

Автоматизированная аэрофотосъёмка с помощью программно-аппаратного комплекса «GeoScan-PhotoScan»

Иноземцев Д.П.,
менеджер проектов ООО «Геоскан» (г. Санкт-Петербург)

Введение

Аэрофотосъёмка как вид дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) — это наиболее производительный метод сбора пространственной информации, основа для создания топографических планов и карт, создания трёхмерных моделей рельефа и местности. Аэрофотосъёмка выполняется как с пилотируемых летательных аппаратов — самолётов, дирижаблей и аэростатов, так и с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Задача получения ортоскопического фотографического изображения определённого участка местности (ортофотоплан) и объёмной модели местности разделяется, как правило, на две задачи.

Первая задача — это планирование и выполнение фотографирования заданного участка местности с воздуха со строго оговоренными требованиями к размеру, качеству и взаимному расположению фотографий (рис. 1).

Вторая задача — это фотограмметрическая обработка массива фотографий и данных телеметрии с целью получения готовой продукции.

Готовой продукцией могут быть как ортофотопланы, так и трёхмерные модели местности — растровые и векторные, — созданные в определённых форматах распространённых программных средств.

Аэрофотосъёмка

Преимуществом БПЛА перед пилотируемыми воздушными судами является, прежде всего, стоимость производства работ, а также значительное уменьшение количества регламентных операций. Само отсутствие человека на борту самолёта значительно упро-

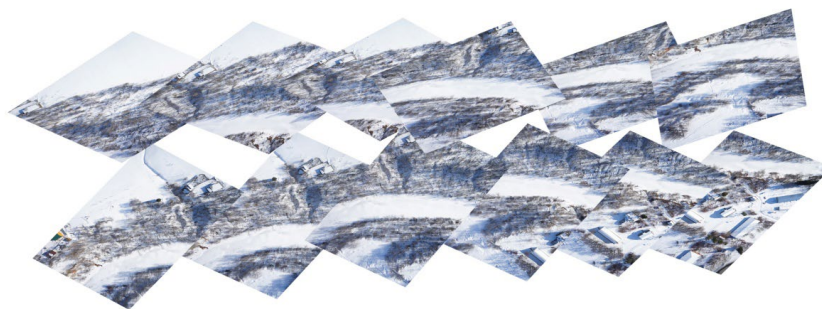
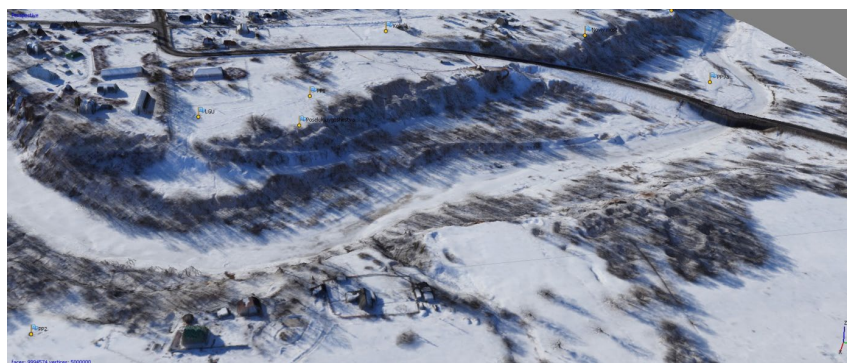


Рис. 1. Участок местности для фотографирования и получаемый набор снимков

щает подготовительные мероприятия для проведения аэрофотосъёмочных работ.

Во-первых, не нужен аэродром, даже самый примитивный. БПЛА запускаются или с руки, или с помощью специального взлётного устройства — катапульты.

Во-вторых, особенно при использовании электрической двигательной схемы, отсутствует необходимость в квалифицированной технической помощи в обслуживании летательного аппарата; не так сложны мероприятия по обеспечению безопасности на объекте работ.

В-третьих, отсутствует или намного увеличен межрегламентный период эксплуатации БПЛА по сравнению с пилотируемым воздушным судном. Данное обстоятельство имеет большое значение при производстве аэрофотосъёмки в удалённых районах нашей страны. Как правило, полевой сезон аэрофотосъёмочных работ короток, каждый погожий день необходимо использовать для производства съёмки.

Современный БПЛА — это не просто миниатюрная модель самолёта или вертолёта. Современный БПЛА — это совершенное техническое устройство, использующее все самые современные разработки в области микроэлектроники и программирования, химии полимеров и композитных материалов, навигационного и фотографического оборудования.

