

А. А. Ануфриева¹✉, А. Ю. Чермошенцев¹

Методика выполнения обмерных работ методом наземной фотограмметрической съемки с применением панорамных камер

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: anufrievaanastasia167@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается методика выполнения высокоточных обмерных работ с использованием наземной фотограмметрической съемки и панорамных камер. Актуальность исследования обусловлена возрастающей потребностью в быстрой и детальной трехмерной документации объектов культурного наследия, промышленных сооружений и сложных архитектурных пространств. Выполнена обработка материалов съемки в специализированном программном обеспечении, предложена оптимальная технологическая схема полевых и камеральных работ. Описаны основные этапы выполнения съемки и обработки ее результатов на примере тестового объекта. Применение панорамных камер позволяет сократить время полевого этапа при достижении требуемой точности.

Ключевые слова: наземная фотограмметрия, панорамные камеры, обмерные работы, Agisoft Metashape, точность съемки.

A. A. Anufrieva¹✉, A. Y. Chermoshentsev¹

Methodology of Surveying Works Using Terrestrial Photogrammetry with Panoramic Cameras

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: anufrievaanastasia167@mail.ru

Abstract. The article examines a modern methodology for performing high-precision surveying work using terrestrial photogrammetry based on panoramic cameras. The relevance of the study is driven by the growing need for rapid and detailed three-dimensional documentation of cultural heritage sites, industrial facilities, and complex architectural spaces. Work was carried out using specialized software, and an optimal technological workflow for field and office work is proposed. The main stages of surveying and data processing are described using a test object as an example. The use of panoramic cameras allows for a reduction in the time required for the field stage and to achieve required accuracy.

Keywords: terrestrial photogrammetry, panoramic cameras, surveying works, Agisoft Metashape, survey accuracy

Введение

Современные отрасли, такие как геодезия, архитектура, реставрация и промышленный инжиниринг, сталкиваются с растущим спросом на высокоточные и детализированные трехмерные модели сложных объектов. Существующие ме-

тоды измерений зачастую трудозатратны и не отвечают требованиям к полноте и оперативности данных.

Наземная фотограмметрия представляет собой бесконтактный, эффективный и точный подход к документированию, однако стандартные фотограмметрические системы, использующие одиночные камеры, могут быть неоптимальны для сложных пространств, требуя большого количества снимков и времени на их получение [1, 2].

Внедрение панорамных камер является перспективным шагом для оптимизации наземной фотограмметрической съемки, предлагая ряд ключевых преимуществ. Их способность мгновенно фиксировать полную сферу пространства означает, что требуется меньше станций съемки, полевые работы выполняются быстрее, а риск образования «слепых зон» на объекте сводится к минимуму [3, 4].

Целью данного исследования является разработка и анализ методики выполнения обмерных работ с использованием панорамных камер, включая оценку точности и производительности.

Задачи работы: систематизировать требования к планированию съемки, оценить влияние искажений панорамных изображений на точность построения модели и предложить оптимальную технологическую схему обработки данных.

Методы и материалы

В качестве тестового объекта для отработки методики был выбран коридор третьего этажа лабораторного корпуса СГУГиТ. Съемка выполнялась с помощью камеры Insta360 X3, путем прохождения двух маршрутов для обеспечения наилучшего перекрытия.

Обработка данных выполняется в специализированном фотограмметрическом программном обеспечении Agisoft Metashape Professional, поддерживающем работу с эквидистантными и сферическими проекциями и учитывающем модель дисторсии камеры «рыбий глаз». В ходе исследования использовалось программное обеспечение VD Video Capture Tool для разделения материалов съемки двух объективов панорамной камеры на отдельные кадры с заданным интервалом результатов съемки. Общая методика выполнения полевого и камерального этапов представлена на рис. 1.

