

Использование данных спутниковой стереосъемки GEOEYE-1 для решения задач территориального развития Новокузнецкого городского округа

А.В. ПРОЦУН (МУП «Центр градостроительства и землеустройства», Новокузнецк)
О.Н. ЗИНЧЕНКО (Компания «Ракурс», Москва)



Алексей Викторович Процун – выпускник СГГА по специальности «инженер городского кадастра». В настоящее время заместитель директора по производству Муниципального предприятия города Новокузнецк «Центр градостроительства и землеустройства»



Ольга Николаевна Зинченко в 2004 году окончила магистратуру геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, с 2006 года работает в компании «Ракурс» в должности менеджера коммерческого отдела.



Введение

Вопросы наличия актуальной цифровой картографической основы и цифровых топографических планов на территории муниципальных образований всё ещё не решены в полном объеме.

Традиционно работы по созданию этих материалов выполняются на основе данных аэросъемки.

Использование космической съемки имеет значительные преимущества перед аэрофотосъемкой в оперативности и простоте процедур заказа и получения данных. В то же время космическая съемка позволяет получать необходимые для задач городского хозяйства актуальные геопространственные данные, которые могут использоваться различными муниципальными службами.

При обработке данных космической съемки, помимо самих снимков, практически всегда необходимы и другие материалы: для создания ортофотопланов необходимы точки планово-высотного обоснования и цифровая модель рельефа (далее – ЦМР), а для создания 3D-изображений – цифровая модель местности (далее – ЦММ). ЦМР описывает высоту земной поверхности, а ЦММ включает в себя высоты расположенных на земной поверхности объектов и высоты покрывающей растительности.

Наибольшие затруднения обычно вызывает получение ЦММ и ЦМР необходимой точности. Для получения картматериалов масштаба 1:2000 достаточно иметь ЦМР и ЦММ точностью 1 м.

Имеющиеся в свободном доступе или распространяемые на коммерческой основе готовые глобальные модели высот имеют заявленные точности от 5 м и хуже.

ЦММ точностью 1 м возможно получить только по материалам стереосъемки или методом воздушного лазерного сканирования. ЦМР указанной точности можно получить и по уже имеющимся картографическим материалам масштаба 1:10 000 или крупнее с сечением рельефа 2,5 м или меньше путем векторизации горизонталей. При этом многие номенклатурные листы выпущены 10, 15 и более лет назад. Их актуальность вызывает сомнение.

ЦММ точностью 1 м возможно получить только по материалам стереосъемки или методом воздушного лазерного сканирования. ЦМР указанной точности можно получить и по уже имеющимся картографическим материалам масштаба 1:10 000 или крупнее с сечением рельефа 2,5 м или меньше путем векторизации горизонталей. При этом многие номенклатурные листы выпущены 10, 15 и более лет назад. Их актуальность вызывает сомнение.



Схема покрытия снимками GeoEye-1 области интереса



Создание ЦМР и ЦММ точностью порядка 1 м возможно по материалам космической стереосъемки. На орбите Земли находится уже несколько спутников дистанционного зондирования, оснащенных аппаратурой с разрешением от 0,5 до 1 м, позволяющей проводить съемку в стереорежиме. При этом имеется возможность заказа относительно небольших участков и проведения ежедневных попыток съемки в течение недель и даже месяцев.

ЦМР и особенно ЦММ, полученные по материалам космической стереосъемки с разрешением 0,5 м (предельное общедоступное на сегодняшний день разрешение для спутниковых сенсоров), являются наиболее актуальными, точными, достоверными, а часто и единственно доступными.

В представленной статье описан опыт успешного использования данных космической стереосъемки сверхвысокого разрешения, полученных спутником GeoEye-1, с целью создания актуальной цифровой картографической основы в масштабе 1:2000 на территорию муниципального образования Новокузнецкий городской округ и 3D-модели местности центральной части города Новокузнецка.

Исходные данные

В 2012 г. компания «Ракурс» выполнила заказ для Администрации Новокузнецкого городского округа на новую спутниковую стереосъемку на территорию г. Новокузнецка. Заказчика интересовала стереосъемка сверхвысокого разрешения, цветная (в натуральных цветах), общей площадью 1100 кв. км.

