

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДРОНОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

М.А. Баклыков (Компания Topodrone)

Для проведения работ по аэрофотосъемке предложено использовать дроны, дополнительно доработанные до уровня профессиональных БПЛА. Рассмотрена последовательность операций, выполняемых при автоматизированной фотограмметрической обработке данных, полученных с беспилотного летательного аппарата с применением функциональности геоинформационных систем. Описано тестирование геодезического квадрокоптера на территории с изрезанным рельефом местности.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, аэрофотосъемка, полетные задания, фотограмметрическая обработка данных.

Введение

На сегодняшний день во всем мире все большую популярность набирает технология аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для картографирования территорий, инженерных изысканий, маркшейдерских работ, решения кадастровых задач, оперативного мониторинга линейных сооружений, площадок строительства, построения реалистичных трехмерных моделей местности и решения других задач [1].

Беспилотники позволяют в значительной мере сократить объемы полевых инструментальных измерений классическими методами. Например, аэрофотосъемка с БПЛА участка площадью 50 га в среднем занимает не более 30 мин, а итоговый результат в виде ортофотоплана местности и высоко детальной и точной цифровой модели рельефа можно получить уже через пару часов полуавтоматической камеральной обработки.

При выборе БПЛА для геодезии следует учитывать такие факторы, как удобство транспортировки и использования, легкость формирования полетных заданий для площадных и линейных объектов, надежность и стабильность работы всех систем в полете, стоимость приобретения оборудования и его дальнейшего обслуживания, разрешение камеры. Отдельно отметим возможность координировать аэрофотоснимки с геодезической точностью, что позволяет значительно уменьшить объемы полевых работ, связанные с закладкой и координированием наземных контрольных точек, а также проводить автоматизированную обработку данных, что сокращает сроки и стоимость камеральных работ.

От дронов к БПЛА

Компания Topodrone специализируется на проведении аэрофотосъемки с помощью дронов DJI, дополнительно доработанных до уровня профессиональных БПЛА для геодезии. В стандартный корпус дрона дополнительно устанавливается геодезический L1/L2 GNSS приемник собственного производства, интегрированный с фотокамерой, что позволяет определять координаты снимков в момент фотографирования с сантиметровой точностью (рис. 1).

Отметим следующие преимущества решения:

— низкая стоимость;



Рис. 1. Квадрокоптер Topodrone DJI Phantom 4 PRO GNSS PPK



Рис. 2 Квадрокоптер Topodrone DJI Mavic 2 Pro RTK/PPK L1/L2

— компактность и мобильность, полный вес комплекта составляет не более 1 кг;

— легкость в управлении, возможность использования широкого спектра программ для автоматизированного планирования геодезических полетных миссий, таких как: Map Pilot, Pix4Dcapture, DJI GS Pro, UgCS Pro;

— надежность в эксплуатации, наличие продвинутой системы обнаружения препятствий;

— хорошее качество изображений, зависящее от характеристик используемой камеры.

Одна из последних разработок компании — геодезический квадрокоптер Topodrone DJI Mavic 2 Pro RTK/PPK L1/L2 (рис. 2) характеризуется помимо прочего высокой точностью определения координат центров фотографирования за счет применения системы синхронизации, корректировки положения антенны за наклон дрона, технологии Post Processing Kinematic (PPK) и двухчастотного мультисистемного ГНСС приемника, работающего на частоте до 20 Гц, имеющего 186 каналов, обеспечивающего стабильную работу и получение фиксированного решения на удаленности до 25...30 км от базовой станции.

Работа с квадрокоптером начинается с подготовки полетных заданий, что реализуется в ПО DJI GS Pro, Pix4Dcapture, MapPilot или UgCS.

Далее выполняется аэрофотосъемка и обработка полученной информации.

Пример. Мониторинг территории для решения кадастровых задач

Рассмотрим процесс автоматизированной фотограмметрической обработки результатов съемки и создания высокоточной цифровой модели местности на примере одного из проектов мониторинга территории для решения кадастровых задач [2].