Корпуса БПЛА изготавливаются из лёгкого пластика, например углепластика или кевлара, чтобы защитить дорогостоящую фотоаппаратуру и средства управления и навигации. Крылья изготавливаются из пластика или экструдированного пенополистирола (ЕРР). Этот материал лёгок, достаточно прочен и не ломается при ударе. Деформированную деталь из ЕРР зачастую можно восстановить подручными средствами.

При посадке БПЛА на парашюте его корпус может выдержать несколько сотен полётов без ремонта. Текущий ремонт БПЛА, как правило, заключается в смене частей корпуса — крыльев, элементов фюзеляжа. Производители стараются удешевить части корпуса, подверженные износу, чтобы расходы пользователя на поддержание БПЛА в рабочем состоянии были минимальными.

На БПЛА может быть установлена бензиновая или электрическая силовая установка.

Бензиновый двигатель обеспечит намного более продолжительный полёт, т.к. в бензине, в расчёте на килограмм, запасено в 10–15 раз больше энергии, чем можно сохранить в самом лучшем аккумуляторе. С другой стороны, бензиновая силовая установка сложна и потому менее надёжна. Для подготовки бензинового БПЛА к старту нужно намного больше времени. БПЛА с бензиновым двигателем крайне сложно перевозить к месту работ на самолёте. Наконец, он требует от оператора высокой квалификации. Поэтому применение бензинового БПЛА имеет смысл только в тех случаях, когда необходима очень большая продол-

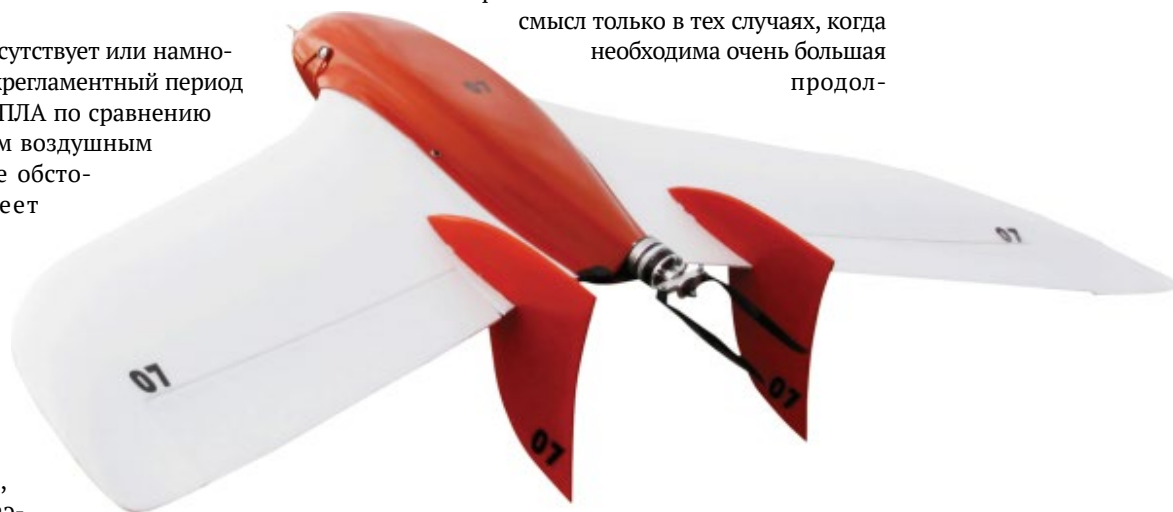


Рис. 2. БПЛА Geoscan 101 с электрическим двигателем

жительность полёта — для непрерывного мониторинга, для обследования особо удалённых объектов.

Электрическая двигательная установка, напротив, очень нетребовательна к уровню квалификации обслуживающего персонала (рис. 2). Современные аккумуляторные батареи могут обеспечить длительность непрерывного полёта до 4 часов и более. Обслуживание электрического двигателя совсем не сложно. В основном это только защита от влаги и грязи, а также проверка напряжения бортовой сети, что осуществляется с наземной системы управления. Зарядка аккумуляторов осуществляется от бортовой сети сопровождающего автомобиля или от автономного

