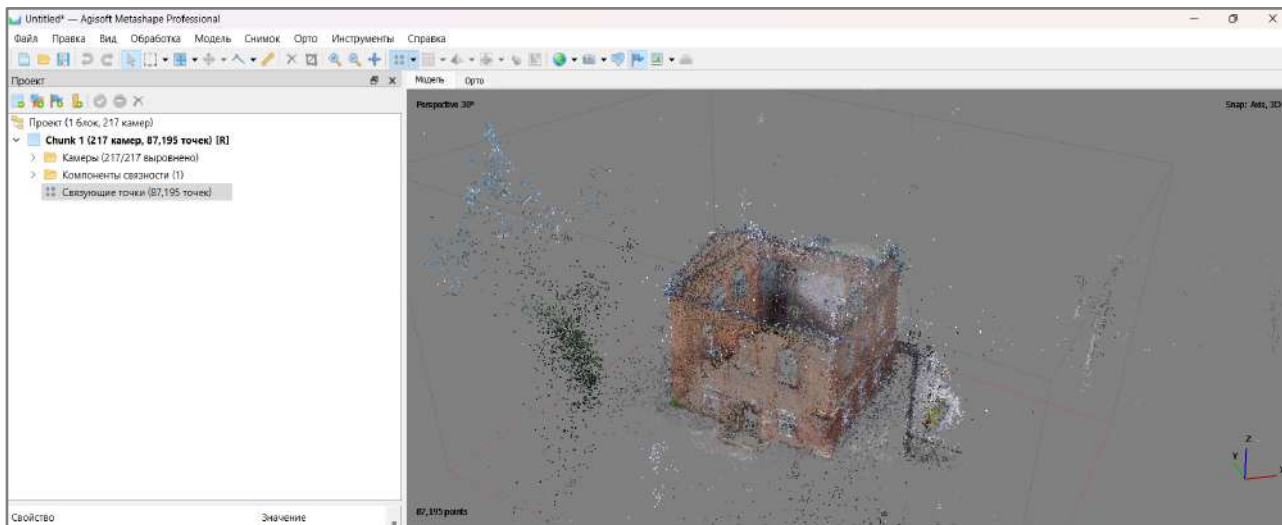


Рис. 3. Функциональное окно ПО Agisoft Metashape Professional с примером «разреженного облака точек» после «выравнивания» фотографий

После процесса «выравнивания» мы можем оценить средние квадратичные погрешности (далее СКП) местоположения центра фотографирования (колонка «Ошибка (м)»), координаты X (колонка «Ошибка, северное (м)»), координаты Y (колонка «Ошибка, восточное (м)»), высоты Z (колонка «Ошибка, высота (м)'). В колонке «Точность (м)» указывается ожидаемая точность определения координат центра камеры, т. е. данное значение необходимо для контроля значений из колонки

«Ошибка (м)». В нашем случае для кадастровой деятельности оно не должно превышать 10 см согласно приказу Росреестра (Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения : приказ Росреестра от 23.10.2020 № П/0393. – URL: [http:// government.ru/docs/28653/](http://government.ru/docs/28653/). – Текст : электронный) (рис. 4).

Камеры	Ошибка, восточное (м)	Ошибка, северное (м)	Ошибка, высота (м)	Точность (м)	Ошибка (м)
230720151455_076	0.031625	-0.021773	0.002180	0.100000	0.038457
230720151455_077	0.004305	-0.013786	-0.000953	0.100000	0.014473
230720151455_078	0.025836	-0.006261	0.004969	0.100000	0.027044
230720151455_079	0.000873	-0.012898	-0.000669	0.100000	0.012945
230720151455_080	0.021789	-0.042535	-0.000714	0.100000	0.047796
230720151455_081	0.001649	-0.023807	0.010981	0.100000	0.026269
230720151455_082	-0.026706	-0.017410	0.009544	0.100000	0.033278
230720151455_083	-0.015666	-0.012968	0.008024	0.100000	0.021863
230720151455_084	-0.036727	0.000141	0.005301	0.100000	0.037108
230720151455_085	-0.047585	-0.005788	0.011757	0.100000	0.049357
Общая ошибка	0.031301	0.022611	0.014428		0.041221

Рис. 4. Средние квадратичные погрешности местоположения центра фотографирования

Затем, после получения «разреженного облака точек», его необходимо очистить от лиш-

них шумов и далее построить «плотное облако точек».