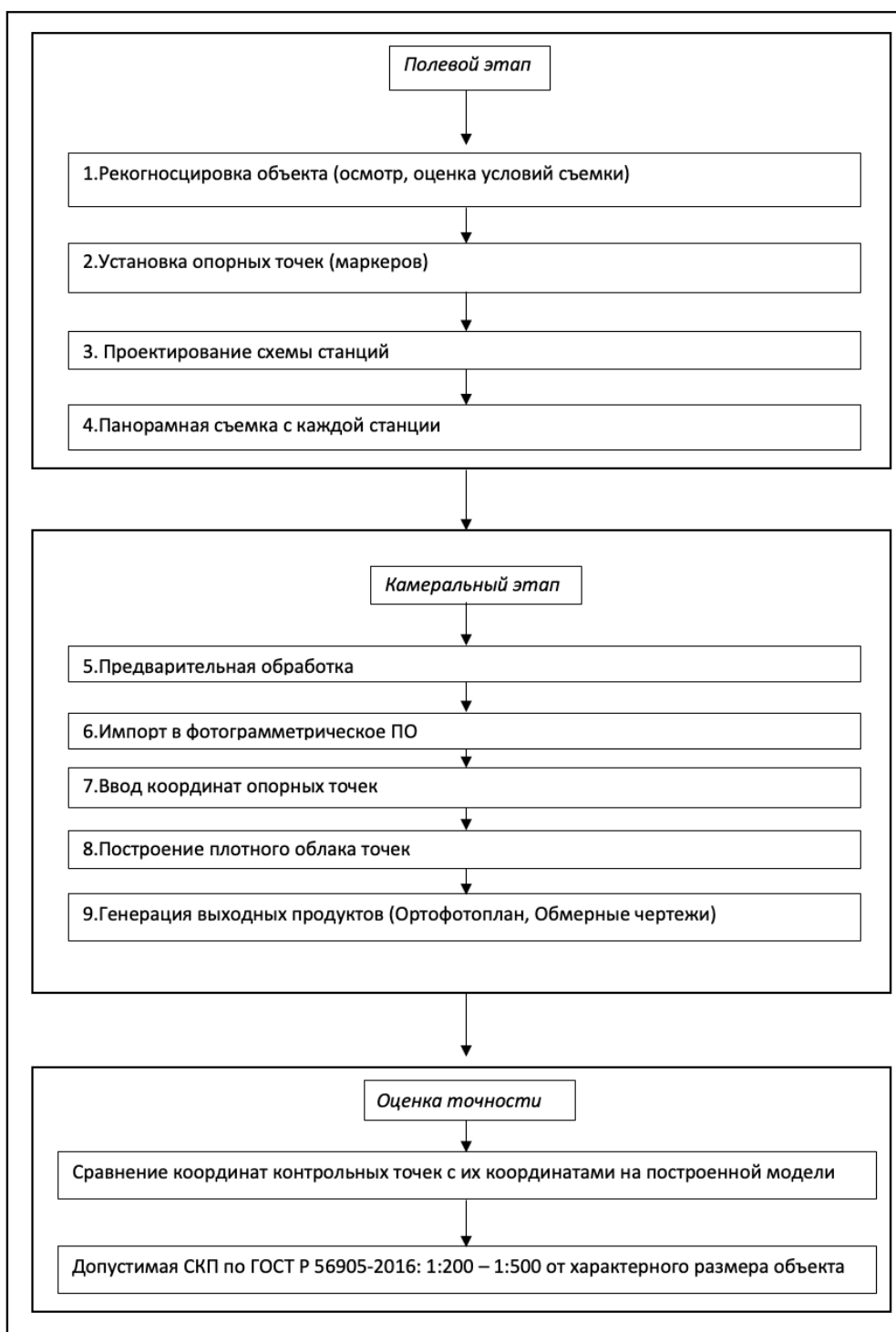


Рис. 1. Технологическая схема панорамной фотограмметрии съемки

Результаты

В результате сформированы два видеофайла, полученных левым и правым объективами, общим объемом 1,8 Гб. Далее выполнялось разделение на отдельные кадры с помощью программного обеспечения VD Video Capture Tool в котором устанавливается временной промежуток между отдельными кадрами не чаще чем 2 секунды (рис.2).