Для проведения стереосъемки был выбран спутник GeoEye-1, поскольку его технические характеристики позволяют решить поставленную задачу. Спутник

GeoEye-1 оснащён передовым оборудованием и поставляет панхроматические изображения с разрешением 0,41 м и мультиспектральные изображения с разрешением 1,65 м. Для коммерческого использования доступны панхроматические снимки с разрешением 50 см и мультиспектральные снимки с разрешением 2 м. Таким образом, спутник GeoEye-1 поставляет цветные синтезированные (pan-sharpened) изображения со сверхвысоким пространственным разрешением – 50 см. Заявленное разрешение 50 см – это разрешение не при съемке в надира, а полученное методом закругления с 41 см, поэтому даже снимки, снятые с отклонением в 28 градусов от надира, будут иметь разрешение 50 см. Спутник имеет возможность быстрого перенацеливания на орбите для съемки в разных направлениях на одном витке. Наибольшая площадь непрерывной стереосъемки может достигать 6270 кв. км (224x28 км).

В результате проведенной стереосъемки на район интереса были получены снимки высокого качества:

- все снимки практически безоблачные, что позволило произвести дальнейшие работы по созданию ортофотопланов и цифровой модели рельефа на всей площади заказа.

- стереосъемка была выполнена в весенний период до начала цветения, что обеспечило хорошую читаемость объектов на местности.

Стереосъемка была выполнена в рекордно короткий промежуток времени (одна неделя). Схема покрытия снимками области интереса показана на рис. 1.

Программное обеспечение

Для получения цифровых топографических карт и планов по данным спутниковой съемки необходимо выпол-

нить фотограмметрическую обработку исходных космических снимков.

Фотограмметрическая обработка заключается в устранении искажений исходных снимков, неизбежно возникающих за счет угла наклона съемочной системы, рельефа местности и других факторов, соответственно, и в обеспечении топографической точности выходных материалов.

Стереофотограмметрическая обработка использует свойства снимков, образующих стереопару, и позволяет получать не только контуры, но и высоты местности, то есть строить ЦМР и ЦММ.

Для построения цифровой картографической основы Новокузнецкого городского округа использовалась ЦФС PHOTOMOD – разработка российской компании «Ракурс». Для создания трехмерной модели центральной части города Новокузнецк использовался программный модуль 3D-Mod, входящий в базовый состав ЦФС PHOTOMOD.

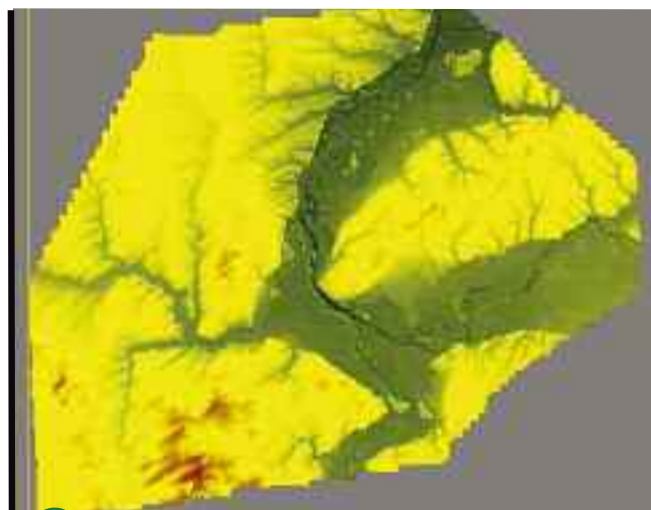
Фотограмметрическая обработка

С целью построения цифровой картографической основы (ортофотопланов, соответствующих по точности масштабу 1:2000) в системе PHOTOMOD (версия 5.24) была произведена стереофотограмметрическая обработка блока изображений GeoEye-1 на г. Новокузнецк. Число стереопар в блоке – 36 (рис. 2), число маршрутов (витков) – 3, площадь покрытия – порядка 1340 кв. км. Диапазон углов отклонения от надира изображений проекта составил от 5 до 22 градусов. Тип изображений – 3 канала RGB по 8 бит.

