

## **"Применение воздушных и космических съемок в производстве картографической основы для изысканий и проектирования". Алябьева А.Д., Непеина Н.Н. // IV**

**Межрегиональная конференция "Инновации в дорожном строительстве: эффективность и качество. Уральский федеральный округ", 31 марта - 02 апреля 2010г., ГРВЦ "ИнЭкспо", г. Екатеринбург.**

Проектирование автомобильных дорог, как и других линейных сооружений, требует выполнения весьма трудоемких работ. Уже более полувека для повышения качества этих работ и сокращения сроков их выполнения используется аэрофотосъемка. Традиционно по материалам аэрозалетов выполнялись фотограмметрические работы по созданию и обновлению карт на интересующие территории, проводились предварительные изыскания по выбору лучшего варианта, составлялись маршрутные фотосхемы и фотопланы. Также давно существует технология непосредственного трассирования по аэроснимкам в стереорежиме, т.к. видимая объемная модель местности позволяет легко находить поворотные точки и проводить линии с заданными уклонами, строить продольные и поперечные профили.

Компьютерные возможности сделали применение воздушных съемок еще более привлекательным: появление цифровых фотограмметрических станций и автоматизация фотограмметрических работ позволила относительно быстро получать такие трудоемкие продукты, как ортофотопланы и 3D-модели местности, по которым производится проектирование.

Постоянно улучшаются и расширяются характеристики аэросъемочного оборудования, совершенствуются технологии обработки снимков. Достаточно сказать, что новейшие аэрофотокамеры любых производителей, по результатам различных исследований, дают разрешение на местности менее 5см. Все современные аэросъемки в настоящее время выполняются с регистрацией координат центров фотографирования, что позволяет исключить или сократить на порядок полевые работы по геодезической привязке снимков.

Приведем конкретные примеры из опубликованных материалов.

Компания MicroSoft (США) в 2006 г. приобрела австрийскую компанию Vexcel, выпускающую аэросъемочное оборудование. Была выполнена аэросъемка Нью-Йорка с продольным и поперечным перекрытием 80%. Программное обеспечение и полученная 12-тикратная избыточность изображений позволила автоматизировать все процессы по обработке снимков и получить без полевого обоснования 3D-модель города с точностью 10см в плане и 15см по высоте.

Цифровая аэрофотокамера ADS80 (Швейцария) выполняет сплошное сканирование местности одновременно тремя сенсорами, имеющими разные углы наклона; за один пролет получают 3 перекрывающихся «ковра» изображений, из которых можно получить объемную модель всей полосы сканирования.

Израильская фирма VisionMap разработала новый аэросъемочный аппарат и полностью автоматизированную технологию получения всех видов фотограмметрической продукции. Производительность аэросъемки 3000 кв.км за 1-2 дня, создания ортофотопланов - 500 кв.км в день.

Австралийская компания Metrex использовала беспилотные вертолеты MicroDrone(Германия) совместно с бытовой фотокамерой и приемником GPS. При съемке с большой избыточностью и высотами

до 700 м была получена точность в плане и по высоте 2,5см.

Очевидно, что современные аэрофотосъемочные работы при необходимости могут обеспечить беспрецедентную детальность фотоизображений местности, которая необходима для локального проектирования и мониторинга сооружений.

Материалы космических съемок для решения задач дорожного хозяйства до недавнего

времени применялись ограниченно. Но в последние годы данные дистанционного зондирования стали важным компонентом информационного обеспечения отрасли. В настоящий момент на орбите находятся уже более 30 сенсоров, продуцирующих самые различные по свойствам, разрешению и назначению спутниковые данные. Накоплен огромный мировой архив снимков.

Исследования, проведенные предприятием «Уралгеоинформ», показывают, что хорошее соотношение «цена-качество»

### Создание и обновление ЦТК на основе космических снимков



для картографирования в мелких масштабах имеют данные спутников

Landsat-7, Spot-2,4; в средних масштабах – спутника Alos Prizm; в крупных – Ikonos, Quick Bird.

Приведем несколько примеров высокоточной космической съемки, которая позволяет производить наиболее крупномасштабные топографические работы.

