

ОРТОРЕГИОН И ОРТОРЕГИОН + МОНИТОРИНГ — ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ*

А.В. Абросимов (Компания «Совзонд»)

В 1992 г. окончил географический факультет Удмуртского государственного университета по специальности «география». Работал руководителем вузовско-академической лаборатории Курганского государственного университета и Института географии РАН. В настоящее время — заместитель главного инженера компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

А.В. Беленов (Компания «Совзонд»)

В 1996 г. окончил Санкт-Петербургское высшее военно-топографическое командное училище по специальности «аэрофотогеодезия». После окончания училища проходил службу в 29-м НИИ МО РФ. С 2001 г. работал в ЦПГ «Терра-Спейс». С 2006 г. по настоящее время — главный инженер компании «Совзонд».

Б.А. Дворкин (Компания «Совзонд»)

В 1974 г. окончил географический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова по специальности «картография». После окончания университета работал в ПК «Картография», ООО «Картография Хубер», ГИС-Ассоциации и Научном геоинформационном центре РАН. С 2008 г. по настоящее время — аналитик компании «Совзонд». Кандидат географических наук.

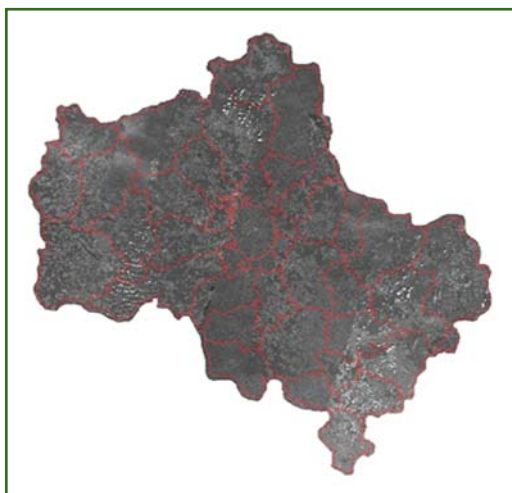


Рис. 1

*Ортофотомозаика на Московскую область
(фрагмент из ОРТОРЕГИОН)*

Специалисты компании «Совзонд» завершили работу по созданию региональных ортомозаик на значительную часть территории Российской Федерации с разрешением 2,5 м, зарегистрированных как новый вид продукции ОРТОРЕГИОН.

В основе ОРТОРЕГИОН лежат ортокорректированные панхроматические снимки, полученные картографической стереокамерой PRISM, установленной на космическом аппарате (КА) ALOS (Япония). Ортотрансформирование отдельных сцен выполнялось с помощью RPC-коэффициентов без применения наземных опорных точек, а в ка-

честве информации о рельефе местности использовалась открытая общедоступная цифровая модель местности SRTM.

Отдельные ортотрансформированные сцены объединялись («сшивались») в единое растровое изображение с выравниванием тона и последующей «нарезкой» на отдельные фрагменты, в виде ортомозаик, покрывающих административные районы или регионы РФ.

ОРТОРЕГИОН имеет следующие основные характеристики:

- пространственное разрешение — 2,5 м;
- цвет изображения — черно-белый;

* Статья подготовлена по материалам, представленным Е.А. Кобзевой (ФГУП «Уралгеоинформ»), И.В. Оньковым (ООО «Тримм») и Н.Д. Фоменко (АО «Казгеокосмос»).

— время съемки — 2006–2008 гг.;
 — облачность — не выше 20%;
 — динамический диапазон — 8 бит;
 — пространственная привязка в системе WGS–84;
 — абсолютная точность — 10 м.

ОРТОРЕГИОН (рис. 1) является дополнением к серии региональных ортомозаик РФ, создаваемых в компании «Совзонд» с использованием космических изображений с пространственным разрешением 0,5–1 и 10 м.

Высокое качество ортофото-мозаики объясняется беспрецедентно высокой точностью RPC-коэффициентов, сопровождающих каждую сцену с КА ALOS/PRISM (The Geometric Accuracy Evaluation Results of RPC (Ver. 1.3), RESTEC), а также использованием для мозаики, в основном, снимков, полученных камерой PRISM в направлении «надир» (при съемке отклонение от надира находится в пределах $1,5^\circ$).

