

В. В. Дедкова^{1}*

Исследование влияния изменения скорости воздушного судна в процессе аэрофотосъемки на результаты фотограмметрической обработки

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
*e-mail: dedkova.val@yandex.ru

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований по определению динамики изменения скорости движения беспилотного воздушного судна самолетного типа в процессе аэрофотосъемки. Проведен анализ опыта использования БВС для аэрофотосъемки и факторов, влияющих на качество получаемых материалов. В ходе обработки исходных данных определено среднее значение скорости по всем маршрутам съемки, и выявлен участок аэрофотосъемки с максимальным значением скорости. Резкое изменение скорости движения носителя связано с влиянием погодных условий либо с запланированным изменением траектории движения. В ходе анализа установлено, что исследуемый участок был прямым, следовательно, скачкообразное изменение скорости спровоцировано порывом ветра. Были рассчитаны значения линейных искажений при среднем и максимальном значениях скорости. Проведены три фотограмметрические обработки снимков исследуемого маршрута по разным алгоритмам. Установлено, что применение программных алгоритмов по уменьшения влияния искажений, вызванных шторно-щелевым затвором, влияет на качество результатов обработки.

Ключевые слова: беспилотное воздушное судно, аэрофотосъемка, фотограмметрическая обработка, цифровой снимок, искажение

V. V. Dedkova^{1}*

Research of effect of aircraft speed changes during aerial survey on the results of photogrammetric processing

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
*e-mail: dedkova.val@yandex.ru

Abstract. The article presents the results of experimental studies to determine the dynamics of the change in the speed of an unmanned aerial vehicle in the process of aerial survey. The analysis of the experience of using UAVs for aerial survey and the factors affecting the quality of the obtained materials is carried out. During the processing of the initial data, the average speed value was determined for all the shooting routes, and the aerial survey section with the maximum speed value was identified. A sharp change in the speed of movement of the carrier is associated with the influence of weather conditions or with a planned change in the trajectory of movement. During the analysis, it was found that the studied section was straight, therefore, the abrupt change in speed was provoked by a gust of wind. The values of linear distortions were calculated at the average and maximum speed values. Three photogrammetric processing of images of the route under study using different algorithms was carried out. It has been established that the use of software algorithms to reduce the influence of distortions caused by a rolling shutter affects the quality of processing.

Keywords: unmanned aerial vehicle, aerial survey, photogrammetric processing, image, distortion

Введение

Цель исследования заключалась в определении динамики изменения скорости беспилотного воздушного судна (БВС) в процессе аэрофотосъемки и анализе ее влияния на качество результатов обработки. Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

- выполнить анализ опыта применения БВС в целях проведения аэрофотосъемки;
- выполнить сбор и обработку исходных данных;
- получить результаты и выполнить их анализ.

С начала 2000-х гг. беспилотные воздушные суда стали чаще использоваться для решения задач гражданского назначения – аэрофотосъемки с целью получения пространственной информации о территориях и объектах [1, 2].

Развитие и совершенствование компонентной базы позволили улучшить технические характеристики БВС, что положительным образом отразилось на их внедрении в топографо-геодезическое производство:

- появление новых конструкционных материалов в изделиях авиационной отрасли, а также технологий их применения;
- развитие технологий электроники и формирование полной микроэлектронной компонентной базы для радиоэлектронной аппаратуры;
- применение высокоэффективных возобновляемых источников питания;
- развитие глобальных навигационных спутниковых систем;
- развитие вычислительной техники и цифровых технологий обработки сигналов, существенно повышающих качество, скорость и объем обрабатываемых данных, и их передачи;
- расширение рынка современного съемочного оборудования.

В зависимости от типа конструкции, различают следующие типы БВС:

- вертолетные и мультироторные;
- самолетные;
- гибридные, например, конвертопланы.

Анализ опыта применения БВС для аэрофотосъемки показал, что эффективно используются все три типа беспилотных воздушных судов, а выбор типа носителя напрямую зависит от решаемой задачи. Современный сегмент рынка беспилотных воздушных судов гражданского назначения динамично развивается, и для аэрофотосъемки используются мини и легкие БВС малого и среднего радиусов действия как зарубежных, так и отечественных производителей [3–10]. Преимущество использования БВС обусловлено удобством их технической эксплуатации, а именно:

- в зависимости от типа БВС рабочая бригада может включать от 1–2 до 5 человек;
- не требуется оборудование специализированных взлетно-посадочных полос;
- оперативное проведение аэрофотосъемочных работ;
- БВС мультироторного типа чаще используются для аэрофотосъемки линейных сооружений, вертикальной съемки объектов и сооружений либо небольших участков местности

– БВС самолетного типа и конвертопланы позволяют размещать более качественное съемочное оборудование и предназначены для аэрофотосъемки значительных территорий.

