

УДК 528.7

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АЭРОФОТОСЪЁМКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ

Потапов М. А., главный инженер ООО «СГП-АДК»,
научный сотрудник кафедры МДиГ Горного института
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва
г. Кемерово

Научные руководители: Михайлова Т. В., к.т.н., доцент,
заведующий кафедрой МДиГ Горного института,
Изместьев А. Г., старший преподаватель кафедры МДиГ Горного института
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачёва
г. Кемерово

Отставание процесса разработки нормативных требований к современной цифровой аэрофотосъёмке наряду с приближением беспилотных летательных аппаратов по производительности к пилотируемой авиации вызывает необходимость каждой компании, профессионально занимающейся авиационными работами, самостоятельно разрабатывать правила работы и стандарты качества исходных данных.

В 2019 году компания ООО «СГП-АДК» приобрела беспилотный авиационный комплекс (БАК) на базе гражданской версии беспилотного летательного аппарата (БПЛА) «Орлан-10» – «Лунь-20». В его состав входит сам БПЛА, пусковая установка, система связи и управления. Съёмка ведётся двумя цифровыми фотоаппаратами Sony RX1RMII (42 Мп) и PhaseOne RS1000 (100 Мп). Одновременно может быть установлен только 1 фотоаппарат. Для получения координат центров фотографирования (КЦФ) дополнительно установлен трёхсистемный ГНСС-модуль Javad.

За 2019 год было выполнено более 20 пусков для съёмки в масштабе 1:2000 объектов и территорий действующих и проектируемых горнодобывающих предприятий Кузбасса и республики Хакасия. Площадь съёмки составила более 450 км².

По окончании лётного сезона и камерального периода были выявлены следующие недостатки приобретённого БАК:

1. Большая поперечная парусность борта позволяет даже ветру скоростью в 1 м/с поворачивать нос воздушного судна на значительную величину, что в купе с отсутствием системы компенсации рысканья приводит к значительной непараллельности базиса фотографирования стороне аэрофотоснимка (так называемой «ёлочке»).
2. Рассинхронизация работы затвора фотоаппарата и бортовой ГНСС-системы, т.е. метка события в данных измерений с приёмника не

совпадает со срабатыванием затвора. Причём ошибка эта несистематическая и её устранением в настоящее время занимается изготовитель БАК «Лунь-20» – компания ООО «СТЦ» (г. Санкт-Петербург).

3. Отсутствие в комплекте БАК качественной инерциальной системы отсчёта (IMU), позволяющей с высокой точностью фиксировать эволюции борта во время съёмки. Здесь ограничивающим фактором является вес подобных систем, значительно превышающей массу полезной нагрузки БПЛА. В связи с чем, остаётся ждать развития технологий по миниатюризации инерциальных систем.

Первый вышеуказанный недостаток при использовании беспилотного авиационного комплекса «Лунь-20» приводит к необходимости увеличивать как продольное, так и поперечное перекрытие во избежание разрывов между снимками и повышения вероятности построения триплетов при фотограмметрической обработке результатов съёмки, а второй – не даёт возможности значительно сократить число опорных точек (опознаков) на земной поверхности.

Для определения опознаков оптимально использовать спутниковый метод определения координат согласно [1]. Причём для создания пунктов опорной сети, коими являются опознаки, допустимо применять только сетевой метод, требующий не менее 3-х измерений (базовых линий) для каждого элемента сети. Соблюдение этого требования даёт гарантированную точность определения координат опознаков.

В обоих случаях это приводит к увеличению продолжительности сроков полевых работ, к увеличению числа снимков на каждый участок съёмки и, следовательно, увеличивает время и вероятность ошибок при камеральной обработке результатов съёмки. А при меньшем количестве измерений снижается вероятность ошибки.

Таким образом, с учетом вышеизложенного, при проведении полётов было предусмотрено увеличение продольного перекрытия снимков со стандартных 60 % до 70 %, а поперечное – с 30 % до 40 %. Также из-за больших средних квадратических ошибок КЦФ, достигающих 0,8 - 1,0 м, было сохранено правило расстановки опознаков – каждые 5 базисов фотографирования в соседних маршрутах, а сами КЦФ использовались только для накидного монтажа и первоначального приближения в среде PHOTOMOD 6.5.

В компании ООО «СПП-АДК» в качестве программного обеспечения (ПО) для фотограмметрической обработки цифровой аэрофотосъёмки с 2012 года используется только PHOTOMOD, начиная с версии 5.3. Данный программный комплекс в большей мере соответствует требованиям «Инструкции по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов» [2].

Альтернативным и широко используемым в России, благодаря в том числе успешной маркетинговой политике, является программное обеспечение от компании Agisoft.