Исследования качества ОРТОРЕГИОН были проведены партнерами компании «Совзонд» — ФГУП «Уралгеоинформ» (Екатеринбург), ООО «Тримм» (Пермь) и АО «Казгеокосмос» (Казахстан), результаты которых приводятся ниже.

▼ Результаты тестирования ФГУП «Уралгеоинформ»

Различные подразделения «Уралгеоинформ» более пяти лет активно используют космические снимки для обновления и создания топографических и тематических карт всего масштабного ряда. Поэтому, приступая к тестированию, специалисты предприятия настороженно отнеслись к ОРТОРЕГИОН, созданному без опорных точек и подробной информации о рельефе местности.

Для тестирования был выбран фрагмент ОРТОРЕГИОН на территорию Свердловской области площадью 4000 км². Он был

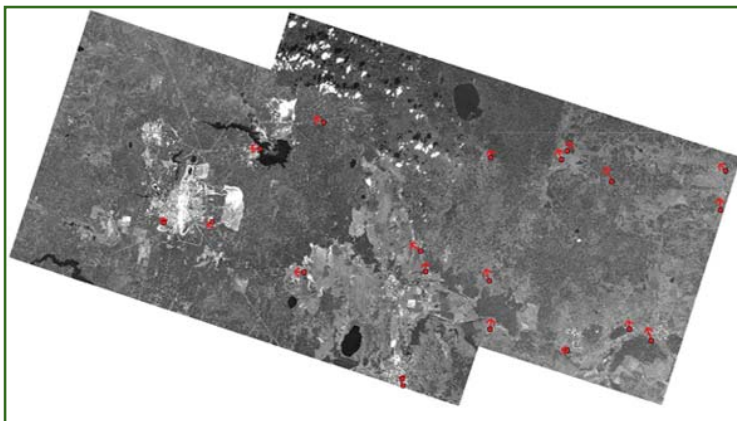


Рис. 2

Схема расположения контрольных точек и вектора невязок

составлен из двух ортоснимков с КА ALOS/PRISM от 7 сентября 2007 г. и 26 июля 2008 г., т. е. снимков, полученных с интервалом в один год, с разных орбит и с разными значениями RPC-коэффициентов. Треть территории выбранного участка занята населенными пунктами, сельскохозяйственными угодьями и дорогами различных классов. Остальная часть покрыта лесом, озерами и мелкими реками, частично заболочена. Местность всхолмленная, с перепадом высот от 90 до 250 м.

Оценка ортомозаики проводилась по геометрической точности и изобразительному качеству в соответствии с нормативными требованиями, предъявляемыми к фотопланам масштаба 1:25 000, изложенным в Инструкции по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов (ГКИНП (ГНТА)-02-036-02).

Геометрическая точность проверялась по отклонениям планового положения контрольных точек на снимках и местности и по расхождениям контуров на смежных снимках.

На местности в качестве контрольных точек были выбраны углы домов и других строений, отдельно стоящие деревья, которые надежно дешифровались на ортомозаике фрагмента ОРТОРЕГИОН. Всего было выбрано 19 контрольных точек, плановые координаты которых были

определены на местности с помощью двухчастотного спутникового приемника GPS с точностью в плане 1 м и измерены на ортомозаике. В результате оценки среднее отклонение планового положения контрольных точек составило 4,91 м, а максимальное — 7,8 м. Наблюдался систематический сдвиг изображения на ортомозаике на +3,4 м в направлении на север и –2,0 м — на восток (рис. 2). Полученные значения отклонений в контрольных точках удовлетворяют требованиям, установленным в инструкции ГКИНП (ГНТА)-02-036-02, согласно которой они должны быть не более 12,5 м (0,5 мм в масштабе фотоплана 1:25 000).

