

**М.В. Лютивинская** (Компания «Совзонд»)

В 1996 г. окончила факультет фотограмметрии МИИГАиК по специальности «аэрофотогеодезия». После окончания института работала в ФГУП «Госземкадастръемка» – ВИСХАГИ, НПП «Центр прикладной геодинамики». С 2005 г. работает в компании «Совзонд», в настоящее время – старший инженер-технолог отдела программного обеспечения.

## Возможности высокопроизводительной фотограмметрической системы INPHO в проектах компании «Совзонд»

В современном, динамично развивающемся мире достоверная информация становится одной из высших ценностей. Это, конечно, в полной мере относится и к картографической информации. В задачах современной картографии стоит не только своевременное уточнение пространственного положения объектов местности, но и обновление данных о рельефе. И если для нанесения на карту новых объектов в ряде случаев достаточно простого полевого обследования, то для определения высот местности без специализированных измерительных инструментов не обойтись. Экономическая выгода дистанционного измерения доказана уже несколько десятилетий назад. В то же время, создание высокоточных матриц высот является одним из самых трудоемких процессов в фотограмметрической обработке снимков. Специалистами компании «Совзонд» на базе программных решений INPHO была разработана технология создания цифровых моделей рельефа (ЦМР) с использованием стереопар, полученных съемочной аппаратурой с космических спутников. В качестве пилотного проекта решалась задача по построению ЦМР на территорию Южной Африки площадью 300 км<sup>2</sup>. Перед специалистами стояла непростая задача – в максимально сжатые сроки построить ЦМР на всю территорию работ с высотой

точностью не хуже 1 м. К тому же модель должна быть представлена в виде сетки с шагом 2,5 м. Это потребовало, с одной стороны, большой детальности представления поверхности – в создаваемой модели должны были отображаться все мелкие формы рельефа, размер которых сопоставим с размером шага сетки, с другой стороны, из нее должны были быть исключены все высотные объекты, не являющиеся формами рельефа (растительность, строения и т. п.). В качестве исходных данных было решено взять стереопару полученную со спутника GeoEye-1. Такой выбор обусловлен прежде всего точностными характеристиками данных с этого аппарата, а также оперативностью получения информации и ее сравнительно невысокой стоимостью. Космический аппарат GeoEye-1 был запущен 6 сентября 2008 г. Владелец спутника является компания GeoEye (США). Спутник выведен на полярную солнечно-синхронную орбиту высотой 684 км, обеспечивающую его прохождение над любым районом Земли каждые 1-3 дня (в зависимости от широты). Спутник GeoEye-1 имеет сверхвысокое пространственное разрешение (41 см в панхроматическом режиме). Район работ был покрыт двумя стереопарами, полученными в одном пролете, перекрытие между ними составило не более 10%. Геометрическая модель для

снимков с этого аппарата, поставляемая в виде коэффициентов RPC, имеет достаточно высокую точность, которая позволяет получать плановые координаты со среднеквадратической ошибкой не более 3,5 м без использования наземных измерений. В проекте стояла задача повысить плановую точность этих данных, поэтому для уточнения коэффициентов RPC использовались опорные точки. На территорию в 300 км<sup>2</sup> было определено всего 8 планово-высотных опорных точек.

Обработка снимков проходила в фотограмметрическом программном комплексе INPHO. Для этого в менеджере проектов ApplicationsMaster создается проект. ApplicationsMaster – ядро системы, представляющее собой пользовательский интерфейс и позволяющее работать со всеми модулями системы. Именно в этом инструменте загружаются все исходные данные для работы, и из него осуществляется доступ ко всем необходимым модулям системы. ApplicationsMaster содержит расширенный набор инструментов для формирования проекта, таких, как выбор системы координат, а также ее создание, импорт-экспорт данных, пересчет координат, обработка изображений, их ориентирование и работа с ЦМР.

Несмотря на то, что фотограмметрический комплекс INPHO создавался для обработки данных с аэрофото съемочной аппаратуры, в нем также поддерживается обработка изображений, полученных со многих космических аппаратов, в том числе и GeoEye-1. Создание проекта работ для космических данных сводится к выбору системы координат и вводу исходной информации. В качестве системы координат выбрана UTM. Исходной информацией являются файлы, содержащие непосредственно изображения, метаданные и геометрическую модель снимков в виде коэффициентов RPC, а также текстовый файл с координатами опорных точек. Далее с помощью инструмента Exterior Orientation измеряются опорные точки последовательно на всех снимках проекта и рассчитываются уточненные коэффициенты RPC. После этого проект готов для работы в модуле MATCH-T DSM. С помощью этого модуля можно в автоматическом режиме извлекать как цифровые модели рельефа, так и цифровые модели местности (рис. 1).