Несколько слов о работе Agisoft в среде Metashape (бывший PHOTOSCAN). По моему мнению, данное ПО позволяет обрабатывать съемку только небольших участков местности, т.к. требует большого продольного и поперечного перекрытия (80 на 80 %), густой сети опорных точек (10 шт. на 1 км²), что видимо обусловлено алгоритмом уравнивания, основанном только на использовании КЦФ и приближённых методов. При этом, для повышения качества КЦФ используются дополнительные (излишние) опознаки. При обработке съемки все опознаки необходимо принимать контрольными, предварительно откорректировав (внеся поправки) по ним КЦФ. Если экстраполировать данный метод на площади съемки 25-80 км², которые требуются для работы горнодобывающего производства открытым способом, то число опознаков достигает порядка тысячи, а количество снимков – 5-6 тысяч штук.

Необходимо сказать, что работа среды Metashape проходит в оперативной памяти, и таким образом её количество должно быть сравнимо с объёмом стандартного системного жёсткого диска SSD в 250 Гб. Поэтому применять среду Metashape целесообразно при обработке результатов съемки локальных участков местности (склад готовой продукции, строительная площадка и т.д.).

В свою очередь работа среды PHOTOMOD основана на точных фотограмметрических методах и использовании максимального числа ядер процессора. Компанией-разработчиком на сервисе GeoCloud [3] представлена возможность аренды серверов с числом ядер до одной сотни, что позволяет обрабатывать значительные площади съемок в короткое время без крупных капитальных вложений компании в аппаратные средства.

К сожалению, на момент подготовки настоящего материала, ООО «СГП-АДК» не удалось выполнить полёт, подходящий под требования Agisoft Metashape к перекрытиям. В сезоне 2020 года планируется выполнить несколько тренировочных полётов с различными параметрами фотографирования и сравнить результаты обработки в различных программных продуктах.

Кроме того, открытым остаётся вопрос подбора размера пикселя на местности (GSD) для каждого масштаба съемки. С точки зрения надёжной дешифрируемости объектов местности минимально необходимое число пикселей должно быть не менее 5-ти [4], а с другой стороны, чем меньше размер пикселя, тем выше качество создаваемого по результатам съемки плана. Поэтому необходимо нормативно закрепить соотношения GSD и масштаба создаваемого плана, как, в своё время, было установлено требование к аналоговым снимкам – знаменатель масштаба создаваемого плана не должен быть более чем в 4 раза меньше, чем знаменатель масштаба выполненной съёмки.

По результатам опыта выполнения цифровой аэрофотосъемки с применением различных носителей с 2012 года и самостоятельных авиационных работ с собственным беспилотным летательным аппаратом можно рекомендовать следующее:

1. При отсутствии координат центров фотографирования по точности сопоставимых с опознаками, число последних должно быть не менее 1 шт. на 1 км² для получения высококачественных цифровых моде-

лей рельефа и не менее 1 шт. на 5 км² для получения ортофотопланов масштаба 1:2000.

2. При обработке результатов съёмки небольших территорий местности допустимо использовать программное обеспечение, основанное на приближённых фотограмметрических методах (Agisoft Metashape, Pix4D и т.п.). Тогда как для больших по площади участков съёмки целесообразно применять для обработки результатов программное обеспечение, использующее в своей основе точные математические и физические модели (Photomod, INFO и т.д.).
3. Во взаимной зависимости находится применяемая для съёмки авиационная система (камера + БПЛА + бортовая ГНСС), в части выбора числа опознаков, перекрытия снимков и размера пикселя на местности, и используемое в последующем для обработки результатов съёмки программное обеспечение.
4. Результаты съёмки, выполненной с использованием БПЛА, в обязательном порядке, до разработки нормативных требований по выполнению цифровой АФС с применением БПЛА, должны быть подтверждены полевым контролем с использованием геодезических приборов, внесенных в Государственный реестр средств измерений.
5. Ориентировочно для выбора размера пикселя на местности (GSD) может быть использована следующая формула

$$GSD = M / 200,$$

где M – знаменатель масштаба создаваемого плана.

Список литературы:

1. ГКНИП 02-262-02 Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS от 01.03.2002 [Электронный ресурс]. // Электронный фонд правовой и технической информации - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200030413>
2. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02 Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов от 01.08.2002 №303 [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и технической информации. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200037140>
3. <https://www.geocloud.work/>
4. Аникеева И.А., Обоснование допустимых размеров пикселя на местности и параметров сжатия аэро- и космических изображений, получаемых для целей картографирования [Электронный ресурс] // Материалы международной выставки и научного конгресса «Интерэкспо Гео-Сибирь 2019». - Режим доступа: <https://goo-gl.su/9GWILX8>