Для оценки планового расхождения контуров на смежных снимках использовались орто-трансформированные, но еще не объединенные в мозаику, снимки с КА ALOS/PRISM. На левом и правом снимках в зоне пе-

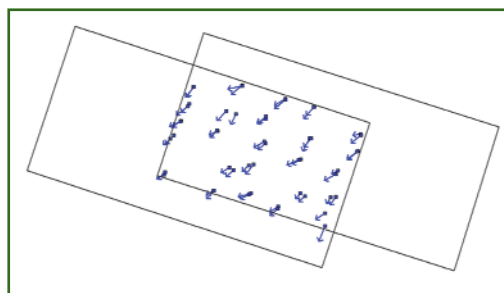
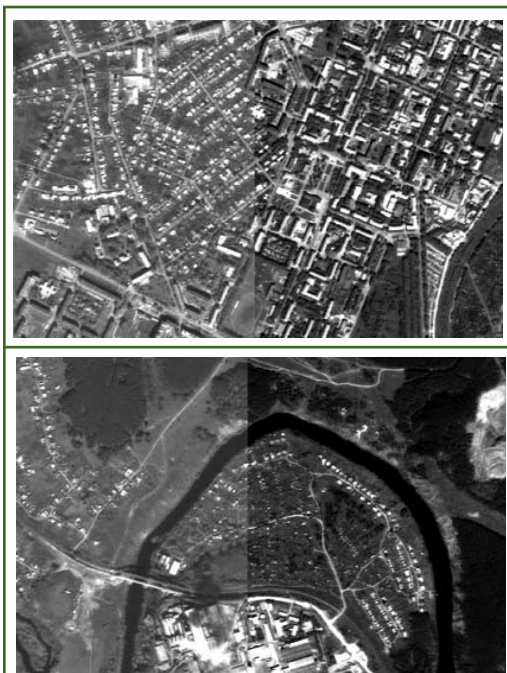


Рис. 3

Схема расположения одноименных точек и вектора невязок

**Рис. 4**

Согласование контуров на ортотрансформированных снимках с КА ALOS/ PRISM до создания ортомозаики

рекрития выбирались одноименные точки на четких контурах: углы зданий, пересечения небольших асфальтовых дорожек, отдельные деревья. Всего было выбрано и измерено 50 точек (рис. 3), координаты которых измерялись и сравнивались между собой. Среднее квадратическое отклонение координат составило 9,1 м, максимальное — 13,2 м, а систематический сдвиг оказался равным 5,5 м в направлении на север и 6,6 м — на восток. Эти значения не превышают допустимых значений, установленных инструкцией ГКИНП (ГНТА)-02-036-02 — 17,5 м (0,7 мм в масштабе 1:25 000 для равнинных и всхолмленных районов). На рис. 3 приведена иллюстрация смещения контуров на левом и правом ортотрансформированных снимках ALOS до создания мозаики.

Изобразительное качество продукции ОРТОРЕГИОН осуществлялось визуально. Проведенная оценка показала, что мозаика воспринимается единым изображением одинаковой тональ-

ности, стыки смежных снимков незаметны (рис. 4). Кроме того, практически отсутствуют вертикальные полосы от соседних элементов линейек ПЗС съемочной камеры PRISM, что явно читалось на снимках с КА ALOS/ PRISM 2006 г.

