

УДК 528.7

ОПЫТ СОЗДАНИЯ ОРТОФОТОПЛАНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ НА ЛИНЕЙНЫЙ ОБЪЕКТ

CREATION EXPERIENCE ORTOPHOTOPLANS WITH USE OF THE DATA OF AIR LASER SCANNING ON LINEAR OBJECT



Варварина Е.А. / Varvarina E.A.

Аспирант кафедры аэрофотогеодезии Государственного Университета по Землеустройству, ведущий специалист отдела развития ОАО «ОПИИ» / Post-graduate student to chair airphoto-geodesy State University Of Land Use Planning, The leading expert of department of development OPIN.

e-mail: varvarinakatya@rambler.ru

Аннотация. В данной работе рассмотрен и подробно описан опыт создания ортофотоплана с использованием цифровой аэрофотосъемки, данных воздушного лазерного сканирования и определения координат центров фотографирования на линейный объект. Так же произведена оценка точности.

Ключевые слова: Фотограмметрия, Ортофотоплан, ортофототрансформирование, фототриангуляция, координаты центров фотографирования, планово-высотная привязка, внешнее ориентирование фотограмметрической модели, воздушное лазерное сканирование, оценка точ-

ности ортофототрансформирования, линейные объекты.

Abstract. In the given work creation experience orthophotoplan with use digital airphotosurvey, the data of air laser scanning and definition of coordinates of the centers of photographing on linear object is considered and in detail described. As the accuracy estimation is made.

Keywords: Photogrammetry, orthophotomaps orthorectification, secondary control, the use of coordinates of the centers photography, horizontal and vertical tie-in, external orientation of photogrammetric models, airborne laser scanning, orthorectification accuracy assessment, linear objects.

В настоящее время воздушное лазерное сканирование прочно вошло в повседневную практику. Имея ряд практических технологических преимуществ, воздушное лазерное сканирование широко используется в топографо-геодезических, инженерно-изыскательских, землестроительных и экологических работах, например, с большим успехом методы воздушного лазерного сканирования (воздушной лазерной локации) применяются для создания цифровых моделей рельефа местности и насыщенных городских ландшафтов, таксации леса, про-

гнозирования зон затопления, мониторинга береговой линии, мониторинга газо-, нефтепроводов, мониторинга линий электропередач и многого другого.

Возможности технологии воздушного лазерного сканирования особенно в tandem с традиционными аэрофотосъемочными и фотограмметрическими методами весьма эффективны и могут представлять альтернативу классическому фотограмметрическому (методу создания и обновления топографических карт и планов всего масштаба ряда. Съемка линейных объектов

является классическим приложением технологии воздушного лазерного сканирования – примерно четверть всех воздушных лазерных сканеров в мире используется именно для этой цели. Такие работы активно ведутся и в нашей стране.

В данной работе рассмотрен опыт создания ортофотопланов на линейный объект с применением метода воздушного лазерного сканирования и цифровой аэрофотосъемки.

Аэрофотосъемочные работы были выполнены следующим образом: на борт летательного аппарата были установлены:

Широкоформатная цифровая аэросъемочная камера Vexcel UltraCam D (формат кадра 17310x11310 пикселей), разрешение на местности (GSD) составило 8.6 см, высота фотографирования- 1000 м, кроме того на борт летательного аппарата был установлен аэросъемочный лазерно-локационный комплекс ALTM 3100 (его технические характеристики приведены ниже в таблице 1), так же использовался для наземной поддержки двухчастотный GPS/GLONASS приемник Hi-Target V9-S (Точность в плане: 2.5 мм+ 1мм/км, Точность по высоте: 5 мм+ 1мм/км).

Таблица 1.

Технические характеристики аэросъемочного лазерно-локационного комплекса ALTM 3100

Количество регистрируемых отражений лазерного импульса	до 4 измерений дальностей по каждому импульсу, включая последнее отражение
Регистрация интенсивности	Динамический диапазон 12 bit для каждого измерения
Частота сканирования	70 Гц
Угол сканирования	Изменяемый; от 0 до ± 25°, с шагом ±1°
Результат сканирования	Угол сканирования x Частота сканирования ≤ 1000
Компенсация кренов	Частота обновления 5 Гц (Угол сканирования + Угол комп. крена = 30°, напр. ± 20° дает ± 10° компенсации)
Ширина полосы съемки	1000 м
Система геопозиционирования	POS AV™ 510 (OEM) включает встроенный 72-канальный GNSS приемник (GPS и GLONASS)
Частота излучения лазера (В режиме нескольких целей)	70 кГц (максимум AGL 2.5 км)
Жесткий диск для хранения данных	Прочный, заменяемый жесткий диск, (7 часов непрерывной записи при частоте лазера 100 КГц)
Расхождение лазерного луча	Двойное расхождение: 0.25 мрад (1/e) и 0.8 мрад (1/e), номинальное *;
Класс лазера	Класс IV (FDA CFR 21)
Габариты и вес блока управления	653 мм x 591 мм x 485 мм, 55 кг
Габариты и вес лазерного сенсора	298 мм x 249 мм x 437 мм, 23 кг

Таким образом, в полете одновременно происходили процессы: аэрофотосъемки (непосредственно получение цифрового изображения местности), определение координат центров фотографирования каждого снимка (нахождение 3 элементов внешнего ориентирования снимка) и лазерное сканирование местности (построение цифровой модели местности).

