

О. А. Алексеева¹, Н. А. Алфёров¹, П. С. Созонов¹

¹ Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

СРАВНЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТАХЕОМЕТРА И БЕЗ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Аннотация. В данной статье произведено сравнение погрешности измерений информационной фотограмметрической модели с применением тахеометра и без, а также сравнение полученных результатов обработки здания в фотограмметрии с прямыми обмерами. Сделан вывод о применимости данных методов при построении информационной модели.

Ключевые слова: Фотограмметрия, тахеометрическая съёмка, 3-D визуализация объекта.

O.A. Alekseeva¹, N.A. Alferov¹, P.S. Sozonov¹

¹ Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

COMPARISON OF MEASUREMENT ERROR OF THE INFORMATION PHOTOGRAMMETRIC MODEL OF THE BUILDING USING A TACHEOMETER AND WITHOUT ITS USE

Abstract: This article compares the measurement error of an information photogrammetric model with and without a total station, as well as compares the results of processing a building in photogrammetry with direct measurements. The conclusion is made about the applicability of these methods in the construction of the information model.

Keywords: Photogrammetry, total station survey, 3-D object visualization.

Введение

Технический прогресс не стоит на месте все больше замещая ручной труд человека на различные программные комплексы, что позволяет уменьшить трудозатраты и ускорить обработку графической информации. Если в конце 20-го века чертежи имели характер нанесения графического материала на бумажный носитель, то сейчас разработан широкий спектр программ для создания информационных моделей объектов на персональных компьютерах, что существенно снижает трудозатраты. Но время не стоит на месте и поэтому появились программы, которые уменьшают количество затраченного времени выполнения графической части объектов посредством выполнения фотограмметрии и лазерного сканирования.

Тема получения полноценной 3-х мерной модели здания, является актуальной в виду несомненных преимуществ по сравнению с традиционными методами обследования зданий, а именно работа с 3-х мерной моделью позволяет сократить временные затраты на непосредственное нахождение на объекте, даёт возможность обработки результатов сканирования удаленно, показывает наиболее точную и полную картину положения здания в пространстве, а также о его деформациях, и в целом сокращает время обследования объекта. В данной статье представлено сравнение погрешности измерений информационной фотограмметрической модели с применением тахеометра и без, основные ошибки и проблемы при выполнении обработки и создание модели.

Описание объекта используемого для построения модели по данным фотограмметрии

Для построения информационной 3D модели выбрано административное здание Востсибугля, расположенное по адресу: г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 4. Отличительными особенностями фасада здания являются выраженные архитектурные формы: четырёхколонный портик коринфского ордера, фланкирующие башни.

Здание построено в 1946 году, оно стало памятником и образцом классического «сталинского» ампира. Башни, колонны, барельефы с советскими мотивами над главным входом свидетельствует о прошедшей эпохе [3].

Сбор и обработка данных необходимых для создания информационной модели фотограмметрии

Работы по выполнению сбора первичного фотоматериала с привязкой контрольных точек (марок) на фасадах выбранного здания производились при помощи тахеометра. Перед выполнением полевых работ было произведено предварительное схематичное нанесение точек необходимых для построения модели на изображение фасада здания. Определение точек производилось без устройства маяков (что является ориентиром и помощником при камеральной обработке фотограмметрии), для этого были выбраны наиболее примечательные декоративные элементы фасада здания. Например, для фасада здания Востсибугля были выбраны точки на четырёхколонном портике, фронте здания, в местах сопряжения карнизных плит с колоннами, карнизных столбиков с балясинами. Перед началом производства полевых работ было подготовлено следующее оборудование:

1) тахеометр с пройденной поверкой и юстировкой (для понимания о исправности и работоспособности данного инструмента);

2) зеркальная фотокамера с откалиброванным объективом (для получения чётких изображений фасада здания, что играет немаловажную роль при построении модели объекта).