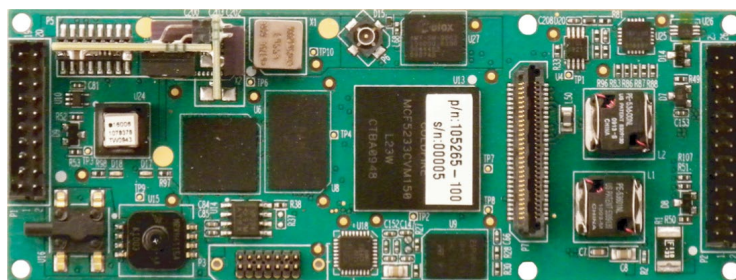


Рис. 3. Автопилот Micropilot



Рис. 4. Вид полётного задания на экране наземной системы управления БПЛА

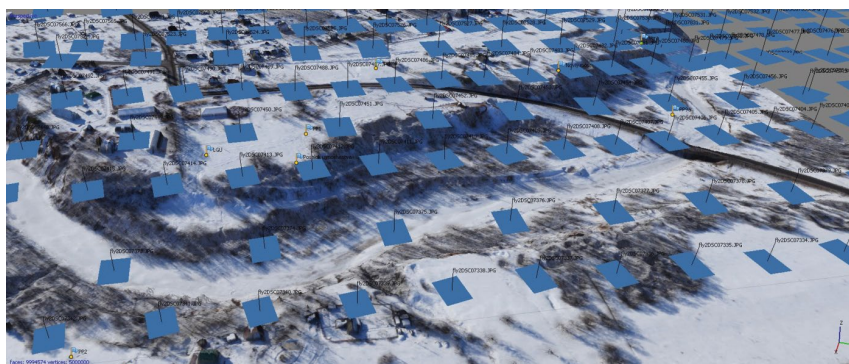


Рис. 5. Участок местности с изображением маршрутов выполненной аэрофотосъёмки. Синие прямоугольники — позиции аэрофотоснимков в процессе их получения в полёте

электрогенератора. Бесколлекторный электрический двигатель БПЛА практически не изнашивается.

Автопилот БПЛА весит всего 20–30 г. Но это очень сложное изделие (рис. 3). В автопилоте, кроме мощного процессора, установлено множество датчиков — трёхосевые гироскоп и акселерометр (а иногда и магнитометр), ГЛОНАСС/GPS-приёмник, датчик давления, датчик воздушной скорости. С этими приборами БПЛА сможет летать строго по заданному курсу.

В БПЛА имеется радиомодем для загрузки полётного радиомодема, а также для передачи в наземную систему управления телеметрических данных о полёте и текущем местоположении на участке работ.

Наземная система управления (НСУ) — это планшетный компьютер или ноутбук, оснащённый модемом для связи с БПЛА. Главное в НСУ — программное обеспечение для планирования полётного задания и отображения хода его выполнения (рис. 4).

Как правило, полётное задание составляется автоматически, по задан-

ному контуру площадного объекта или узловым точкам линейного объекта. Кроме того, существует возможность проектирования полётных маршрутов исходя из необходимой высоты полёта и требуемого разрешения фотоснимков на местности. Для автоматического поддержания заданной высоты полёта есть возможность учитывать в полётном задании цифровую модель местности в распространённых форматах.

Во время полёта на картографической подложке монитора НСУ отображается положение БПЛА и контуры снимаемых фотографий (рис. 5). Оператор имеет возможность во время выполнения полёта оперативно перенацелить БПЛА на другой район посадки и даже оперативно посадить БПЛА с «красной» кнопки НСУ. По команде с НСУ могут быть запланированы и другие вспомогательные операции, например выброс парашюта.

Кроме обеспечения навигации и управления полётом автопилот должен управлять фотоаппаратом для создания снимков с заданным меж-

кадровым интервалом (как только БПЛА пролетит заданное расстояние от предыдущего центра фотографирования). Если заранее рассчитанный интервал между соседними снимками не выдерживается стабильно, приходится настраивать время срабатывания затвора с таким расчётом, чтобы даже при попутном ветре продольное перекрытие было достаточным.

Автопилот должен регистрировать координаты центров фотографирования, регистрируемые геодезическим спутниковым приёмником ГЛОНАСС/GPS, чтобы программа автоматической обработки снимков смогла быстро построить модель и привязать её к местности (рис. 6). Требуемая точность определения координат центров фотографирования зависит от технического задания к выполнению аэрофотосъёмочных работ (рис. 7).