Съемка проводилась одним маршрутом (по направлению юг-север) и состояла

из 16 снимков. В полете были определены координаты центров фотографирования, так же на местности были определены координаты 45 опорных точек, 5 из которых использовались в качестве опорных, остальные 40 использовались в качестве контрольных. Опорные точки были выбраны таким образом, что бы создать максимально благоприятную геометрию для уравнивания сети фототриангуляции (конвертный вариант-четыре точки располагались по углам мар-

шрута, а пятая приблизительно в геометрическом центре). Из-за специфики развития маршрутной фототриангуляции опорные точки располагались в крайних в маршруте тройных перекрытиях, обеспечивая их максимальное удаление от оси маршрута, «центральная» же опорная точка располагалась на оси маршрута - на оси автомобильной дороги перед полетом был начерчен крест размером 1 м на 1 м, и в его центре и была установлена опорная точка. Таким же образом были зафиксированы некоторые контрольные точки. Однако, надо заметить что контрольные точки выбирались не только на оси маршрута но и на разном расстоянии от нее.

Далее процесс создания ортофотоплана осуществлялся уже по классической схеме, однако стоит заметить, так как в полете уже были определены линейные элементы внешнего ориентирования каждого снимка, процесс построения и уравнивания сети фототриангуляции был значительно упрощен: в программном обеспечении MicroStation были проделаны следующие операции – загружен файл проекта полета (в данный файл были внесены все параметры съемки : фокусное расстояние, высота фотографирования, так же проложен маршрут съемки с присвоенными номерами снимков), загружен файл с координатами центров фотографирования каждого снимка (тем самым были определены элементы внешнего ориентирования), загружены непосредственно снимки; далее выполнялось построение сети фототриангуляции. Программное обеспечение MicroStation позволяет производить построение фототриангуляционной сети в полуавтоматическом режиме. А именно, отмечая координаты первой связующей точки на первом снимке, на экране в соседнем (одном или нескольких) диалоговом окне появляется соседний снимок с зоной попадания первой связующей точки. Таким образом, вручную необходимо только поправить положение этой точки на соседнем снимке. Далее была построена фотосхема для корректировки и контроля ЦМР.

В данной работе, наиболее эффективно было использовать регулярную цифровую модель рельефа. Построение ЦМР

производилось в ПО Microstation по данным воздушного лазерного сканирования, точкам лазерного отражения класса «земля». Все облако точек лазерного отражения было разбито на несколько классов по высоте. Построение ЦМР выполнялось автоматически, но с ручной корректировкой. В ПО Microstation синхронно выводилось 2 окна: первое окно- уже построенная ЦМР в виде облака точек (или поверхности, построенной на основе триангуляции Делоне), второе окно- идентичное изображение на фотоплане (идентификация 2-х окон происходит благодаря единой системе определения элементов фототриангуляционной сети и точек лазерного отражения).

Технически возможно просмотреть и отредактировать ЦМР (например если в автоматически построенной ЦМР на фоне общего ровного участка выделяется резкий перепад высот (холм или впадина), то такую ситуацию необходимо проконтролировать на фотосхеме.

В данной работе на протяжении всего маршрута контролировалась высота асфальтного покрытия и насыпей. Так же, в ПО Microstation есть техническая возможность построить профиль объекта, используя точки лазерного отображения. Тем самым обеспечиваются дополнительные возможности по изучению линейных объектов. Далее, согласно технологической схеме создания ортофотопланов проводится этап ортофототрансформирования.

Формирование цифрового ортофотоплана производилось из смежных цифровых трансформированных снимков с одинаковыми размерами элементарных участков по выбранным границам фрагментов («линиям пореза»), полученных со смежных снимков. Границы «порезов» выбирались посередине зон перекрытий снимков. Необходимо, чтобы «Линии порезов» не пересекали высотные объекты и объекты- ориентиры, линейные объекты пересекали под прямым углом. Цветовая коррекция производилась автоматическим методом, контроль проводился методом визуального сравнения, обращая внимание на тональность и оптическую плотность на стыках фрагментов соседних снимков (допускается до 0,15 ед. – Инструкция по фотограмметрическим работам

для создания цифровых топографических карт и планов), так же особое внимание уделялось идентичности цветов.

Далее был произведен контроль точности ортофототрансформирования и его оценка. Контроль точности был осуществлен по координатам 40 контрольных точек, определенных ранее.

По инструкции по фотограмметрическим работам для создания цифровых карт и планов остаточные расхождения в плановых координатах контрольных точек должны быть не более (1):

$$M_{xy} = 0,5 \text{ мм} \cdot M_{\text{созд.}} \quad (1)$$

где $M_{\text{созд}}$ - знаменатель масштаба создаваемого плана.

Рассчитаны величины расхождений на контрольных точках:

- Максимально расхождение составило 0,862 м
- Среднее расхождение составило 0,489 м
- Средняя квадратическая ошибка составила 0,526 м.

В результате выполненных работ недопустимых погрешностей не обнаружено.

Создание ортофтопланов с применением данных воздушной лазерной локации, определением координат центров фотографирования является комплексным и эргономичным методом, который приобретает все большую популярность, как в нашей стране, так и за рубежом.

(с) Варварина Е.А., 2011