СКП репроецирования точек в «плотном облаке точек» составила 0,257 322 пикселей – это примерно 0,007 см.

Геометрическое моделирование. Для визуализации объектов недвижимости в кадастре можно использовать два типа моделей – это mesh-модели (представляют собой совокупность вершин, ребер и граней, которые определяют форму объекта. Гранями обычно являются треугольники, четырехугольники или другие простые многоугольники (полигоны)) и BIM-модели (модели, состоящие из различных элементов, представляющих собой физические компоненты здания).

BIM-модель в отличие от mesh-модели содержит не только геометрические данные об объекте недвижимости, но и информацию о его физических и функциональных характеристиках, материалах, стоимости, сроках строительства и т. д. Эта информация может быть использована для самых разных целей, как на этапах проектирования и строительства, так и на этапе эксплуатации здания, следовательно, BIM несет в себе гораздо больше атрибутивной информации, в связи с чем BIM-модели обретают все большую популярность для отображения ОН [6]. В таких странах, как Китай, Нидер-

ланды [8, 9], уже применяются BIM-модели для ведения трехмерного кадастра.

В Agisoft Metashape Professional возможно только построение трехмерной полигональной модели (mesh-модели) на основе «плотного облака точек», однако она менее информативна, как уже было сказано выше. Поэтому авторами было принято решение на основе полученного «плотного облака точек» в Agisoft Metashape Professional разработать 3D-модель типа BIM флигеля дома В. П. Буркова.

После получения плотного облака точек необходимо выполнить экспорт из ПО Agisoft Metashape в формате .e57 для дальнейшего импорта в ПО ArchiCad.

Из облака точек брались основные внешние геометрические характеристики здания, а атрибутивная информация для каждого конструктивного элемента здания вносилась по данным, полученным из натурного обследования: толщина внешних несущих стен, размеры окон, материалы элементов здания и др.

Разработанная 3D-модель представлена на рис. 5, красной стрелкой показана атрибутивная информация выбранной в модели несущей стены.