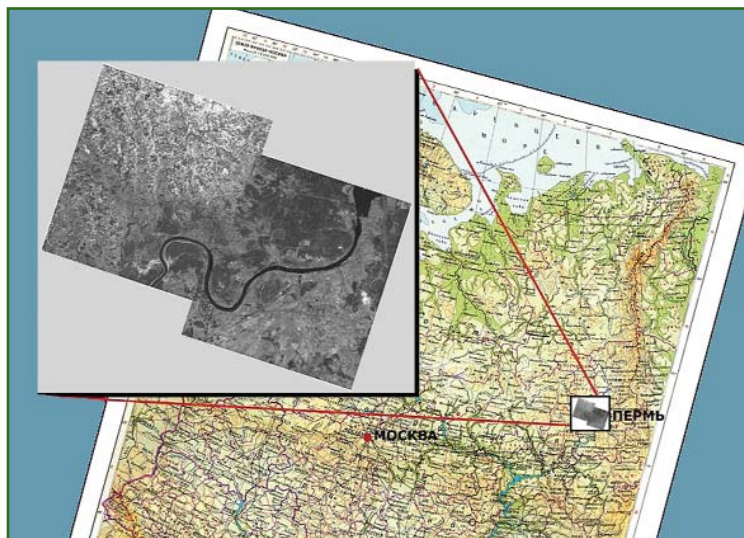
На основании полученных результатов специалисты «Уралгеоинформ» сделали следующий вывод. Продукцию ОРТОРЕГИОН можно рекомендовать в качестве ортофотоосновы для обновления топографических карт и изготовления другой картографической продукции масштаба 1:25 000 на равнинные и всхолмленные районы. Вопрос о ее пригодности для картографирования горных районов требует дополнительных исследований. Ввиду автоматической и практически бесконтрольной технологии изготовления мозаики, для выявления случайных ошибок обработки космических снимков обязательна проверка качества ортомозаики по нескольким контрольным точкам и по расхождениям контуров на смежных снимках. Такая проверка может являться заключительным этапом при изготовлении ортомозаики либо входным контролем при покупке продукции ОРТОРЕГИОН различными организациями.

▼ Результаты тестирования ООО «Тримм»

Из снимков, которые использовались для создания ОРТОРЕГИОН, специалистами компании «Тримм» для исследований было выбрано два снимка на территорию г. Перми и его окрестностей (рис. 5) с 5% поперечным перекрытием и данные для пространственной привязки снимков к системе плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера (СК-42, 10 зона).

Целью работы, выполненной специалистами компании «Тримм», являлась оценка геометрической точности ортоснимков по результатам отклонения координат контрольных точек на снимках и местности, а также исследование зависимости точности ортоснимков от числа наземных опорных точек, используемых при ортокоррекции.

В качестве опорных и контрольных точек использовались наземные опознаки, координаты которых измерялись с помощью двухчастотных приемников GPS в режиме «быстрая статика», в качестве опорных — 5 пунктов триангуляции 2–3 класса городской геодезической сети. В общей сложности на снимке и местности были измерены и приняты в обработку координаты 12 опознаков на левом снимке и

**Рис. 5**

Географическое положение ортоснимков

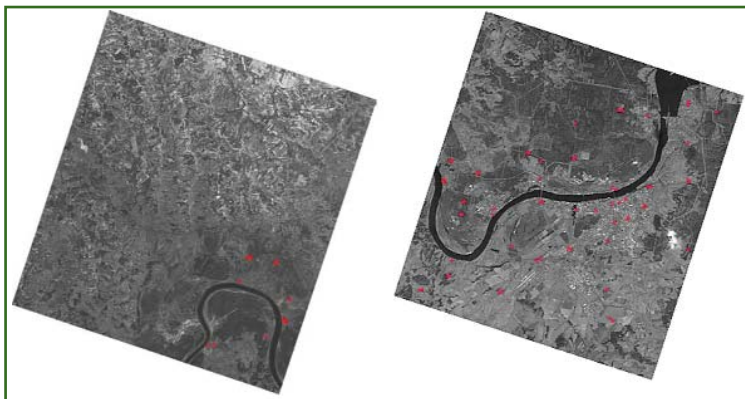


Рис. 6

Схемы размещения опознаков на снимках

67 опознаков на правом (рис. 6).

В качестве математической модели для преобразования системы координат снимка и системы плоских прямоугольных координат проекции Гаусса-Крюгера была принята модель конформного преобразования плоскости, описываемая двумя параметрами сдвига, углом поворота и коэффициентом масштаба (преобразование Гельмерта).

Математическая обработка результатов измерений выполнялась в соответствии с предположением, что разности между измеренными координатами точки на снимке и ее координатами, измеренными на местности, являются суммой двух составляющих: систематической погрешности, описываемой преобразованием Гельмерта, и аддитивной случайной погрешности с двумерным нормальным законом распределения вероятностей.