Полевые работы для получения первичных данных по выполнению фотограмметрии производились осенью 2020 года. Перед выполнением полевых работ было выполнено нанесение предполагаемых точек для построения модели (корректировка местоположения и количества производилась на месте производства работ). После подготовки необходимого оборудования, нанесения и определения фронта работы был выполнен выход на объект. С учётом определения точек в камеральных условиях не были учтены следующие проблемы:

1. Выход на объект по времени был запланирован на утреннее время, по приезду на место работы видимость была затруднена из-за наличия тумана, что препятствовало началу выполнения работ. Появление водной взвеси в воздухе обусловлено местоположением объекта (Рисунок 1.1), который расположен вблизи реки Ангара, также появлению тумана сопутствовало выпадение осадков за день до начала производства работ. Из-за плохой видимости работы были приостановлены до полного рассеивания тумана.

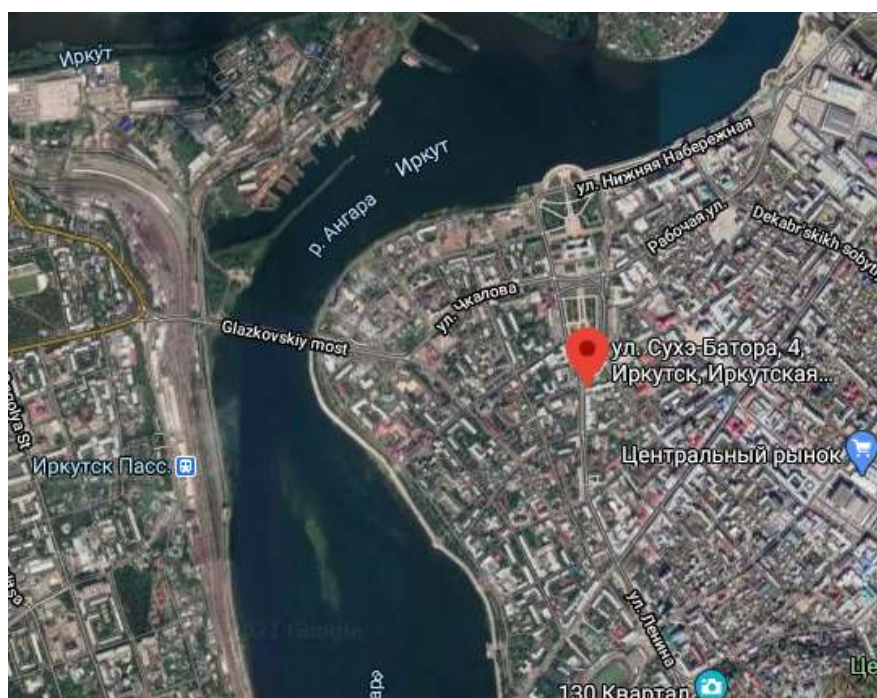


Рис. 1. Расположение объекта Востсибуголь на плане городской застройки (местоположение здания выделено на схеме красным флажком) [3]

2. Схематичное нанесение точек необходимых на изображение фасада для построения модели производилось без выезда на объект, подложка для нанесения точек заимствована из открытого источника информационной сети. Перед началом производства работ было решено взять точки, нанесённые на изображение здания с одной стоянки, для этого произведён выбор подходящего места, охватывающее всю плоскость фасада. В процессе привязки точек тахеометром столкнулись с проблемой невозможности снятия точек с одной стоянки из-за наличия загромождающих предметов, поэтому на месте были перераспределены точки на другие места.

3. Ввиду невозможности проведения фотосъёмки из-за наличия тумана большинство полученных снимков были произведены в полдень, когда солнце находилось в зените. Часть снимков получилась засвеченная с перенасыщением оттенков белого, что мешает последующей обработке при построении информационной модели здания в специализированной программе.

После выполнения полевых работ производилась камеральная обработка полученных данных, включающая в себя:

- привязку фотографий и разделение на соответствующие папки (выполнение снимков преимущественно производится фрагментарно);
- перенос данных с тахеометра на персональный компьютер;
- загрузка полевых данных в программу ScanIMAGER;
- выполнение обработки полученных данных с нанесением точек привязки с прибора тахеометра.

Вследствие большой протяжённости здания Востсибугля выполнено разделение фасада на 7 функциональных частей (для наглядного представления дробления фасада по частям см. Рисунок 1.2) для облегчения обработки информационной модели. Обработка в программе производилась в соответствии с фрагментарным разделением фасада, общая компоновка выполнялась сборкой частей в один файл.



