

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 91:528.8-9 (075.8)
ББК 26.8+26.17я73
П 56

Пономарчук А. И.
П 56 Дистанционное зондирование в картографии: практикум:
учеб. пособие / А. И. Пономарчук, Е. С. Черепанова,
А. Н. Шихов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2013.
– 100 с.: ил.

ISBN 978-5-7944-2211-5

Приводятся сведения о применении данных аэрокосмического зондирования Земли для решения задач общегеографического и тематического картографирования. Технологии предварительной обработки данных дистанционно-зондирования, их географической привязки и трансформирования, методы классификации и дешифрирования излагаются на примере программы ScanEx IMAGE Processor – разработки компании «Инженерно-технологический центр «СканЭкс».

В пособии представлены способы решения основных задач, возникающих при создании и актуализации цифровых карт на основе данных аэрокосмической съемки.

УДК 91:528.8-9 (075.8)
ББК 26.8+26.17я73

Печатается в соответствии с решением редакционно-издательского совета
Пермского государственного национального исследовательского университета

Рецензенты: д-р геогр. наук, проф, зав. каф. геоинформатики Кубан. Гос. ун-та **А. В. Погорелов**; отдел геодезии и картографии ИТЦ «СканЭкс» (руководитель – канд. геогр. наук **М. В. Зимин**)

Учебное издание

Пономарчук Алексей Иванович
Черепанова Екатерина Сергеевна
Шихов Андрей Николаевич

Редактор *Г. В. Тулякова*. Корректор *И. А. Михина*. Компьютерная верстка *О. В. Суховой*

Подписано в печать 10.09.2013. Формат 60x84 1/16. Усл. печ. л. 5,81. Тираж 100 экз. Заказ

Редакционно-издательский отдел Пермского государственного национального исследовательского университета. 614990, Пермь, ул. Букирева, 15

Типография Пермского государственного национального исследовательского университета. 614990, Пермь, ул. Букирева, 15

© Пономарчук А.И., Черепанова Е.С., Шихов А.Н., 2013
© Пермский государственный национальный
исследовательский университет, 2013

ISBN 978-5-7944-2211-5

А. И. Пономарчук, Е. С. Черепанова, А. Н. Шихов

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ В КАРТОГРАФИИ

Практикум

Допущено методическим советом Пермского государственного национального исследовательского университета в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Картография и геоинформатика»

Пермь 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
Глава 1. ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ	9
Физические основы получения изображений земной поверхности.....	9
Виды и технологии аэрокосмической съемки	10
Основные методы и приемы обработки космических снимков	11
Основы работы с цветными изображениями	12
Глава 2. ПРИМЕНЕНИЕ ДЗЗ В КАРТОГРАФИИ	13
Общая схема применения ДЗЗ в картографии.....	13
Предварительная обработка, коррекция и улучшение снимков.....	14
Основы дешифрирования снимков: практические аспекты.....	14
Тематическая классификация: теоретические аспекты	15
Применение нейросетевых алгоритмов.....	16
Основы применения ДЗЗ в картографии	17
Глава 3. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О ДАННЫХ ДЗЗ ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ	19
Практическая работа 1. Общее знакомство с данными ДЗЗ и программами для их обработки	19
Задание 1. Открытие и визуализация снимка LANDSAT-5	19
Задание 2. Открытие и визуализация снимка SPOT-4.....	22
Задание 3. Открытие и визуализация снимка WorldView-2	24
Задание 4. Изучение метаданных космических снимков	24
Задание 5. Работа с гистограммой изображения	26
Задание 6. Измерение расстояний и площадей.....	27
Задание 7. Простейшие инструменты работы с векторными данными.....	28
Задание 8. Изучение яркостных характеристик объектов и построение спектральных профилей	30
Задание 9. Сохранение (экспорт) изображений.....	33
Задание 10. Визуализация космических снимков в программе ArcGIS	36
Практическая работа 2. Геометрическая коррекция космических снимков	38
Задание 1. Привязка снимка SPOT-4 к векторной карте.....	38
Задание 2. Привязка снимка SPOT-4 к мозаике LANDSAT по технологии «изображение к изображению».....	44
Задание 3. Ортотрансформирование снимка SPOT-4 по строгой модели с использованием опорных точек	47
Задание 4. Автоматическая корегистрация снимков SPOT-4	49
Задание 5. Ортотрансформирование снимка без опорных точек с использованием RPC коэффициентов в программе ArcGIS	52
Практическая работа 3. Методы предварительной обработки и улучшения космических снимков, создание мозаик	54
Задание 1. Улучшение пространственного разрешения (Image Fusion) снимка SPOT-4 в программе Image Processor.....	54
Задание 2. Тональная балансировка и создание мозаики из снимков одного пролета	57
Задание 3. Создание зеленого и синего каналов для снимка SPOT-4.....	62
Задание 4. Создание мозаики из разных пролетов спутника SPOT-4.....	64
Задание 5. Изучение инструментов пространственной фильтрации	66
Задание 6. Операция удаления дымки	69
Задание 7. Улучшение пространственного разрешения (Image Fusion) снимка QuickBird в программе ArcGIS.....	72
Глава 4. ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ И МЕТОДЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ. ТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ	74
Практическая работа 4. Методы попиксельной классификации	74
Задание 1. Неуправляемая классификация снимка SPOT-4 с применением алгоритма ISODATA.....	74
Задание 2. Управляемая классификация с использованием алгоритма нейронных сетей прямого распространения	80
Практическая работа 5. Мультивременной анализ и выявление изменений. Вегетационные индексы.....	83
Задание 1. Создание мультивременного композита из снимков LANDSAT. Визуальное дешифрирование изменений растительности (свежие рубки, гари) на мультивременном композите	83
Задание 2. Классификация мультивременного композита методом ISODATA. Автоматизированное дешифрирование и векторизация классов изменений.....	85
Задание 3. Использование алгоритма одноканального обнаружения изменений для панхроматических снимков высокого разрешения.....	89
Задание 4. Расчет и визуализация вегетационного индекса NDVI Экспорт индексного изображения	92
Задание 5. Использование вегетационных индексов для дешифрирования вырубок и гарей Работа с растровым калькулятором	95
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	99

ПРЕДИСЛОВИЕ

К данным дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ) традиционно относят данные, полученные с помощью съемочной аппаратуры наземного, воздушного или космического базирования, позволяющей формировать изображения в одном или нескольких участках электромагнитного спектра [1]. В этом контексте понятия «данные дистанционного зондирования», «данные аэрокосмического зондирования» и «аэрокосмические снимки» эквивалентны. В связи с большей доступностью космической съемки примеры, приводимые в настоящем учебном пособии, ориентированы в основном на использование изображений, полученных с космических аппаратов, – данных ДЗЗ, получаемых на свободной или коммерческой основе.

В настоящее время аэрокосмическое зондирование является наиболее доступным источником информации для создания и обновления карт общегеографического и тематического назначения, при этом для каждого вида карт существуют свои критерии, влияющие как на подбор съемочного материала (видов съемочной аппаратуры, спектральных характеристик, пространственного разрешения и т.п.), так и на методы дешифрирования. Данные обстоятельства обусловили структуру курса «Дистанционное зондирование в картографии» и настоящего учебного пособия. В первой части (первый семестр курса) акцент сделан на общие вопросы получения и обработки данных ДЗЗ, во второй части (второй семестр) рассматриваются характерные примеры дешифрирования с использованием данных и методов различного типа. Дальнейшее углубление в тему будет продолжено в рамках курса «Специальные вопросы тематического дешифрирования».

Базовые алгоритмы и методы обработки аэрокосмических снимков как разновидности растровых данных (радиометрическая и геометрическая коррекция, геопривязка, улучшение изображений и т.п.) в достаточной степени устоялись, соответствующие модули входят в состав основных ГИС пакетов. Вместе с тем, ряд специфических вопросов (в частности, учет физико-технических характеристик конкретной съемочной аппаратуры, автоматизированные процедуры геопривязки и т.п.) более успешно решаются с помощью специализированных программных продуктов. В рамках данного курса используются следующие коммерческие программы:

1. ScanEx IMAGE Processor v3.6.15 – разработка компании «Инженерно-технологический центр «СканЭкс» (далее – Image Processor). Основной инструмент, используемый для обработки космических снимков, – для дешифрирования и подготовки к использованию результатов дешифрирования при создании и обновлении тематических карт.
2. ScanMagic v2.8.2 – разработка компании «Инженерно-технологический центр «СканЭкс» (далее – ScanMagic). Вспомогательный инструмент, который может быть использован для просмотра космоснимков в разных форматах, ознакомления с метаданными и простейшей обработки.
3. ArcGIS 10.1 – разработка компании ESRI – Environmental Systems Research Institute (далее ArcGIS). Основной инструмент, используемый для создания

геоинформационных систем, агрегации и редактирования геопространственных данных. Содержит ряд модулей для работы с растровой информацией, в т.ч. модулей, частично дублирующих возможности перечисленных выше специализированных программ.

Уникальной особенностью программы Image Processor являются методы топографических отображений [29, 30] – перспективные методы классификации, отсутствующие в других пакетах аналогичного назначения. Для занятий вне учебных классов можно рекомендовать пробные версии программных продуктов, которые могут быть загружены по ссылке <http://www.scanex.ru/ru/software/downloads.asp>:

1. ScanEx IMAGE Processor Lite v3.6 (демонстрационная версия, – содержит базовый набор модулей, имеет ограничения на сохранение результатов расчета);
2. ScanMagic Lite v2.7 (демонстрационная версия, также имеющая ограничения на сохранение результатов).

Пробные версии включают в основном базовый функционал (в частности, ScanEx Image Processor Lite не включает модули, поддерживающие алгоритмы классификации с помощью нейронных сетей), но не позволяют сохранять и/или экспортировать исходные изображения и производные растры, полученные в результате расчетов.

Существует также ряд свободно распространяемых программ (в т.ч. open source – с открытыми исходными кодами), качество проработки которых сопоставимо, а иногда и превышает уровень коммерческих продуктов. Для работы с космическими снимками применимы такие программные проекты, как SAGA, SAGE, MultiSpec, SPRING и др. Описания этих и других программ частично представлены на русскоязычном ресурсе [33], сайты самих проектов легко найти поиском. В качестве общих источников знаний о современном состоянии дистанционного зондирования можно рекомендовать интернет-ресурсы [31–40].

Авторы выражают признательность руководству и сотрудникам компании ИТЦ «СканЭкс» за техническую и методическую поддержку в освоении технологий работы с данными ДЗЗ, проведение открытых лекций по дистанционному зондированию. Цикл лекций и научно-практических занятий, проведенный Д.В. Добрыниным, способствовал лучшему пониманию технологий визуального и автоматизированного дешифрирования космических снимков, в частности классификации снимков с помощью методов топографических отображений и нейронных сетей.

ВВЕДЕНИЕ

Теоретическая часть курса «Дистанционное зондирование в картографии» представлена в виде компактного перечня основных положений и приемов, используемых на практике. Это обусловлено тем, что тематика курса охватывает множество дисциплин, включая физико-математические основы дистанционного зондирования и картографии, элементы аэрокосмических технологий, компьютерного моделирования, способов визуализации результата и т.п. Для полноценного освоения теоретического материала необходимо использовать цитированные источники (учебные пособия, монографии и ресурсы Интернет), раскрывающие отдельные темы курса более детально. Динамика развития в области дистанционного зондирования достаточно высока, поэтому для поддержания актуального уровня знаний особое значение имеет Интернет как наиболее оперативный информационный ресурс.

