

КАРТОГРАФИЯ

УДК 528.9:528.711.1(202)

Московский государственный университет
геодезии и картографии
Аспирант *Е.С.Подольская*

**ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СКАНЕРНЫХ СНИМКОВ
ДЛЯ ОБЪЕКТИВИЗАЦИИ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ
ГЕНЕРАЛИЗАЦИИ НА ОБЗОРНО-ТОПОГРАФИЧЕСКИХ
КАРТАХ**

Для современной картографии материалы дистанционного зондирования являются чрезвычайно ценным и емким источником актуальной информации как для составления общегеографических и тематических карт, так и для процессов обновления имеющегося фонда традиционных бумажных и цифровых карт. В практике работ по составлению топографических карт всего масштабного ряда применяют аэрокосмические снимки разного типа и разрешения, для обработки которых разрабатывается специальное программное обеспечение, например Vista, — один из новых пакетов программ от компании BlueSky (Великобритания) [1].

В классификации подходов к решению задачи картографической генерализации, приведенной в [2], авторами выделяется отдельное направление — объективизация картографической генерализации, основанная на свойствах космических снимков мелких масштабов. В результате существенного уменьшения масштабов изображения, фильтрации высоких частот излучения на снимках возникает эффект оптической или аэрокосмической генерализации, при котором более наглядно и объективно раскрываются крупные формы элементов местности и практически осуществляется отбор мелких объектов [2].

Определения аэрокосмической генерализации были даны Б.В.Виноградовым (1976), Г.Б.Гониным (1980), В.И.Кравцовой (2000) и другими авторами [3].

Опыт применения космических снимков для картографической генерализации освещается в научной литературе. Сравнительный анализ снимков и карт для контроля правильности картографической генерализации в нашей стране выполнялся уже в первые годы космических исследований с 1968 г.

В настоящее время ведутся исследования аэрокосмической генерализации в лаборатории аэрокосмических методов кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ под руководством В.И.Кравцовой и Ю.Ф.Книжникова [3, 4]. Существо их исследований определяется несколькими направлениями: формированием дискретного снимка оптимального уровня генерализации (соотношение между размером пиксела и средним геометрическим размером объекта снимка), исследованием изображения лесных массивов по снимкам разного разрешения. Выполненные ими эксперименты показали, что имеется четкая зависимость, которую можно выразить в виде формул, учитывающих размеры объектов и размер пиксела снимка (или его разрешения).

Объективизация картографической генерализации рассматривается также в публикациях зарубежных специалистов. Например, метод выделения дорожных сетей на космических фотоснимках, предложенный в работе [5], рекомендуется для составления и обновления изображения дорожных сетей.

Рассмотрим возможности применения космических снимков для объективизации картографической генерализации населенных пунктов, линейных элементов гидрографии, дорожной сети на топографических картах масштаба 1:200 000, 1:500 000 и 1:1 000 000. Уровень детальности изображения этих карт соответствует снимкам разрешения порядка 30—100 м, которое обеспечивается отечественной и зарубежной съемочной аппаратурой.

Известно, что геометрия и особенности фотограмметрической обработки космических снимков является важной и сложной проблемой, требующей специального отдельного исследования вне рамок предлагаемой работы. Геометрия космических снимков разработана и изложена в монографии [6].

1. Особенности генерализации изображения космических снимков

Экспериментально выявлены некоторые закономерности генерализации изображения космических снимков [3,4]. Размер

воспроизводимых объектов зависит от их формы и от контраста с окружающим фоном. По-разному обобщаются линейные, размытые, мозаичные границы и контуры. В целом механизм обобщения изображения снимка представляется сложным, закономерности генерализации изображения космических снимков пока полностью не изучены и не описаны.

Продвижением в этом направлении служат работы по моделированию изображения дискретных цифровых снимков разного разрешения [3], в которых исследуется воспроизводимость (характеристика географического разрешения) на снимках географических объектов разных типов, размеров и разных таксономических рангов. Установлена зависимость воспроизведения объектов от соотношения размера самого объекта и размера пиксела. Согласно этим исследованиям объекты площадью менее одного пиксела не воспроизводятся, площадью 1—3 пиксела изображаются с вероятностью 50%, объекты площадью 4 пиксела и более воспроизводятся без передачи их формы. Эти положения справедливы для снимков среднего и низкого разрешения, а также для снимков сверхвысокого разрешения.