Российский спутник Ресурс-ДК1 поставляет информацию с 2006 года. Периодичность съемки 6 дней, полоса захвата от 5 до 28 км в зависимости от угла отклонения от надира. Пространственное разрешение: 1м для панхроматического канала (черно-белое изображение) и 2-3 м для трех спектральных диапазонов (зеленый, красный, ближний инфракрасный).

Уникальный спутник GeoEye-1 (США) на сегодняшний день является самым лучшим оптическим спутником в своём классе: пространственное разрешение панхроматической камеры - 41см. Имеет мультиспектральную 4-х канальную камеру с пространственным разрешением 1,65м. Спутник обладает высокоточной системой ориентации. Даже без использования наземных опорных точек в плане и по высоте достигается точность до 3 метров, а с наземной геодезической привязкой плановая точность может быть 0,5 м и лучше.

С 2007 года функционирует всепогодный радарный спутник TerraSar-X (Германия), поставляющий радиолокационные данные с разрешением от 1 до 16 м. Сроки поставки снимков не зависят от облачности и составляют: 1-3 дня для архивных данных, 1-6 дней при съемке на заказ.

В сравнении с аэрофотосъемкой космические съемки имеют ряд преимуществ, основные из которых:

- возможность получения информации в короткие сроки;
- большая площадь (от 60 кв.км.), покрываемая одним снимком;
- возможность съемки труднодоступных территорий;
- для радиолокации – независимость от погоды;
- возможность обновления карт любого масштаба, минуя картсоставление.

В применении к автодорогам данные дистанционного зондирования могут использоваться для следующих направлений:

- все этапы проектно-изыскательских работ;
- корректировка трасс прохождения дорог;
- координатная привязка дорог и сооружений;
- создание и ведение геоинформационных систем дорог;
- мониторинг состояния объектов дорожного хозяйства;
- контроль объемов, сроков и видов выполнения работ по строительству и ремонту дорожных объектов;
- контроль и прогнозирование метеорологической обстановки и чрезвычайных ситуаций в районах дорог и мостов;
- оценка масштабов разрушений из-за техногенных катастроф и стихийных бедствий;
- оперативное планирование восстановительных работ в этих районах;
- мероприятия по ведению кадастров земель и недвижимости;
- решение транспортных задач (проектирование дорожных развязок, изучение транспортных потоков, выявление несанкционированных автостоянок и т.д.)

Напомним, что спутниковые данные поставляются с разной степенью предварительной обработки. Условно выделяют следующие уровни:

- 1-ый (R) – радиометрическая коррекция. Формирование единого изображения из отдельных строк. Чаще всего такие «сырые» снимки мы видим на сайте Google.
- 2-ой (G) - геопривязка. Приближенное приведение снимков в заданную картографическую проекцию по орбитальным данным в виде RPC-коэффициентов.
- 3-ий (O) – ортокоррекция. Уточнение геопривязки по опорным точкам и введение поправок за рельеф местности.

Независимо от того, в каком состоянии приобретаются снимки, для получения **метрической** точности все этапы коррекции должны быть выполнены.

После фотограмметрической обработки по воздушным или космическим снимкам можно получить картографический продукт или географически ориентированную информацию. Для этого в различных комбинациях выполняются производственные процессы:

- получение ортофотопланов,
- дешифрирование фотопланов и векторизация элементов ситуации.
- мониторинг картографических материалов и создание тематических произведений,
- стереофотограмметрические работы по съемке ситуации и рельефа местности.

На этом же этапе получают любую другую пространственную информацию: каталоги координат и высот, геометрические характеристики объектов, цифровые модели местности и рельефа.

«Технология 2000» специализируется на выполнении фотограмметрических и картографических работ. В качестве примера создания картографической основы для изысканий и проектирования по материалам аэрофотосъемки рассмотрим конкретный производственный опыт.

Работа выполнялась несколькими предприятиями для целей проектирования освоения месторождений на полуострове Ямал: инженерных изысканий, проектирования объектов обустройства, а также моделирования прохождения половодья.