Аэрофотосъёмочное оборудование на БПЛА устанавливается в зависимости от класса БПЛА и цели его использования. На микро- и мини-БПЛА устанавливаются компактные цифровые фотокамеры, комплекту-

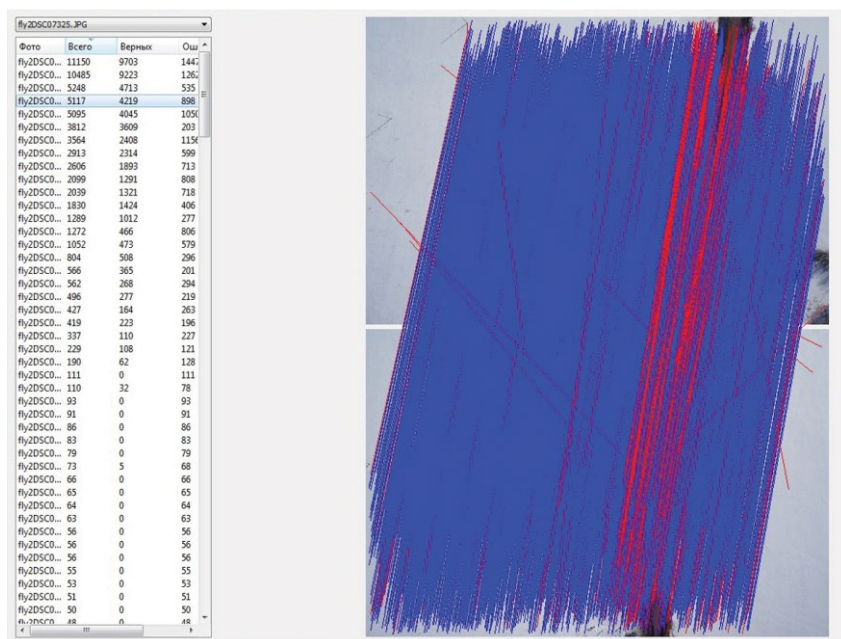


Рис. 8. Отчёт о поиске соответствующих пар точек для одного аэрофотоснимка в программе Agisoft PhotoScan

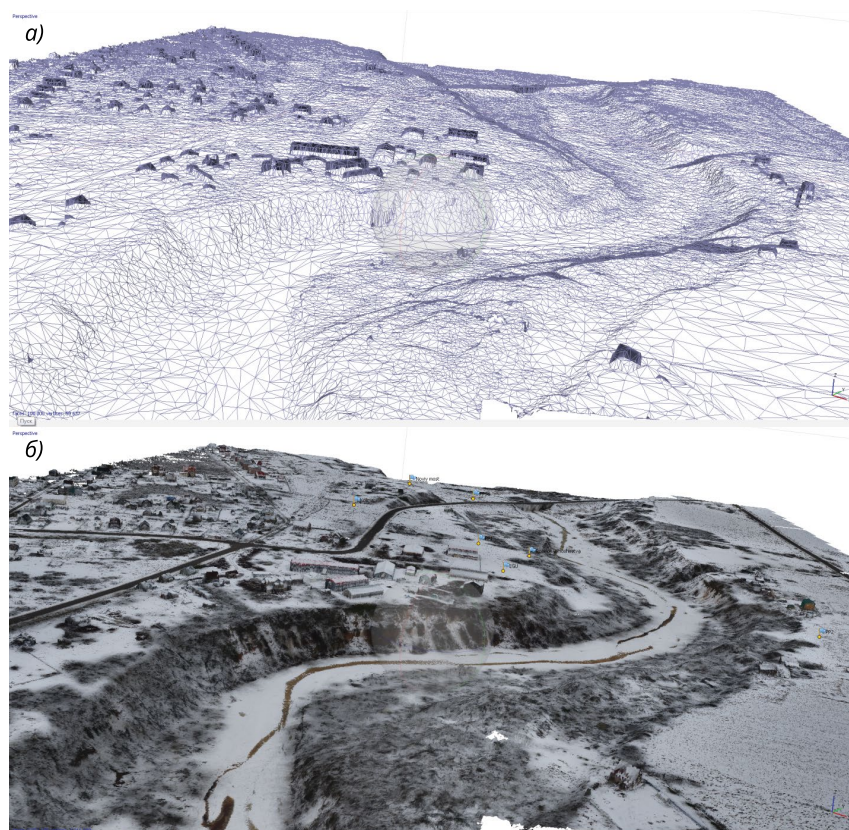


Рис. 9. Примеры итоговых 3D-моделей в форматах: а) TIN и б) 3D PhotoScan

пикселе. Применение коротко-, средне-, и длиннофокусных фотообъективов определяется характером получаемых готовых материалов: будь это модель рельефа или ортофотоплан. Все расчёты производятся так же, как и в «большой» аэрофотосъёмке.

