

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА), В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

***Аннотация.** В статье рассматриваются возможности использования данных, полученных с квадрокоптера DJI Phantom 4 для создания различных картографических произведений. На основе анализа возможностей обработки данных, полученных с помощью БПЛА, выявлены результаты, свидетельствующие об их применимости для крупномасштабного тематического картографирования.*

***Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат (БПЛА), фотограмметрия, цифровая модель местности (ЦММ).*

Развитие геоинформационных систем (ГИС) обусловило использование геопространственных данных в очень многих областях общественной деятельности. В настоящее время существуют множество специальных геоинформационных систем, предоставляющих возможность анализировать и совершать различные действия с геопространственными данными. При организации и ведении ГИС приоритетной задачей является обеспечение точности планового и высотного положения различных объектов, как природного, так и антропогенного происхождения подтверждение актуальности получаемой информации. Данные можно получать из разных источников, но для правильных и своевременных стратегических решений данные необходимо получать как можно быстрее и мобильнее. Данные, получаемые с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), имеют сверхвысокое пространственное разрешение и высокую оперативность. При этом необходимо отметить, что доступность БПЛА и возросшее качество цифровых камер привели к резкой активизации их использования для проведения различных географических исследований.

Для обработки данных, полученных с помощью БПЛА, существует множество различных программных средств. В России одной из наиболее популярных программ является фотограмметрический комплекс AgisoftMetashape, максимально раскрывающий возможности фотограмметрии и включающий в себя технологии машинного обучения для анализа и пост-обработки. Помимо этого, разработанного российскими программистами, продукта имеются и зарубежные аналоги — Pix4Dmapper, DroneDeploy, AutodeskReCap 360, IMAGINE Photogrammetry и ряд других.

Metashape дает возможность обрабатывать изображения, получаемые с помощью RGB- или мультиспектральных камер, включая мультикамерные

системы, преобразовывать снимки в плотные облака точек, в текстурированные полигональные модели, в геопривязанные ортофотопланы, в цифровые модели рельефа/местности (ЦМР/ЦММ). Дальнейшая постобработка позволяет удалять тени и искажения текстур с поверхности моделей, рассчитывать вегетационные индексы, составлять файлы предписаний для агротехнических мероприятий, автоматически классифицировать плотные облака точек и т.д.

Алгоритм обработки данных большинства подобных программ не отличается сильным разнообразием. Рассмотрим его на примере AgisoftMetashape.

Исходными данными являются фотографии с воздуха, как правило, представленные в формате JPG. Каждый аэрофотоснимок должен иметь данные о центрах фотографирования, то есть координаты. Чаще всего используется либо глобальная система координат (WGS84, ПЗ-90.11) или местная система координат (МСК).

Обработка проводится в полуавтоматическом режиме (за исключением привязки снимков к наземным маркам). На начальном этапе проводится выравнивание фотографий друг относительно друга. Далее необходимо выделить на снимках опорные точки (в случае их наличия) с указанием координат их центров. После этого рассчитывается классифицированное плотное облако точек, которое содержит в себе данные о точках, принадлежащих к различным классам, например, «поверхность», «средняя растительность», «низкая растительность», «шум» и т.д. Так, для построения цифровой модели рельефа необходим только набор точек класса «поверхность», прочие точки исключаются из выборки. В нашем случае остаются все классы точек.

Результатом обработки в программе AgisoftMetashape являются цифровая карт высот, текстурированная полигональная 3d-модель местности (рис. 1) и ортофотоплан с возможностью их дальнейшего экспорта в различные форматы ГИС и САПР (MapInfo, ArcGis, AutoCad, Credo и др.).

В географических исследованиях существует множество сфер применения для данных, получаемых с помощью беспилотных летательных аппаратов. В первую очередь, это фотографии и видео съемка. Не вызывает сомнений, что они способствуют качественному и быстрому проведению исследования тех или иных природных или антропогенных явлений. Например, в общественной географии это исследование транспортных потоков, селитебной и промышленной застройки населенных пунктов, выявление особенностей развития инфраструктуры. В биогеографических исследованиях — изучение почвенно-растительного покрова, проведение лесопаталогических и лесотаксационных исследований, в физической гео-

графии — изучение почвенной эрозии и проведение гидрологических изысканий. Кроме того, можно отметить проведение с помощью БПЛА кадастровых и картографо-геодезических работ. Многие из выше перечисленных видов работ проводятся и в Удмуртском государственном университете (УдГУ) с помощью БПЛА (DJI Phantom 4).