Разнообразие и сложность технических приемов работы с данными дистанционного зондирования с помощью специализированного программного обеспечения (практическая часть курса) таковы, что для их освоения требуется, как правило, повторное выполнение однотипных задач на основе приведенных учебных заданий. Эти задания отобраны на основе задач, многократно возникающих при решении реальных научно-практических проектов.

Первая часть (первый семестр курса) посвящена общим вопросам получения и обработки аэрокосмических снимков, начиная от физических основ получения снимков и заканчивая универсальными методами обработки, применимыми для любых растровых изображений. Рассмотрены технические и программные средства, методы и приемы работы с программами, перечисленными выше в Предисловии. Данная часть курса носит вводный характер и является обязательной для понимания и успешного использования данных ДЗЗ для практических задач картографирования.

Основы дистанционного зондирования представлены как в специализированных учебниках и монографиях [8, 4, 14, 15, 16, 20, 25, 27, 28], так и в рамках курсов по геоинформационным системам [3, 13, 17]. Отдельную категорию представляют научно-популярные издания и статьи [2, 6, 19], дающие дополнительную информацию по теме, в том числе – для понимания возможностей дистанционного зондирования в смежных областях. Регулярное обращение к ресурсам Интернет [31, 33, 34, 35, 36, 39, 40] необходимо для сохранения актуального уровня информированности.

Практические занятия первого семестра (Глава 2) ориентированы на освоение технологий и методов предварительной обработки данных ДЗЗ – этапа, как правило, предшествующего дешифрированию снимков.

Вторая часть (второй семестр курса) является введением в теорию и практику дешифрирования аэрокосмических снимков. Конечной целью использования данных ДЗЗ всегда является картографирование тех или иных природных и/или техногенных явлений и процессов. Эффективность достигается только на основе сочетания визуального (экспертного) и компьютерного дешифрирования, причем основные вопросы – используемые съемочные материалы, выбор

методов дешифрирования и окончательные выводы по классификации – являются прерогативой эксперта – специалиста в тематической области. Рассматриваются основные методы автоматизированной (компьютерной) классификации, их практическое применение на примере программ Image Processor и ArcGIS. С точки зрения уровней обработки изображений в данной части курса в основном используется средний уровень, ориентированный на машинное распознавание объектов действительности.

Основы теории дешифрирования представлены в учебниках и монографиях [4, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16, 20, 21, 27], включающих методы как визуального, так и компьютерного дешифрирования. Ряд источников посвящен отдельным тематическим направлениям и опирается на опыт известных научных школ (например, [5, 7, 10, 23, 24]), другие носят более универсальный характер. Несмотря на относительно устоявшийся набор типовых решений, методы компьютерного дешифрирования достаточно сложны, и их конкретная реализация определяется спецификой применяемых программ [22, 29, 30]. Данная часть курса построена в своей основе на использовании программы Image Processor (частично – ArcGIS) с активным привлечением примеров дешифрирования из реальных проектов, связанных с мониторингом лесных ресурсов [18, 19, 26].

Практические занятия второго семестра ориентированы на освоение основ технологий тематического дешифрирования – базовых методов, умелое комбинирование которых в сочетании с опытом эксперта может обеспечить решение различных задач по дешифрированию снимков и последующему картографированию.

Глава 1

ОСНОВЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Физические основы получения изображений земной поверхности

Термин «дистанционное зондирование» означает получение информации об объектах исследования без непосредственного контакта с помощью любых удаленных датчиков (сенсоров). В общем случае к дистанционным методам исследования относится использование любых носителей информации, например звуковых колебаний в водной и воздушной среде (звуколокация, гидролокация, эхолокация...) и в толще земной поверхности (сейсмические методы), потоков заряженных частиц и т.п. В контексте данного курса речь идет только об изображениях – дистанционных данных, полученных на основе электромагнитного излучения.

В формировании конечного изображения участвуют такие компоненты, как источник излучения (собственное или отраженное излучение, характеризующиеся спектральным составом), объект исследования (характеристики излучения и отражения), передающая среда (атмосфера и примеси, определяющие характеристики поглощения и рассеивания) и система регистрации (схема устройства и сенсор – датчик излучения). Их влияние следует учитывать при оценке возможностей, обеспечиваемых теми или иными техническими системами дистанционного зондирования.

Свойства перечисленных компонентов в наибольшей степени зависят от спектра (интервалов длин волн – диапазонов, в которых происходит дистанционный съем информации). В практике ДЗЗ выделяется три крупных диапазона: видимый (оптический видимый, 0,35 – 0,75 мкм), инфракрасный (далее – ИК, 0,75 мкм – 1000 мкм) и радиоволновый (1 мм – 3 м). Электромагнитные волны с длиной волны от 4 мкм и выше образуют так называемый тепловой диапазон, в котором мощность излучения Земли превышает мощность солнечного излучения. Радиоволновый диапазон включает миллиметровые, сантиметровые, дециметровые и метровые волны; используются и другие названия: УКВ-диапазон (ультракороткие волны, 1 см – 10 м), СВЧ-диапазон (сверхвысокие частоты, 1 мм – 1 м) и т.п. Радиоволны применяются для радарной съемки, использующей *активные* методы, т.е. собственный источник излучения. Видимый и инфракрасный диапазоны часто объединяют вместе под названием *оптический* диапазон, для которого характерно выполнение законов геометрической оптики (прямолинейность распространения света, отсутствие волновых и квантовых свойств).

Мощность излучения измеряется в абсолютных (например, ватт на единицу площади) и относительных единицах (доля по отношению к эталону). Важнейшими характеристиками являются спектры излучения (свойства источника излучения), спектры поглощения (свойства передающей среды – как правило, атмосферы) и спектры отражения. Такие спектры выражают зависимость соот-

ветствующего коэффициента (например, относительного коэффициента поглощения) от длины волны (или частоты излучения, что эквивалентно), графически они выглядят как спектральные кривые. Вид этих кривых определяет применимость тех или иных диапазонов излучения для получения изображений: так, наличие окон прозрачности атмосферы именно в видимом диапазоне обуславливает значение этого диапазона как для жизни человека в целом, так и для методов аэрокосмического зондирования. Окон прозрачности атмосферы в ИК диапазонах 4 мкм и 11 мкм позволяют вести наблюдения за пожарами, свойства прозрачности в диапазоне радиоволн обуславливает независимость радарной съемки от наличия облачности и т.п. Данные вопросы подробно освещены в [8, п.2.1], [25, гл.2], [27, гл.2], [28].

Виды и технологии аэрокосмической съемки

Средства и методы регистрации электромагнитного излучения также определяются диапазоном. Так, в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне (0,35 мкм – 1,4 мкм) применяются фотохимические материалы (фотопленка) или фотоэлектрические элементы (линейки или матрицы элементов), преобразующие световой поток в электрическую энергию. Съемка осуществляется с помощью обычных или специальных фотокамер, оптических и оптоэлектронных сканеров. Традиционные характеристики фотографической съемки – динамический диапазон (фотографическая широта), светочувствительность, разрешающая способность материалов и др. – распространяются также на фотоэлектрические системы.

Для регистрации теплового инфракрасного излучения применяются термоэлектрические элементы, для радиоволн – системы приемных антенн. Радиолокационная съемка отличается большим разнообразием конструкций и методов регистрации, наиболее совершенной является схема радиолокатора бокового обзора с синтезированной апертурой. Применение активной фазированной антенной решетки (АФАР) позволяет дистанционно менять режимы работы, устанавливая различное пространственное разрешение, широту охвата и другие параметры.

Носителями съемочной аппаратуры могут являться системы авиационного (англ. air-born; самолеты различного класса, вертолеты, беспилотные аппараты) и космического базирования (англ. space-born; ИСЗ – искусственные спутники Земли, малые космические аппараты, пилотируемые космические корабли и орбитальные станции). Наиболее перспективны системы космического базирования – их развитие, в том числе на основе малых космических аппаратов (мини-, микро-, наноспутники и т.д.), приводит к постоянному снижению стоимости снимков, повышению их качества, частоты съемки и, как следствие, – доступности.

В зависимости от числа спектральных каналов различают такие виды, как панхроматическая съемка (широкий спектральный диапазон, один канал), многозональная (применим также термин «спектрозональная»; число каналов – от

трех до нескольких десятков) и гиперспектральная съемка (сотни каналов). Подробнее данные вопросы освещены в [8, п.2.2-2.4], [13, гл.8], [25, гл.2], [27, гл.2], [28].

Основные методы и приемы обработки космических снимков

С математической точки зрения изображение (аэрокосмический снимок) представляет собой одну или несколько (по числу спектральных каналов) двумерных матриц, элементами которых являются численные значения яркости. Соответственно любые операции над изображениями являются математическими преобразованиями, на выходе которых может быть набор матриц такой же размерности (нижний уровень обработки – изображение на входе и изображение на выходе, улучшенное каким-то образом) или набор характеристик (средний уровень обработки; например, признаки и атрибуты выделенных объектов). Про высокий уровень обработки говорят в контексте машинного зрения и «осмысления» набора распознанных объектов, представляющих собой элементы искусственного интеллекта. Высокий уровень обработки выходит за рамки настоящего курса.

Как правило, нижний уровень обработки направлен на «улучшение» изображения по ряду критериев; при этом улучшаются субъективные свойства изображения (с точки зрения человека – оператора) и искажаются спектральные характеристики (например, гистограмма) исходных данных. Средний уровень обработки предусматривает извлечение специфической информации – расчет статистических свойств элементов изображений с целью распознавания объектов. Для эффективного применения алгоритмов распознавания (классификация изображений, средний уровень обработки) следует использовать данные с неискаженными спектральными характеристиками. Именно по этой причине качественные, с точки зрения визуального восприятия, снимки из публично доступных сервисов непригодны для использования в автоматических методах классификации.

Процессу математической обработки изображения предшествует дискретизация (представление яркости в виде чисел с конечной разрядностью от 6 до 16 бит) и квантование (сведение непрерывного двумерного поля яркостей к набору минимальных элементов – пикселей) изображения; это происходит либо сразу на этапе регистрации (матрица светочувствительных элементов), либо при сканировании фотографического снимка. Математическая обработка нижнего уровня сводится в основном к градационным и локальным преобразованиям. В первом случае яркость пиксела на выходе является функцией входной яркости того же пиксела, во втором – зависит от распределения яркостей в некоторой окрестности. Используя сочетания преобразований, можно получить общее улучшение гистограммы (например, повысить общий контраст и диапазон яркостей изображения), повысить резкость и различимость линий, и т.п.

Для автоматической классификации изображений важен правильный подбор спектральных каналов, что зависит от характера тех объектов, которые должны быть выделены. Во многих задачах инфракрасные каналы изображения имеют большее значение для дешифрирования, чем каналы видимого диапазона спектра. Именно здесь хорошо выделяются природные (например, виды растительности) и искусственные (строения, производственные объекты и т.п.) элементы на поверхности Земли.

Данные вопросы подробнее изложены в [4, гл.3, 5], [25, гл. 3-6], [15]. Кроме того, в [25] содержится подробное описание характеристик современных спутниковых систем и форматы наборов данных, предлагаемых операторами на коммерческой основе.