На качество результатов аэрофотосъемки в значительной степени влияют такие факторы как:

– влияние условий внешней среды, например, изменение скорости движения воздушного судна при действии порыва ветра может повлечь увеличение размера линейных искажений снимка;

– отсутствие гиросtabilизированной платформы в ряде моделей БВС самолетного типа влияет на скорость изменения угловых перемещений воздушного судна, следовательно, и на значения угловых величин элементов внешнего ориентирования снимков;

– технические характеристики и тип съемочного оборудования, например, использование камер со шторно-щелевым (rolling shutter) затвором приводит к нарушению ортоскопии снимка и снижению точности определения координат точек местности на снимках.

Методы и материалы

Для проведения эксперимента использованы следующие материалы:

– цифровые аэрофотоснимки на территорию Ленинского района г. Новосибирска, полученные цифровой камерой Sony Alpha A6000 со шторно-щелевым затвором. Аэрофотосъемка проводилась с помощью беспилотного воздушного судна самолетного типа Supercam S350;

– данные, полученные с бортового ГНСС-приемника;

– каталог опорных точек.

Фотограмметрическая обработка снимков проводилась в ПО Agisoft Metashape.

Результаты

В ходе эксперимента определялась скорость, с которой беспилотное воздушное судно преодолевало расстояние за время между получением соседних снимков в маршруте. Скорость рассчитывалась, исходя из разницы значений координат центров фотографирования двух соседних снимков и интервала фотографирования, равного 10 с. Общее количество снимков в маршрутах исследуемой аэрофотосъемки составило 3 444.

На основе вычислений средняя скорость беспилотного воздушного судна самолетного типа W_{cp} в ходе проведения аэрофотосъемки составила 23 м/с. Анализ расчета скорости позволил выявить участок съемки с максимальными отклонениями в рассчитанных значениях скорости, достигающих значений до 37 м/с.

Скачкообразное изменение скорости движения воздушного судна, как правило, обусловлено его заходом на смежный маршрут или спровоцировано влиянием условий внешней среды.

Ввиду того, что исследуемый участок маршрута был прямым, изменение скорости, очевидно, связано с резким порывом ветра.

Результаты вычисления изменения скорости беспилотного воздушного судна Supercam S350 на исследуемом участке аэрофотосъемки показаны на рис. 1.

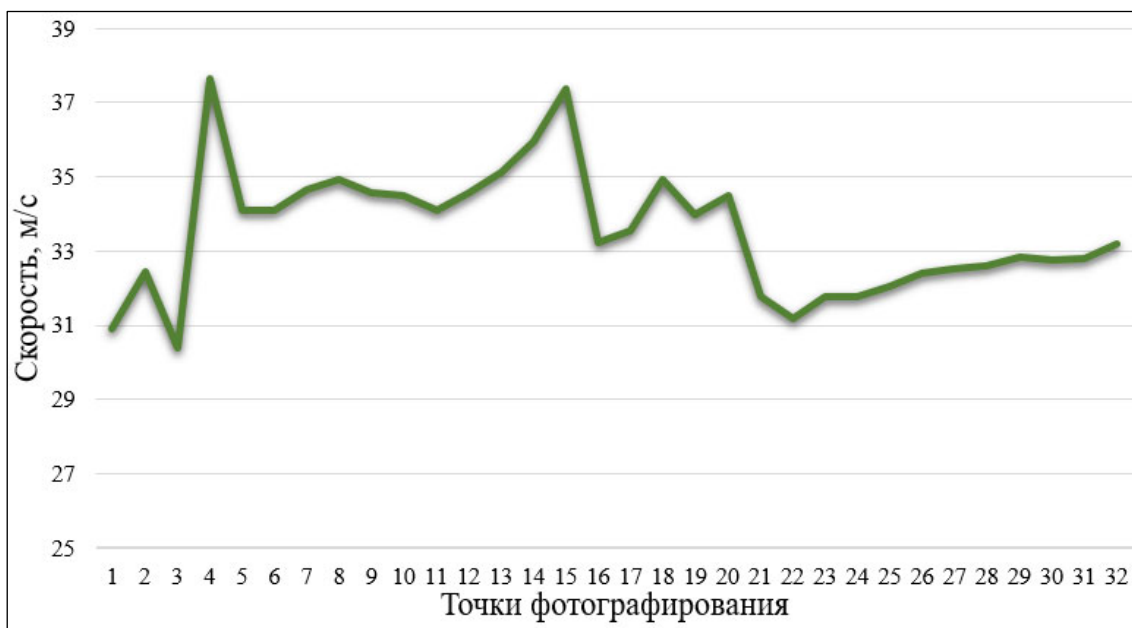


Рис. 1. Изменение скорости летательного аппарата в процессе аэрофотосъемки на исследуемом участке

Резкий перепад скорости при движении воздушного судна влияет на геометрию формирования изображения, вызывая искажения, связанные с линейными и угловыми перемещениями воздушного судна. Наличие подобных искажений на снимках приводит к накоплению ошибок при их фотограмметрической обработке.