Оценка геометрической точности снимков осуществлялась в трех вариантах.

Без ортокоррекции по наземным опорным точкам. Преобразование координат исходных растров выполнялось по координатам углов снимков, предоставленных вместе с ним. Все измеренные на снимках опознаки рассматривались как контрольные точки. Средние погрешности положения кон-

трольных точек составили 6,7–9,3 м, максимальная — 12,2 м. Основной вклад в ошибку вносит систематический сдвиг, вызванный неточностью преобразования координат углов снимков.

С ортокоррекцией по одной наземной опорной точке. Параметры систематического сдвига оценивались по координатам этой точки. Преобразованные координаты контрольных точек вычислялись с учетом найденных параметров сдвига. Средние погрешности положения контрольных точек составили 2,6–2,8 м, максимальная — 6,5 м. Значение радиальных погрешностей более 5 м не превысило 5%.

С ортокоррекцией по нескольким наземным опорным точкам. По опорным точкам (опознакам) оценивались четыре параметра преобразования Гельмерта, и полученные значения параметров использовались для преобразования координат контрольных точек. Число наземных опорных точек принималось равным 2, 4, 8 и 16. Средние погрешности положения контрольных точек, в зависимости от числа опорных точек, составили, соответственно, 2,25, 2,02, 1,92 и 1,87 м.

Во всех четырех вариантах максимальные радиальные погрешности контрольных точек не превысили 5 м. Как видно из приведенных выше данных, уве-

личение числа наземных опорных точек более четырех не приводит к существенному повышению точности.

Точность оценок масштаба и угла разворота преобразования Гельмерта и, следовательно, точность вычисления координат контрольных точек в значительной степени зависит от геометрии расположения наземных опорных точек на снимках. Опорные точки следует выбирать по периметру снимка и на максимальном расстоянии друг от друга.

Анализ параметров преобразования Гельмерта двух исходных ортоснимков показал, что они имеют практически одинаковый масштаб и взаимный угол разворота, близкий к нулю. Учитывая это обстоятельство, объединение растров ортоснимков в единый растр ортомозаики выполнялось с учетом только взаимных сдвигов по строкам и столбцам растра, величины которых рассчитывались в двух вариантах:

- по преобразованным координатам углов исходных изображений в систему СК-42;

- по измерениям координат связующих точек на растровых изображениях в зоне двойного перекрытия снимков.

В первом варианте разности геодезических координат углов левого и правого снимков пре-

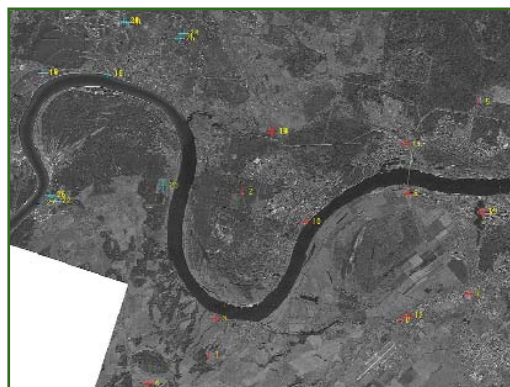


Рис. 7

Расположение контрольных опорных точек (опознаков) на ортомозаике (кресты голубого цвета — левый снимок, кресты красного цвета — правый снимок)

образовывались в разности их растровых координат, используя номинальное значение размера пикселя на местности, равное 2,5 м.

Во втором варианте сдвиг левого снимка относительно правого определялся по разностям координат связующих точек в зоне двойного перекрытия снимков. В качестве связующих точек выбирались четкие контуры на местности, уверенно опознающиеся на обоих снимках. В общей сложности были измерены координаты 119 точек, достаточно равномерно распределенных по площади двойного перекрытия снимков.

Оценка точности объединения растров выполнялась по измеренным координатам двух групп опознаков (12 — на левом снимке, 15 — на правом), расположенных вблизи линии шивки (рис. 7). Средний сдвиг двух групп опознаков ортомозаики, объединенной по координатной привязке углов изображений, составил 5,3 м, а объединенной по связующим точкам — 1,9 м.