Основы работы с цветными изображениями

В соответствии со свойствами восприятия цветное изображение формируется из трех монохромных изображений, соответствующих каналам красного, зеленого и синего компонентов (RGB, – Red, Green, Blue). Данная комбинация образует наиболее простую и распространенную *аддитивную* цветовую модель, или цветовое пространство RGB.

Распространение получили также цветовые модели CMY (Cyan, Magenta, Yellow – используемая при печати субтрактивная модель, включающая компоненты голубого, пурпурного и желтого цветов) и HSI (Hue, Saturation, Intensity, соответственно – цветовой тон, насыщенность и интенсивность). Последняя модель учитывает особенности естественного цветовосприятия человека, для которого интенсивность имеет доминирующее значение, а характеристики цвета – вспомогательное. В зависимости от поставленных задач описанные в предыдущем разделе преобразования каналов могут применяться в том или ином цветовом пространстве. Основным источником по теме обработки цветных изображений является монография [4, гл.6].

Глава 2 ПРИМЕНЕНИЕ ДЗЗ В КАРТОГРАФИИ

Общая схема применения ДЗЗ в картографии

За сравнительно недолгий период развития космической съемки (первый снимок с суборбитальной орбиты сделан в 1946 г.) сформировался мировой фонд космических снимков, часть которого доступна для свободного использования в некоммерческих целях. Системы космической съемки классифицируют многими способами, в частности:

- по принадлежности (государственные, коммерческие);
- по типу сигнала (аналоговые, цифровые);
- по типу использования – метеорологические типа (NOAA), оперативно-мониторинговые (TERRA, AQUA, NPP...), ресурсные (LANDSAT, SPOT, UK-DMC2...), кадастровые (QuickBird, IKONOS, WorldView, GeoEye, EROS, Pleiades...);
- по способу зондирования (пассивные, активные) и т.п.

Области применения аэрокосмических снимков определяются их основными характеристиками, в число которых входят:

- пространственное разрешение (размер пиксела на поверхности Земли);
- спектральное разрешение (количество и ширина спектральных полос);
- радиометрическое разрешение (количество уровней градации сигнала);
- временное разрешение (частота съемки территории интереса);
- обзорность (ширина полосы съемки);
- сезон съемки (зима, весна, лето, осень).

Основные этапы работы с данными ДЗЗ при решении научно-практических задач включают оценку задачи, анализ и подбор подходящих снимков, сбор имеющегося картографического и иного материала, выборочные полевые обследования территории и дешифрирование снимков. Привлечение всех дополнительных материалов и выборочные полевые обследования объектов интереса особенно важны для минимизации ошибок дешифрирования и подтверждения правильности выводов. Итогом работы является картографирование результатов дешифрирования и наполнение атрибутивной информации. Вопросы данной темы подробнее раскрыты в [8, гл.5], [25, гл. 3-4], [31-38].

Открытые картографические сервисы (например, Google Earth) используют мозаичные покрытия из доступных снимков различного пространственного разрешения, относящихся к различным периодам и сезонам съемки (в меру доступности). Такие мозаики настраиваются для наилучшего визуального восприятия, что приводит к искажению спектральных характеристик и обуславливает их непригодность для автоматического дешифрирования. В таких снимках отсутствуют спектральные каналы (например, инфракрасные), особенно значимые при дешифрировании многих объектов. Кроме того, лицензионные ограничения запрещают их коммерческое использование.

Предварительная обработка, коррекция и улучшение снимков

Полученные в результате аэрокосмической съемки наборы сырых данных проходят несколько этапов обработки, устраняющих различные искажения. Обычно выделяются следующие уровни обработки:

- уровень 0 (level-0) – выделение полезного сигнала и устранение помех;
- уровень 1 (level-1, средний уровень) – радиометрическая коррекция и калибровка (подуровень 1A), географическая привязка (1B);
- уровень 2 (level-2, высокий уровень) – систематическая геометрическая коррекция, в том числе – коррекция с использованием опорных точек и приведение к картографической проекции (подуровень 2A) и ортотрансформирование с использованием цифровой модели рельефа (подуровень 2B).

Как правило, уровни 0 и 1 обеспечиваются операторами съемочных систем с использованием технической информации путем выполнения типовых расчетных процедур. Теория получения и коррекции изображений строится на моделях датчиков с учетом различных факторов, включающих геометрические свойства съемочной аппаратуры, условия освещения, рельеф местности, свойства атмосферы и т.п. Учитываются также регистрируемые элементы ориентации съемочного аппарата (тангаж, крен, рыскание, время съемки и т.п.). Математические модели позволяют обосновать требования к исходным данным и оценить ограничения методов, применяемых на этапах предварительной обработки аэрокосмических снимков. Для некоторых видов данных может выполняться также атмосферная коррекция и повышение резкости за счет совмещения данных разного пространственного разрешения (операция fusion). Вопросы темы раскрыты в источниках [27, гл. 7-8], [29].

Часть данных (например, снимки LANDSAT) доступна сразу с уровнем обработки 2, выполненной в автоматическом режиме на основе привязки к опорным точкам с использованием глобальных цифровых моделей рельефа.

Основы дешифрирования снимков: практические аспекты

Коррекция и привязка аэрокосмических снимков с использованием опорных точек и цифровой модели рельефа (второй уровень обработки), как правило, выполняется исследователем с использованием имеющихся у него детальных материалов о территории интереса (снимки, топографические карты, планы, данные замера высот и т.п.). Традиционные методы геопривязки снимков к векторной и/или растровой основам и их последующей трансформации реализованы в программах Image Processor и ArcGIS примерно одинаково. Помимо этого, Image Processor содержит средства для корегистрации – привязки снимка к эталонному растру по опорным точкам, выбираемым программой автоматически. После привязки снимка выполняется его трансформирование в нужную

проекцию (определяется системой координат опорных точек и/или эталонных растров) с учетом цифровой модели рельефа (ЦМР). Последнее особенно важно для снимков с высоким пространственным разрешением, большим перепадом высот, а также при работе с набором снимков, полученных в разное время. Для трансформирования может использоваться строгая модель (зависит от типа спутника), RPC (Rational Polynomial Coefficients) – рациональные полиномиальные коэффициенты, а также полиномы различной степени. Наиболее просты и употребительны преобразования типа простого сдвига и поворота, аффинное (поворот и сжатие) и проективное преобразования.

Дешифрирование аэрокосмических снимков основано на итеративном применении автоматических процедур классификации изображений и экспертной оценки результатов. При этом набор процедур и их параметры определяются экспертом – специалистом в предметной области. Основные группы методов:

- попиксельная классификация (принадлежность пиксела к тому или иному классу не зависит от его окружения); примеры – неуправляемая классификация (ISODATA), простая обучаемая классификация, нейронные сети прямого распространения, самоорганизующиеся нейронные сети и методы топографических отображений;

- объектно-ориентированная классификация (анализ статистики пикселей вблизи некоторой окрестности, – учет окружения пикселей с целью выделения структур); примеры – сегментация изображений и текстурный анализ.

- прочие методы; примеры – бинарная классификация, поиск изменений (change detection), использование индексов типа NDVI и т.п.

Применение этих методов рассматривается на примере программы Image Processor, хотя многие из них реализованы также в пакете программ ArcGIS.

Весьма эффективным может быть сочетание разных методов, например комбинирование методов топографических отображений и сегментации для автоматического дешифрирования (объемных) данных сверхвысокого разрешения. Подробнее вопросы классификации раскрыты в учебниках [8, п. 4.4], [13, гл. 8], [25, гл. 5-6], [27, гл. 9] и руководствах по эксплуатации программ [29-30].

Тематическая классификация: теоретические аспекты

Тематическая классификация предназначена для соотнесения элементов изображения с некоторыми категориями (классами) объектов земной поверхности (виды почвы, растительности, водные объекты различного типа, постройки и т.п.) и последующего создания тематической карты. Важным условием тематической классификации является различимость объектов исследования в данных используемых снимков. Процесс классификации включает три основные стадии:

- выделение признаков (преобразование мультиспектрального изображения к более простому образу, например в пространство новых переменных, в котором требуемые признаки четко различимы); данный этап не является обязательным, т.к. исходный снимок можно использовать напрямую;

- обучение (присвоение пикселям изображения определенных категорий или классов), которое может быть контролируемым (обучение с учителем) и неконтролируемым (обучение без учителя, в этом случае часто говорят о кластеризации – автоматическом разделении на основе статистических характеристик);

- маркировка (соотнесение всех пикселей изображения с теми или иными категориями, выделенными в процессе обучения); в идеале один пиксел – одна категория (класс).

Фактически такая процедура является сжатием исходной информации в соответствии с некоторым алгоритмом, который может осуществляться без потерь (возможно обратное преобразование и получение исходного изображения) или с потерями. В последнем случае объем информации резко снижается и речь идет об *аппроксимации* исходного снимка. По точности такой аппроксимации можно оценивать точность (качество) классифицирующего алгоритма.

Важным понятием алгоритмов классификации является понятие *сходства*, позволяющее относить пиксел или группу пикселей к той или иной категории; в большинстве случаев понятие сходства неоднозначно и в целом имеет вероятностный характер, а близкие классы частично перекрываются. При выборе наилучшего соответствия во многих случаях используется метод максимального правдоподобия, обеспечивающий минимум суммарной погрешности классификации всего изображения. При жесткой классификации присвоение классов однозначно, при мягкой допускается вероятностная оценка принадлежности к каждому из нескольких классов.

Метод ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis) является одним из наиболее распространенных вариантов неуправляемой классификации, основанным на разделении всех пикселей изображения на заданное число кластеров. Он может использоваться для простейших предварительных оценок различимости объектов исследования или в качестве первого шага к классификации с привлечением эксперта. В последнем случае (его называют также гибридной контролируемой / неконтролируемой классификацией) задаваемое число кластеров (30–50 и более) заведомо превышает число тематически различимых классов для того, чтобы в результате их последующей группировки получить нужное разделение. Теоретические и практические аспекты алгоритмов классификации, в том числе особенности классификации гиперспектральных данных, подробно представлены в [27, гл. 9], [29-30].

Применение нейросетевых алгоритмов

В программе Image Processor реализованы также непараметрические методы классификации, не использующие какие-либо предположения о вероятностных характеристиках классов. Они основаны на методах самоорганизующихся нейронных сетей Кохонена (SOM – Self-Organizing Maps) и генеративных топографических отображений (GTM – Generative Topographic Mapping). Их особенностью является возможность гибкой настройки алгоритма классификации с

целью выделения переходных классов реальных объектов. Для многих задач эти алгоритмы не имеют альтернатив. Теория частично изложена в [27, гл. 9], руководство [30] включает как сведения из теории, так и практические рекомендации по использованию.

Топографическое отображение (Topographic Mapping, TM) устанавливает однозначное соответствие (проекцию) между многомерным пространством характеристик (яркости исходного многоканального растрового изображения) и двумерным пространством (ординационной плоскостью) при сохранении отношений *сходства* и *упорядоченности*. В результате возникает совокупность классов, отображаемая в виде нейронной сети на ординационной плоскости (отображение Сэмона). Собственно дешифрирование, т.е. установление связей между тематическими классами (разделяемыми объектами реальности) и элементами изображений, проводится над объектами нейронной сети на ординационной плоскости. Подобный подход позволяет решить одновременно две взаимоисключающие задачи: а) классификацию (соотнесение большого объема исходных многомерных данных с небольшим числом категорий – тематических классов) и б) ординацию (упорядочивание исходных данных так, что появляется возможность их естественного соотнесения с большим количеством промежуточных классов).

