

- / А.В. Рыбаков, С.А. Евдокимов, Г.А. Мелешина – М.: СТАНКИН, 2001. – 162 с.
4. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении [Текст] / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, А.Ф. Прохоров и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
 5. Потемкина, О. Внедрение САПР: кадры решают все! [Текст] / О. Потемкина // САПР и графика. – 2000. – №9.
 6. Topomatic Robur. URL: [http:// www.topomatic.ru](http://www.topomatic.ru).
 7. Курилко Ю., Чешева В. GeoniCS ЖЕЛ-ДОР – САПР для проектирования железных дорог [Текст] / Ю. Курилко, В. Чешева // CADmaster. – 2007. – № 1(36).
 8. Бучкин, В. Программные разработки компании Real Geo Project [Текст] / В. Бучкин // САПР и графика. – 2008. – № 9.
 9. Струченков, В.И. Методы оптимизации в прикладных задачах [Текст] / В.И. Струченков – М.: СолонПресс, 2009. – 220 с.
 10. Нефёдов, П.П. Современный способ решения задачи распределения земельных масс [Текст] / П.П. Нефёдов., А.Е. Лопухов // Транспортное строительство. – 1964. – № 4.

УДК 654.94

Криворучко Т.А., Троценко Л.В., Наливайко Т.Т., Криворучко Р.В.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ПРИМЕНЕНИЕ БЮДЖЕТНОГО БЕСПИЛОТНОГО АППАРАТА ДЛЯ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Настоящее время характеризуется широчайшим внедрением новейших компьютерных технологий в различные отрасли техники.

Отметим, что применение беспилотных летательных аппаратов рассматривали ранее для аэросъемки небольших по протяженности площадных и линейных объектов [2,7]. Много публикаций связано с проблемными вопросами применения беспилотных моделей в аэрофотосъемке для картографирования [3-5].

Темой статьи является применения бюджетного беспилотного летательного аппарата Quadcopter DJI Phantom 2+ Zenmuse H3-3D с камерой GoPro в геодезии.

Экспериментальные полеты осуществлялись указанным квадрокоптером Quadcopter DJI Phantom 2+ Zenmuse H3-3D. Рассмотрим его технические параметры [1]. Аэросъемка осуществляется при помощи камеры GoPro. Для обеспечения стабилизации квадрокоптер Phantom 2 оснащен трехосевой системой стабилизации Zenmuse H3-3D. Камера стабилизируется подвесом Zenmuse H3-3D. Он прост в эксплуатации и удобен при установке.

Система оснащена высокоточными датчиками положения камеры, их показания используются при обработке материалов съемки. Бесщеточные приводы обеспечивают благоприятные условия работы электронного оборудования и передачи данных.

Общий вид квадрокоптера Quadcopter DJI Phantom 2+ Zenmuse H3-3D приведен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид квадрокоптера Quadcopter DJI Phantom 2+ Zenmuse H3-3D

Объектом съемки явился участок в районе усадьбы Александрино, в которой в настоящее время размещена детская художественная школа, рис. 2.

Фотограмметрическая обработка материалов съемки выполнена при помощи программы «Agisoft Photo Scan» 1.1.3 build 2018 (32 бит), а план составлялся в среде «Geonics 2007» на базе ACAD 2007.

Маршрут съемки обеспечивался вручную без применения специального программного обеспечения. Съемка выполнялась в ручном режиме.



Рис. 2. Участок съемки

Залет квадрокоптера состоял из большого количества снимков, из них пригодных для обработки выбрано 105. Масштабирование полученной в процессе обработки предварительной модели участка осуществлялось по снимку Google Earth, рис. 3.

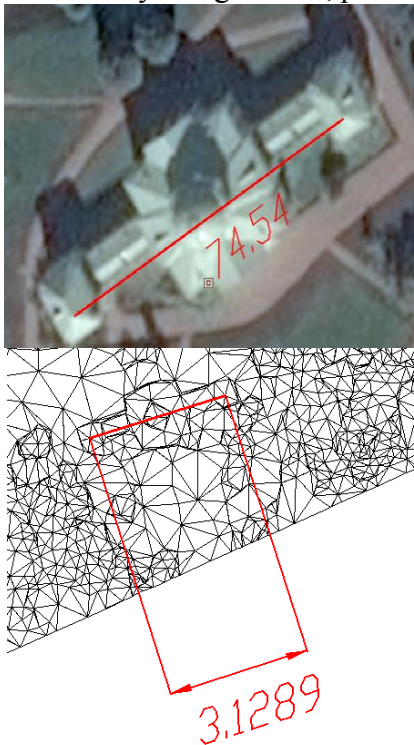


Рис. 3. Предварительное масштабирование модели

При анализе отметок точек были обнаружены систематические погрешности их определения. Для выяснения причин этих погрешностей модель была развернута по осям на 90° , рис. 4. Причина, очевидна – гироскопы не были оттарированы. На этом же рисунке видно, что практически полностью в фотографиях отсутствуют шумы.