Масштаб ортофотоплана 1:2000 для сенсора GeoEye является предельным и не всегда достижимым по точности и требует обязательного измерения опорных точек на местности. Было измерено 20 таких планово-высотных точек. В ре-



2 Схема блока (PHOTOMOD)



3 ЦМР с разрешением 3 метра на местности



4 Схема расположения планшетов на ортофотоплане (всего 1102 планшета, площадь – 1102 кв. км)



5 Совпадение контуров на участках, обеспеченных топопланами масштаба 1:500

зультате средняя плановая ошибка на опоре при уравнивании блока составила 0,4 м. Измерение связующих точек между изображениями и моделями было выполнено в автоматическом режиме. Кроме того, применялась технология построения «объединений» изображений, снятых с одного витка, что снижает требования к количеству опорных точек и повышает производительность обработки в целом.

На следующем этапе было выполнено построение цифровой модели рельефа с разрешением 3 м на местности (рис. 3). Высокие требования к точности конечного продукта привели к необходимости уточнения автоматически построенной ЦМР в отдельных сложных участках, таких, например, как развязки дорог. Таким образом, построенная матрица высот была преобразована в набор пикетов, которые были отредактированы в пределах сложных участков в ручном стереорежиме и дополнены структурными линиями. Затем было произведено обратное конвертирование векторных объектов в матрицу высот через промежуточную сеть треугольников TIN.

Цветобаланс выходного ортофотоплана был выполнен в автоматическом режиме. Конечным продуктом являлись прямоугольные листы размером 1x1 км на местности, полученные в результате автоматической нарезки ортофотоплана (рис. 4). Визуальный контроль точности выполнялся на участках, обеспеченных топосъемкой масштаба 1:500.

Отклонения ортофото от соответствующих объектов топоплана масштаба 1:500 не превысили 1,2 м (рис. 5), что соответствует требованиям по точности к масштабу 1:2000 (это соответствует требованиям Инструкции по фо-

тограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов, Москва, ЦНИИГАиК, 2002). При составлении ортофотоплана по возможности были использованы исходные изображения с минимальным углом отклонения от надира. Использование современных компьютерных технологий, в частности, многоядерных процессоров и современной ЦФС, поддерживающей распределенную обработку и различные автоматические и полуавтоматические режимы обработки, позволило выполнить данный объем работ всего за семь рабочих дней. Большая часть этого времени была затрачена на операции, выполняемые в ручном режиме, такие как редактирование ЦМР и проверка точности выходного ортофотоплана по материалам топографической съемки масштаба 1:500.

Создание 3D-модели

В качестве района работ заказчиком был предложен административный центр города Новокузнецк общей площадью 0,4 кв. км, который в дальнейшем был расширен до 3,8 кв. км. В числе прочих объектов на выбранную территорию попадают р. Томь, два моста (Кузнецкий мост и Железнодорожный мост), Спасо-Преображенский собор, здание администрации, цирк, Сбербанк, ТРК «Глобус», ТРК «Континент». В целом на территории преобладает высотная застройка.

PHOTOMOD

(подготовка данных для 3D-моделирования и векторизация)

Для создания 3D-модели на центральную часть города была построена допол-

нительная цифровая модель рельефа в виде матрицы высот с разрешением 1 м на местности. Матрица высот создавалась по ЦМР в виде TIN со встроенными векторами, отображающими характерные детали рельефа (дороги, бровки, тальвеги, береговые линии и прочие объекты поверхности). При получении цифровой модели рельефа использовались автоматический или ручной режимы сбора точек ЦМР либо их комбинация. На основе созданной цифровой модели рельефа был построен ортофотоплан с размером пиксела 0,5 м.

Далее была выполнена стереовекторизация характерных элементов рельефа и объектов местности в модуле StereoDraw. Всего на участке отвекторизовано более 20000 объектов двадцати типов: строения, мосты, различные виды древесной и кустарниковой растительности, заборы, фонари, скамейки и др. При векторизации зданий использовались инструменты полуавтоматической оцифровки крыш (рис. 6), а также режим ввода CAD-объектов (для векторизации объектов, имеющих стандартную геометрическую форму: эллипс, окружность, дуга, сектор и др.).

На этапе векторизации проводилось редактирование будущей 3D-модели: для чего созданные векторные объекты загружались в 3D-Mod и просматривались. При необходимости в случае выявления ошибок исходные вектора редактировались в StereoDraw. С помощью функции расчета разницы высоты между векторными объектами и матрицей высот отслеживались и устранялись возможные некорректности оцифровки. Проверялось также взаимное расположение объектов на разных уровнях генерализации. После проведения векторизации был выполнен послойный экспорт объектов в 3D-Mod.