Существует два распространенных метода построения топографических отображений – самоорганизующиеся нейронные сети Кохонена (развитие метода К-средних, метода кластеризации) и генеративные топографические отображения (развитие метода нечетких С-средних, метода кластеризации). Первый метод не имеет строгого математического обоснования, но проще в применении. Второй метод имеет понятную вероятностную интерпретацию, сходимость его доказана. Методы топографического отображения могут применяться также к производным многомерным данным, в том числе к результатам сегментации исходных изображений; при этом объем вычислений может существенно сокращаться.

Основы применения ДЗЗ в картографии

Применимость данных аэрокосмической съемки в картографии обусловлена тем, что снимок является фактографической моделью местности, т.е. отражает реальные факты, полученные в конкретный момент времени. Вместе с тем для снимков характерны такие особенности, как:

- наличие большого количества «лишних» деталей, в т.ч. искажений, вносимых погодным и сезонным влиянием;
- наличие перспективных и иных искажений за счет углов съемки и рельефа местности, особенностей аппаратуры и т.п.;
- отсутствие точных данных о положении в пространстве.

Негативное влияние этих факторов нейтрализуется рассмотренными ранее методами. Так, «лишние» детали устраняются за счет автоматизированной (классификация, фильтрация до и после классификации, улучшение изображе-

ний и т.п.) и экспертной (векторизация растров, визуальное дешифрирование и генерализация изображений) обработки. Искажения и ошибки определения пространственного положения устраняются на этапе пространственной привязки и трансформирования снимков.

На выходе процедур обработки получается фотомозаика – фотоплан (ортофотоплан) или фотокарта, являющаяся основой, а иногда и частью целевого картографического продукта. Так, фотомозаики используются в гибридных картографических продуктах, объединяющих специально подготовленные аэрокосмические снимки и наложенные векторные картографические слои. Это позволяет получить сочетание читаемости, лаконизма и точности традиционной карты с актуальностью отображения местности. Использование современных компьютерных технологий в картографии способствовало также появлению качественно новых видов картографической продукции, в частности 3D моделей местности, анимационных моделей для визуализации динамики местности на основе разновременных данных и т.п.

Пространственное разрешение используемых данных ДЗЗ должно соответствовать масштабу создаваемой или обновляемой карты. Наиболее высокие требования предъявляются при создании новых топографических карт: в таких случаях размер пиксела на местности должен соответствовать графической точности карты (0,1 мм). Так, для снимка SPOT-4 с пространственным разрешением 10 м на пиксел соответствующий масштаб карты составит отношение (0,1 мм):(10 м), т.е. 1:100 000. Для задач обновления топографических карт, тем более – для создания тематических карт, требования к пространственному разрешению намного ниже.

Вопросы общегеографического и тематического картографирования в той или иной мере освещаются на протяжении всего курса дистанционного зондирования, в частности, в [8, п. 4.5], [12, п. 7.4] и [13, гл. 8].

Глава 3

ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О ДАННЫХ ДЗЗ ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ

Практическая работа 1

Общее знакомство с данными ДЗЗ и программами для их обработки

Цель работы. Знакомство с данными ДЗЗ различных форматов и пространственного разрешения. Освоение базовых инструментов программного продукта Image Processor для открытия, визуализации, настройки отображения, сохранения (экспорта) космических снимков различных съемочных систем.


Задание 1. Открытие и визуализация снимка LANDSAT-5

Запустите программу Image Processor (**Пуск – Программы – Image Processor**). Вызовите диалог **Файл – Открыть растр** главного меню программы. Диалог **Открыть растр** состоит из двух вкладок – **Установки проекта** и **Добавить растры**.

Справка. В программе реализован подход единого базиса (т.е. единой системы координат и пространственного разрешения), к которому приводятся все изображения, загруженные в программу. Данный принцип позволяет одновременно работать с изображениями, исходно лежащими в различных картографических проекциях и имеющими различное пространственное разрешение.

В случае автоматического определения картографической проекции и пространственного разрешения эти параметры будут заданы в соответствии с первым загруженным в программу растровым изображением или векторным слоем вне зависимости от автоматического определения проекции и пространственного разрешения у последующих подгружаемых слоев. При включенном флажке «**Определить автоматически**» всегда задается проекция UTM WGS84 с автоматическим определением зоны привязанного изображения.

В закладке **Установки проекта** подтвердите автоматическое определение проекции и размера пикселя, поставив флажки в соответствующих окнах.

Теперь перейдите в закладку **Добавить растры**. В группе **Выбрать файл** при нажатии на кнопку  появляется диалог загрузки изображений **Импортировать Растр**.

Пройдите через него в каталог C:\Tasks\Work-1\Data\LANDSAT и откройте файл L5169018_01820100810_B10.TIF нажатием кнопки **Открыть**.

После этого в группе **Выбрать каналы** на закладке **Добавить растры** появится два раскрывающихся списка **VNIR/SWIR** и **Thermal**. Список раскрывается щелчком мыши по значку [+] слева от него. Список **VNIR/SWIR** содержит 6 каналов видимого, ближнего и среднего ИК диапазонов, список **Thermal** содержит только один канал дальнего ИК (теплого) диапазона.

Перейдите обратно в закладку **Установки проекта**. Убедитесь, что пространственное разрешение проекта (в окне **Размер пикселя**) равно 30 м, а система координат (в группе **Задать проекцию**) – проекция UTM, зона 40, датум WGS84.

В закладке **Добавить растры** нажмите на кнопку **Все** (справа от списка каналов изображения), в результате все каналы в списке будут выделены. Нажатие на кнопку **Сброс** отменяет выделение. Оставьте все каналы выделенными.

В группе **Использовать геопривязку из** можно отключить флажки **ESRI World** (файл системы ESRI ArcInfo / ArcView), **Mapinfo TAB** (файл системы MapInfo), **ScanEx Geogrid** (файл в формате Geogrid фирмы ScanEx), **MET File** (внутренний метафайл программы), так как открываемое изображение не имеет внешних файлов привязки.

Опции **Вычислить излучение на сенсоре**, **Не строить пирамиды**, **Перестроить пирамиды**, **Копировать данные во временный буфер** оставить неактивными (рис. 1.1). Опцию **Сохранить файл пирамид рядом с исходным** оставить активной.

После этого в правом нижнем углу диалогового окна нажмите на кнопку **Загрузить**. Начнется загрузка каналов изображения. Когда процесс загрузки (построение пирамид и расчета статистик изображения) завершится, щелкните **OK** в подтверждающем сообщении и в диалоговом окне **Открыть**.

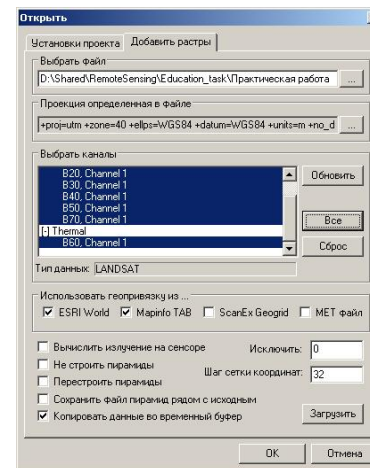


Рис. 1.1. Открытие каналов снимка LANDSAT-5 с автоматическим определением проекции и разрешения

Данное диалоговое окно содержит закладки **Настройка цвета**, **Настройка слоев**, **Статистики классов**.

Перейдите на закладку **Настройка цвета**. В группе **Растры** задайте каналы изображения в раскрывающихся списках, как показано ниже:



– Красный – L5169018_01820100810_B30.TIF;

- Зеленый – L5169018_01820100810_B20.TIF;
- Синий – L5169018_01820100810_B10.TIF.

Нажмите на кнопку **ОК** внизу диалогового окна. Если изображение не выводится на дисплей, в меню **Инструменты** выберите пункт **Уместить в окно**. Теперь снимок будет виден на экране.

В результате снимок визуализирован в синтезе каналов, называемом «естественные цвета». Кратко это будет далее называться «синтез каналов 3-2-1» (номера каналов соответствуют последовательности RGB), т.к. у съемочной системы LANDSAT TM первый канал (B10) соответствует синему диапазону спектра, второй (B20) – зеленому, третий (B10) – красному.

Изображение в естественных цветах получается малоконтрастным, различить на нем объекты достаточно сложно. В частности, в данном синтезе невозможно отличить один тип растительности от другого, а также мелкогодье от почвы.

Увеличьте изображение с помощью инструмента  (**лупа**) или колесика скроллинга мыши. Переместитесь по растровому полю, используя инструмент . Вернуться к полноэкранному отображению можно с помощью команды **Инструменты – Уместить в окно**. Вернитесь в диалог **Настройка цвета**, визуализируйте изображение в синтезе каналов 5-4-3:

- Красный – L5169018_01820100810_B50.TIF;
- Зеленый – L5169018_01820100810_B40.TIF;
- Синий – L5169018_01820100810_B30.TIF.

Теперь снимок визуализирован в синтезе каналов «псевдоцвета» – в красный слот помещен средний ИК канал, в зеленый слот – ближний ИК, в синий слот – красный канал. В данном синтезе каналов растительность отображается оттенками зеленого, вода – практически черная, открытая почва отображается оттенками красного. Высокая контрастность и минимальное влияние атмосферных эффектов делает данный синтез более удобным для дешифрирования, чем синтез «естественные цвета».

***Справка.** На снимке изображена северо-западная часть территории Пермского края, дата съемки - 10.08.2010 г. Часть территории закрыта дымовыми шлейфами от лесных пожаров. Можно увидеть ряд действующих пожаров на юго-востоке и северо-западе территории. Вследствие сильной засухи наблюдается частичное высыхание болот, полное высыхание луговой растительности на поймах рек и безлесных участках. Сухая травянистая растительность отображается в синтезе каналов 5-4-3 ярко-оранжевым цветом.*

Вернитесь в диалог **Настройка цвета** и визуализируйте изображение в синтезе каналов 4-3-2 (стандартный синтез «красные цвета»).

- Красный – L5169018_01820100810_B40.TIF;
- Зеленый – L5169018_01820100810_B30.TIF;
- Синий – L5169018_01820100810_B20.TIF.

Характеристика спектральных каналов съемочной системы LANDSAT-5 (TM)

Номер канала	Разрешение, м	Длина волны		Название
		Начало, нм	Конец, нм	
1 (B10)	30	450	520	Синий
2 (B20)	30	520	605	Зеленый
3 (B30)	30	630	690	Красный
4 (B40)	30	760	900	Ближний ИК (NIR)
5 (B50)	30	1550	1750	Коротковолновой ИК (SWIR)
6 (B60)	120	10400	12500	Дальний ИК (тепловой)
7 (B70)	30	2080	2350	Коротковолновой ИК (SWIR)

В данной комбинации растительность отображается в оттенках красного (поскольку ближний ИК канал, в котором яркость растительного покрова максимальна, помещен в красный слот). Хвойные леса имеют более темный оттенок по сравнению с лиственными, порой – коричневый. Облака и дым выглядят белыми или светло-голубыми.

Визуализируйте снимок в каналах ИК диапазона (синтез 7-5-4).

- Красный – L5169018_01820100810_B70.TIF;
- Зеленый – L5169018_01820100810_B50.TIF;
- Синий – L5169018_01820100810_B40.TIF.

В данном синтезе растительность отображается оттенками синего (так как ближний ИК канал помещен в синий RGB слот). Обратите внимание на полное отсутствие дымки в данном синтезе каналов.