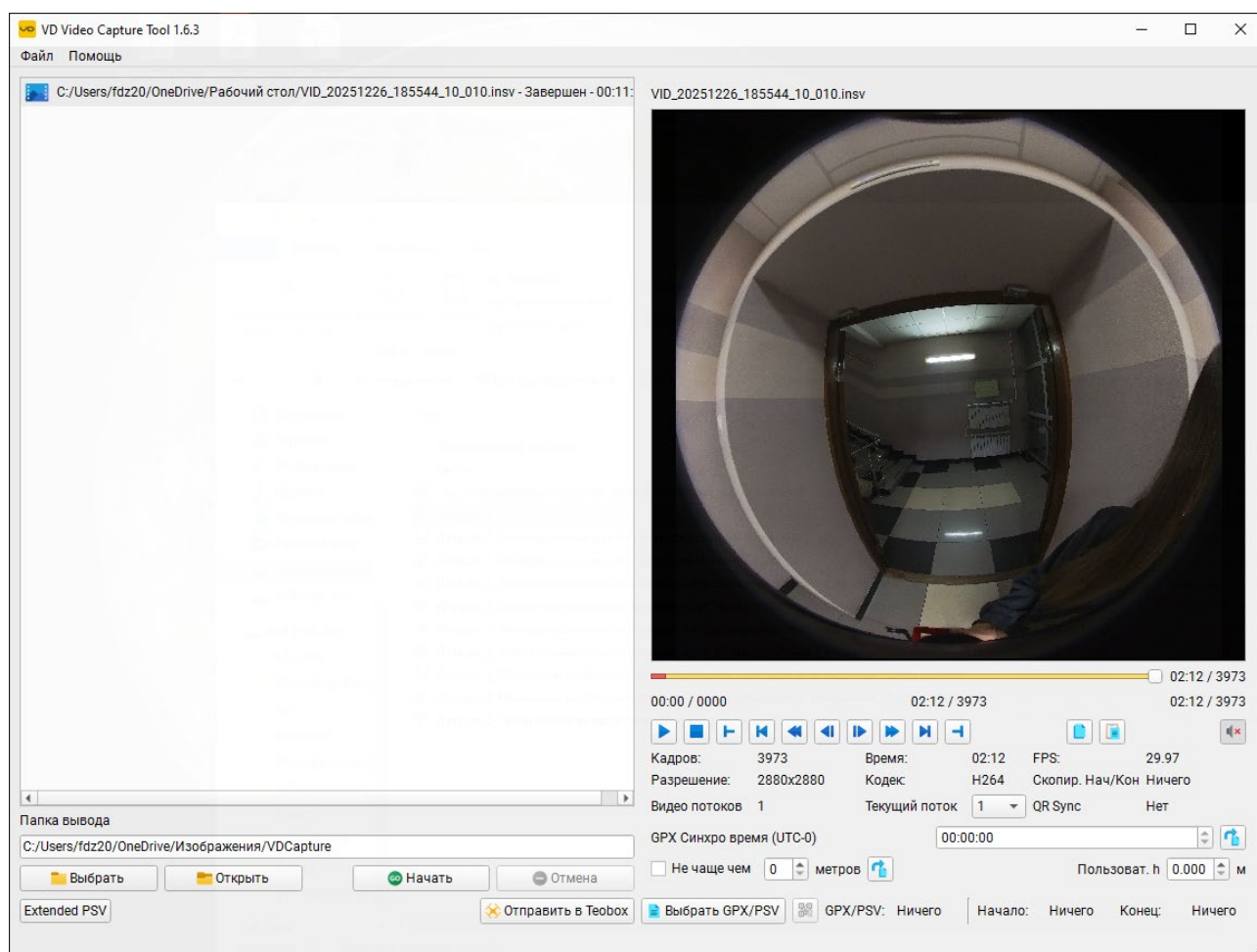


Рис. 2. Процедура разделения на кадры

Обработка выполнялась в Agisoft Metashape. Каждая группа снимков обрабатывалась в отдельном блоке, поскольку калибровка объективов имеет различия. Процедура обработки включала основные операции по ориентированию снимков, определению положения точек фотографирования, фильтрации, построению плотного облака точек и модели, а также их масштабированию. На рис. 3 – 4 представлены результаты основных этапов