Рис. 2. Разделение фасада Востсибугля для программной обработки и создания информационной модели здания [4]

Ошибки, с которыми столкнулись при обработке и формировании полученных данных при создании информационной модели здания в программе:

– полученные снимки должны быть надлежащего качества, не допускается применять фотографии в программе: засвеченные или с недостаточной чёткостью, резкостью иначе при обработке и составлении модели объекта программа будет выдавать ошибку и принудительно завершать процесс обработки;

– каждый последующий снимок должен перекрывать предыдущий не менее чем на 50%;

– выполнение съёмки необходимо производить на одном расстоянии от объекта;

– для получения более насыщенной информативной модели в специализированной программе необходимо производить съёмку фотографий на объектив с соответствующими характеристиками.

Сравнение полученных результатов фотограмметрии с фактическими обмерами

Сравнение результатов по фасаду Востсибугля с применением тахеометра и полученных результатов прямых линейных обмеров на объекте производится посредством сравнения результатов обмеров произведённых на информационной модели здания (построенной модели в специализированной программе) и прямых замеров с использованием лазерного дальномера (с выездом на объект).

Конечные результаты информационной модели здания, полученные при использовании геодезического инструмента тахеометра, представлены ниже. Для наглядного представления разработана таблица с отображением реальных (истинных фактических размеров снятых на объекте при помощи рулетки в уровне первого этажа), результат измерения при помощи фотограмметрии с использованием тахеометра полученные величины размеров на информационной модели здания в специализированной программе, а также для сравнения произведено вычисление погрешностей относительных и абсолютных, расчёт производился по нижеприведённым формулам.

Для расчёта абсолютной погрешности измерений необходимо воспользоваться следующей формулой [6]:

$$\Delta x_i = x_i - x_{и.} \quad (1)$$

где Δx_i – абсолютная погрешность i -го измерения;

x_i – результат i -того измерения;

$x_{и.}$ – истинное значение измеряемой величины.

Также в качестве примера рассчитаем относительную погрешность измеряемых величин:

$$E = \frac{\Delta x}{x} \quad (2)$$

где Δx_i – абсолютная погрешность i -го измерения;

x – результат измерения.

Вычисленные значения погрешностей приведены в Таблице 1.1

Сравнение погрешности измерений информационной фотограмметрической модели с использованием тахеометрической съёмки и без

Для наглядного представления произведено сравнение результатов фотограмметрии информационной модели здания с использованием тахеометрической съёмки и без применения тахеометра (обработка снимков в специализированной программе без выполнения привязки точек на модели).

Результаты полученных измерений фотограмметрии с применением тахеометрической съёмки и без её использования приведены в Таблице 1.1.

Итог обработки построенной информационной модели выбранного объекта приведён ниже.



Рис. 3. Результат готовой информационной модели здания

Таблица 1.1. Сравнение результатов измерения фотограмметрии с использованием тахеометра и без его использования

Измеряемая конструкция	Истинное значение измеряемой величины, мм	Результат измерения при помощи фотограмметрии с использованием тахеометра/без тахеометра, мм	Абсолютная погрешность, мм	Относительная погрешность, %
Блок №1 ¹				
ОК1 (Окно 1 ²)	1240 ³	1240/1210	0/30	0/2,5
Пр-1 (Простенок 1)	1630	1645/1590	15/40	0,9/2,5
ОК2	1245	1240/1215	5/30	0,4/2,5
Пр2	1615	1625/1605	10/10	0,6/0,6
ОК-3	1240	1225/1195	15/45	1/3,8
Пр3	1635	1645/1700	10/65	0,6/3,8
ОК-4	1245	1240/1180	5/65	0,4/5,5
Блок №2				
Дверной проём				
b	1460	1430/1410	30/50	2/3,5
h	2250	2220/2210	30/40	1/1,8
Блок №3				
ОК1	1230	1200/1155	30/75	2,5/6,5
Пр1	1755	1755/1760	0/5	0/0,3
ОК2	1240	1230/1155	10/85	0,8/7,3
Пр2	1785	1780/1840	5/55	0,2/2,9
ОК-3	1235	1210/1170	5/65	0,4/5,5
Пр3	1795	1790/1770	5/25	0,3/1,41
ОК-4	1225	1200/1175	5/50	0,4/4,2
Пр-4	1735	1745/1705	10/30	0,6/1,7
ОК5	1225	1200/1190	25/35	2/2,9
Пр5	1780	1805/1770	25/10	1/0,6
ОК6	1235	1220/1175	15/60	1/5,1
Пр6	1765	1790/1760	25/5	1/0,3
ОК-7	1240	1220/1180	20/60	2/5,1
Пр7	1770	1780/1765	10/5	0,6/0,3
ОК-8	1235	1220/1195	15/40	1/3,3
Блок №4				
ОК1	1235	1215/1200	20/35	2/2,9
Дверной проём 1	2360	2360/2340	0/20	0/0,8
Дверной проём 2	2330	2320/2360	10/30	0,4/1,3
Дверной проём 3	2345	2355/2320	10/25	0,4/1,1
ОК2	1230	1220/1200	10/30	0,8/2,5
ОК2	1230	1220/1200	10/30	0,8/2,5