Закройте каналы изображения. Для этого перейдите в меню **Файл – Закрывать растры**, выберите все каналы и нажмите на кнопку **Закрывать выбранные**. Выход из диалога осуществляется нажатием кнопки **Закончить**.

Задание 2. Открытие и визуализация снимка SPOT-4

Открытие и визуализация мультиспектральных каналов

Вызовите диалог **Файл – Открыть растр** главного меню программы. С помощью диалога **Импортировать растр** пройдите в каталог **C:\Tasks\Work-1\Data\SPOT-4\20m** и откройте файл **IMAGERY.TIF**. В окне **Выбрать каналы** отобразятся 4 спектральных канала **XS3, XS2, XS1, SWIR**.

Оставив все параметры диалога по умолчанию, нажмите на кнопку **Загрузить**. Начнется загрузка каналов в программу. По окончании загрузки подтвердите открытие файла нажатием кнопки **ОК**. Отобразите снимок в масштабе окна программы, используя команду **Инструменты – Уместить в окно**.

Откройте диалоговое окно **Настройка отображения** (см. задание №1). Как видно, в файле **IMAGERY.TIF** содержится 4 спектральных канала. Визуализируйте изображение в синтезе каналов 1-2-3 («красные цвета»).

- Красный – 1_IMAGERY_ch1;
- Зеленый – 1_IMAGERY_ch2;
- Синий – 1_IMAGERY_ch3.

Обратите внимание, что нумерация каналов в одинаковых синтезах зависит от типа съемочной аппаратуры. С каким синтезом каналов, использованным в задании № 1 для снимка LANDSAT, сходно полученное изображение?

Справка. *Мультиспектральный снимок SPOT-4 (территория г. Перми и Пермского муниципального района, дата съемки – 31.08.2011 г., пространственное разрешение – 20 метров на пиксел) представлен в формате DIMAP. Подробнее этот формат будет рассмотрен в задании №4. В файле IMAGERY.TIF спектральные каналы упакованы следующим образом:*

- ch1 – ближний инфракрасный (NIR);
- ch2 – красный;
- ch3 – зеленый;
- ch4 – коротковолновой инфракрасный (SWIR).

Измените настройки отображения снимка. Визуализируйте его в синтезе каналов 4-1-2 (Средний ИК – Ближний ИК – Зеленый, синтез «красные цвета»). В данном синтезе с использованием двух каналов ИК диапазона получается наиболее контрастное и информативное изображение. Используя инструменты навигации в рабочем окне программы (см. задание №1), просмотрите снимок в разных масштабах и найдите на нем водные объекты, сельхозугодья, дороги, застройку, лесную растительность. Закройте все каналы изображения, используя команду **Файл – Закрывать растры**.

Открытие и визуализация панхроматического канала

Снова вызовите диалог **Файл – Открыть растр** главного меню программы и откройте файл **IMAGERY.TIF** из каталога **C:\Tasks\Work-1\Data\SPOT-4\10m**. Это снимок в панхроматическом диапазоне, содержащий всего один канал **MONO**. Загрузите его в программу с помощью кнопки **Загрузить**.

По окончании загрузки вызовите диалог **Настройка отображения**. В красном слоте выберите единственный канал **1_IMAGERY_ch1** и нажмите на кнопку **Моно**. В результате панхроматическое изображение визуализируется в оттенках серого цвета. Чтобы увеличить контрастность, нажмите на кнопку **Линейное** в группе **Растяжение гистограмм**.

С помощью инструментов навигации увеличьте изображение и перемещайтесь по растровому полю. На данном снимке изображена та же самая территория, что и на мультиспектральном снимке, но его пространственное разрешение более высокое – 10 метров на пиксел.

Закройте изображение, используя команду **Файл - Закрывать растры**.

Задание 3. Открытие и визуализация снимка WorldView-2

Вызовите диалог **Файл – Открыть растр** главного меню программы. С помощью диалога **Импортировать растр** пройдите в каталог **C:\Tasks\Work-1\Data\WorldView-2**, и откройте файл метаданных снимка **10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002.TIF**. В окне **Выбрать каналы** отобразятся три спектральных канала (red, green, blue), загрузите их в программу. Так как объем файла более 800 Мб, загрузка займет некоторое время.

Подтвердите открытие файла. Откройте диалог **Настройка отображения** и визуализируйте снимок в синтезе каналов «естественные цвета» (1-2-3).

Справка. *Снимок получен с аппарата WorldView-2, уровень обработки Standard, пространственное разрешение синтезированных мультиспектральных каналов 0,5 м (1 канал – красный, 2 – зеленый, 3 – синий). Съемка проведена 27 июня 2010 г., на снимке представлен участок территории в Усольском районе Пермского края.*

Используя инструменты навигации, увеличьте изображение и перемещайтесь по растровому полю. Какие характерные объекты различимы на снимке? Закройте изображение, используя диалог **Файл – Закрывать растры**.

Задание 4. Изучение метаданных космических снимков

Метаданные космических снимков содержат важную информацию, необходимую для их обработки – дата и время съемки, высота и азимут Солнца, координаты углов сцены и др. Выполняя это задание, вы изучите файловую структуру данных ДЗЗ с различных сенсоров и метаданные снимков.

В Проводнике Windows пройдите в каталог **C:\Tasks\Work-1\Data\LANDSAT**. Здесь находятся исходные файлы снимка LANDSAT-5 TM уровня обработки Level1T. Архивные снимки LANDSAT-5 уровня обработки Level1T доступны для загрузки через интернет-ресурс <http://glovis.usgs.gov>.

Каждый канал снимка лежит в отдельном файле формата GEOTIFF. Последние 8 цифр в названии растров указывают на дату съемки.

Растры переведены в проекцию UTM на эллипсоиде WGS1984. В файле **README.gtf** приведена общая справочная информация о снимке и структуре данных, в файле **L5169018_01820100810_GCP.txt** – список опорных точек.

Откройте в программе «Блокнот» файл **L5169018_01820100810_MTL.txt** с метаданными снимка и найдите в нем следующие данные (для удобства поиска можно предварительно скопировать текст в MS WORD):

- дата и время сканирования центра сцены;
- координаты правого верхнего угла сцены в десятичных градусах;
- число строк и столбцов в изображении;
- азимут и высота Солнца в момент съемки.

Скопируйте найденную информацию в документ Word, после чего закройте файл метаданных.

Перейдите в каталог **C:\Tasks\Work-1\Data\SPOT-4\20m** с исходными файлами снимка SPOT-4 в формате DIMAP, уровень обработки Level1A.

В файле **IMAGERY.TIF** хранятся спектральные каналы снимка; в файле **METADATA.DIM** – метаданные; **Icon.jpg** и **Preview.jpg** – изображения для предпросмотра (QuickLook). Откройте в любом текстовом редакторе (например, «Блокнот») файл **METADATA.DIM** и найдите в нем следующие данные:

- число строк и столбцов в изображении;
- дата и время съемки;
- азимут и высота Солнца в момент съемки (поля **SUN_AZIMUTH**, **SUN_ELEVATION**).

Скопируйте найденную информацию в документ Word, после чего закройте файл метаданных. Перейдите в каталог **C:\Tasks\Work-1\Data\WorldView-2**. Здесь находятся исходные файлы снимка WorldView-2:

- 10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002.TIF – спектральные каналы снимка;
- 10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002-BROWSE.JPG – изображение для быстрого просмотра (QuickLook);
- 10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002.IMD – метаданные;
- 10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002.RPB – RPC-коэффициенты для ортотрансформирования снимка;
- 10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002.TIL – координаты угловых точек сцены;
- 10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002_README.TXT – справочная информация;
- BASE.TXT – лицензионные правила использования данных.

Откройте файл метаданных и найдите в нем следующую информацию:

- тип продукта;
- координаты углов сцены;
- радиометрическое разрешение снимка;
- угол съемки (отклонение от надира);
- дата и время съемки.

Скопируйте найденную информацию в документ Word и закройте файл метаданных.

Часть метаданных можно просмотреть непосредственно в программе Image Processor. Для этого запустите программу и откройте файл изображения **IMAGERY.TIF** из каталога **C:\Tasks\Work-1\Data\SPOT-4\20m** (см. задание №2). В меню **Инструменты** выберите пункт **Информация о растрах**. В открывшемся окне можно просматривать информацию по спектральным каналам: **спутник, сенсор, дата съемки, размер растра, тип пиксела, проекция, пространственное разрешение**.

В окне **Настройка отображения** визуализируйте снимок в синтезе каналов 4–1–3. Не закрывайте снимок.

Задание 5. Работа с гистограммой изображения

Откройте окно **Настройка отображения**, закладку **Настройка цвета** (см. рис. 1.2). Настройте яркость изображения с использованием различных функций автоматического и ручного контрастирования. Все изменения, происходящие с гистограммой изображения, отображаются в активном рабочем окне.

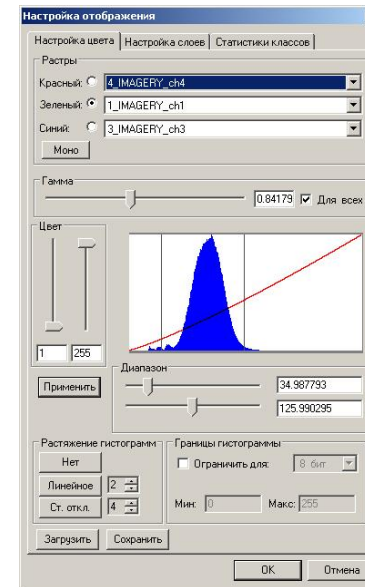


Рис. 1.2. Настройка гистограммы отображения для снимка SPOT-4

Дополнительно: чтобы улучшить цветовую передачу изображения, воспользуйтесь гамма-коррекцией. В группе **Гамма** включите флаг у опции **Для всех**, чтобы изменения распространялись на все три слота RGB модели изображения, в противном случае действие будет распространяться только на активный слот. Движком подберите величину гамма-коррекции в диапазоне от 0 до 2. Для окончательного подтверждения выбранного коэффициента нажмите на кнопку **Применить**, расположенную под группой **Цвет**.


Выполните следующие действия:

- В группе **Растяжение гистограмм** нажмите кнопку **Нет**. Контрастирование будет отменено.
- Примените **Линейное растяжение гистограммы** (кнопка **Линейное**). Изменяя процент отсечения от 1 до 10 (каждый раз необходимо нажимать кнопку **Линейное**), следите за изменением контраста изображения и диапазона гистограммы в группе **Диапазон**.
- Примените нормализацию гистограммы с помощью кнопки **Ст. Откл.**
- Настройте изображение вручную, не используя кнопки **Линейное** и **Ст. Откл.** (нормализация гистограммы). Для этого в группе **Range** горизонтальными движками слева и справа ограничьте график гистограммы в каждом слоте RGB, переключаясь между ними. Отменить сделанные преобразования гистограммы изображения можно через кнопку **None**.

Настроив отображение, сохраните настройку цвета в файле с расширением **.dat**. Нажмите на кнопку **Сохранить** под группой **Растяжение гистограмм**. Сохраните файл настроек в каталоге, в котором находится снимок. Загрузить настройки гистограммы из файла можно с помощью кнопки **Загрузить**. По окончании выполнения задания не закрывайте изображение.

Задание 6. Измерение расстояний и площадей

Справка. При автоматическом определении проекции, единицы измерения проекции также устанавливаются автоматически. В программе реализована возможность вручную задавать единицы измерения расстояний и площадей.

