

ОБРАБОТКА ЦИФРОВЫХ СНИМКОВ ULTRACAM-D В PHOTOMOD

М. Буруманд (NPR Co, Иран)

В 1990 г. окончил Технологический университет (K.N.Toosi University of technology) в Тегеране по специальности «прикладная геоинформатика». После окончания университета работает в компании NPR Co., с 1998 г. по настоящее время — генеральный директор. Область интересов — новые решения в сфере геоинформатики.

М.Н. Дуст (NPR Co, Иран)

В 2001 г. окончил Технологический университет (K.N.Toosi University of technology) в Тегеране по специальности «прикладная геоинформатика». После окончания университета работал геодезистом. С 2003 г. по настоящее время — менеджер отдела технической поддержки компании NPR Co. Область интересов — аэрофотограмметрия и технологии лазерного сканирования.

Начиная с 1997 г., компания Nama Pardaz Rayaneh (NPR) является эксклюзивным дистрибьютором ЗАО «Фирма «Ракурс» в Иране. Наряду с этим, компания NPR предоставляет услуги в области ГИС-технологий, в том числе занимается поставкой приборов и оборудования для полевых геодезических измерений, аэросъемки, воздушного и наземного лазерного сканирования. В настоящее время благодаря активной работе компании программный комплекс PHOTOMOD компании «Ракурс» является основной фотограмметрической системой, используемой в Иране в большинстве геодезических учебных заведений, а также пятью ведущими геодезическими консалтинговыми компаниями. Одним из наиболее успешных проектов, осуществленных компанией NPR в 2005 г., стала поставка в NGO (National Geographic Organization) цифровой фотограмметрической крупноформатной аэрокамеры UltraCAM-D (Vexcel). Аэросъемка г. Грац в Австрии с помощью этой камеры позволила впервые в Иране применить ПК PHOTOMOD для обработки цифровых снимков.

В ходе аэросъемочных работ с помощью камеры UltraCAM-D

были получены цифровые снимки в трех диапазонах: панхроматическом, цветном (RGB) и инфракрасном. Размер изображений на снимках составлял 11 500 пикселей в поперечном направлении (ось Y) по маршруту съемки и 7500 пикселей в продольном (ось X), при величине одного пикселя 9 микрон. Объем каждого снимка равнялся 350 Мбайт. Цифровые снимки были получены в масштабе, близком к масштабу 1:10 000. Внешнее ориентирование (пространственная привязка) снимков выполнялось по наземным опорным пунктам (опознакам).

Работы проводились на современном персональном компьютере с процессором Pentium IV и оперативной памятью 1 Гбайт. Семнадцатидюймовый монитор поддерживал вертикальную кадровую частоту 120 Гц. Для работы также использовалась мышь 3D GeoMouse с 16 функциональными клавишами, затворные очки IBIK и беспроводные затворные очки NewVision.

Для обработки цифровых аэроснимков использовался ПК PHOTOMOD версий 3.8 и 4.0. В последней версии имеется автоматический режим измерения связующих точек с помощью модуля PHOTOMOD AAT

(Automated Aerial Triangulating), который отсутствует в предыдущей версии.

Обработка цифровых снимков с помощью ПК PHOTOMOD для создания цифрового плана включала следующие этапы.

1. Ввод характеристик камеры.
2. Создание проекта и формирование блока изображений.
3. Внутреннее ориентирование блока.
4. Импорт каталога координат наземных опорных точек и их измерения на снимках.
5. Внутреннее и внешнее ориентирование.
6. Уравнивание блока.
7. Обработка блока и построение ортофотоплана:
 - создание ЦМР;
 - рисовка горизонталей;
 - построение ортофотоплана.

Рассмотрим более подробно каждый из этапов.

▼ Ввод характеристик камеры

В программном модуле PHOTOMOD Montage Desktop с помощью меню «Редактор камер» был создан файл с калибровочными параметрами камеры.

Поскольку в ПК PHOTOMOD за начало координат принимается левый нижний пиксель изобраа-

