

М. С. Тутанова^{1}*

Влияние ошибок самокалибровки камер на результат топографических съемок с помощью БПЛА

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: mikochkat1984@mail.ru

Аннотация. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и фотограмметрия позволяют проводить детальную количественную оценку геоморфологических изменений (трещиноватость, складчатость, слоистость, объемы горной массы т.д.) при открытой разработке месторождений. Однако, определение четких границ геоморфологических изменений рельефа не всегда может быть выявлено из-за систематической топографической ошибки аэросъемки рельефа. При использовании аэросъемки беспилотными летательными аппаратами часто используют автоматическую обработку с использованием алгоритма инвариантной трансформации признаков. И почти всегда используется самокалибровка аэрокамеры. Исследования показывают, что самокалибровка может исказить параметры снимаемого объекта. Предлагается выполнить исследование влияния самокалибровки на точность определения координат объектов открытых разработок. Влияние ошибок самокалибровки камер на результаты топографических съемок с помощью БПЛА является важной темой исследований в области геодезии и фотограмметрии.

Ключевые слова: БПЛА, фотограмметрическая обработка, геометрические искажения, самокалибровка, аэросъемка, ошибка, отклонения

M. S. Tutanova^{1}*

Influence of camera self-calibration errors on the results of topographic surveys using uavs

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: mikochkat1984@mail.ru

Abstract. Unmanned aerial vehicles (UAV) and photogrammetry make it possible to carry out a detailed quantitative assessment of geomorphological changes (fracturing, folding, layering, volumes of rock mass, etc.) during open-pit mining. However, the definition of clear boundaries of geomorphological changes in the relief can not always be revealed due to a systematic topographic error of the aerial survey of the relief. When using aerial photography by unmanned aerial vehicles, automatic processing using the algorithm of invariant transformation of features is often used. And almost always the self-calibration of the air camera is used. Research shows that self-calibration can distort the parameters of the object being photographed. It is proposed to carry out a study of the effect of self-calibration on the accuracy of determining the coordinates of open-pit facilities. The effect of camera self-calibration errors on the results of topographic surveys using unmanned aerial vehicles (UAVs) is an important research topic in the field of geodesy and photogrammetry.

Keywords: UAV, photogrammetric processing, geometric distortions, self-calibration, aerial photography, error, deviations

Введение

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и фотограмметрия позволяют проводить детальную количественную оценку геоморфологических изменений (трещиноватость, складчатость, слоистость, объемы горной массы т.д.) при открытой разработке месторождений. Однако, определение четких границ геоморфологических изменений рельефа не всегда может быть выявлено из-за систематической топографической ошибки аэросъемки рельефа. При использовании аэросъемки беспилотными летательными аппаратами часто используют автоматическую обработку с использованием алгоритма инвариантной трансформации признаков. И почти всегда используется самокалибровка аэрокамеры. Исследования показывают, что самокалибровка может исказить параметры снимаемого объекта и приводить к ошибочному определению размеров и высот объекта съемки [1, 2].

Методы и материалы

Сложность с широко используемыми камерами, такими как FC6310 квадрокоптера DJI Phantom 4 Pro [3, 4], заключается в том, что при настройках по умолчанию изображение уже подверглось некоторым геометрическим корректировкам, специфичным для производителя, на борту камеры в рамках предварительной обработки изображений, включая коррекцию цвета, улучшение контраста и резкости.

Эти внутренние настройки рассчитаны для того, чтобы снизить визуальные геометрические аномалии (например, прямые линии, кажущиеся изогнутыми), возникающие из-за выраженного радиального искажения в исходных изображениях. При использовании широкоугольных камер эти исправления могут также включать обрезку изображения для коррекции кривизны изображения, поскольку изображения искажаются радиально [2].