2. Возможности космических съемочных систем для объективизации картографической генерализации

При принятии решений по применению материалов космической съемки для объективизации картографической генерализации необходимо подобрать тип и разрешение снимка. Для этого рассмотрим технические параметры космических съемочных систем, дадим характеристику выбранным снимкам и определим наиболее оптимальные из них для объективизации картографической генерализации на картах масштабов 1:200 000 — 1:1 000 000.

При создании топографических карт используют черно-белую, мнгозональную и инфракрасную виды съемок. Для отслеживания изображения объектов, согласно рекомендациям работ Ю.Ф.Книжникова и В.И.Кравцовой [4], оптимальными по типу считаются сканерные снимки, получаемые в мнгозональном варианте.

Сканерный вид съемки позволяет получать цифровое изображение систематически в течение длительного времени, переда-

ча снимков на Землю идет в реальном масштабе времени [7]. Технические параметры наиболее используемых видов отечественных и зарубежных космических сканерных систем представлены в таблице.

Таблица

Технические параметры наиболее используемых видов отечественных и зарубежных космических сканерных систем

Название спутника, страна	Наименование системы, число каналов съемки	Полоса захвата, км	Полоса съемки, км	Разрешение на местности, м	Спектральный диапазон, мкм
Ресурс-01, Россия	МСУ-С, 4	600	600	150 × 250	0,50—0,60 0,60—0,70 0,70—0,80 0,80—1,10 10,4—12,6
Метеор-3М, №1, Россия	МСУ-Э, 3	600	45	35 × 45	0,50—0,60 0,60—0,70 0,80—0,90
Landsat, США	MSS, 4	185	185	80	0,50—0,60 0,60—0,70 0,70—0,80 0,80—1,10
	TM, 7	85	185	30 120	0,45—0,52 0,52—0,60 0,63—0,69 0,60—0,90 1,55—1,75 2,08—2,35 10,4—12,5
Spot, Франция	HRV, 4	74	60	10—20	0,51—0,73 0,50—0,5 0,61—0,68 0,79—0,89
	HRVIR, 4	174	60	20 10 20	0,50—0,89 0,61—0,68 0,79—0,89 1,58—1,65
NOAA, США	AVHRR, 5	3000	3000	1100	0,58—0,68 0,73—1,10 3,55—3,93 10,30—11,30 11,40—12,40

Примечание. Разрешение на местности для Ресурс-0 дано по направлениям вдоль и поперек полосы съемки.

Среди перечисленных в таблице наибольшей детальностью и хорошим качеством отличаются материалы, получаемые зарубежными системами MSS и TM со спутников Landsat, космиче-

ской системой SPOT и отечественными космическими аппаратами Метеор-ЗМ, № 1 и Ресурс-01 [7].

Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ) в настоящее время ведет прием информации со спутника Метеор-ЗМ, № 1. Задачи, решаемые с помощью этого спутника, очень разнообразны и включают разведку природных ресурсов Земли, экологический мониторинг, метеорологические и океанографические измерения, проведение геофизических и астрономических наблюдений. Данные широко используются различными отраслями народного хозяйства и службами России, стран СНГ. Многозональное сканирующее устройство высокого разрешения МСУ-Э на Метеор-ЗМ, № 1 служит для получения изображений поверхности Земли в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне спектра по трем спектральным каналам [7].

В зависимости от способа сканирования принято подразделять сканирующие устройства на три группы: линейное однострочное сканирование, коническое вертикальное однострочное и коническое горизонтальное строчное сканирование. Изображение МСУ-Э получают однострочным линейным сканированием.

Определение координат точек снимка по географическим при известных элементах ориентирования, определение прямоугольных координат по геодезическим, величины частных масштабов длин, площадей, наибольших искажений углов изложены в монографии [6].