На первом этапе была выполнена аэрофотосъемка района площадью 40 га с высоты 200 м квадрокоптером DJI PHANTOM 4 PRO. Для обработки наклонных снимков с БПЛА и создания на основе исходных изображений бесшовные геопривязанных мозаик, цифровых моделей местности, текстурированных 3D-моделей и облака точек используется специализированное ПО, например, Pix4Dmapper.

Для фотограмметрической обработки и построения цифровой модели местности в используемом ПО создается проект, загружается набор из 160 стереоизображений, а также координаты центров фотографирования, определенных с сантиметровой точностью геодезическим ГНСС приемником.

Отметим, что при использовании данных с квадрокоптера DJI в стандартной комплектации местоположение снимков определяется бортовым GPS с точностью порядка 15...20 м в плане и 25...30 м по высоте. В модернизированном варианте точность была существенно выше, что иллюстрирует рис. 3. На нем коричневым цветом показаны координаты центров фотографирования, закоординированные стандартным GPS приемником DJI Phantom 4 PRO, а серым — координаты фактического местоположения снимков, полученные геодезическим ГНСС приемником.

На следующем этапе, после загрузки в проект необходимых данных был выполнен процесс автоматизированной обработки, при котором выравнивание блоков изображений, построение плотного облака точек, его классификация, генерация цифровой модели рельефа и ортофотоплана были выполнены полностью в автоматическом режиме. Общая продолжительность всего процесса составила 2 часа.

В результате были получены: плотное облако точек состоящее из 18937834 точек,

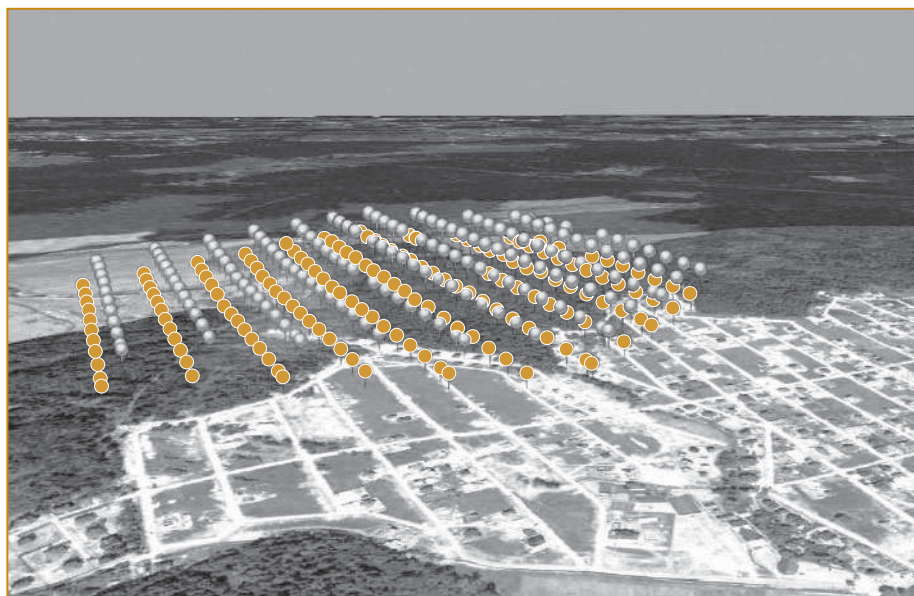


Рис. 3. Расположение снимков, определенное стандартным навигационным GPS приемником DJI Phantom 4PRO (коричневые значки) и дополнительно установленным геодезическим ГНСС оборудованием (серые значки)



Рис. 4. Ортофотоплан, совмещенный с кадастровыми границами

плотностью порядка 20 точек/м², трехмерная модель местности, цифровая модель рельефа, из которой были исключены растительность, здания и сооружения, заборы и другие объекты техногенного происхождения; а также ортофотоплан с разрешением 5 см/пиксел общей площадью более 40 га, совмещенный с кадастровым планом территории, который использовался в дальнейшем для решения кадастровых задач (рис. 4).