На основании выполненных исследований специалисты компании «Тримм» сделали вывод о достаточно высокой геометрической точности ортомозаики ОРТОРЕГИОН, созданной по снимкам с КА ALOS/PRISM на основе RPC-коэффициентов и цифровой модели рельефа SRTM.

ОРТОРЕГИОН может быть использован для составления и обновления топографических карт масштаба 1:25 000 без привлечения дополнительных данных.

Уточнение элементов преобразования координат, масштаба и ориентировки ортоснимка даже по небольшому числу (4–8) опорных точек позволяет повысить его точность в 2–3 раза и использовать для составления и обновления топографических карт масштаба 1:10 000. Для подтверждения

этого вывода на ортоснимке, откорректированном по 8 опознакам, были измерены 200 углов многоэтажных зданий с известными геодезическими координатами, взятыми с цифрового плана города масштаба 1:500. По результатам статистической обработки этих данных средняя квадратическая погрешность определения координат углов зданий по снимку составила 1,92 м, средняя радиальная погрешность — 2,48 м, а максимальная радиальная — 4,87 м, что вполне удовлетворяет требованиям к точности топографических карт масштаба 1:10 000.

► Результаты тестирования АО «Казгеокосмос»

Оценка графической точности ортомозаики ОРТОРЕГИОН специалистами АО «Казгеокосмос» проводилась путем вычисления разностей координат контрольных точек на ортоснимках и на карте масштаба 1:10 000. Карта была создана по материалам аэросъемки камерой Vexcel UltraCamX с разрешением пикселя растрового изображения на местности 50 см и с использованием наземных опорных точек. Карта имела точность в плане порядка 20–25 см (средняя квадратическая погрешность).

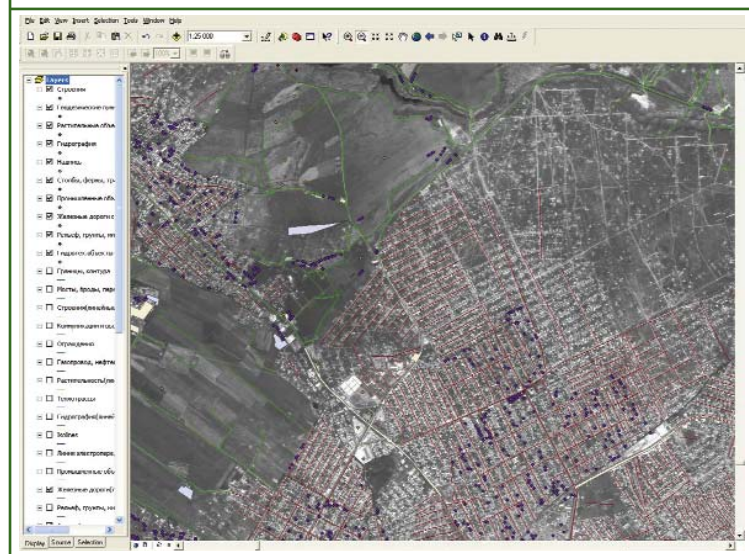
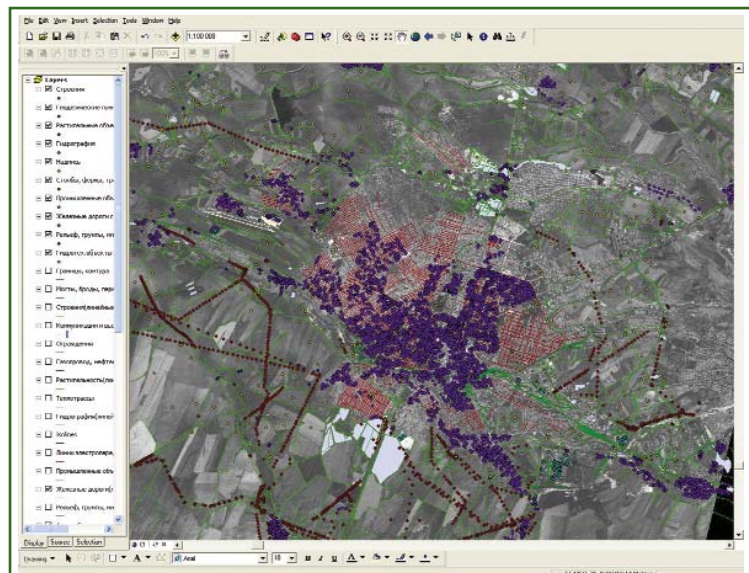