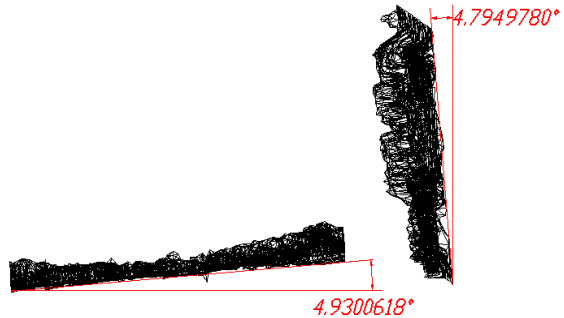


Рис. 4. Влияние первичных установок гироскопа.

Окончательное масштабирование выполнялось по опорным точкам Google Earth.

Одним из важнейших параметров съемки является разрешающая способность снимков. Она оценивалась по размеру пикселя, рис. 5.



Рис. 5. Разрешающая возможность снимков

На 70мм расстоянии (приблизительное расстояние между глаз пилота) пришлось 20 пикселей. Следовательно, разрешающая способность съемки составила 3.5мм. Введя коэффициент 3 можно с уверенностью констатировать, что точность съемки БПА составит 1 см на пиксель.

Для сокращения времени вычислений в окончательную обработку были включены только 10 снимков.

Схема маршрута БПА и площади перекрытий показаны на рис. 6.

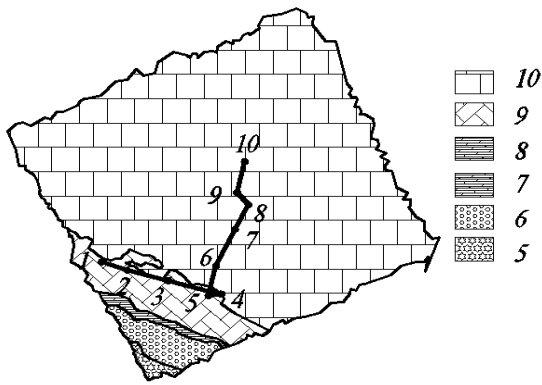


Рис. 6. Схема границ кадров

На космических снимках GoogleEarth были выбраны опорные точки и определены их отметки. Схема опорных точек приведена на рис.7.



Рис. 7. Схема опорных точек

Была принята система отсчета WGS 84 (EPSG::4326) с последующим пересчетом в прямоугольную систему WGS 84/UTM zone 36N (EPSG::32636).

Координаты опорных точек приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Координаты опорных точек

№ точки	Координаты, м			Погрешность*, м
	X	Y	Z	
A	6637427.82	344287.46	13.5	0.38
B	6637411.20	344253.97	13.0	0.54
C	6637459.25	344235.42	12.0	0.30
D	6637491.47	344285.92	12.0	0.08
E	6637432.75	344256.35	29.0	0.29
Общая погрешность, м				0,35

Как уже отмечалось, фотограмметрическая обработка выполнялась программой AgisoftPhotoScan. Так как программа имеет достаточно подробное описание[2], то остановимся только на сложных моментах.

Работы начинаются с загрузки фотографий. Следующий этап - выравнивание фотографий. Мы сталкиваемся с первой проблемой-ввода опорных точек. Опорные точки можно ввести до процесса выравнивания непосредственно на каждый снимок, рис. 8.