## Полуостров Ямал



В соответствии с техническим заданием нам необходимо было по предоставленным материалам создать на определенную территорию следующие материалы в масштабе 1:5000:

- **ортофотопланы (в первую очередь);**
- **цифровые топографические планы с сечением рельефа через 1 метр в программе AutoCad;**
- **трехмерную цифровую модель рельефа в виде триангуляции Делоне с расстояниями между отметками не более 80 метров в программе GeoniCS.**

Наиболее важные **физико-географические характеристики** территории: плоская заболоченная местность с огромным количеством разновеликих озер с сильно изрезанными берегами, часто соединенных протоками. Вечная мерзлота начинается на глубине 0,3 м. На несколько трапеций

падают устье реки Надуй-Яха и морской берег.

Растительность по большей части моховая, изредка – кустарнички. Песок Перепады высот составляют, в среднем, от 3 до 15 м в пределах номенклатурного листа. Встречаются полигональные и бугристые поверхности.

**Исходные данные** представляют собой:

1. Каталог координат геодезических пунктов и полевых плано-высотных опознаков в системе координат 1942 г.
2. Результаты фототриангуляции (проект) в формате ЦФС PHOTOMOD по материалам аэрофотосъемки в масштабе 1:8000 с фокусным расстоянием 152.32 мм, выполненной в августе 2007 г. аэрофотоаппаратом RC-30 с форматом кадра 23\*23 см.
3. Координаты углов рамок трапеций.
4. Классификаторы Заказчика.
5. Гидрологическая информация.
6. Нормативные требования.
7. Редакционные указания.

Все фотограмметрические работы, связанные с получением информации по снимкам, проводились с помощью ЦФС PHOTOMOD.

**Процесс создания ортофотопланов в данном случае включал:**

- построение TIN (цифровой модели рельефа в виде треугольников) на каждую стереопару с учетом перепадов высот более 2,5 м;
- создание матрицы высот на всю обрабатываемую территорию с шагом 5м для учета искажений на снимках вследствие влияния рельефа;
- нарезка снимков, выделение фрагментов, из которых будет монтироваться ортофотоплан;
- расчет ортофотопланов с опорой на точки геопривязки в формате MapInfo TAB;
- контрольные операции.

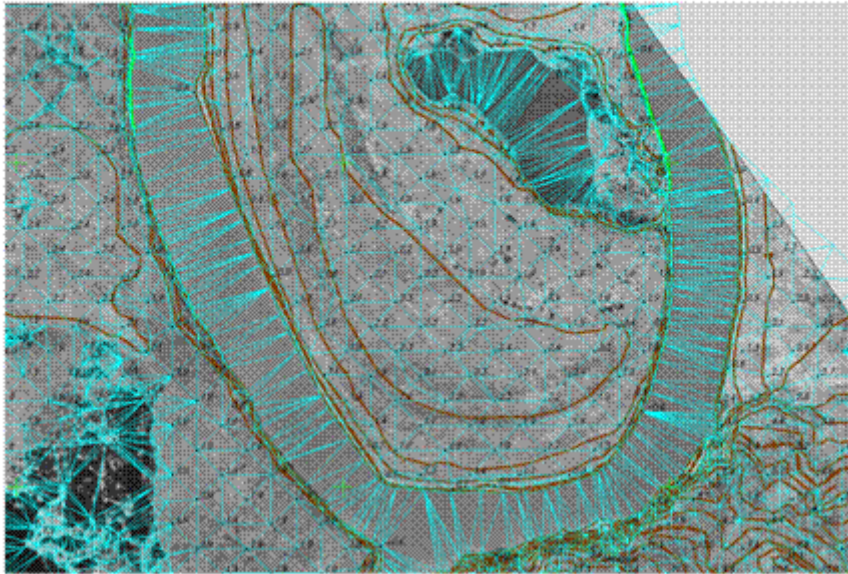
Величины погрешностей в плановом положении опорных и контрольных точек не превысили 0.5мм. Максимальное несовмещение контуров по линиям разрезов 0.5мм. Расхождений контуров по сводкам между листами не было, т.к. ортофотопланы были рассчитаны единым блоком.

- экспорт и привязка ортофотопланов в программу AutoCAD.