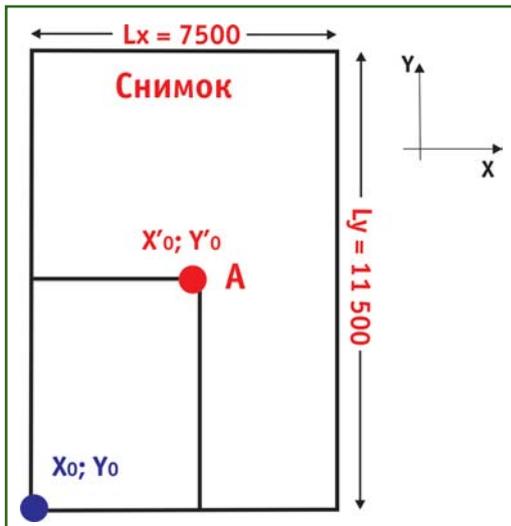


Рис. 1
Главная точка снимка А

жения, а начало координат в системе цифровых снимков совпадает с левым верхним пикселем, координаты главной точки снимка (А) пересчитывались в систему координат PHOTOMOD по формулам (рис. 1):

$$X'o = (Lx/2) + X_0;$$

$$Y'o = (Ly/2) + Y_0 - 1,$$

где значения L_x , L_y , Y_0 и X_0 принимаются в пикселях. Для вычисления координат главной точки снимка в мм значения $X'o$ и $Y'o$ умножались на размер пикселя в мм (0,009).

Подставляя значения из файла, содержащего калибровочные параметры камеры, в формулу, получили:

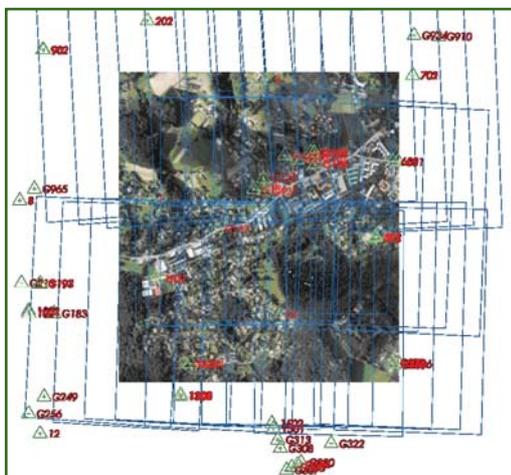


Рис. 2
Схема расположения опорных точек

$$X'o = (7500/2) + 0,00 = 3750 \text{ пикселей или } 3750 \times 0,009 = 33,75 \text{ мм};$$

$$Y'o = (11500/2) + 20 - 1 = 5769 \text{ пикселей или } 5769 \times 0,009 = 51,921 \text{ мм}.$$

Вычисленные значения координат главной точки снимка вводились в модуль PHOTOMOD Montage Desktop.

▼ **Создание проекта и формирование блока изображений**

Для данного проекта была выбрана система координат WGS-84, проекция UTM и зона 24N, соответствующая местоположению участка работ, и масштаб снимков 1:10 000. Затем осуществлялся импорт снимков с помощью модуля PHOTOMOD Montage Desktop.

Контроль перекрытий снимков вдоль и поперек маршрутов проводился после импорта изображений с помощью панели меню «Формирование блока».

В ПК PHOTOMOD снимки располагаются в блоке согласно названиям файлов, в которых они находятся. Поэтому при переходе к следующему этапу просматривалось расположение снимков в блоке и, при необходимости, расположение снимков менялось.

▼ **Внутреннее ориентирование блоков**

Данная операция проводилась по координатам главной точки снимка, значения которых задавались в мм в окне «Камера» в системе координат ПК PHOTOMOD (33,75; 51,921). В этом случае при внутреннем ориентировании главная точка снимка принималась за начало отсчета с координатами (0;0).

В ПК PHOTOMOD существует и другой метод внутреннего ориентирования цифровых снимков. Координаты главной точки снимка принимаются равными (0;0) и вводятся в соответствующее поле окна «Камера». Тогда в окне «Внутреннее ориенти-

рование» измеренные координаты этой точки в пикселях будут иметь значения (3750; 5769).

▼ **Импорт каталога координат наземных опорных точек и их измерения на снимках**

В данном проекте пространственное ориентирование проводилось по наземным опорным точкам. Было измерено 29 опорных точек, некоторые из которых были контрольными и использовались для проверки точности измерений. На рис. 2 показано расположение опорных точек.

▼ **Внутреннее и внешнее ориентирование**

Для сравнения полуавтоматического и полностью автоматического режимов измерения связующих точек обработка снимков на этом этапе выполнялась в версиях 3.8 и 4.0 ПК PHOTOMOD. В результате обработки было установлено, что измерение связующих точек на цифровых снимках в автоматическом режиме выполняется намного быстрее. Поскольку снимки, полученные цифровой камерой UltraCAM-D, имели качественное изображение по всей площади снимка, то при автоматическом режиме измерений не возникло ошибок, которые происходят на отсканированных снимках из-за наличия геометрических искажений по краям снимка.

