

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ КАЛИБРОВКА КАМЕРЫ БПЛА

*Андрейчиков Владислав Владимирович, Будкевич Карина Сергеевна,
студенты 3-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Князева Е.И., ассистент)*

В последние годы аэрофотосъемка с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) стала признанным методом трехмерной реконструкции поверхности. Использование этих систем имеет преимущества с точки зрения гибкости и доступности, особенно для крупномасштабного картографирования в условиях ограниченного пространства. Кроме того, технология БПЛА все чаще используется для решения сложных инженерно-геодезических задач, таких как наблюдение за деформациями, требующих высокого пространственного разрешения и соответствующей миллиметровой точности.

Камеры, используемые в области БПЛА, часто представляют собой неметрические камеры при изготовлении которых фотограмметрические аспекты имеют низкий приоритет. Качество измерения точки изображения напрямую влияет на качество экспортируемых пространственных данных (плотные облака точек, текстурированные полигональные модели, ортофотопланы и ЦММ). По этой причине геометрия камеры и связанная с ней калибровка являются важным аспектом.

Фотограмметрическая калибровка камеры (Табл. 1) осуществлялась по снимкам пространственного тест-объекта, созданного на кафедре «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии» факультета транспортных коммуникаций.

Таблица 1 – Технические характеристики камеры квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK

Тип	Модель камеры	Разрешение, пиксель	Размер пикселя, мкм	Фокусное расстояние, мм
Кадровая	FC6310R	5472 x 3648	2,41 x 2,41	8,8

Задача фотограмметрической калибровки камеры – определить параметры внутреннего ориентирования, включая параметры дисторсии:

- f – фокусное расстояние, (пиксель);
- c_x, c_y – координаты главной точки снимка, (пиксель);
- b_1, b_2 – коэффициенты неортогональности или скоса, (пиксель).
- k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты радиальной дисторсии (безразмерные).

- p_1, p_2 – коэффициенты тангенциальной дисторсии (безразмерные).

При сохранении фотографий в формате JPEG к DJI Phantom 4 RTK автоматически добавляется предварительно настроенная на заводе коррекция радиально-симметричного искажения, но она не описывает реальные систематические ошибки изображения.

На рисунке 1 показаны графики дисторсии объектива, построенные в процессе калибровки камеры БПЛА. На рисунке 2 представлены параметры калибровки камеры.

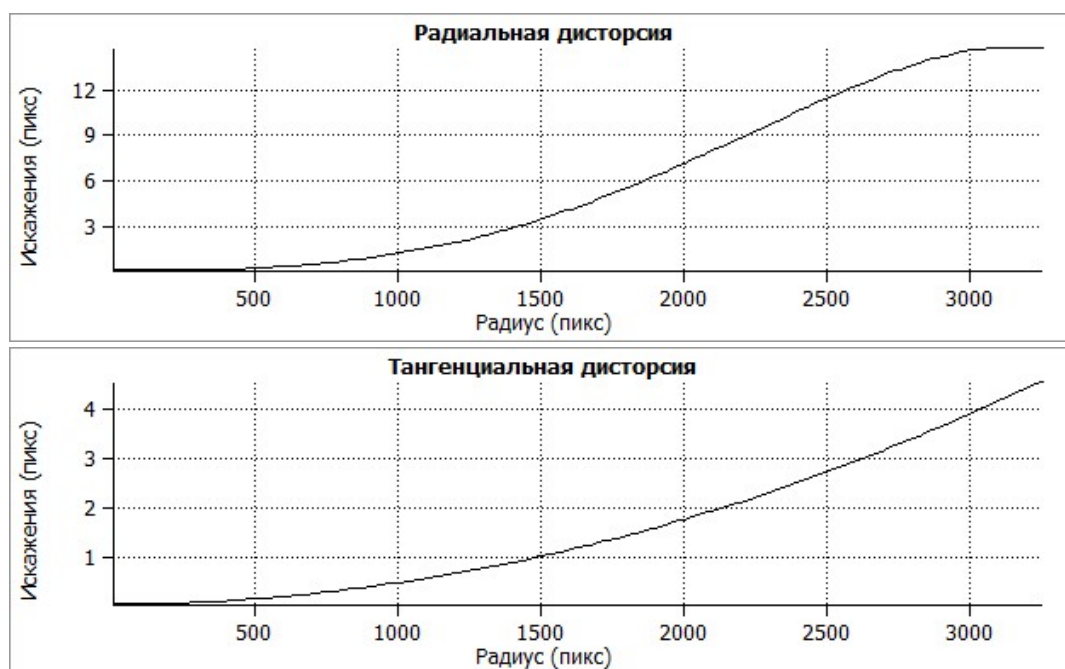


Рисунок 1 – Результаты калибровки камеры квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK

	Значение	Ошибка	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3700.62	0.566135	1.00	0.01	0.01	-0.77	0.70	-0.67	-0.03	-0.01
Cx	7.45649	0.561712		1.00	-0.00	0.02	-0.02	0.03	0.88	0.00
Cy	5.79795	0.550345			1.00	-0.01	0.01	-0.01	0.01	0.91
K1	-0.264328	0.000521679				1.00	-0.99	0.97	0.03	-0.00
K2	0.0872228	0.000848211					1.00	-0.99	-0.03	-0.00
K3	-0.0145504	0.000422603						1.00	0.03	0.01
P1	0.000693457	2.26594e-05							1.00	0.01
P2	-0.000141781	2.40538e-05								1.00

Рисунок 2 – Параметры калибровки камеры квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK

Калибровка с использованием трехмерных тест-объектов приводит к более точным и надежным параметрам калибровки, которые в значительной степени не связаны с параметрами внешней ориентации. При уточнении параметров внутреннего ориентирования, необходимо стремиться к чрезвычайно малой

погрешности измерения в пространстве изображения, так как оценка точности, выполненной пространственной фотограмметрической калибровки, осуществляется по значениям погрешностей координат измеренных на снимке точек, которые не должны превышать 0,5 пикселя. При калибровке камеры квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK среднее значение равно 0,282 пикселя.

Остаточные погрешности внутренней ориентации отрицательно сказываются на трехмерной реконструкции объекта. Таким образом, неправильная константа камеры вызывает ошибку масштабирования в пространстве объекта, особенно в направлении полета. Неточно определенные параметры искажения приводят к систематическому искривлению пространства объекта, например, «проседающие» цифровые модели поверхности.

Литература:

1. Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 1.8 [Электронный ресурс]: руководство пользователя. – Режим доступа : https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_8_ru.pdf.
2. Фотограмметрия : учеб. для вузов / А.Г. Чибуничева [и др.]; под общ. ред. А.Г. Чибуничева. – М. : МИИГАиК, 2016. – 294 с.
3. Краснопевцев, Б.В. Фотограмметрия : метод. пособие / Б.В. Краснопевцев, В.М. Курков – М.: МИИГАиК, 2012, – 74 с.