Точность построения ортофотоплана и цифровой модели местности была определена по ранее измеренным наземным контрольным точкам, которые до этого не участвовали в обработке. Вычисленная среднеквадратическая ошибка по осям *x*, *y* и *z* составила от 3 до 5 см.

Таким образом, совместное применение БПЛА DJI PHANTOM 4 PRO с дополнительно установленным геодезическим ГНСС приемником и специализированным программным приложением позволяет автоматизировать процесс создания высокоточных цифровых карт и детальных 3D моделей территорий, а также значительно сократить временные и финансовые затраты на выполнение полевых и камеральных работ.

Пример 2. Тестирование геодезического квадрокоптера Topodrone DJI Mavic 2 Pro L1/L2 RTK/PPK

Для тестирования возможностей и характеристик геодезического квадрокоптера Topodrone DJI Mavic 2 Pro L1/L2 RTK/PPK компания ATyges Company (Италия) выбрала территорию с изрезанным рельефом местности, расположенную недалеко от г. Малага в Испании.

Для контроля точности выполнения работ были установлены и закоординированы 11 контрольных точек, равномерно распределенных по всей площади работ на различных высотах. Измерения проводились в режиме RTK, геодезическим ГНСС приемником EMLID Reach RS2 от базовой станции, расположенной на удаленности 32 км. До выполнения аэрофотосъемки на точке с известными координатами был установлен ГНСС приемник в качестве базовой станции, который сохранял сырые данные статических наблюдений в RINEX формате с частотой 1 Гц.

После подготовительных полевых работ было сформировано полетное задание в приложении

MapPilot и выполнена геодезическая аэрофотосъемка дроном Topodrone DJI Mavic 2 Pro L1/L2 RTK/PPK с высоты 70 м при крейсерской скорости 6 м/с.

После полета были скопированы набор изображений, а также RINEX файлы с дрона и базовой станции. Далее, после выполнения постобработки и уравнивания траектории полета в ПО TOPOSETTER вычислялись высокоточные центры фотографирования. На финальной стадии аэрофотоснимки и их высокоточные координаты были загружены в ПО Pix4Dmapper для последующей фотограмметрической обработки.

В результате автоматической обработки получен следующий набор данных: плотное облако точек, классифицированное по типам объектов (поверхность земли, растительность, здания и сооружения, дороги и др. объекты), цифровая модель рельефа, ортофотоплан, горизонталь.

Отметим, что для аэротриангуляции контрольные точки не использовались. Вся фотограмметрическая обработка выполнялась по высокоточным центрам фотографирования. Благодаря качеству автоматической классификации не потребовалось ручного труда по выделению растительности, машин и других объектов, что значительно сократило время камеральной обработки и трудозатраты.

Заключение

С развитием ПО и элементной базы весь процесс создания высокоточной географической информации с помощью дронов становится более простым и доступным. Отсутствует необходимость в использовании дорогостоящих и сложных в эксплуатации БПЛА, а для фотограмметрической обработки полученных данных, характеризующих актуальное состояние местности и рельефа, достаточно стандартных навыков пользователя геоинформационных систем.

Список литературы

1. *Иноземцев Д.П.* Беспилотные летательные аппараты: теория и практика. Ч. 1. Обзор летательных средств // Журнал АТИП. 2013. № 2. С. 49.
2. *Баклыков М.А.* Автоматизированная фотограмметрическая обработка данных, полученных с беспилотного летательного аппарата DJI PHANTOM 4 PRO PPK в программном обеспечении Drone2Map for ArcGIS // ArcReview. 2018. № 3 (86).

Баклыков Максим Александрович — генеральный директор компании Topodrone.
E-mail-mail: info@topodrone.ru [Http://: www.topodrone.ru](http://www.topodrone.ru)

*Люди должны научиться взлетать, даже если крылья сломаны.
Надо всего лишь захотеть — оторваться от земли, воспарить навстречу
самому себе.*

Эльчин Сафарли.