В главном меню программы выберите **Файл – Открыть растр** и перейдите на закладку **Установки проекта**. Снимите флажки в окнах **Определять автоматически** и нажмите на кнопку  справа от строки записи параметров проекции. Откроется окно **Задать проекцию** (рис. 1.3). Убедитесь, что установлена проекция **Universal Transverse Mercator**, датум **WGS_1984**, зона **40**, линейные единицы измерения – **метры**. При необходимости можно изменить параметры проекции в данном окне, после чего нажать кнопку **Задать**, а в диалоге **Установки проекта** подтвердить изменение проекции нажатием кнопки **Применить**.

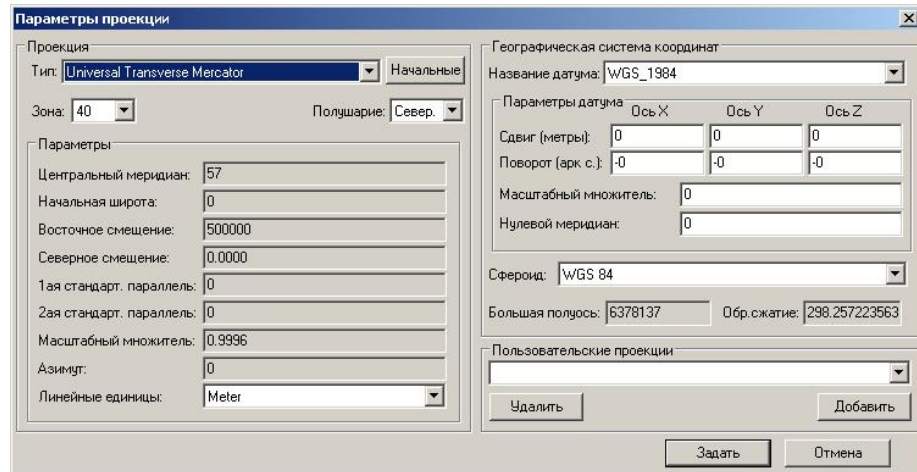


Рис. 1.3. Окно определения параметров проекции

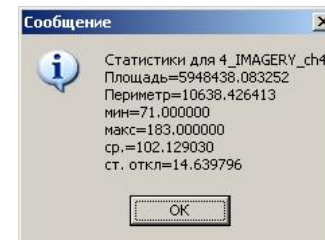
В данном случае нет необходимости менять параметры проекции. Закройте диалог без внесения изменений.

В меню **Инструменты** выберите **Измерить расстояние и площадь**. Для измерения расстояний отобразите линию в любом месте на изображении, кликнув один раз курсором мыши в начальной точке линии и дважды в

конечной. После чего в левом нижнем углу строки состояния программы будет выведено расстояние отображенной линии в километрах.

Измерьте приблизительно площадь Черняевского леса в г. Перми. Для этого обведите его, используя инструмент **Измерить расстояние и площадь** при нажатой клавише **Shift**. Как только контур замыкается двойным нажатием левой кнопки мыши, появляется окно-сообщение (рис. 1.4), в котором:

- в первой строке указывается канал, для которого проводилось вычисление статистики; статистика рассчитывается для канала, установленного в красном слоте RGB модели;
- во второй строке указывается площадь объекта;
- в третьей – периметр объекта;
- в четвертой – минимальное значение яркости выделенной области;
- в пятой – максимальное значение яркости выделенной области;
- в шестой – среднее значение яркости выделенной области;
- в седьмой – стандартное отклонение яркости выделенной области.



Для отключения режима измерения расстояний и площадей необходимо нажать правую клавишу мыши или выбрать другой инструмент. По окончании выполнения задания не закрывайте изображение.

Рис. 1.4. Измерение площади объекта

Задание 7. Простейшие инструменты работы с векторными данными

Программа Image Processor позволяет импортировать и экспортировать векторные карты (слои) в форматах **MapInfo (MIF/MID)** и **ESRI ArcInfo / ArcView (SHP)**. Для загрузки векторных слоев используется пункт меню **Вектор – Управление векторными слоями**. При этом на экране появляется диалог **Управление векторными слоями** (рис. 1.5).

*Справка. В случае, когда при загрузке шейп-файла нет сопроводительного PRJ- файла с определением системы координат, будет выведен диалог определения проекции **Define Projection**, в котором потребуются указать систему координат для данного файла. Если же векторный слой подгружается после загрузки растрового изображения или добавляется к векторным слоям в диалог **Vector Layers Control**, система координат рабочего проекта программы будет установлена в соответствии с системой координат первого загруженного векторного или растрового слоя. Для корректного отображения открытых в программе векторных слоев картографическая проекция должна быть у всех одинаковой или совпадать с системой координат рабочего проекта программы.*

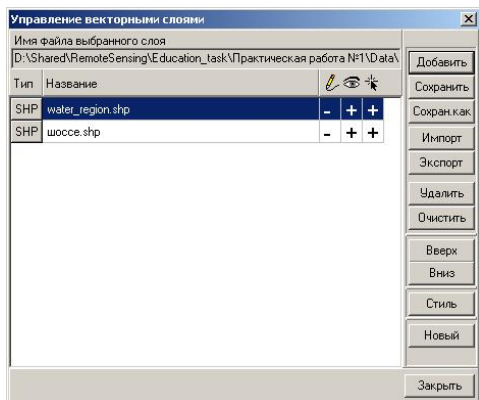


Рис. 1.5. Диалог «Управление векторными слоями»

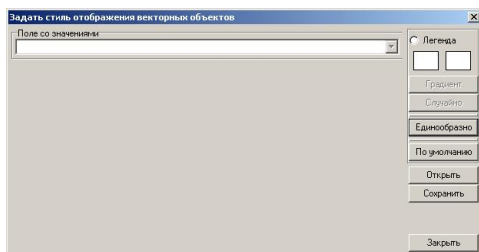


Рис. 1.6. Диалог «Задать стиль отображения векторных объектов»

Изменение стиля отображения векторного слоя осуществляется через диалоговое окно **Задать стиль отображения векторных объектов** (рис. 1.6), которое вызывается кнопкой **Стиль** в правом нижнем углу окна **Управление векторными слоями**. Можно использовать один из трех стилей:

- стиль по умолчанию (кнопка **По умолчанию**);
- единый стиль отображения (кнопка **Единообразно**);
- стиль по уникальному значению поля атрибутивной таблицы.

Выберите для слоя **water_region.shp** стиль отображения **Единообразно**, задав значения для закрашки – прозрачная штриховка, контур – сплошная синяя линия шириной 2.

Для слоя **шоссе.shp** стиль отображения **Единообразно**, задать контур в виде сплошной красной линии шириной 2 (рис. 1.7). Закройте диалоговые окна и просмотрите полученный результат.

В окне **Управление векторными слоями** нажмите на кнопку **Добавить** и перейдите в каталог **C:\Tasks\Work-1\Data\vektor**.

В раскрывающемся списке **Тип файлов** укажите **ESRI SHAPE** и загрузите файлы **water_region.shp** и **шоссе.shp**.

Чтобы произвести какие-либо действия с векторным слоем, выделите его и измените атрибуты элементов управления векторными слоями с «←» на «+»:

- разрешение редактирования текущего слоя;
- видимость текущего слоя;
- возможность выделения объектов текущего слоя.

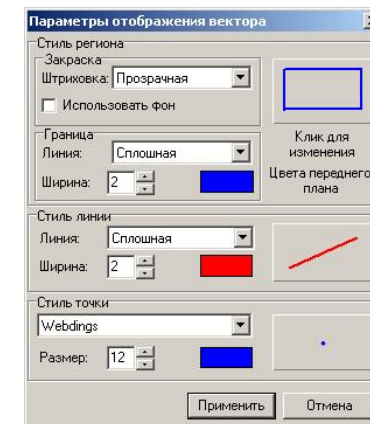
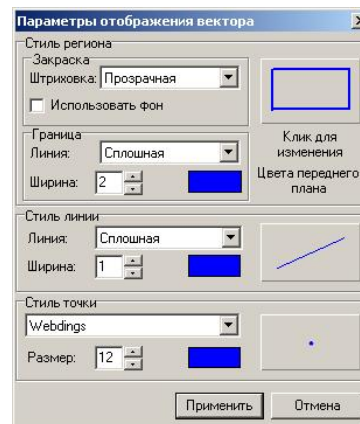


Рис. 1.7. Настройка стиля отображения векторных объектов

Вызовите диалог **Настройки – Показать подписи векторных слоев** и отключите флажок, если он включен.

Используя команду **Вектор – Открыть таблицу атрибутов**, просмотрите атрибутивные таблицы векторных слоев.

Вернитесь в меню **Управление векторными слоями** и удалите оба векторных слоя (для этого необходимо выделить их и нажать кнопку **Удалить**). С помощью диалога **Файл – Закройте растры** закройте все каналы.

Задание 8. Изучение яркостных характеристик объектов и построение спектральных профилей

Откройте файл **L5169018_01820100810_B10.TIF** из каталога **C:\Tasks\Work-1\Data\LANDSAT**. Откройте список **VNIR-SWIR**, выберите все каналы из списка нажатием кнопки **Все** и загрузите их в программу с помощью кнопки **Загрузить** (подробнее см. задание №1).

Войдите в меню **Отображение – Настройка отображения**. Визуализируйте снимок в синтезе каналов 5–4–3, настройте гистограмму методом линейного контрастирования с отсечением 2% крайних значений (подробнее см. задание №5).

В главном меню **Инструменты** выберите пункт **Гистограмма** (последний в списке). Откроется диалоговое окно **Гистограмма** (рис. 1.8). В списке **Растры** выберите все каналы снимка. В группе **Векторная маска** оставьте все поля пустыми. В группе **Тип графика** выберите **Спектр. профиль (Интенсивность)**. Данная функция позволяет получить значение яркости для указанного пикселя в каждом из выделенных каналов.

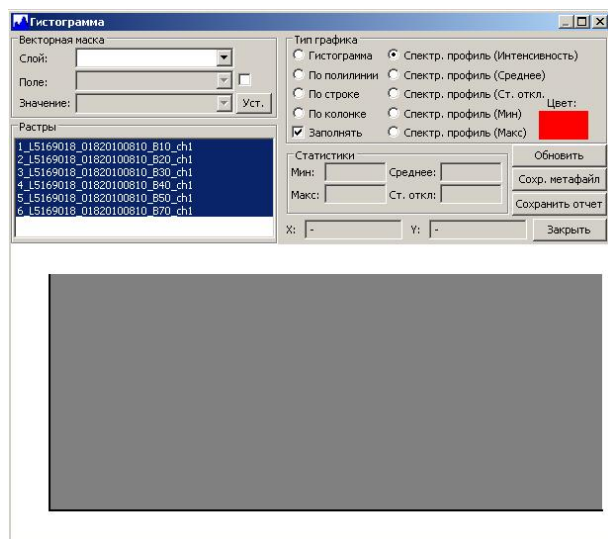


Рис. 1.8. Диалоговое окно «Гистограмма»

Выберите на снимке водный объект (например, одно из крупных озер) и щелкните по нему левой кнопкой мыши (курсором). В окне **Гистограмма** отобразится **Спектральный профиль** водного объекта – кривая яркостей в выделенных каналах (рис. 1.9).