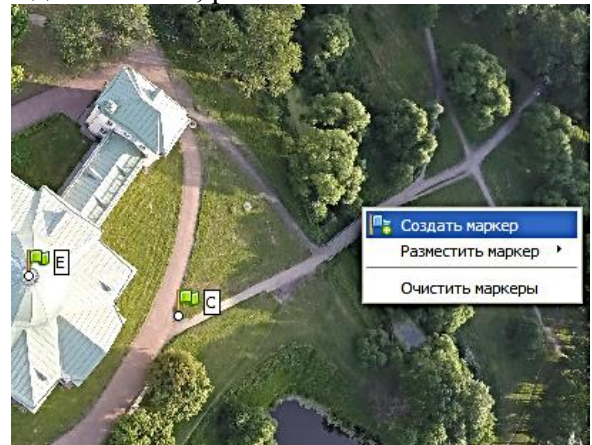


Рис. 8. Размещение опорных точек

Наличие опорных точек упростит выравнивание снимков. Если снимков достаточно много, то вводить опорные точки на каждый снимок достаточно сложно. В этом случае процесс обработки продолжается до создания модели. Опорные точки вводятся непосредственно в модель и автоматически переносятся на каждый снимок. Рекомендуется просмотреть все снимки и проверить положение опорных точек. При необходимости их положение корректируется. Тогда процесс выравнивания снимков рекомендуется повторить. После ввода опорных точек устанавливается система координат. На панель «Маркеры» вводятся координаты этих точек. В колонке «Ошибка» будет выведена погрешность каждой опорной точки и общая погрешность. Включаем режим «Обновление» и «Уточнение положения камер». Если полученные погрешности превышают установленные допуски (для масштаба 1:500 это порядка 0.3м), то нео-

БУДІВНИЦТВО

бходимо более тщательно разместить опорные точки и повторить процесс выравнивания камер.

На разреженном поле точек выделяется зона съемки и корректируется размер рабочей области.

Теперь можно строить плотное облако точек и модель. При построении модели возникает проблема деревьев и кустарников, нарушающих естественную форму рельефа. Эта проблема может решаться следующими способами:

- 1) введением соответствующих фильтров в программе «Agisoft Photo Scan» [6];
- 2) удаление деревьев со снимков при помощи программы «FotoShop»;
- 3) корректировка модели в программе ACAD;
- 4) корректировка файла рабочих точек (пикетов) и удаление пикетов, отметки которых выходят за диапазон отметок поверхности земли.

На рис. 9 показаны результаты отдельных этапов обработки.

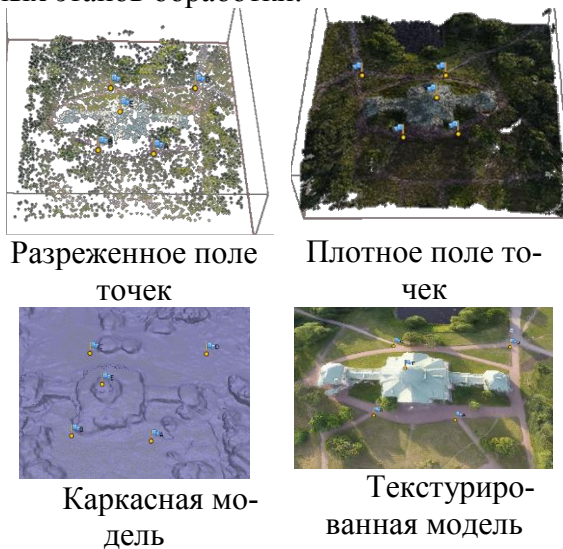


Рис. 9. Результаты обработки снимков программой «Agisoft Photo Scan»

Этап обработки снимков в программе «Agisoft Photo Scan» завершается сохранением проекта, модели и ортофотографии участка съемки. Модель лучше всего сохранять в формате DXF 3DFace.

Для облегчения обработки рекомендуется модель упростить, доведя размер сторон треугольников до 10-20м. («Agisoft Photo Scan» меню «Инструменты» пункт «Упростить модель».)

Дальнейшая обработка снимков осуществлялась программой «Geonics 2007».

Устранение влияния крон деревьев осуществлено путем ручной установки пикетных точек. По этим точкам были проведены горизонталы, рис. 10.

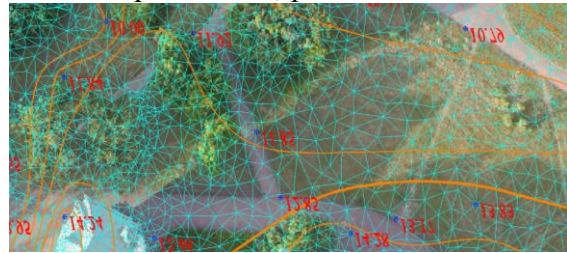


Рис. 10. Учет растительности установкой пикетных точек вручную

Контурный план строился по ортоизображению. На рис. 11 показан фрагмент топографического плана, построенного по материалам аэрофотосъемки, выполненной БПА.