Установлено, что главной особенностью геометрии сканерного космического снимка с линейным однострочным сканированием являются значительные искажения всех видов по краям снимка, что необходимо учитывать, выбирая для практических работ центральную часть снимка.

3. Изображение объектов различных видов локализации на сканерных снимках разного разрешения (линейные элементы гидрографии, населенные пункты, дорожная сеть)

Изображение гидрографии. На сканерных снимках малого разрешения (1—2 км) из речной сети видны лишь крупнейшие реки. На снимках среднего разрешения (300 м) изображаются все крупные реки (первого порядка), их рукава и часть притоков. На снимках относительно высокого разрешения (50—100 м) ха-

ракти изображения существенно меняется. Изображается речная сеть вплоть до притоков средних порядков (шириной более 0,5 элемента изображения). Под элементом изображения понимается пиксел, площадка определенного размера, в данном случае порядка 50—100 м. На сканерных снимках с высоким разрешением 20—50 м речная сеть выявляется вплоть до притоков высших порядков шириной 10 м. [3]

Изображение населенных пунктов. На сканерных снимках малого разрешения (1—2 км) населенные пункты не изображаются. На снимках среднего разрешения (300 м) опознаются при помощи карты общие контуры крупнейших городов, в зимних условиях — средних городов.

На снимках относительно высокого разрешения (50—100 м) распознаются городские и крупные сельские населенные пункты, их планировочная структура, основные магистрали в населенных пунктах, выделяются районы с разной густотой застройки.

На сканерных снимках высокого разрешения (20—50 м) прорисовывается внутренняя структура населенных пунктов [3].

Изображение дорожной сети. Дорожная сеть аналогично населенным пунктам на снимках малого разрешения не изображается. На снимках среднего разрешения (порядка 300 м) дорожная сеть также еще не видна. На сканерных снимках относительно высокого разрешения (50—100 м) прослеживаются крупные элементы транспортной сети: автомагистрали, разбегенные грунтовые дороги, частично железные дороги (при широкой полосе отчуждения).

На сканерных снимках высокого разрешения (20—50 м) видны автодороги высшего класса и железные дороги, хорошо выделяется сеть шоссейных и грунтовых дорог. На многозональных снимках в видимой зоне спектра лучше видны грунтовые, а в ближней инфракрасной зоне — шоссейные дороги [3].

Все три элемента содержания обзорно-топографических карт, рассматриваемые в предлагаемой работе, достаточно подробно выделяются на сканерных снимках высокого разрешения. Из снимков этого разрешения наиболее доступны по производственной деятельности НЦ ОМЗ материалы МСУ-Э с разрешением на местности 35 × 45 м. На основе этих снимков разрабатывается технология и выполняются экспериментальные работы.

4. Программные средства обработки космических снимков и рекомендации по их выбору для объективизации картографической генерализации

Разработка специального программного обеспечения для обработки снимков обусловлена значительным объемом фонда данных дистанционного зондирования, необходимостью оперативной обработки полученных материалов и создания на их основе карт. Как отмечают исследователи, современное программное обеспечение в своем большинстве сочетает ГИС-функции и инструментарий обработки аэрокосмических снимков. Среди полнофункциональных ГИС-пакетов выделяют Erdas Imagine, ENVI, TNTmips, ER Mapper, ILWIS, GRASS, другие программы. С точки зрения возможностей цифровой обработки снимков эти пакеты отличаются в основном набором средств пользовательского интерфейса и их удобством.

Исследования по анализу программных разработок в области обработки данных дистанционного зондирования предпринимаются с начала 90-х гг. XX в. Как правило, такие работы выполняются в крупных зарубежных компаниях. В частности, в 1996 г. Техасским региональным институтом исследований природной среды (СИА) был выполнен сравнительный анализ программ EASITPACE 6.01, ENVI 2.0, Erdas Imagine 8.2, ER Mapper 5.2, MBI/MAJ версии 06.00.2.04, 06.00.1.03 и TNTmips 5.3. В результате было установлено, что наиболее эффективными комплексными средствами обладают программы ER Mapper (версия 5.2) и Erdas Imagine (версия 8.2).