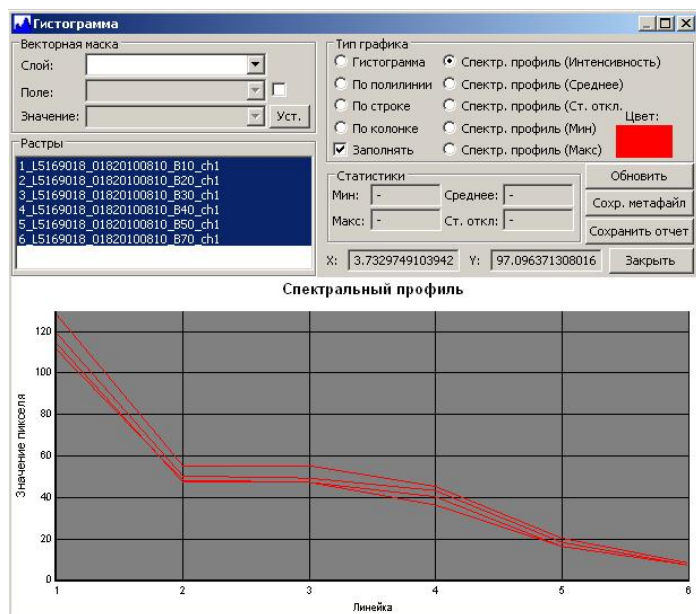


Рис. 1.9. Спектральные профили воды

Спектральная яркость воды снижается с увеличением длины волны (максимальная в синем канале, минимальная - в коротковолновом ИК диапазоне). Наберите рядом еще несколько точек (сэмплов) и убедитесь в идентичности спектральных профилей водных объектов.

Постройте спектральные профили других объектов на снимке. Используя инструменты навигации в рабочем окне программы, выберите на снимке приведенные ниже объекты и постройте их спектральные профили в окне **Гистограмма** (для каждого типа объектов набирайте 4–5 сэмплов). Используя кнопку **Цвет** в диалоговом окне **Гистограмма**, для каждого объекта назначьте цвет, как на рис. 1.10 (синий для воды, темно-зеленый для темнохвойного леса, светло-зеленый для мелколиственного леса, голубой для болота, оранжевый для с/х угодий, светло-зеленый для смешанного леса). Список объектов:

- открытая вода;
- темнохвойный лес (отображается темно-зелеными оттенками);
- мелколиственный лес (в синтезе 5–4–3 имеет ярко-зеленый цвет);
- смешанный лес (цветовая гамма переходная от темнохвойного леса к мелколиственному);
- верховое болото (ярко-зеленый оттенок);
- сельхозугодья: убранные поля, или луговая растительность (ярко-оранжевый цвет).

Примеры спектральных профилей природных объектов показаны на рис. 1.10.

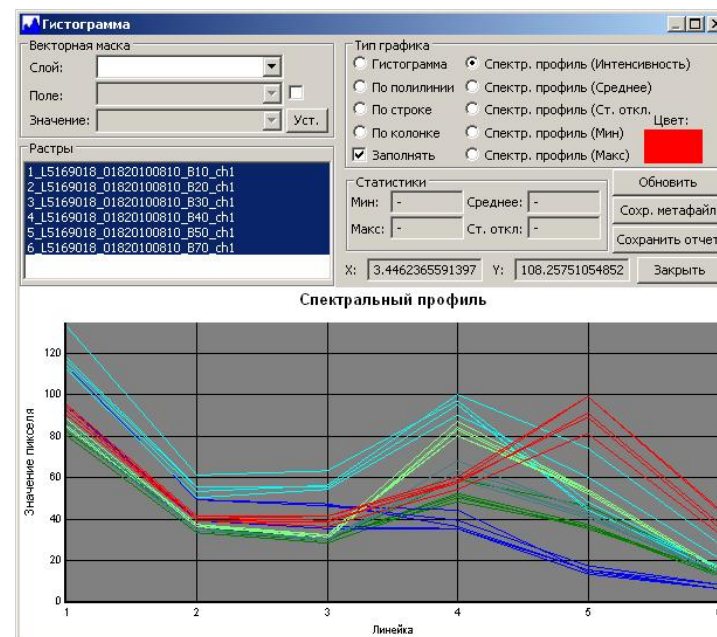



Рис. 1.10. Спектральные профили различных природных объектов

Сравните полученные спектральные профили различных объектов и отметьте их характерные особенности. Какие объекты имеют максимальную яркость в каналах видимого диапазона спектра? В ближнем ИК? В среднем ИК? Отметьте сходство и различия кривых спектрального образа различных типов леса. Отметьте характерную особенность спектральных кривых безлесных участков, с чем связан максимум яркости в среднем ИК канале?

Определите, в каких каналах наибольшая спектральная делимость для следующих пар объектов: вода и темнохвойный лес, долото и мелколиственный лес, темнохвойный лес и мелколиственный лес.

По окончании выполнения задания закройте все каналы изображения.

Задание 9. Сохранение (экспорт) изображений

Для выполнения экспорта изображения необходимо выполнить команду **Файл – Сохранить растры** главного меню программы или нажать на кнопку  на панели инструментов. Откроется диалог **Сохранение растров** (рис. 1.11).

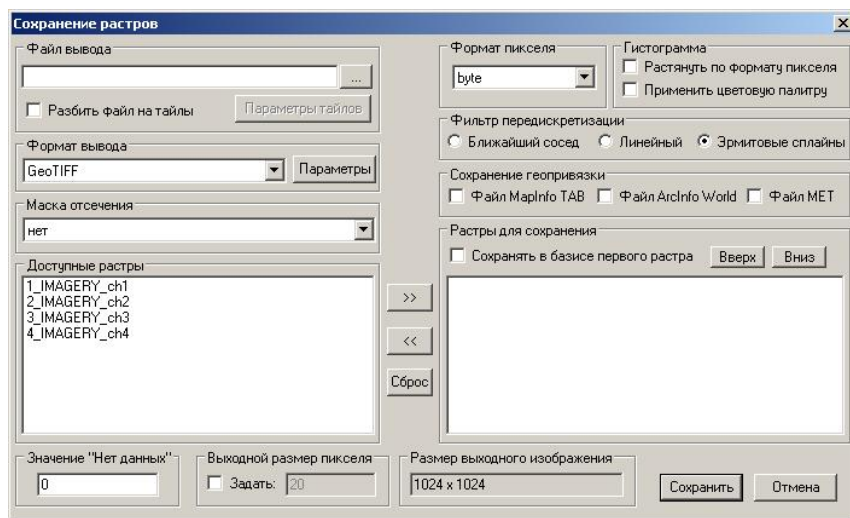


Рис. 1.11. Диалог сохранения растров

Справка. В раскрывающемся списке **Формат пикселя** для панхроматических и многозональных снимков, исходно имеющих разрешение 8 бит (LANDSAT, SPOT-4, SPOT-5), выбирают тип Byte (целочисленный 8 бит, диапазон значений 0–255), для индексных изображений – формат Float32 (растр с плавающей запятой, 32 бит).


В зависимости от дальнейшего применения изображения следует правильно выбирать тип сверточного фильтра в группе **Фильтр передискретизации**, при помощи которого будет производиться ресэмплинг изображения. При работе с тематическими масками, индексами и бинарными

слоями рекомендуется использовать фильтр **Ближайший сосед**, при котором интерполяция минимальна; для более точной передачи яркостных характеристик изображений лучше использовать **Линейный** фильтр; для получения качественной цветовой передачи изображения – фильтр **Эрмитовы сплайны**. Общее описание сверточных фильтров, доступных в программе:


- **Ближайший сосед**. Преимущество этого фильтра в сохранении исходных значений яркостей снимка. В частности, не происходит потери экстремальных и слабо различающихся значений, что важно при дешифрировании снимка и вычислении абсолютных значений.
- **Linear** – билинейный фильтр. Обеспечивает лучшую читаемость объектов по сравнению с фильтром **Ближайший сосед**, но приводит к сглаживанию границ и потере экстремальных значений яркости.
- **Эрмитовы сплайны (Hermit)** – кубический полином второй степени. При ресэмплинге возникает краевой эффект в результате экстраполяции или артефакты, но визуальное качество изображения возрастает.

В группе **Маска отсечения** обязательно указывается территория, в пределах которой будет сохранено изображение, через закладки:

- **None** – вся сцена изображения;
- **Selected Region** – выделенная прямоугольная область;
- название пользовательского векторного слоя – предварительно подгруженный или ранее созданный векторный слой.

Переноса кнопкой  каналы из списка **Доступные растры** в список **Растры для сохранения**, необходимо помнить о порядке чередования записываемых каналов синтезированного изображения, что в дальнейшем определяет вид его отображения в других программах.

Если требуется сохранить информацию о системе координат и пространственном разрешении изображения, тогда в группе **Сохранение геопривязки** следует выбрать тип файла(ов) привязки и поставить флаги: **ArcInfo World, Mapinfo TAB, MET**.

Сохраните многозональный снимок SPOT-4 в формате GeoTiff. Для этого нажмите на кнопку  на панели инструментов и в диалоге **Сохранение растров** установите параметры сохранения, как показано на рис. 1.12.

Внутри **C:\Tasks\Work-1\Data** создайте каталог **Export**, где будут храниться экспортированные снимки. Назовите файл **SPOT-4_20110831.tif**.

Выходной размер пикселя оставьте равным 20 м, **Значение «Нет данных»** – 9999, **Формат вывода** – Geotiff, **Маска отсечения** – нет, **Формат пикселя** – Byte, **Фильтр передискретизации** – Линейный, дополнительный файл геопривязки не сохранять. Перенесите каналы из списка доступных в список растров для сохранения и нажмите кнопку **Сохранить**. По окончании процесса сохранения закройте все каналы изображения (меню **Файл – Закрыть Растры**).

Откройте все каналы снимка **LANDSAT-5** из каталога **C:\Tasks\Work-1\Data\LANDSAT** (подробнее см. задание №1) с автоматическим определением проекции и разрешения.