Из полученных данных видно, что значения погрешностей при использовании тахеометра (диапазон относительной погрешности составляет 0-2,5%) имеют меньшее значение в сравнении с результатами без применения тахеометрической съёмки (диапазон 0,3-7,3%). Абсолютные значения погрешностей при использовании тахеометра не превышают 3 см, что соответствует обмерам высокой точности [1], в то время как фотограмметрия без тахеометра с абсолютной погрешностью до 85

¹ Разделение на блоки см. рис. 1.2

² Измерение конструкций производилось слева направо относительно главного фасада

³ Отражена величина ширины проёмов (b), за исключением габаритных размеров дверных проёмов (b×h)

мм может соответствовать лишь техническим обмерам и уже не может применяться для построения информационной модели при реконструкции.

Заключение

На основании выполненного натурного обследования и сравнения полученных результатов фотограмметрии объекта, расположенного по адресу: г. Иркутск, ул. Сухэ-Батора, 4 можно сделать вывод о том, что фотограмметрические обмеры с использованием тахеометра в подавляющем большинстве случаев позволяют достичь необходимого класса точности наружных обмерных работ [1], а значит полученные результаты можно использовать в проектной деятельности, в частности при построении информационной модели.

В то же время обмеры без использования тахеометра приводят к значительным погрешностям ввиду отсутствия масштабирования информационной модели здания по контрольным точкам (маркам), координаты которых можно получить только при тахеометрической съёмке. Авторы не рекомендуют использование фотограмметрии без тахеометра при построении информационной модели при проектировании и реконструкции. Подобные технические обмеры могут быть полезны при укрупненном анализе объекта на предпроектной стадии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Золотова Е.В. Современные архитектурные обмеры объектов недвижимости // М.: Изд-во Архитектура-С. 2009. 112 с.

2. Зыонг В.Л. Математическое моделирование и автоматизация обработки изображений сканирования твёрдых деформируемых тел с неоднородными свойствами материала и геометрии для построения их конечно-элементных моделей// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2017. Т.2 (54). С.30 – 39.

3. Look my trips / Востсибуголь (Россия, Иркутск) URL:https://yandex.ru/images/search?pos=2&from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fimg.lookmytrips.com%2Fimages%2Flook6kuq%2Fbig-582bc6c3ff93676e2e0b9fe0-582dda739b76-1c2rnd7.jpg&text=%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%81%D0%B8%D0%B1%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C&rpt=simage (дата обращения 15.04.2021)

4. Google Карты URL:
<https://www.google.ru/maps/place/%D1%83%D0%BB.+%D0%A1%D1%83%D1%85%D1%8D-%D0%91%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0,+4,+%D0%98%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BA,+%D0%98%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F+%D0%BE%D0%B1%D0%BB.,+664025/@52.2857358,104.278731,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x5da83b4ab2d10881:0x96582a28e3fc33ae!8m2!3d52.2857325!4d104.2809197> (дата обращения 17.04.2021)

5. Материал из Википедии-Свободной энциклопедии / Востсибуголь URL:
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%81%D0%B8%D0%B1%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C> (дата обращения 20.04.2021)

6. Лекции.орг-публикация материала для обучения / Абсолютная и относительная погрешность URL: <https://lektsii.org/6-38723.html> (дата обращения 21.04.2021)

REFERENCES

1. Zolotova E. V. *Sovremennye arkhitekturnye obmery ob'ektov nedvizhimosti* [Modern architectural measurements of real estate objects], Moscow: Izd-vo Arhitektura-S, 2009, 112 p.