В области фотограмметрии широко распространено применение моделей, основанных на принципах оптической физики, для описания искажений изображений, наблюдаемых в камерах. Одной из наиболее часто применяемых физически обоснованных моделей является модель искажения Брауна-Конради [4], которая включает в себя параметры смещения центров снимков P_1 и P_2 , которые описывают смещения (dx, dy) в координатах изображения x и y , при этом как радиальные, так и тангенциальные составляющие:

$$\begin{aligned} dx &= P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2xy \\ dy &= P_2(r^2 + 2y^2) + 2P_1xy \end{aligned} \tag{1}$$

где $r^2 = x^2 + y^2$.

В отличие от коррекций радиальных искажений, смещения центра изображения обладают постоянными компонентами направления вектора смещений, распространяющимися по всему изображению. Из-за этого они могут демонстрировать высокую степень корреляции с положением основной точки в момент

настройки программного пакета. Однако такие корреляции и ошибки в параметрах смещения центра снимка не обязательно приводят к систематической топографической ошибке. Для простой геометрии сети, типичной для аэрофотосъемок, корреляция параметров может обеспечить компенсацию ошибки смещения центра фотографирования за счет распространения ошибки на предполагаемое положение камеры, ориентацию или координаты главной точки. В частности, ранее было показано в [2], смещение центра коррелирует с наклоном камеры и, следовательно, может влиять на существующие параметры калибровки за счет использования наклонной камеры.

Кроме того, некоторые авторы [5, 6] своими экспериментами подтвердили теорию, что самокалибровка аэрокамеры при небольших перепадах высот на снимаемом объекте не может с достаточной точностью определить параметры калибровки. Более того, экспериментальными данными подтверждено, что применение самокалибровки уменьшает отклонения на опорных и контрольных точках, но не приводит к уменьшению средних квадратических отклонений координат точек модели.

Результаты и выводы

Точность определения координат точек модели в значительной степени зависит от качества самокалибровки камер на БПЛА:

1. Определение координат точек модели:

– ошибки в самокалибровке камер могут привести к неточностям в определении координат точек модели. Это может произойти из-за неправильного определения внутренних параметров камеры, таких как фокусное расстояние или искажения линзы;

– несоответствие между реальным положением объектов и их изображениями на фотографиях может быть результатом ошибок самокалибровки, что приведет к неточностям в реконструкции трехмерной модели и определении координат точек.

2. Вычисление объемов:

– для вычисления объемов на основе данных топографических съемок требуется точная реконструкция трехмерной модели местности. Ошибки в самокалибровке могут привести к искажениям в этой модели, что в свою очередь приведет к неточным вычислениям объемов;

– например, неправильно определенная геометрия камеры может привести к искажениям в масштабе или форме объектов на фотографиях, что затем повлияет на точность объемных расчетов.

В целом, неточности в самокалибровке камер могут сказываться на всем процессе обработки данных, начиная от создания трехмерной модели до вычисления объемов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mike R. James, Stuart Robson Mitigating systematic error in topographic models derived from UAV and ground-based image networks // – 2014 – P. 1413–1420 – DOI 10.1002/esp.3609.

2. Mike R. James, Gilles Antoniazza, Stuart Robson, Stuart N. Lane Mitigating systematic error in topographic models for geomorphic change detection: accuracy, precision and considerations beyond off-nadir imagery // – 2020 – P. 2251-2271 – DOI 10.1002/esp.4878.

3. PHANTOM 4 Инструкция по эксплуатации. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: общий доступ. URL: https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_4/en/Phantom_4_User_Manual_ru_v1.2.pdf (дата обращения 25.04.2024).

4. Mogilny S.G., Sholomitskii A.A., Martynov O. V. THE EFFECTIVENESS OF SELF-CALIBRATION OF NON-METRIC DIGITAL CAMERA THAT USED ON UN-MANNED AERIAL VEHICLES//18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2018, www.sgem.org, SGEM2018 Conference Proceedings, DOI: 10.5593/sgem2018/2.3/S10.026

5. Brown DC. Decentering distortion of lenses. Photogrammetric Engineering 32 // – 1966. – P. 444–462.

6. Могильный С. Г., Лунев А. А, Шоломицкий А. А. Конструктивная калибровка цифровой камеры // Известия вузов «Геодезия и аэрофото-съемка», –2011. –№2. – С.62-66.

© М. С. Тутанова 2024