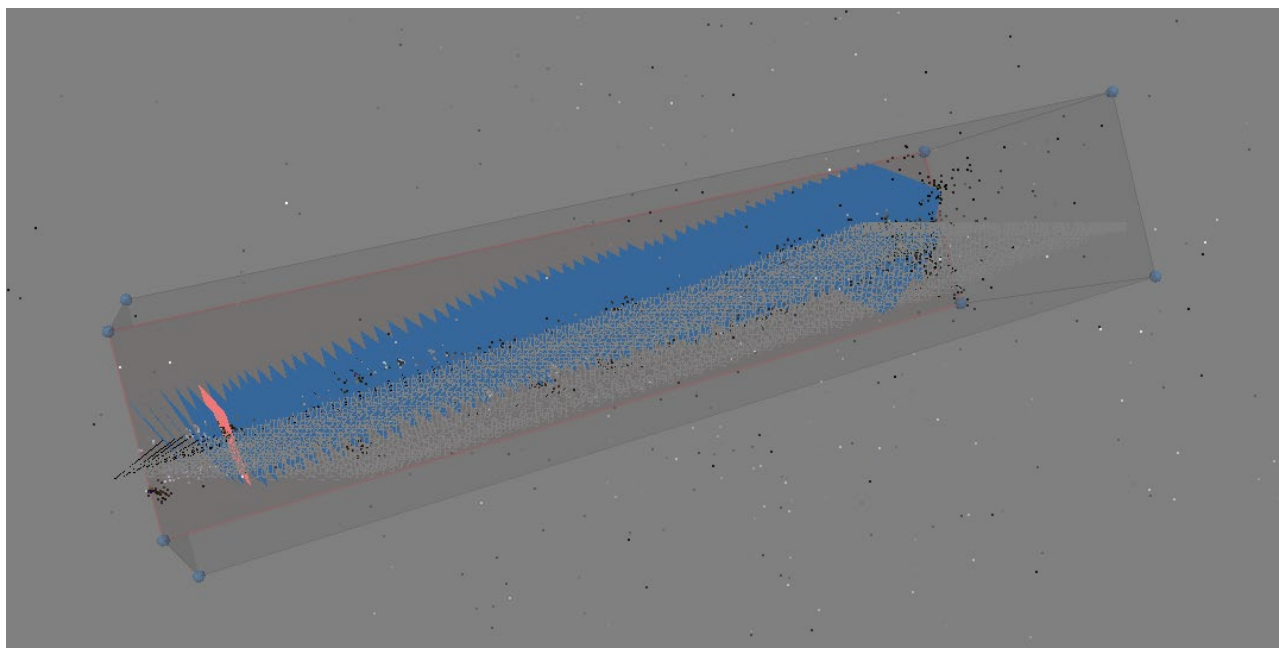


Рис. 3. Расположение снимков после ориентирования



Рис. 4. Плотное облако точек

Недостаточное количество света, попадающее в объектив, приводит к неполному извлечению информации. Из-за недостаточного распознавания точек при построении плотного облака, создаваемая трехмерная модель имеет неровности и артефакты, в связи с чем необходимо проводить ее сглаживание.

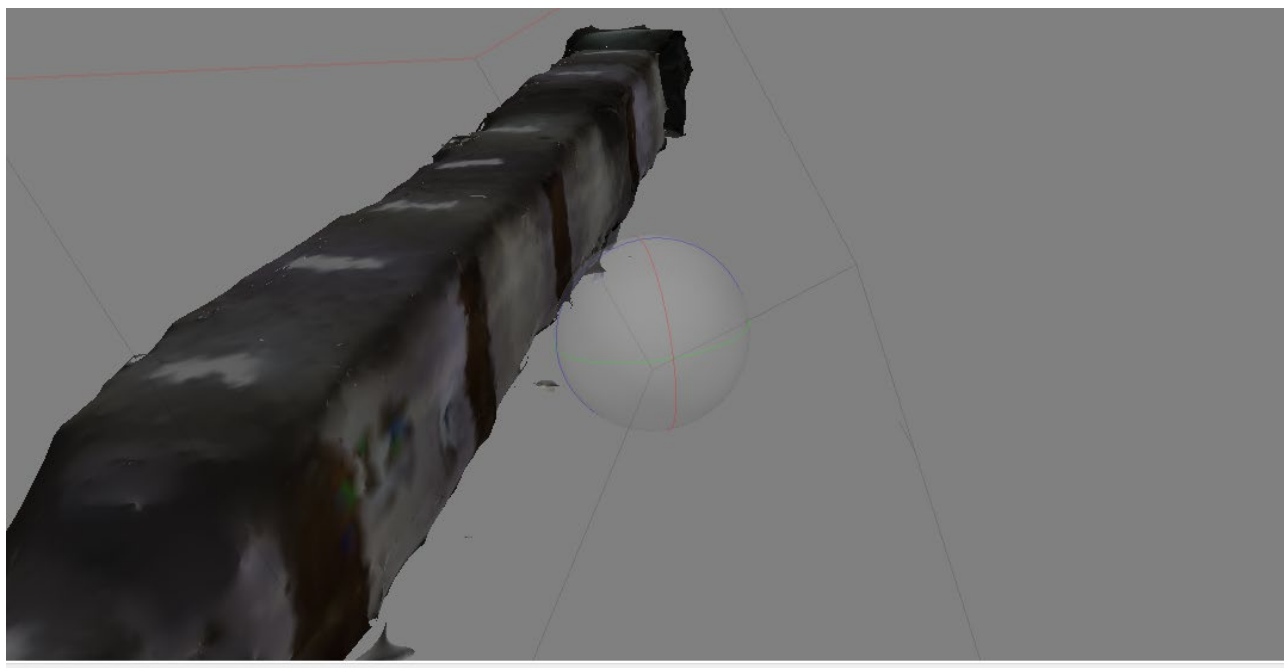


Рис. 5. Трехмерная модель до сглаживания

Точность построения модели оценивалась по расхождениям контрольных измерений, выполненных с помощью рулетки и масштабных линеек, созданных в программе (табл. 1.).