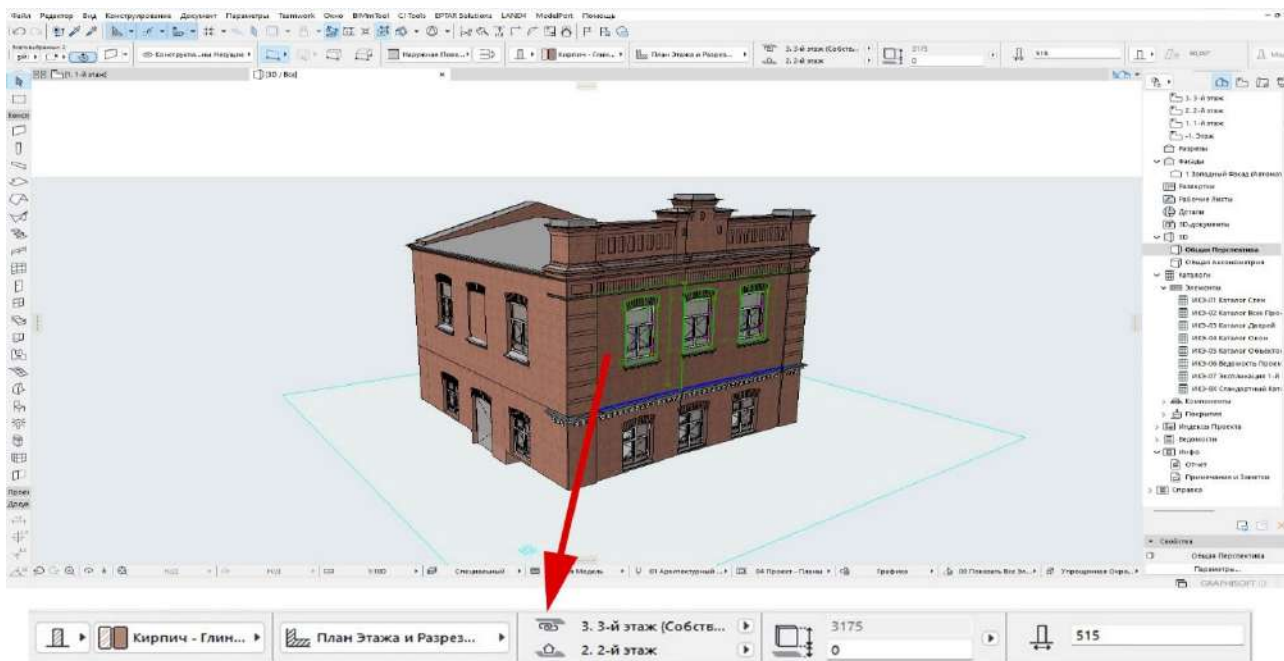


Рис. 5. Результат разработки 3D-модели из импортированного «плотного облака точек» в ПО ArchiCad

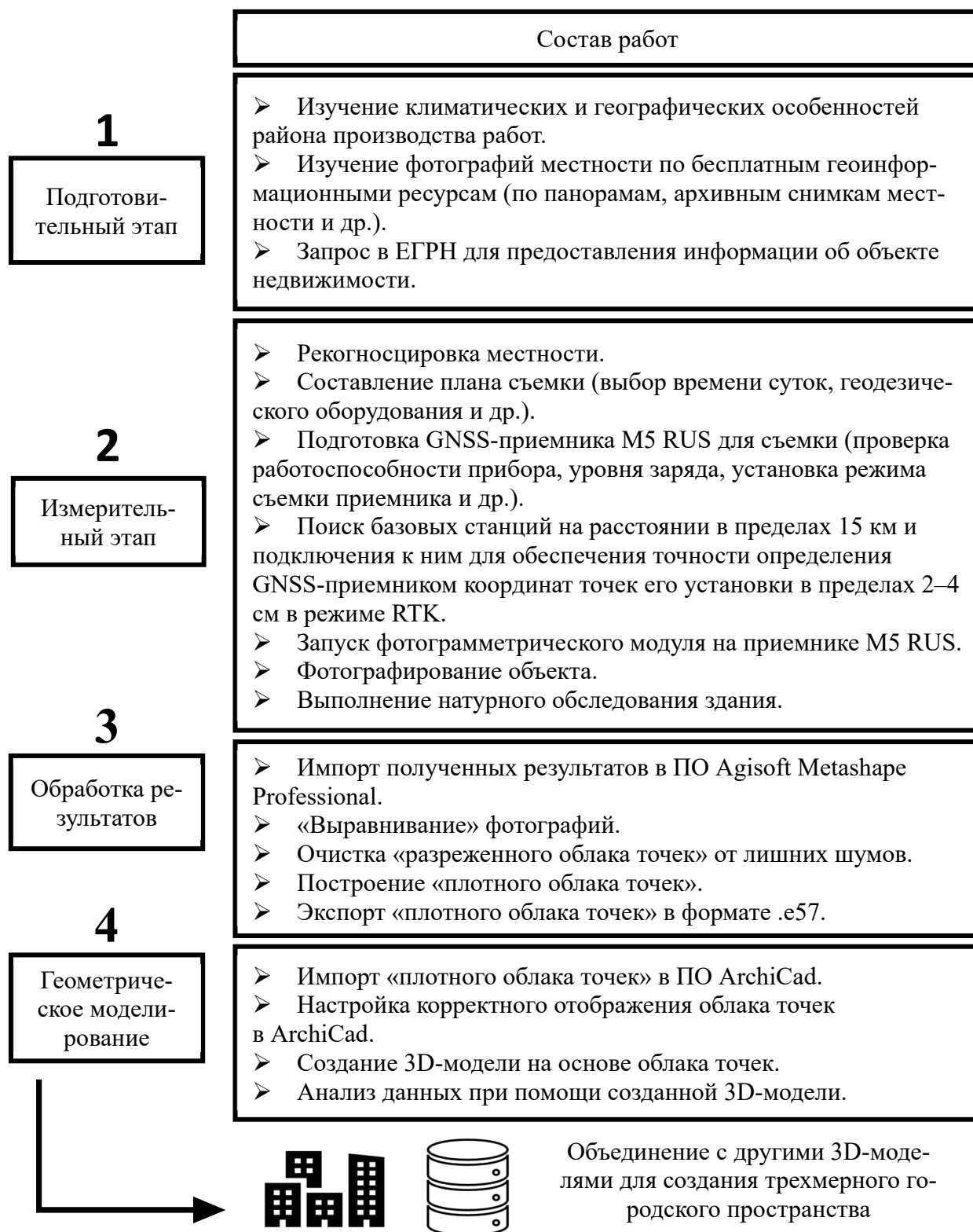


Рис. 6. Технологическая схема по сбору, обработке, моделированию и визуализации результатов наземной фотограмметрической съемки для создания 3D-базы данных флигеля дома В. П. Буркова