PHOTOMOD 3D-Mod (создание 3D-модели)

Построение 3D-модели включало создание «подложки» в виде ЦМР, «затянутой» ортофотопланом, и построение моделей объектов: зданий, построек, мостов, точечных объектов (деревьев, фонарей и др.) в полностью автоматическом режиме.

Для каждого точечного слоя готовились типовые текстурированные трехмерные модели объектов. Модели строений уникальны и построены на основе векторных данных, полученных в результате стереовекторизации.

Редактирование модели проводилось не только на этапе векторизации, но и непосредственно в программе 3D-Mod. В 3D-Mod предусмотрены операции редактирования как объектов в целом, так и их частей, тем не менее иногда целесообразнее отредактировать исходные вектора, чем построенный по ним объект.

На отредактированную геометрическую модель наносились текстуры двух типов. На центральную часть района для каждого строения были подготовлены индивидуальные полуреалистичные текстуры (рис. 7). Остальная часть была текстурирована универсальными текстурами: для крыши домов использовались снимки, для стен – однотонные гладкие текстуры. Такая технология сокращает бюджет и временные рамки выполнения проекта. Полученная описанным методом модель является, во-первых, метрически точной, во-вторых, дискретной, в отличие от трехмерных моделей, которые создаются на основе полностью автоматической обработки данных наклонной стереосъемки и представляют собой ЦММ, «затянутые» реалистичными фототекстурами. Дискретность модели позволяет в дальнейшем работать с отдельными объектами и группами объектов: редактировать, экспортировать и при-

сваивать им любую атрибутивную информацию (например, для зданий: адрес, год постройки, тип здания, материал стен), проводить трехмерные измерения. Следовательно, данная модель имеет более широкое применение: она может быть использована не только для визуализации городского пространства, но и для решения различных задач городского планирования.

Применение полученных геопространственных данных

Полученный в процессе фотограмметрической обработки стереопар GeoEye-1 набор геопространственных данных (детальные ортофотопланы и ЦМР масштаба 1:2000, 3D-модель местности) служит основой и источником информации при реализации следующих видов работ, проводимых Администрацией города Новокузнецка.

– В соответствии с Постановлением коллегии Администрации г. Новокузнецка от 09.02.2012 г. №09/1 «О состоянии окружающей среды в г. Новокузнецке и мерах по ее улучшению» (п. 4.2) проведена работа по созданию карты мониторинга земель нарушенных, деградированных и территорий Новокузнецка, требующих защиты от неблагоприятных природных и техногенных процессов. Для этого, используя полученную цифровую картографическую основу, было проведено натурное обследование и описание объектов мониторинга. В результате была получена тематическая карта мониторинга, на основе которой специалисты Администрации города Новокузнецка разрабатывают проектную документацию по предотвращению чрезвычайных ситуаций и процессов, негативно влияющих на проживание граждан на территории города Новокузнецка.

– Подготовка схем застройки садоводческих некоммерческих товариществ «СНТ», с помощью которых проводятся кадастровые работы по межеванию земельных участков, предоставленных гражданам под индивидуальное садоводство (2013 год).

– Работы по инвентаризации лесопаркового хозяйства (2013 год).

– Актуализация информации в АИС «Адресный реестр города Новокузнецк» (2013 год); в дальнейшем планируется создание трехмерной АИС «Адресный реестр города Новокузнецк».

– Обеспечение градостроительной деятельности.

Исходя из вышеперечисленных задач, можно с уверенностью сказать, что использование данных космической съемки сверхвысокого разрешения и применение фотограмметрических технологий является эффективным и перспективным направлением, содействующим созданию и развитию муниципальных информационных ресурсов.

Перспективы развития использования материалов ДЗЗ на территории Кемеровской области

В рамках развития региональной геоинформационной системы территориального планирования Кемеровской области (ГИС ТП КО) предполагается проведение комплексных работ по созданию цифровой картографической основы по материалам космической стереосъемки на территории других муниципальных образований Кемеровской области.

Обеспечение актуальной цифровой картографической основой позволит муниципальным образованиям решить многие вопросы, связанные с управлением и развитием их территорий. ■



6 Векторизация крыш



7 3D-модель здания цирка и окрестностей.
Текстурирование индивидуальными текстурами