Таблица 1 – Оценка точности построения модели по масштабным линейкам

Масштабные линейки	Расстояние (м)	Ошибка (м)
point 1 point 2	0,54	0,000165
point 3 point 4	1,56	-0,000883
point5 point 6	1,24	-0,002572
point 9 point 10	1,56	-0,000799

По результатам обработки получена максимальная ошибка по масштабной линейке 2,5 мм. Это соответствует масштабу чертежа 1:50 и удовлетворяет требованиям для большинства обмерных задач.

Обсуждение

Полученные результаты согласуются с выводами работ [3, 4, 7]. Однако следует учитывать ряд ограничений:

Панорамные камеры потребительского уровня имеют фиксированное фокусное расстояние и не позволяют менять оптику, что может ограничивать съемку удаленных или очень мелких деталей. Требуется хорошая освещенность. Необходимо применять камеры с большим размером светочувствительной матрицы.

Обработка сферических изображений требует больше оперативной памяти и времени вычислений из-за большого количества исходных файлов.

Искажения на краях панорамы могут приводить к систематическим ошибкам, если не выполнена точная калибровка камеры.

Рекомендуется обязательное геодезическое обеспечение (не менее 4–6 опор-

ных точек на объект) для ориентирования модели в абсолютной системе координат и контроля качества.

Заключение

В ходе исследования разработана и апробирована методика выполнения обмерных работ с применением панорамных камер. Экспериментально подтверждено, что максимальная ошибка по масштабным линейкам составляет 2,5 мм, что соответствует масштабу чертежа 1:50 и удовлетворяет требованиям ГОСТ для большинства обмерных задач.

Методика обеспечивает высокую полноту данных и минимизирует «теневые» зоны за счет регистрации полной сферы вокруг станции съемки. Применение панорамных камер позволяет сократить время полевого этапа за счет уменьшения количества необходимых станций.

Вместе с тем выявлены ограничения: зависимость от освещенности, необходимость точной калибровки камеры и повышенные требования к вычислительным ресурсам при обработке сферических изображений. Рекомендуются обязательное использование не менее 4–6 опорных точек для контроля качества и ориентирования модели.

Дальнейшие исследования будут направлены на автоматизацию процесса распознавания опорных марок на панорамных изображениях и разработку специализированных алгоритмов калибровки многокамерных панорамных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комиссаров А. В., Чермошенцев А. Ю. Наземная фотограмметрия: учеб. -метод. пособие. – Новосибирск: СГУГиТ, 2023. – 84 с.
2. Измestьев, А.Г. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории: учеб. пособие / А.Г. Измestьев. – Кемерово: КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, 2013. – 107 с.
3. Быков, Л.В. Исследование точности элементарных фотограмметрических построений при наземной стереофотограмметрической съемке с одновременным определением координат центров фотографирования / Л.В. Быков, А.А. Федоровский, В.Л. Быков // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2021. – Т. 65. – N 2. – С. 194-199.
4. Щенявская Л.А., Шевченко Г.Г. Порядок проведения наземной фотограмметрической съемки для получения обмерных чертежей здания // Научные труды КубГТУ. – 2023. – № 3. – С. 52–65.
5. Обиралов, А.И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебник / А.И. Обиралов, А.Н. Лимонов, Л.А. Гаврилова. – М.: КолосС, 2008. – 334 с.
6. ГОСТ Р 56905-2016. Проведение обмерных и инженерно-геодезических работ. – М.: Стандартинформ, 2016. – 44 с.
7. Руководство пользователя Agisoft Metashape. Версия 2.0. – 2023. – 210 с. URL: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_2_0_ru.pdf
8. Федоровский А.А., Быков Л.В. Влияние параметров конфигурации съемочной сети на точность наземной стереофотограмметрической съемки // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2024. – Т. 68. – № 2. – С. 17–29.
9. Федоровский, А.А. Особенности применения методики наземной стереофотограмметрической съемки с прямой пространственной привязкой для трехмерного моделирования объектов местности / А.А. Федоровский // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2022. – Т. 66. – N 5. – С. 73-86.

© А. А. Ануфриева, А. Ю. Чермошенцев, 2026