Весь вышеизложенный процесс представлен в виде технологической схемы, которая позволяет создавать 3D-модели объектов

культурного наследия по результатам, полученным при помощи наземной фотограмметрической съемки территории (рис. 6).

Обсуждение результатов

Результаты моделирования показали, что предложенная технологическая схема позволяет получать 3D-модели с высокой точностью, которая зависит от следующих факторов:

- качества исходных данных (фотографий);
- точности «выравнивания» фотографий и построения «плотного облака точек» (точность задается в Agisoft Metashape Professional).

Анализ предложенной технологической разработки 3D-модели выявил как преимущества, так и недостатки схемы.

Из преимуществ можно выделить следующее:

- простоту обработки материалов съемки в Agisoft Metashape Professional, полученной от GNSS-приемника M5 RUS для получения облака точек;

- короткие сроки разработки 3D-модели с высокой точностью. В нашем случае модель разрабатывалась на основе облака точек с СКП репроецирования 0,007 см, что позволяет использовать данные из такой модели в различных сферах, например строительство, архитектура, кадастровый учет и др.;

- использование 3D-модели дает возможность получения информации не только о геометрических размерах здания, но и других характеристиках, например, таких эксплуатационных характеристиках здания, как энергоэффективность, акустические свойства, освещенность, материалы, использованные в его строительстве, их объем и т. д.;

- возможность загрузки в 3D-модель дополнительной информации о коммуникациях, планах этажей и др.

К недостаткам можно отнести:

- необходимость учитывания габаритов здания при разработке 3D-модели с использованием GNSS-приемника M5 RUS, поскольку фотографирование рекомендуется производить на расстоянии не более 15 м, согласно руководству по эксплуатации [11];

- ручной ввод информации для разработки 3D-модели вместо автоматического, так как большинство элементов требует индивидуального подхода. Для более точного подбора материала необходимо иметь как проект, так и исполнительную документацию.

Заключение

По итогам представленного исследования получены следующие результаты:

- выполнена геодезическая съемка методом наземной фотограмметрической съемки флигеля дома В. П. Буркова;

- представлен краткий обзор характеристик GNSS-приемника с интеллектуальным фотограмметрическим модулем;

- продемонстрирована автоматизированная обработка результатов наземной фотограмметрической съемки в ПО Agisoft Metashape Professional;

- разработана 3D-модель капитального строительства «Флигель дома В. П. Буркова» на основе данных, полученных из наземной фотограмметрической съемки и натурного обследования;

- предложена технологическая схема по получению и обработке пространственной информации для ее визуализации в трехмерном виде.

Результаты исследования могут быть использованы при геодезическом сопровождении кадастровых работ по созданию 3D-моделей объектов недвижимости в соответствии с требованиями ЕГРН, а также могут быть учтены при разработке нормативно-правовых актов и методических рекомендаций по созданию 3D-кадастра на территории РФ.

Перспективы дальнейших исследований в этой области должны быть направлены на разработку отечественного программного обеспечения по обработке и загрузке 3D-моделей объектов недвижимости в актуальные цифровые системы кадастрового учета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Байков К. С., Осипов А. Г., Савиных В. Н. Геопространственный дискурс опережающего и прорывного мышления // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 53–67.
2. Карпик А. П., Жарников В. Б. О концепциях и закономерностях развития землеустройства, кадастра и мониторинга земель // Вестник СГУГиТ. – 2019. – Т. 24, № 3. – С. 141–157. – DOI 10.33764/2411-1759-2019-24-3-141-157.
3. Лисицкий Д. В., Чернов А. В. Теоретические основы трехмерного кадастра объектов недвижимости // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 153–170.