Применение двухчастотной двухсистемной ГЛОНАСС/GPS спутниковой геодезической системы для определения координат центров снимков позволяет в процессе постобработки получить координаты центров фотографирования с точностью до 5 см.

При фотографировании метка времени, которая соответствует открытию фотозатвора, записывается в память геодезического приёмника. В процессе постобработки происходит определение координат центров фотографирования (КЦФ) с оценкой точности вычислений.

Выпуск готовой продукции

Полученный в результате выполнения аэрофотосъёмочного задания массив данных подлежит фотограмметрической обработке с помощью автоматизированного программного обеспечения. Большое число небольших по размерам фотографий в проекте ставят перед программой обработки сложную задачу по определению элементов взаимного ориентирования снимков в проекте (рис. 8).

Программа Agisoft PhotoScan использует на входе цифровые растровые изображения, координаты центров фотографирования, материалы калибровки оптических систем фотоаппаратов, координаты опорных точек на местности, контрольные линейные измерения на объекте съёмки. В результате обработки материалов фотосъёмки могут быть получены:

- трёхмерные модели местности в TIN и DEM форматах (рис. 9а);
- трёхмерные модели местности с текстурой из исходных фотоизображений (рис. 9б);
- трёхмерные модели местности в виде облаков точек;
- ортофотопланы заданного пользователем разрешения в пользовательских границах и нарезке (рис. 10).

В качестве исходных данных программное средство Agisoft PhotoScan использует:

- растровые фотографии в форматах: JPEG, TIFF, PNG, BMP, PPM, CR2, MPO;



Рис. 10. Пример получаемого ортофотоплана дорожной развязки

■ координаты центров фотографирования и опорных точек в формате TXT, CSV.

В программе Agisoft PhotoScan нет ограничений на величину фотографий и число одновременно обрабатываемых изображений. Соотношение «размер фотографий/число фотографий в блоке» определяется опытным путём, в зависимости от мощности вычислительной системы.

Координаты центров фотографирования и опорных точек могут быть представлены в любой из представленных в программе глобальных и зональных систем координат и картографических проекций. Также данные могут быть представлены в пользовательской прямоугольной системе координат.

Точность определения координат центров фотографирования и опорных пунктов напрямую влияет на точность построения модели. Соотношение точности координат центров снимков с точностью координат опорных точек (которые почти всегда определяются разными способами) регулируется весовыми коэффициентами.

Наряду с наличием процедуры калибровки оптической системы фотокамеры программными средствами существует возможность применения данных калибровки, выполненной в лабораторных условиях.

Во время получения параметров взаимного ориентирования определяется наличие одинаковых точек на всех снимках, каким-то образом пересекающихся друг с другом. Количество соответствующих точек на одном снимке предварительно ограничивается, но не бывает меньше нескольких тысяч.

В результате обработки материалов аэрофотосъёмки могут быть получены следующие виды данных:

■ облака точек в форматах: Wavefront OBJ, Stanford PLY, XYZ Point Cloud, ASPRS LAS;

■ 3D-модели в форматах: Wavefront OBJ, 3DS models, VRML, Stanford PLY, Autodesk DXF, COLLADA, U3D, Adobe PDF;

■ ортофотопланы в форматах: JPEG, PNG, TIFF, GeoTIFF, мозаика в формате Google Earth KML;

■ матрица высот в форматах: GeoTIFF, Arc/Info ASCII Grid (ASC), Band interleaved file format (BIL).

Заключение

Можно говорить о том, что за последние 3–5 лет появилась доступная альтернатива получения качественных ортофотопланов и трёхмерных моделей местности в связи с развитием микроэлектроники и применением новых материалов в конструкции БПЛА.

Появилась реализация новых алгоритмов обработки фотоизображений — программа Agisoft PhotoScan, которая позволила автоматизировать традиционно трудоёмкие фотограмметрические процессы.

Ключевыми преимуществами БПЛА является невысокая стоимость (в сравнении с применением пилотируемой техники) и оперативность организации полётов.

Итоговые материалы фотограмметрической обработки данных аэрофотосъёмки, полученных с БПЛА, традиционно востребованы при проектировании объектов строительства, создании ГИС управления территориями, для моделирования условий окружающей среды. А регулярная повторная съёмка позволяет проводить мониторинг объектов, контролировать объёмы работ, вовремя выявлять процессы разрушения и т.д. ■