При автоматическом измерении связующих точек в модуле PHOTOMOD ААТ указывались следующие значения параметров:

- исходное перекрытие: 70% между снимками в маршруте и 50% между маршрутами;
- количество точек: 100 точек на каждый снимок и 20 между маршрутами;
- порог корреляции: 98% на снимках и в маршрутах;
- максимальный вертикальный параллакс: 0,01 мм (10 ми-

крон) между снимками и в маршрутах.

Параметры, заданные в окне ААТ по умолчанию, не менялись. Поля «Перенос» и «Отбраковка точек» отмечались «галочками».

В результате в течение часа было автоматически измерено и перенесено около 3000 точек. После измерения были автоматически отсеяны «плохие» точки. Несмотря на то, что функция «перенос опорных точек» выполнялась автоматически в процессе работы модуля PHOTOMOD ААТ, некоторые из опорных точек пришлось переносить вручную, используя модуль PHOTOMOD АТ.

▼ Уравнивание блока

После автоматических и ручных измерений, а также переноса связующих и опорных точек, ПК PHOTOMOD сразу переходит в программный модуль PHOTOMOD Solver, куда заносятся параметры уравнивания. В данном проекте задавались следующие значения параметров:

После уравнивания создавался отчет, содержащий каталоги точек и ошибки их измерения.

Оценка точности уравнивания по опорным точкам показала, что средне-квадратическая погрешность на местности по высоте составила 9,4 см при максимальном значении 26 см, а в плане — 8 см и 16,2 см соответственно.

▼ Обработка блока и построение ортофотоплана

В данном проекте было создано 12 цифровых моделей рельефа (ЦМР), объединенных в модуле PHOTOMOD Montage Desktop. Локальные области с размером сетки 7 м были использованы для построения TIN. Для измерения пикетов учитывались значения корреляции, заданные по умолчанию. Применялось пять существующих алгоритмов фильтрации. Размер сетки DEM был выбран равным 2 м.

При построении горизонталей их сечение было принято равным 5 м, а минимальное чис-



Рис. 4
Цифровой ортофотоплан

применялась ЦМР, а также точки триангуляции. Сглаживание линий совмещения снимков по яркости и контрастности проводилось с помощью функции «Выравнивание по средней яркости».

Результаты обработки цифровых аэроснимков, полученных с помощью камеры UltraCAM-D, в программном комплексе PHOTOMOD позволяют отметить, что автоматические измерения связующих точек проводятся с большей точностью и достоверностью по сравнению с измерениями на отсканированных снимках. Дальнейшего повышения точности выходных продуктов, создаваемых в ПК PHOTOMOD, можно достичь, используя для пространственной привязки снимков интегральный навигационный комплекс GPS/IMU, данные которого обрабатываются в системе PHOTOMOD.

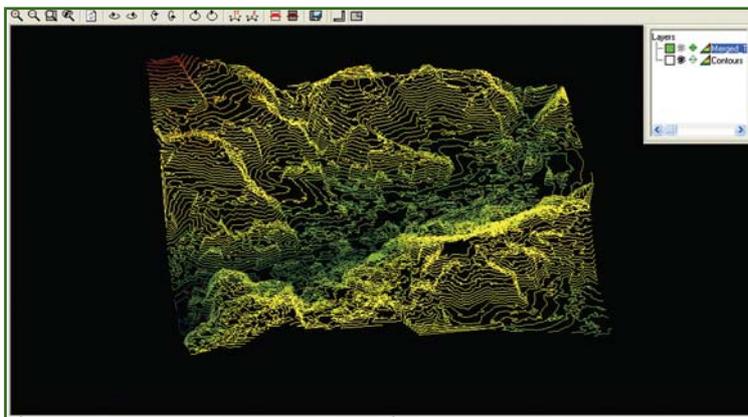


Рис. 3
Горизонталы в трехмерном окне (вертикальный масштаб увеличен)

— метод уравнивания: *независимые стереопары*;

— тип приемлемых ошибок: *одинаковый для всех точек*;

— допустимые значения ошибок: *0,2 м для XY (в плане) и 0,2 м для Z (по высоте)*;

— масштаб: *1:10 000*.

ло точек для построения контура — 20 (рис. 3).

В итоге по результатам обработки 32 цифровых снимков был создан цифровой ортофотоплан (рис. 4). Размер пикселя мозаики составил 10 см. Для исправления смещения за рельеф

RESUME

In 2005 the Nama Pardaz Rayaneh Company being an exclusive distributor of the SPC Rakurs in Iran succeeded in delivering the UltraCam-D digital photogrammetric large-format aerial camera to the National Geographic Society. There given the results of processing aerial imagery obtained with this camera using the PHOTOMOD software.