Рис. 8

Наложение векторных слоев на растровое изображение

Векторные слои карты совмещались с растровым изображением ортоснимка (рис. 8) в прямоугольной системе координат UTM WGS-84 (42 зона). В качестве контрольных точек выбирались четкие контуры векторного слоя карты, однозначно дешифрируемые на ортомозаике. Было выбрано 15 контрольных точек, координаты (X и Y) которых измерялись в файле карты (shape-файл) и на растровом изображении ортомозаики. Кроме того, вычислялись разности координат (ΔX и ΔY) и плановое смещение Δs .

В результате оценки точности было определено, что среднее значение отклонения положения контрольных точек в плане составило 11,56 м. При этом максимальное и минимальное отклонения в координатах составили: по X — -12,57 м и -3,96 м, по Y — +13,23 м и -2,65 м.

По мнению специалистов АО «Казгеокосмос» такая точность позволяет использовать ОРТОРЕГИОН при создании и обновлении карт масштабов от 1:25 000 (с использованием для ортокоррекции наземных опорных точек) и до 1:100 000 (без использования для ортокоррекции наземных опорных точек), а также в качестве картографической основы при выполнении различных тематических ГИС-проектов.

Кроме того, было отмечено, что по ОРТОРЕГИОН уверенно дешифрируются объекты, отображаемые на основании классификатора на карте масштаба 1:25 000, а его детальность вполне соответствует масштабу 1:20 000.

Основываясь на результатах исследований, выполненных специалистами из организаций — партнеров компании «Совзонд», можно сделать следующий вывод. ОРТОРЕГИОН имеет технические характеристики, позволяющие его использовать как основу для:

- обновления топографических карт масштаба 1:25 000–100 000;

- создания тематических и навигационных карт;

- создания web-приложений, использующих космические снимки.

▼ ОРТОРЕГИОН + МОНИТОРИНГ

Во многом коммерческий успех ОРТОРЕГИОН связан с тем, что он является законченным видом продукции, приобретая которую пользователь:

- ясно понимает процесс формирования цены на заказ и не платит за избыточную информацию (исходные данные, метаданные и т. д.);

- оплачивает и получает мозаику космических снимков только на интересующую его территорию (федеральный округ, субъект РФ, муниципальный район и т. д.);

- может, минуя промежуточные стадии, использовать ортомозаику для создания проекта в ГИС (MapInfo Professional, ArcGIS, «Карта 2008», Autodesk MapGuide и т. п.).

Учитывая популярность ОРТОРЕГИОН, компания «Совзонд» в рамках расширения этого вида продукции разработала новый — **ОРТОРЕГИОН + МОНИТОРИНГ** (рис. 9). Как и ОРТОРЕГИОН, он базируется на ортомозаиках с КА ALOS/PRISM, наследуя его геометрические и дешифровочные свойства. В то же время, это качественно новый вид продукции. Таковым его делает поставляемая вместе с базовой мозаикой серия космических снимков группировки космических аппаратов RapidEye, обеспечивающих мониторинг интересующей заказчика территории с требуемой периодичностью (от недели до нескольких месяцев) и согласованным числом повторных съемок.

Снимки RapidEye с пространственным разрешением 5 м и пятью спектральными каналами обладают высокими геометри-



Рис. 9

Форма поставки продукции ОРТОРЕГИОН + МОНИТОРИНГ

ческими и радиометрическими характеристиками, что наряду с возможностями повторяемости съемки через сутки, делают их наиболее совершенным инструментом космического мониторинга территорий на современном мировом рынке данных ДЗЗ. Пространственная привязка снимков с КА RapidEye с использованием поставляемых вместе с ними PRC-коэффициентов к ортомозаике с КА ALOS/PRISM с точностью не хуже 10 м существенно увеличивает ценность ОРТОРЕГИОН + МОНИТОРИНГ.