4. Снежко И. И. Методика расчета построения моделей объектов недвижимости в 3D кадастре: дис. ... канд. техн. наук / Снежко Ирина Игоревна. – Москва, 2014. – 140 с.
5. Аврунев Е. И., Вылегжанина В. В., Гиниятов И. А. К вопросу о создании трехмерного кадастра на застроенных территориях // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопрограмное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2021. – № 1. – С. 25–30. – DOI 10.33764/2687-041X-2021-1-25-30.
6. Бегляров Н. С. Разработка методики сбора трехмерных кадастровых данных объектов недвижимости на урбанизированных территориях: дис. ... канд. техн. наук / Бегляров Никита Сергеевич. – Москва, 2022. – 187 с.
7. Дубровский А. В. Возможности применения геоинформационного анализа в решении задач мониторинга и моделирования пространственных структур // Изв. вузов. Геодезия и аэрофото-съемка. – 2015. – № 5/С. – С. 220–224.
8. Ying S., Guo R., Li L., Chen N., Jia Y. An uniform real-estate registration model for China // 6th International Fig. 3D Cadastre Workshop. Delft, The Netherlands. – 2019. – P. 421–448.
9. Andr'ee M., Paasch J., Paulsson J., Seipel S. BIM and 3D property visualization // FIG Congress 2018, Istanbul, Turkey, May 6–11, 2018.
10. Акт государственной историко-культурной экспертизы научно-проектной документации для проведения работ по сохранению выявленного объекта культурного наследия «Флигель дома В. П. Буркова», расположенного по адресу: г. Тюмень, ул. Дзержинского, дом 30, строение 2 от 29.03.2022, г. Тюмень, г. Томск [Электронный ресурс] : акт ГИКЭ от 29.03.2022. – Режим доступа: https://admtymen.ru/ogv_ru/society/culture/Identified.htm (дата обращения 8.10.2023).
11. EFT M5 RUS. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eftgroup.ru/> (дата обращения 8.10.2023).
12. Гавриленко Д. Влияние расстояний между базовыми станциями и спутниковым приемником на точность координатных определений в RTK-режиме // ХНУМГ им. О. М. Бекетова. – 2016. – № 2 (32). – С. 63–69.
13. Agisoft Metashape. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://www.agisoft.com> (дата обращения 8.10.2023).
14. Антипов И. Т. Математические основы пространственной аналитической фототриангуляции : монография. – М. : Картогеоцентр-Геодезиздат, 2003. – 296 с.

Об авторах

Игорь Сергеевич Брылев – аспирант кафедры геодезии и кадастровой деятельности.

Валентина Алексеевна Бударова – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры геодезии и кадастровой деятельности.

Наталья Сергеевна Елисеева – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент.

Получено 08.11.2023

© И. С. Брылев, В. А. Бударова, Н. С. Елисеева, 2024

Experience in preparing spatial data to solve problems of real estate objects 3D modeling

I. S. Brylev¹, V. A. Budarova^{1✉}, N. S. Eliseeva²

¹Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

²Tara branch of the Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin,
Tara, Omsk region, Russian Federation
e-mail: budarova@bk.ru

Abstract. The goal of the work is to implement a solution for the formation of a three-dimensional database of urban space using modern geodetic survey methods and software. The object of the study was

the “outbuilding of V.P. Burkov’s house ”, located at the address: Tyumen region, Tyumen city, Dzerzhinsky street, 30, building 2, which has the status of an identified cultural heritage site, as it is a part of V.P. Burkov’s estate. To obtain spatial data of the research object, a geodetic survey was carried out using a GNSS receiver from EFT GROUP “M5 RUS”, and a field survey of the “outbuilding of V.P. Burkov’s house” was also carried out. Next, a technological scheme for creating a 3D model was developed and implemented based on materials from ground-based photogrammetric surveys of the area. This approach can be used to generate a three-dimensional database of the space of the Tyumen city.