В предлагаемой работе наиболее оптимальным вариантом программного обеспечения для сопоставления снимка и карты по совокупности факторов (наличие качественной документации на русском языке, удобство сочетания функций работы с картой и снимком, поддержка большого числа форматов, простота организации экспорта/импорта) является Erdas Imagine версии 8.5. Это наиболее используемый программный продукт для обработки данных дистанционного зондирования Земли, в котором совмещены функции преобразования и анализа снимков, цифровой фотограмметрии [8]. В настоящее время Erdas Imagine разрабатывается и распространяется компанией Leica Geosystems (Атланта, Джорджия, США).

Выбор этого программного обеспечения обусловлен во многом и опытом автора по выполнению операций трансформирования и привязки карт и снимков в НЦ ОМЗ.

В основе Erdas Imagine лежит модульно-иерархический принцип трех блоков: Imagine Essentials, Imagine Advantage и Imagine Professional (для начинающих, подготовленных и профессиональных пользователей), каждый из которых включает в себя и расширяет функциональные возможности предыдущего набора. Эта структура базируется на общей архитектуре и имеет один и тот же интерфейс пользователя и функциональные возможности на различных компьютерных платформах.

Имеется возможность работы с картографическими материалами как в векторном, так и в растровом форматах. Пакет обеспечивает работу с векторными данными ГИС ARC/INFO (компания ESRI, Рейнольдс, США).

Erdas Imagine содержит три векторных формата, не требующие применения процедуры импорта-экспорта:

— Vector — векторно-топологическим форматом ГИС ARC/INFO.

— Annotation — векторный, нетопологический формат, используется для создания аннотаций, зарамочного оформления для твердых копий и произвольной рисовки поверх растра.

— Area of Interest (AOI) — третий особый векторный формат, необходимый для задания границ рабочих областей или областей интереса для обработки изображения.

Для описания процедур обработки растра и организации пользовательского интерфейса имеются два встроенных макроязыка — SML (Spatial Modeling Language) и ELM (Erdas Macro Language) [8].

5. Технология использования программного обеспечения для работы со снимком и картой. Практическая реализация на примере карт и снимков на территорию Архангельской области

Технология работы включает три этапа:

- *выбор космического снимка;*
- *предварительная обработка снимка и карты;*
- *проведение визуального сопоставления и измерений по карте и снимку.*

На выбор космического снимка влияют сезонные условия в момент проведения съемки. Снимок должен быть получен в бесснежный период, для сопоставления изображения гидрографии необходимо время межени.

Последовательность обработки снимка рассмотрим для МСУ-Э. В фонде НЦ ОМЗ цифровые данные, поступающие со спутника, подвергаются обработке в специализированном пакете прикладных программ RESPON разработки НЦ ОМЗ, который обеспечивает извлечение многоспектральных изображений МСУ-Э из исходного («сырого») цифрового потока данных.

Для разных запросов пользователей принято несколько уровней обработки. На нулевом уровне выполняется фильтрация импульсных помех, коррекция и восстановление сбойных и пропущенных строк, формирование текстовой аннотации. Затем проводится корректировка изображения на уровне «1», который включает обработку уровня «0» и дополнительные операции: фотометрическая коррекция статистическим методом, географическая привязка по орбитальным и телеметрическим данным, формирование аннотации в растровой форме [6].

Предоставленный снимок МСУ-Э подготовлен в соответствие с уровнем обработки «2», что включает обработку уровня «1» со следующими дополнениями: устранение геометрических искажений с билинейной яркостной интерполяцией; трансформирование в картографическую проекцию; геометрическое совмещение спектральных каналов МСУ-Э с повышенной точностью.

В результате получается файл многоспектрального изображения территории в картографической проекции (Гаусса—Крюгера, UTM) с заданным размером пиксела во внутреннем формате RESPON или в общеизвестных форматах LAN, TIFF, JPEG.

Для предлагаемой работы снимок был получен в формате LAN, который поддерживается программой Erdas Imagine 8.5. Для дальнейшей обработки выполнено преобразование изображения в формат Erdas Imagine.IMG. Для улучшения изображения снимка применяют функции контраста (Contract) и фильтрации (Filtering).