**Создание трехмерной модели местности в виде триангуляционной сети Делоне в AutoCAD** производилось в следующем порядке:

- Векторизация структурных линий по стереомоделям в модуле StereoDraw;
- построение ЦМР в модуле DTM ЦФС PHOTOMOD (ЦМР должна включать: равномерно расположенные отметки, с расстоянием между ними до 80м; все имеющиеся точки гидрографии; дополнительные пикеты при перепаде высот более 30см для правильного отображения форм рельефа);

Фрагмент трехмерной модели рельефа в виде триангуляции Делоне с горизонталями

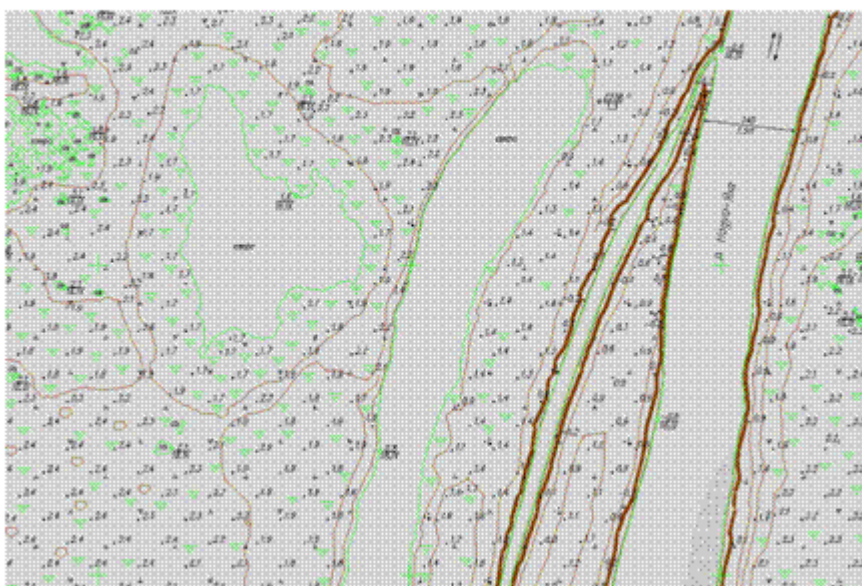


- экспорт пикетов в формат dxf;
- построение трехмерной модели рельефа в модуле GeopiCS в виде триангуляционной сети Делоне;
- автоматическое построение горизонталей по построенной поверхности;
- редактирование поверхности и горизонталей;
- оформление трехмерной модели рельефа;
- выполнение сводок и создание зарамочного оформления;
- проверка ЦММ с помощью специализированных подпрограмм.

**Создание цифровых топографических планов в AutoCAD:**

- доработка контурной части местности по ортофотопланам;
- оформление урезов и подписей по условным знакам масштаба 1:5000;
- заполнение площадных контуров;
- завершение зарамочного оформления;
- самоконтроль и проверка планов.

## Фрагмент цифрового топографического плана



В целом работа с этим объектом далась нелегко, но в итоге коллектив «Технологии 2000» прочувствовал особенности картографирования для проектировщиков и приобрел бесценный опыт, который теперь можно активно использовать.

Кроме этой работы специалисты производственного подразделения «Технологии 2000» за последние 2 года выполняли крупномасштабную топографическую съемку городов, строили ортофотопланы по космическим снимкам; обновляли карты масштаба 1:25000.

Надо заметить, что для качественного производства такой разнообразной продукции и работы почти с десятком программных продуктов, требуется регулярное проведение технической учебы для всех сотрудников. Что мы постоянно и делаем, привлекая для преподавания наиболее опытных своих и сторонних специалистов.

На базе нашего Инженерного Центра оборудован учебный класс в котором проводятся семинары на темы обработки снимков, картографирования, программного обеспечения для всех желающих. Практикуются также выездные семинары в другие города.

С декабря 2009г. совместно с учебными заведениями Екатеринбурга «Технология 2000» проводит краткосрочные **курсы повышения квалификации** с выдачей удостоверения государственного образца по темам:

- Современные геодезические работы;
- Создание и ведение геоинформационных систем;
- Применение данных дистанционного зондирования Земли;

В перспективе новая тема: Маркшейдерские и топографические работы на нефтегазовых месторождениях.

В связи с организацией СРО вопросы дополнительного обучения специалистов стали особенно злободневными.

Сегодня быть конкурентоспособным невозможно без применения новейших технологий. Современные воздушные и космические съемки как раз позволяют получить объективную и актуальную информацию, необходимую для изысканий, проектирования и

визуализации инженерных работ.