2. Zyong V. L. *Matematicheskoe modelirovanie I avtomatizatsiya obrabotki izobrazhenii skanirovaniya tvyordykh deformiruemykh tel s neodnorodnymi svoystvami materiala i geometrii dlya postroeniya ikh konechno-elementnykh modelei* [Mathematical modeling and automation of image processing for scanning solid deformable bodies with inhomogeneous properties of material and geometry for constructing their finite element models]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Modeling], 2017, Vol. 2, no 54, pp. 30-39.

3. Look my trips / Vostsibugol (Russia, Irkutsk)
URL: https://yandex.ru/images/search?pos=2&from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fimg.lookmytrips.com%2Fimages%2Flook6kuq%2Fbig-582bc6c3ff93676e2e0b9fe0-582dda739b76-1c2rnd7.jpg&text=%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%81%D0%B8%D0%B1%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C&rpt=simage (accessed 15.04.2021) Google Maps [www.google.ru/maps]. URL: <https://www.google.ru/maps/place/%D1%83%D0%BB.+%D0%A1%D1%83%D1%85%D1%8D-%D0%91%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0,+4,+%D0%98%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BA,+%D0%98%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F+%D0%BE%D0%B1%D0%BB.,+664025/@52.2857358,104.278731,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x5da83b4ab2d10881:0x96582a28e3fc33ae!8m2!3d52.2857325!4d104.2809197> (accessed 17.04.2021)
4. Google Maps URL: <https://www.google.ru/maps/place/%D1%83%D0%BB.+%D0%A1%D1%83%D1%85%D1%8D-%D0%91%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0,+4,+%D0%98%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BA,+%D0%98%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F+%D0%BE%D0%B1%D0%BB.,+664025/@52.2857358,104.278731,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x5da83b4ab2d10881:0x96582a28e3fc33ae!8m2!3d52.2857325!4d104.2809197> (accessed 17.04.2021)
5. Material from Wikipedia-Free Encyclopedia / Vostsibugol URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%81%D0%B8%D0%B1%D1%83%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D1%8C> (accessed 20.04.2021)
6. Lectures.org-publication of training material / Absolute and relative error of the URL: <https://lektsii.org/6-38723.html> (accessed 21.04.2021)

Информация об авторах

Алексеева Ольга Андреевна – магистрант кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: alekseevao@yandex.ru

Алфёров Николай Александрович – магистрант кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: tihbuh2@rambler.ru

Созонов Павел Сергеевич – к. т. н., доцент кафедры «Строительство железных дорог, мостов и тоннелей», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: sozonovps@gmail.com.

Authors

Ol'ga Andreevna Alekseeva – undergraduate, the subdepartment of Building railways, bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, e-mail: alekseevao@yandex.ru

Nikolay Aleksandrovich Alferov – undergraduate, the subdepartment of Building railways, bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, e-mail: tihbuh2@rambler.ru

Pavel Sergeevich Sozonov – Ph. D. in Engineering Science, Associate Professor, the subdepartment of Building railways, bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, e-mail: sozonovps@gmail.com.

Для цитирования

Алексеева О. А. Сравнение погрешности измерений информационной фотограмметрической модели здания с применением тахеометра и без его использования [Электронный ресурс] / О. А. Алексеева, Н. А. Алфёров, П. С. Созонов // Молодая наука Сибири: электрон. науч. журн. — 2021. — №2. — Режим доступа: <https://mnv.irkgups.ru/toma/121-2021>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ. (дата обращения: 7.06.2021)

For citation

Alekseeva O.A., Alferov N.A., Sozonov P.S. *Sravnenie pogreshnosti izmerenii informatsionnoi fotogrammetricheskoi modeli zdaniya s primeneniem takheometra i bez ego ispol'zovaniya* [Comparison of measurement error of the information photogrammetric model of the building using a tacheometer and without its use]. *Molodaya nauka Sibiri: ehlektronnyj nauchnyj zhurnal* [Young science of Siberia: electronic scientific journal], 2021, no. 2. [Accessed 7/06/21]