Keywords: geographic information systems, three-dimensional modeling, geodata processing, photogrammetric survey, GNSS receiver

REFERENCES

1. Karpik A. P., Lisitsky D. V., Baykov K. S., Osipov A. G., Savinykh V. N. (2017). Geo-spatial discourse of advanced and breakthrough thinking. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SGUGT]*, 22(4), 53-67 [in Russian].
2. Karpik A. P., Zharnikov V. B. (2019). On concepts and patterns of development of land-device, cadastre and land monitoring. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SGUGT]*, 24(3), 141-157. DOI 10.33764/2411-1759-2019-24-3-141-157 [in Russian].
3. Lisitsky D. V., Chernov A. V. (2018). Theoretical foundations of the three-dimensional cadastre of real estate objects. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SGUGT]*, 23(2), 153-170 [in Russian].
4. Snezhko I. I. (2014). Metodika rascheta postroeniya modelej ob#ektov nedvizhimosti v 3D kadastre [Method of calculating the construction of models of real estate objects in the 3D cadastre]. *Candidate’s thesis*. Moscow [in Russian].
5. Avrunev E. I., Vylegzhanina V. V., Giniyatov I. A. (2021). On the issue of creating a three-dimensional cadastre in built-up areas // In *Sbornik materialov nacional'noj nauchno-prakticheskoy konferentsii: Regulyrovaniye zemel'no-imushhestvennykh otnosheniy v Rossii: pravovoe i geoprostranstvennoye obespecheniye, ocenka nedvizhimosti, jekologiya, tehnologicheskie resheniya [Regulation of land and property relations in Russia: legal and geospatial support, real estate valuation, ecology, technological solutions]* (pp. 25-30). Novosibirsk: SSGA Publ. DOI 10.33764/2687-041X-2021-1-25-30 [in Russian].
6. Beglyarov, N. S. (2022). Razrabotka metodiki sbora trehmernykh kadastrykh dannykh ob#ektov nedvizhimosti na ur-banizirovannykh territorijah [Development of a methodology for collecting three-dimensional cadastral data of real estate objects in urbanized territories]. *Candidate’s thesis*. Moscow [in Russian].
7. Dubrovsky, A. V. (2015) Possibilities of using geoinformation analysis in solving problems of monitoring and modeling spatial structures. *Izvestiya vuzov "Geodeziya i aerofotos"emka" [Izvestia Vuzov "Geodesy and Aerophotosurveying"]*, 5(S), 220-224 [in Russian].
8. Ying S., Guo R., Li L., Chen N., Jia Y. (2019). An uniform real-estate registration model for China. *6th International Fig. 3D Cadastre Workshop. Delft, The Netherlands*. Pp. 421–448.
9. Andr’ee M., Paasch J., Paulsson J., Seipel S. (2018). BIM and 3D property visualization. *FIG Congress 2018, Istanbul, Turkey, May 6–11, 2018*.
10. The act of the state historical and cultural expertise of the scientific and design documentation for the conservation of the identified cultural heritage object "Wing of the house of V. P. Burkov", located at: Tyumen, Dzerzhinskiy str., house 30, building 2 dated 03/29/2022, Tyumen, Tomsk: *The act of the GCE dated 03/29/2022 – Access mode: https://admtymen.ru/ogv_ru/society/culture/Identified.htm* (accessed 8.10.2023) [in Russian].
11. EFT M5 RUS. User manual. Retrieved from website Eftgroup. – 2023. – URL: <https://eftgroup.ru/> (accessed 8.10.2023) [in Russian].
12. Gavrilenko, D. (2016). The influence of distances between base stations and a satellite receiver on the accuracy of coordinate definitions in RTK mode. *HNUMG im. O.M.Beketova [HNUMG im. O.M.Beketova]*, 2 (32), 63-69 [in Russian].

13. Agisoft Metashape. User's Guide. Retrieved from website Aigsoft. – 2023. – URL: <https://www.agisoft.com> (accessed 8.10.2023) [in Russian].

14. Antipov, I. T. (2003). *Matematicheskie osnovy prostranstvennoj analiticheskoj fototrianguljacji* [Mathematical foundations of spatial analytical phototriangulation]. Moscow: Kartgeocenter-Geodesizdat, 296 p. [in Russian].

Author details

Igor S. Brylev – Ph. D. Student, Department of Geodesy and Cadastral Activity.

Valentina A. Budarova – Ph. D., Associate Professor, of the Department of Geodesy and Cadastral Activity.

Natalya S. Eliseeva – Ph. D., Associate Professor.

Received 08.11.2023

© *I. S. Brylev, V. A. Budarova, N. S. Eliseeva, 2024*