Одновременно с обработкой снимка выполняется сканирование тиражных оттисков карты на специальном сканере. Использовался цветной широкоформатный барабанный сканер

ПРОСКАН 60030 ПО «КСИ» с оптическим разрешением 600 dpi, предельной погрешностью сканирования не более 0.17 мм, форматом выходной информации TIFF 6.0. Листы карты сканируются с разрешением 300 dpi и импортируются в пакете Erdas Imagine из формата TIFF в универсальный формат IMG. Таким образом, получают растровые изображения снимка и карты.

Для оценки генерализации на карте и на снимке необходимо сопоставление их изображений в одной проекции путем привязки и трансформирования. На главной панели Erdas Imagine выбирается Data Preparation/Image Geometric Correction (Подготовка данных/Геометрическая коррекция изображений).

Затем во вьювере (окне для просмотра изображений) открывается трансформированная карта, а поверх нее — трансформированное изображение снимка. Порядок этих слоев устанавливается в View/Arrange Layers (Расположение слоев).

В Erdas Imagine 8.5. имеется возможность одновременного просмотра наложенных друг на друга изображений в одном вьювере. Для этого используется закладка Utility, внутри которой есть функции Blend (изменение прозрачности) и Swipe («шторка»). Изменение прозрачности Blend верхнего слоя (снимка или карты) выполняется при помощи шкалы с бегунком. В режиме Auto Mode (Автоматический режим) два изображения будут постепенно переходить друг в друга. Управление «шторкой» Swipe осуществляется также с помощью шкалы с бегунком. Можно закрыть верхним снимком весь нижний или, наоборот, оставить изображения перекрывающимися лишь частично. Возможно изменение направления движения шторки с вертикального (Vertical) на горизонтальное (Horizontal). Во время работы с перечисленными инструментами масштаб изображения снимка и карты может быть изменен. Так практически выполняется сопоставление изображения карты и снимка.

Технология работ приведена на рис. 1.

Фондом НЦ ОМЗ предоставлен снимок, полученный сканером МСУ-Э на территорию Архангельской области в межлетний период (4 июля 2002 г.). На снимке показан район г. Котлас, север Европейской части России.

Выполнена привязка снимка к листам карт:

— масштаба 1:200 000 Р-38-XXIX-XXX (сост. 1984 г., изд. 1990 г.);