Величины линейных искажений при движении воздушного судна со средней скоростью – 23 м/с и максимальной – 37 м/с, рассчитанные на основе полетных данных составляют 1,7 и 2,7 пикс соответственно. При разрешении съемки равном 5 см размер искажений может достигать до 14 см, что, в свою очередь, повлияет на точность фотограмметрических измерений по снимкам.

На следующем этапе исследования проведена фотограмметрическая обработка данного участка аэрофотосъемки в ПО Agisoft Metashape [11]. В программе реализована функция компенсации искажений, вызванных влиянием шторно-щелевого затвора камеры, позволяющая повысить точность фотограмметрических построений. Всего было выполнено три варианта обработки: первая – без компенсации влияния шторно-щелевого затвора; вторая – с применением «плоской» модели T_{XY} ; третья – с применением «полной» модели T_{XYZ} , R_{XYZ} . В ходе каждой обработки выполнялась самокалибровка камеры. Уравнивание сети фототриангуляции выполнено с шестью опорными и четырьмя контрольными точками. Оценка точности уравнивания сети фототриангуляции представлена в табл. 1.

Оценка точности уравнивания сети фототриангуляции

Алгоритм обработки	Точки	СКП XY, м	СКП Z, м
Без компенсации влияния шторно-щелевого затвора	Опорные	0,20	0,13
	Контрольные	0,78	0,98
Компенсация влияния шторно-щелевого затвора без учета угловых вращений аэрофотокамеры	Опорные	0,12	0,10
	Контрольные	0,98	0,85
Компенсация влияния шторно-щелевого затвора с учетом угловых вращений аэрофотокамеры	Опорные	0,07	0,09
	Контрольные	0,82	0,90

Анализ данных позволил установить, что применение программных алгоритмов компенсации влияния шторно-щелевых затворов влияет на точность уравнивания сети фототриангуляции. Применение двух моделей компенсации показывает повышение точности определения планового положения координат опорных точек в среднем на 20 %. Однако, применение данных алгоритмов и их влияние на точность уравнивания фотограмметрических моделей требует дальнейшего исследования, в том числе с применением цифровых макетных снимков [12].

Заключение

В ходе выполнения экспериментальных исследований, поставленные цель и задачи решены, сделаны следующие выводы:

- тип носителя и съемочное оборудование необходимо выбирать исходя из реальных потребностей решаемой задачи;
- для уменьшения вероятных искажений снимков необходимо использовать профессиональное съемочное оборудование, а беспилотное воздушное судно должно быть экипировано гиростабилизированной платформой;
- проводить аэрофотосъемку при оптимальных погодных условиях во избежание потери точности результатов обработки из-за некачественных исходных данных;
- исследовать функциональные возможности и проблемы используемого программного обеспечения с целью повышения точности обработки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Colomina, I. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote Sens-ing / I. Colomina, P. Molina. – Spain. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271614000501>.
- 2 Eisenbeiss, H. The Potential of Unmanned Aerial Vehicles for Mapping / H. Eisenbeiss. – Zurich. – URL: <https://phowo.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo11/140Eisenbeiss.pdf/>.

- 3 Атлас-Аэро. Беспилотные авиационные комплексы // ATLAS AERO : [сайт]. – 2022. – URL: <http://atlas-aero.ru>.
- 4 Группа компаний Геоскан // Geoscan : [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.geoscan.aero/ru>.
- 5 Инновационные комплексные системы. Беспилотные аппараты // Инновационные комплексные системы : [сайт]. – 2022. – URL: <https://iks.aero>.
- 6 Опритова, О. А. Разработка требований к сбору и обработке данных аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов для моделирования геопространства : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по направлению 25.00.34 – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия / Опритова Ольга Анатольевна. – Новосибирск : СГУГиТ, 2018.
- 7 ПТЕРО // ПТЕРО : [сайт]. – 2022. – URL: <http://ptero.ru>.
- 8 Optiplane // ОП : [сайт]. – 2022. – URL: <http://optiplane.ru>.
- 9 SUPERCAM // SUPERCAM : [сайт]. – 2022. – URL: <https://supercam.aero>.
- 10 Zala Aero Group // ZALA : [сайт]. – 2022. – URL: <https://zala-aero.com>.
- 11 Agisoft Metashape. Руководство пользователя // Agisoft : [сайт]. – 2022. – URL: <https://www.agisoft.com>.
- 12 Дедкова В. В. Совершенствование методики обработки материалов аэрофотосъемки с беспилотного воздушного судна для трехмерного моделирования территорий : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по направлению 1.6.19. – Аэрокосмические исследования Земли, фотограмметрия / Дедкова Валерия Вячеславовна. – Новосибирск : СГУГиТ, 2022.

© В. В. Дедкова, 2024