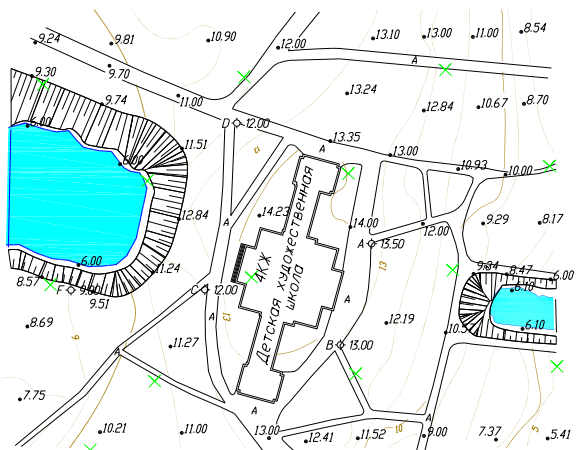


Рис. 11. Фрагмент топографического плана, выполненного БПА

Выводы

1. Анализ снимков выполненных квадрокоптером Quadcopter DJI Phantom 2+ Zenmuse H3-3D с камерой GoPro показал их высокое качество. Разрешающая способность съемки составила 1см при полном отсутствии шумов.

2. Программа «Agisoft Photo Scan» хорошо обрабатывала даже снимки, имеющие значительный наклон (более 3°). При этом обнаружены значительные сферические искажения изображения. Это связано с малым фокусным расстоянием и панорамным режимом съемки.

3. Использование снимков Google Earth для определения опорных координат дало положительные результаты. Даже

при низком качестве космических снимков получена относительно высокая точность опорной сети- до 0.5м.

4. Следует отметить, что используемый для съемки квадрокоптер не имел режима полета по заданному маршруту и съемка выполнялась в ручном режиме. Этот недостаток может быть устранен путем доработки программного обеспечения.

5. В целом, пробная аэрофотосъемка и последующая обработка дали положительный результат, который будет использован при дальнейших исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Характеристика квадрокоптера Quadcopter DJI Phantom 2[Электронный ресурс]. – Режим доступа: kvadrokoptery.com.
2. Глотов В. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів / В. Глотов, А. Гуніна // Сучасні досягнення геодезичної

- науки та виробництва. – 14. – № 28. – С. 65–70.
3. Сечин А. Ю. Беспилотный летательный аппарат: Применение в целях аэрофотосъемки для картографирования / Сечин А. Ю., Дранин М. АС. // Ракурс. – 2011.
4. Скубиев С. И. Использование беспилотных летательных аппаратов для целей картографии // Тезисы X юбилейной междунар. науч.-техн. конф. «От снимка к карте: цифровые фотограмметрические технологии». Гаета, Италия, 2010.
5. Проценко М. М. Аналіз методів цифрової обробки відеозображень апаратурою безпілотного літального апарата / Проценко М. М. // Вісник ЖДТУ. – № 3. – Т. 1. – С. 67–72.
6. Professional Agisoft Photo Scan: Edition. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: agisoft.com
7. Куліковська О. Є. Аналіз новітніх технологій у фіксуванні дорожньо-транспортних пригод у Криворізькому регіоні / О. Є. Куліковська, Ю. Ю. Атаманенко // Вісник Криворізького національного університету. – 2014. – № 37. – С. 172–177.

УДК 628.97

Леонов В.П.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА РІЗНИХ ПРИНЦИПІВ ДІЇ

Вступ. Економія електроенергії залишається однією з актуальних проблем для народного господарства України. Нещодавно створені енергоефективні джерела світла дозволяють у декілька разів зменшити споживання електроенергії для освітлення. В той же час населення нашої країни, та й значна доля інженерного складу ще недостатньо усвідомлено сприймає ситуацію в цій галузі, бо має небагато інформації про можливості та економічну доцільність використання новітніх джерел світла. Тут впливає недостатня роз'яснювальна робота, а скоріше повна її відсутність, та мізерна реклама у засобах масової інформації.

Енергозберігаючі лампи завжди були дорожче традиційних ламп розжарювання, тому що їх виробництво технологічно складніше: компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ) мають вбудований електронний пускач, а у напівпровідникових джерел світла більш складна технологія виробництва. Та по ефективності ці джерела світла значно перевершують показники звичайної лампи розжарювання і швидко окупаються за рахунок економії енергії й довшого часу роботи.

Останні дослідження і публікації. Питання дослідження енергоефективності різних джерел світла в літературі частково висвітлено [1-3], та все ж воно потребує подальшого вивчення. Енергетичну ефек-