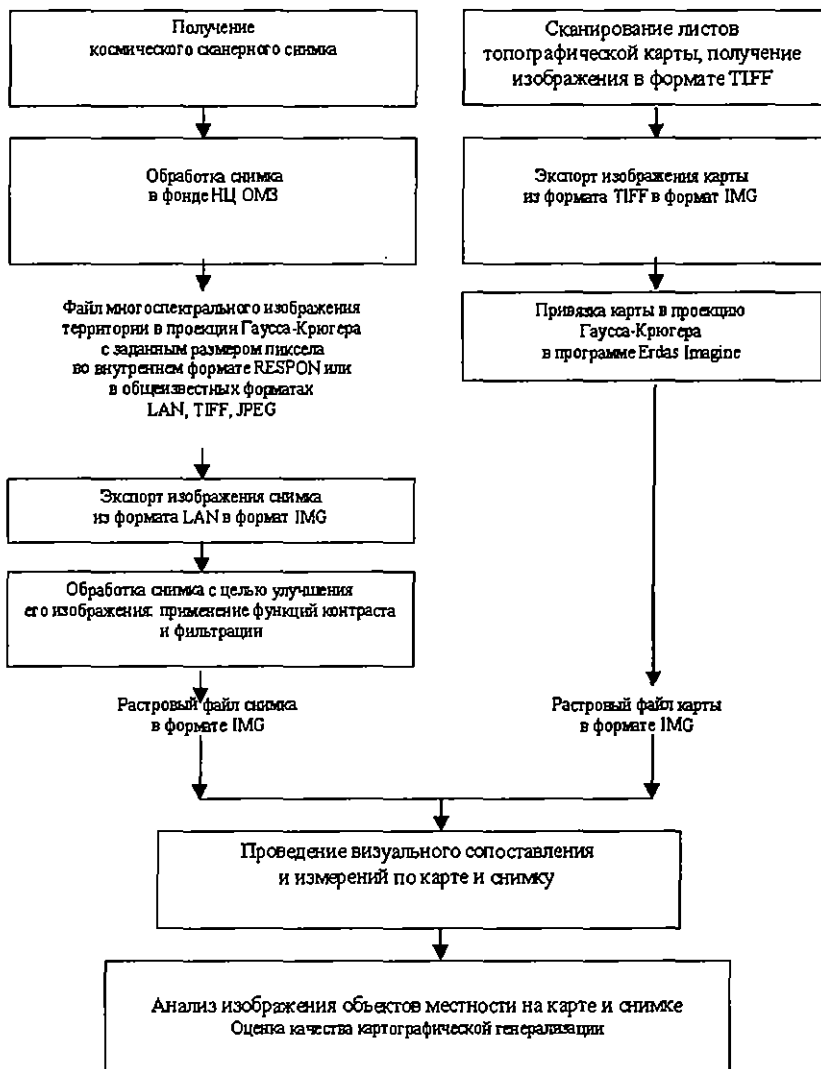


Рис. 1. Технология применения материалов космической сканерной съемки для объективизации картографической генерализации на обзорно-топографических картах с использованием программного обеспечения Erdas Imagine 8.5

- масштаба 1:500 000 Р-38-В, Г (сост. 1963 г., изд. 1978 г.);
- масштаба 1:1 000 000 Р-37,38 (сост. 1983 г., изд. 1997 г.).

Наилучшее изображение гидрографии по этому снимку можно получить, отобразив снимок в шкале Gray Scale по трем каналам или в цветовой модели RGB. Для повышения контрастности снимка применяем функцию Contrast для растровых изображений. Наилучшие результаты дает использование операций Gamma и Standard Deviations.

На снимке хорошо видна гидрографическая сеть, реки Северная Двина с Вычегдой с многочисленными меандрами и старицами. Четко различимы железные дороги и автодороги, просеки с линиями электропередач. По снимку прослеживается контур городской застройки Котласа и поселка городского типа Шипицино.

Сопоставление изображения населенных пунктов, линейных элементов гидрографии и дорог снимка с картами показывает, что наибольшую сходимость со снимком имеет карта масштаба 1:500 000 в сравнении с картами 1:200 000 и 1:1 000 000 (рис. 2). На рис. 3. показан пример просмотра и сопоставления изображения карты 1:500 000 и снимка в одном вьювере.

Разработанная технология объективизации позволяет выполнить оценку качества картографической генерализации на заключительном этапе составления обзорно-топографических карт наряду с использованием метода экспертных оценок. Помимо этого, она может быть использована при составлении населенных пунктов, гидрографии, дорог и других элементов содержания.

Направления совершенствования технологии связаны с использованием коэффициентов объективизации, которые количественно определяют соответствие карты и снимка. Для этого в технологии работ в блоке «Проведение визуального сопоставления и измерений по карте и снимку» возможно выделение операций: выбор и обоснование коэффициентов объективизации для населенных пунктов, рек и дорог; выполнение измерений и расчет коэффициентов; анализ полученных коэффициентов.

Возможности использования космических сканерных снимков могут быть расширены в технологическом плане путем исследования сочетаний функций обработки снимка в разных про-



а)



б)



в)



г)

Рис. 2. Сопоставление изображения снимка, полученного многозональной сканирующей системой МСУ-Э (а), и фрагментов топографических карт масштаба б) 1:200 000, в) 1:500 000 и г) 1:1 000 000