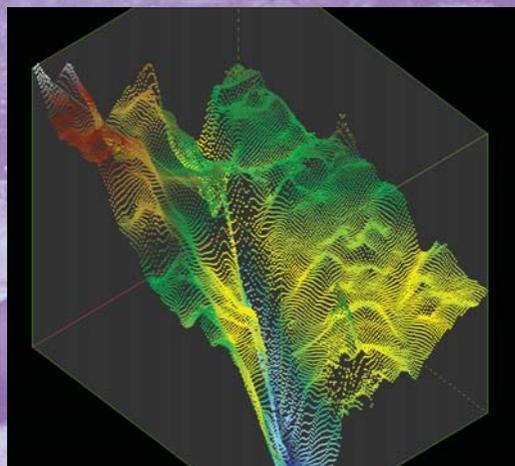


Рис. 1.  
Цифровая модель местности, полученная в MATCH-T DSM

Для работы над данным проектом был выбран тип генерирования высотной модели – DSM (digital surface model). Алгоритм работы MATCH-T DSM позволяет извлечь из обработки стереопары достаточно плотное облако точек, которое максимально точно описывает поверхность местности на заданной территории. Именно этот режим работы был выбран исходя из особенности местности – покрытые редколесьем горы сочетались с залесенной речной долиной. В итоге был получен набор точек с шагом в 2 пикселя изображения. Работа над созданием проекта и построение автоматической цифровой модели местности заняли 3 часа. Но полученная таким образом высотная информация содержала в себе не только данные о рельефе местности, но и высотные объекты (растительность, сооружения и т. п.). Следующим шагом стала классификация данных с помощью DTM Toolkit – набора специальных инструментов для работы с цифровыми моделями местности и рельефа, полученными как из стереобработки изображений, так и методами лазерного сканирования. С помощью инструмента Filters / Classifies необходимо было классифицировать данные по семи различным классам (здания, низкая – средняя – высокая растительность, земля, под землей, неклассифицированные). Так как задачей данного проекта было

получение информации о рельефе местности, для дальнейшей обработки был выбран только постклассификационный файл ground, содержащий точки, принадлежащие земле. Далее этот файл был загружен в модуль DTMaster, где предстояло его проконтролировать и отредактировать. Благодаря уникальным инструментам классификации, которые подбирают алгоритм определения класса объекта в зависимости от вида высотной модели, ее плотности, взаимного положения точек и т. п., полученный файл практически полностью был очищен от точек вне поверхности земли. Но в то же время теперь в этой цифровой модели отсутствовала и некоторая необходимая информация: покрытые лесом берега рек, дно узких ущелий, затененные склоны высоких гор. Если последнюю информацию можно было восстановить, проведя интерполяцию между оставшимися точками рельефа, то с берегами и дном ущелий без ручной отрисовки было не обойтись. Работу по векторизации недостающих объектов выполняли два оператора. Причем в силу обстоятельств одному из операторов привычнее было работать в программе на базе Bentley MicroStation, а другой использовал модуль DTMaster. Благодаря тому что программные продукты компании INPHO поддерживают большое количество обменных форматов, соединить работу операторов не составило большого труда. Далее с помощью инструментов модуля DTMaster автоматически полученная матрица была отредактирована с использованием векторов (рис. 2).

Точки, лежащие в заданных границах от векторных линий, были переинтерполированы с учетом высот векторов, а затем векторная информация и матрица высотных точек были объединены. Построение поверхностной модели рельефа проходило в DTM Toolkit, гибридный тип модели поверхности, поддерживаемый всеми инструментами работы с 3D-данными компании INPHO, позволил построить модель рельефа без потери детальности, которая характерна для GRID-данных и без излишней «угловатости» TIN-данных (рис. 3). Ортотрансформирование изображений было выполнено с помощью OrthoBox.

Полученный ортофотоплан можно использовать для текстурирования ЦМР при 3D-моделировании местно-

сти (рис. 4). На выполнение этого проекта было потрачено 10 рабочих дней.

Благодаря высокой степени автоматизации многих процессов обработки в программных решениях компании INPHO этот достаточно масштабный проект был выполнен силами всего двух человек за максимально короткий срок.

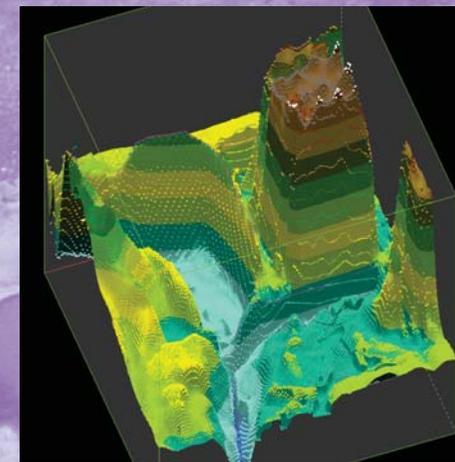


Рис. 2.  
Объединение векторных и точечных данных

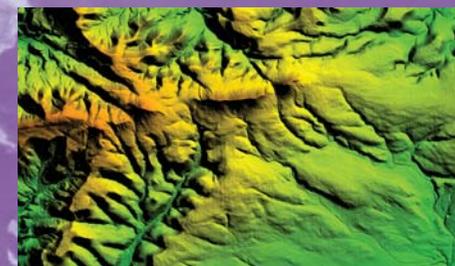


Рис. 3.  
Детальная модель рельефа местности



Рис. 4.  
Изображение рельефа местности в 3D-формате