Как и при покупке ОРТОРЕГИОН, заказчик оплачивает и получает готовую к обработке информацию на интересующую его территорию.

Предлагается несколько вариантов этого вида продукции в зависимости от степени законченности решения:

- ОРТОРЕГИОН (на базе снимков с КА ALOS/PRISM) + серия ортотрансформированных мозаик с КА RapidEye (на конкретные даты съемки);

- ОРТОРЕГИОН + серия ортотрансформированных мозаик с КА RapidEye + серия мультитременных композитов (растровых изображений с ярко контрастирующими на общем фоне изображения изменениями, произ-

шедшими с даты одной съемки до даты другой, заданными заказчиком);

— ОРТОРЕГИОН + серия орто-трансформированных мозаик с КА RapidEye + серия мультивременных композитов + серия векторных ГИС-покрытий (отображающих произошедшие изменения);

— ОРТОРЕГИОН + серия орто-трансформированных мозаик с КА RapidEye + серия мультивременных композитов + серия векторных ГИС-покрытий + серия статистических выкладок/отчетов о произошедших на территории изменениях.

В отличие от ОРТОРЕГИОН, заказчик получает не одну ортомозаику одновременно, а заключает договор, в рамках которого, помимо базовой мозаики, через оговоренные промежутки времени, ему поставляется информация, содержащая оперативно созданные данные в одном из четырех вышеуказанных вариантов.

В зависимости от отраслевой направленности организации-заказчика основной упор может быть сделан на выявление изменений в инфраструктуре, транспортной и коммуникационной сети, лесном фонде (вырубки, гари, погибшие и поврежденные насаждения), нарушенных и загрязненных землях, землях поселений и объектах промышленности.

ОРТОРЕГИОН + МОНИТОРИНГ, позволяя осуществлять многоцелевой мониторинг и контроль, может заинтересовать региональные и муниципальные администрации, производственные, эксплуатирующие, коммерческие, контролирующие организации лесного, водного, сельского хозяйств, транспорта, ТЭК и многих других отраслей.

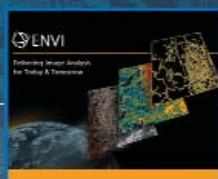
В заключение отметим, что быстро развивающиеся технологии дистанционного зондирования все шире используются для решения различных при-

кладных задач. Реальностью стало получение точной пространственной информации без сбора наземных данных, что приводит к существенному сокращению финансовых и, что иногда более важно, временных затрат.

RESUME

There are described the main characteristics of orthomosaics with a resolution of 2.5 m for the considerable part of the RF territory, which have been created by the Sovzond JSC specialists based on the ALOS s/c images and registered as OPRTOREGION. Results of the tests fulfilled by the Uralgeoinform, Trimm and Kazgeocosmos companies for some orthomosaics sections in order to examine their geometric accuracy and visual quality are presented. Possibilities and terms of supplying the new ORTOREGION + MONITORING product (based on the ALOS and RapidEye s/c images) are given.

КОМПАНИЯ "СОВЗОНД" - ВРЕМЯ РЕШЕНИЙ.



- Данные ДЗЗ различного пространственного разрешения.
- Геопорталы на базе современных данных ДЗЗ.
- Программное обеспечение для технических проектов различного уровня сложности.
- Комплексные проекты по обработке космических снимков для создания и обновления картографической продукции.
- Тематическая обработка космических снимков.
- Создание прикладных ГИС.
- Центры оперативного космического мониторинга и пространственного анализа (ведомственные, региональные, отраслевые, корпоративные).
- Консалтинговый центр.



КОМПАНИЯ "СОВЗОНД"
Тел: +7 (495) 988-7511, 988-7522, 514-8339.
Факс: +7 (495) 988-7533,
E-mail: sovzond@sovzond.ru
Web-site: www.sovzond.ru