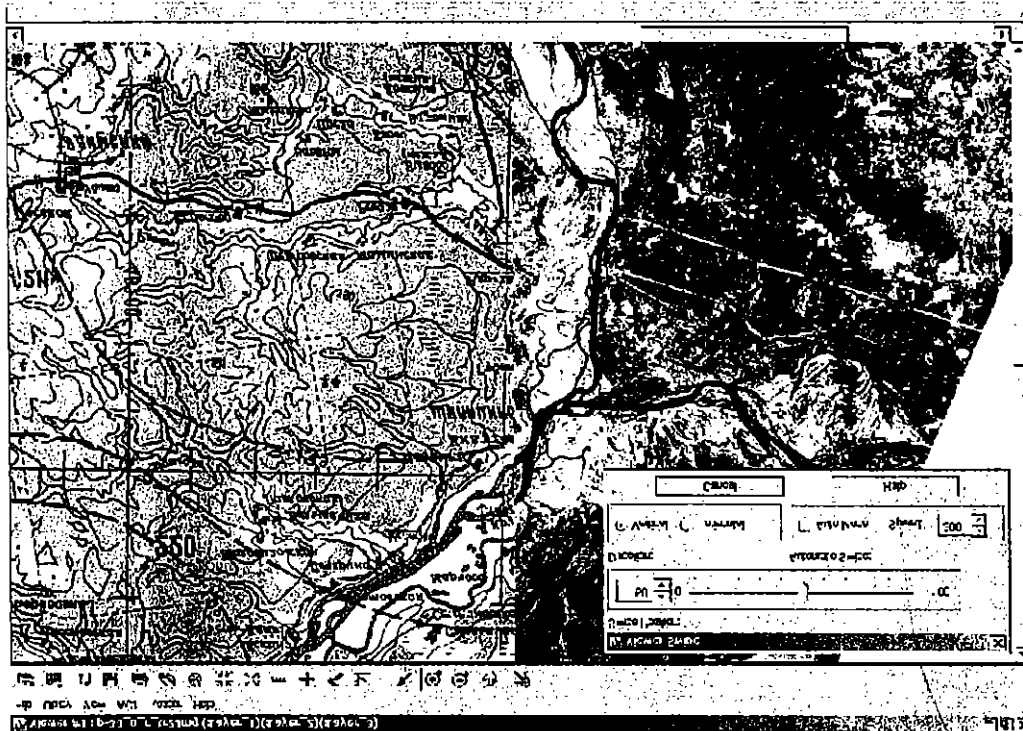


Рис. 3. Пример использования инструмента «Шторка» для сопоставления изображений снимка МСУ-Э и карты масштаба 1:500 000 (лист Р-38-В, Г), «наложенных» друг на друга в одном вьювере программы Erdas Imagine

граммных продуктах и сравнения результатов. Помимо этого, перспективно использование зарубежных материалов съемки разного типа и разрешения.

Статья является частью производственных работ, выполняемых автором в НЦ ОМЗ (филиал федерального государственного унитарного предприятия ФГУП «Научный центр космических информационных систем и технологий наблюдения», Роскосмос).

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.spatialnews.geocomm.com/dailynews/2004/oct/27/news1.html>

2. Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. Геоинформационные системы: Учебное пособие для вузов. М.: Златоуст, 2000.— 222 с.

3. Кравцова В.И. Генерализация аэрокосмического изображения: континуальные и дискретные снимки. М.: Изд-во МГУ, 2000.— 253 с.

4. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Новые аспекты традиционной картографической проблемы генерализации//Взаимодействие картографии и геоинформатики. М.: Научный мир, 2000.— С. 85—95.

5. Wiedemann C. Выделение дорожных сетей на космических фотоснимках (Extraktion von Straßennetzen aus optischen Satellitenbilddaten)// Dtsch. geod. Kommis. Kaye. Akad. Wins. 2002, № 551. P. 1—92.

6. Бугаевский Л.М. Сфероидическая фотограмметрия. М.: МИИГАиК, 2005.— 116 с.

7. Полищук Г.М., Волков А.М., Кондратьев Ю.М., Яковлев С.Г., Кибардин В.М., Стожкова В.Н., Лысик Г.Ю. Комплексная технология приема, обработки, архивации и распространения данных космического наблюдения (Росавиакосмос, Научный центр оперативного мониторинга Земли, Москва, Россия)//Современные проблемы информационных технологий и космический мониторинг. Труды международной конференции, Ханты-Мансийск, 14—16 июня, 2001. Новосибирск. Изд-во СО РАН, 2002.— 16 с.

8. <http://www.erdas.com/>

Поступила 11 апреля 2005 г.

Рекомендована кафедрой картографии МИИГАиК.