Рис. 1. Текстурированная цифровая модель местности

Варианты использования данных после обработки в фотограмметрических программах довольно многочисленны. Например, ортофотоплан может использоваться для межевания (рис. 2), инвентаризации и кадастровой оценки земельных участков, оценки эффективности использования земельных ресурсов, проектирования развития территорий, проектно-изыскательских работ, реконструкции и развития дорожных сетей, мониторинга состояния наземных и подземных коммуникаций (трубопроводов, ЛЭП и т. п.), мониторинга земель с целью охраны, экологического мониторинга границ и площадей земель, подверженных изменению, создания трехмерных моделей местности для ГИС.



Рис. 2. Кадастровый контроль границ земельных участков

Текстурированная полигональная 3d-модель местности может использоваться как самостоятельное картографическое произведение, так и в качестве основы для создания цифровых моделей рельефа (ЦМР) и цифровых моделей местности (рис. 3).

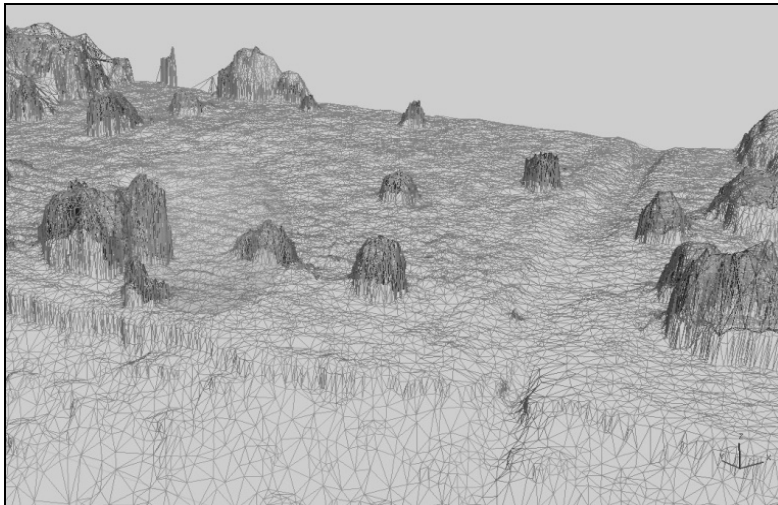


Рис. 3. Создание цифровой модель рельефа методом триангуляции

Проведение разновременных залетов позволяет с высокой точностью отслеживать динамику различных геолого-геоморфологических и гидрологических явлений без утомительных и трудозатратных наземных геодезических съемок. Использование БПЛА позволило нам получить фотоснимки и цифровые модели нескольких абразионных и оползневых участков на Воткинском водохранилище и р. Вятка. Данные модели позволяют производить полноценные измерения с высокой точностью, вплоть до расчета объема оползневой тела (рис. 4) или объема вынесенного грунта в результате эрозионных процессов.

В 2020 г. началась (и продолжается в настоящее время) масштабная реконструкция кампуса «Фертики» в Воткинском районе Удмуртии, имеющая своей целью создание междисциплинарного учебно-научного центра на основе базы проведения учебных практик института естественных наук Удмуртского университета. В ходе картографо-геодезического сопровождения строительных работ нами апробированы некоторые возможности данных, получаемых с помощью БПЛА. В частности, построена цифровая модель местности, позволяющая визуализировать в 3d-виде все строения на территории кампуса с полным соблюдением масштаба (рис. 5). Кроме того, идет регулярная актуализация изменений без выполнения дорогостоящих наземных топографо-геодезических работ.



Рис. 4. Фрагмент цифровой 3d-модель оползневой участка на р. Вятка



Рис. 5. Трехмерная визуализация цифровой модели местности

Возможности экспорта данных аэрофотосъемки в различные форматы позволяет использовать их в своих работах очень широкому кругу специалистов-географов. Например, формат GoogleKMZ позволяет добавлять ортофотопланы сразу на карты со спутниковыми снимками в сервисах Google, что позволяет проводить анализ изучаемых территорий на более высоком уровне.

Большие возможности использования БПЛА в географических исследованиях не вызывают сомнений. Теоретический и практический опыт использования данных с БПЛА позволяет предположить целесообразность использования высокодетальных данных дистанционного зондирования, полученных с помощью БПЛА, для целей крупномасштабного тематического картографирования. Возможность преобразования данных в различные форматы способствует широкому распространению результатов обработки аэрофотосъемки с БПЛА в рамках многих географических дисциплин.

Ivan I. Grigorev

Udmurt State University, Izhevsk

THE USE OF DATA OBTAINED BY UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAVS) IN GEOGRAPHICAL RESEARCH

***Annotation.** The article discusses the possibilities of using data obtained from the DJI Phantom 4 quadcopter to create various cartographic works. Based on the analysis of the data processing capabilities obtained with the help of UAVs, the results indicating their applicability for large-scale thematic mapping have been revealed.*

***Keywords:** unmanned aerial vehicle(UAV), photogrammetry, digital terrain model (DMM).*