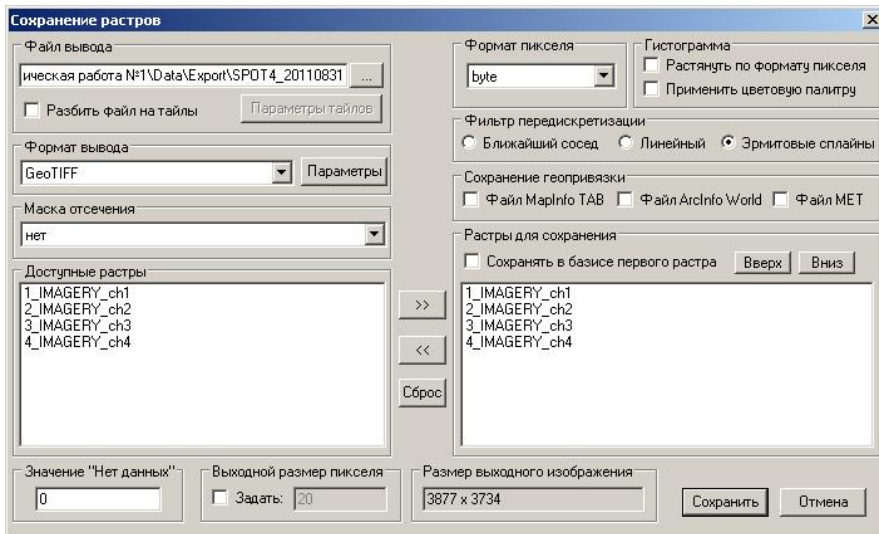


Рис. 1.12. Параметры сохранения снимка SPOT-4

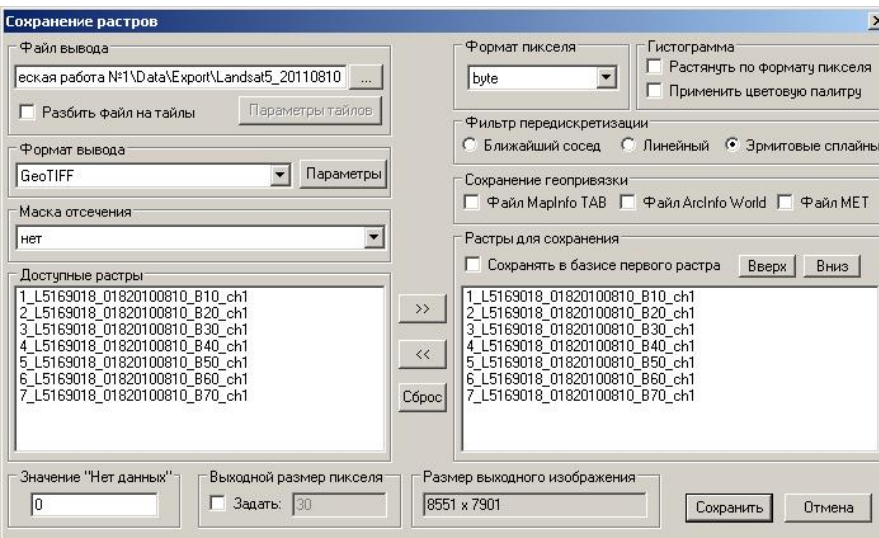



Рис. 1.13. Экспорт снимка LANDSAT-5

Нажатием на кнопку  вызовите диалог сохранения растров. Установите параметры сохранения, как показано на рис. 1.13. Сохраните снимок в каталоге C:\Tasks\Work-1\Data\Export, задав следующие параметры:

- **Файл вывода** – Landsat5_20100810.tif;
- **Формат вывода** – Geotiff;
- **Маска отсечения** – нет;

- **Формат пикселя** – Byte;
- **Фильтр передискретизации** – Эрмитовые сплайны;
- **Файлы геопривязки** – не сохранять;
- **Выходной размер пикселя** – 30 (м);
- **Значение «Нет данных»** – 9999.

Перенесите каналы из списка доступных в список растров для сохранения и нажмите кнопку **Сохранить**. Процесс сохранения займет 2–3 минуты. По окончании процесса сохранения закройте все каналы изображения (меню **Файл** – **Закрыть Растры**). Закройте программу ImageProcessor.

Задание 10. Визуализация космических снимков в программе ArcGIS

Многие функции обработки данных ДЗЗ интегрированы в полнофункциональные ГИС. Выполнив данное задание, вы освоите инструменты визуализации и контрастирования аэрокосмических снимков с помощью инструментов геоинформационной системы ArcGIS.

Запустите приложение ArcMap. Начните работу с новой пустой карты.

Добавьте в проект набор растровых данных **Landsat5_20100810.tif** из каталога C:\Tasks\Work-1\Data\Export. При добавлении в проект ArcMap растровых данных, автоматически запускается процесс создания пирамидных слоев. По окончании построения пирамид снимок визуализируется на экране.

Откройте **ArcToolbox**. В наборе инструментов **Управление данными** выберите группу инструментов **Растр**, подгруппу **Свойства растра**. Запустите инструмент **Вычислить статистику**. В качестве входного набора растровых данных укажите **Landsat5_20100810.tif**, остальные параметры в окне оставьте по умолчанию. Нажмите кнопку **ОК**. Расчет статистики изображения займет некоторое время.

Справка. Пирамидные слои ускоряют отображение растра, а расчет статистики необходим для правильной настройки отображения.

Зайдите через проводник в каталог C:\Tasks\Work-1\Data\Export. В нем появились новые файлы:

- **Landsat5_20100810.tif.ovr** – пирамидные слои;
- **Landsat5_20100810.tif.aux.xml** – статистика изображения.

Откройте свойства слоя **Landsat5_20100810.tif** и перейдите на закладку **Символы** (рис. 1.14). Оставьте тип отображения растра — **RGB Composite**, С помощью раскрывающихся списков **Channel** и **Band** настройте RGB модель отображения снимка следующим образом:

- Красный – Band_5;
- Зеленый – Band_4;
- Синий – Band_3

и нажмите кнопку **Применить**. В группе **Растяжка** при этом автоматически установится тип контрастирования **Стандартное отклонение**.

В раскрывающемся списке **Тип растязжки** измените тип на **Процент отсечения**, в окнах **Мин.** и **Макс.** проставьте цифры 2, для подтверждения нажмите кнопку **Применить**. Контрастность отображения растра должна увеличиться. Изменяя цифры **Мин.** и **Макс.** в большую или меньшую сторону, проследите за изменениями контрастности отображения снимка. Примените растязжку **По гистограмме** – контрастность должна еще больше увеличиться. Отмените контрастирование, выбрав в списке **Тип растязжки** – **нет**.

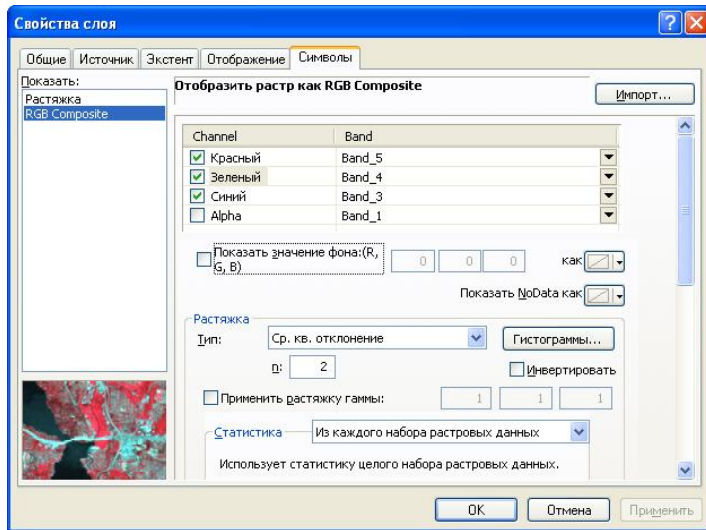


Рис. 1.14. Настройка RGB модели изображения в ArcMap

Измените синтез каналов отображения растра на 3–2–1 («естественные цвета») и подберите оптимальный способ контрастирования. Для подтверждения изменения настроек каждый раз нужно нажимать кнопку **Применить**. Для данного синтеза каналов оптимальным будет линейное контрастирование. Подберите оптимальный процент отсечения.

Сохраните настройку отображения в файле. Для этого щелкните правой кнопкой мыши по названию слоя и выберите **Сохранить как файл слоя**. Сохраните файл слоя **LANDSAT.lyr** в каталоге **C:\Tasks\Work-1\Data\Export**. После сохранения настроек отображения удалите слой из проекта.

Добавьте в проект набор растровых данных **SPOT-4 20110831.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-1\Data\Export**. Постройте для этого набора данных пирамидные слои и рассчитайте его статистику. Отобразите снимок в размере рабочего окна (для этого нужно правой кнопкой мыши щелкнуть по названию слоя в таблице содержания и выбрать команду **Приблизить к слою**).

Визуализируйте снимок в синтезе каналов 4–1–2, выберите метод контрастирования – **Процент отсечения** (в окнах **Мин.** и **Макс.** проставьте цифру 2). Сохраните настройки отображения растра в файле **SPOT.lyr**, файл сохраните в каталоге **C:\Tasks\Work-1\Data\Export**.

По окончании выполнения задания закройте приложение ArcMap.

Практическая работа 2 Геометрическая коррекция космических снимков

Цель работы. Изучение методов геометрической коррекции и ортотрансформирования космических снимков среднего и высокого разрешения. Освоение технологий геопривязки и геометрической коррекции «Изображение к карте», «Изображение к изображению», «Ортотрансформирование по строгой модели», «Ортотрансформирование с использованием RPC коэффициентов».

Задание 1. Привязка снимка SPOT-4 к векторной карте

Справка. Геометрическая коррекция – это обеспечение с максимальной точностью перехода от внутренней системы координат снимка к выбранной картографической системе координат. Геометрическая коррекция необходима для того, чтобы изображение было правильно представлено на плоскости и имело свойства карты. Большинство задач тематической обработки и дешифрирования снимков требуют выполнения предварительной геометрической коррекции:

- использование снимков в ГИС совместно с векторными картами;
- измерение расстояний и площадей по снимку;
- выполнение географического анализа по космическим снимкам;
- создание мозаик изображений, ортофотопланов и фотокарт;
- анализ разновременных снимков.

Выделяются два основных типа преобразования системы координат (трансформирования) снимка:

- трансформирование исходной системы координат снимка в систему координат базовой карты;
- трансформирование исходной системы координат снимка в систему координат эталонного (привязанного) изображения.

Для проведения геометрической коррекции в зависимости от характера искажений снимка, применяются алгоритмы различной сложности: сдвиг, поворот, аффинное преобразование, полиномиальные преобразования разных степеней.

При необходимости коррекции искажений, связанных с рельефом и углом наклона камеры, применяют методы фотограмметрической обработки снимков – ортотрансформирование.

В программе *Image Processor* реализованы все основные методы геометрической коррекции космических снимков – глобальные преобразования, локальные преобразования, ортотрансформирование с использованием строгой и обобщенной моделей камеры.

Запустите *Image Processor* (**Пуск – Программы – Image Processor**). Войдите в диалог **Файл – Открыть растр** главного меню программы.

Откройте файл изображения **IMAGERY.TIF** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\Exercise1\10m** с автоматическим определением проекции и пространственного разрешения. Загрузите в программу единственный канал снимка с помощью кнопки **Загрузить** на закладке **Добавить растры**.

Отобразите снимок в масштабе рабочего окна программы (**Инструменты – Уместить в окно**), и настройте его отображение. Для этого войдите в диалог **Отображение – Настройка отображения**, в красном слоте выберите канал **1_IMAGERY_Ch1**, и нажмите кнопку **Моно** под синим слотом. В результате на экране отобразится панхроматический снимок. Для улучшения контраста отображения в группе **Растяжение гистограмм** нажмите на кнопку **Линейное**. После этого закройте диалог **Настройка отображения**.

В главном меню выберите **Вектор – Управление векторными слоями**. Нажмите на кнопку **Добавить**. В диалоге **Открыть файл с векторными объектами** перейдите в каталог **C:\Tasks\Work-2\Data\vektor**. Установите в раскрывающемся списке **Тип файлов – ESRI SHAPE**, выберите файлы **шоссе.shp** и **water_region.shp** и нажмите кнопку **Открыть**.

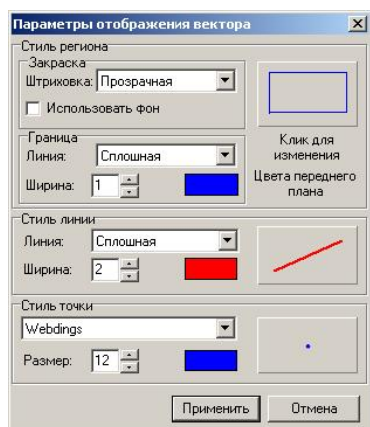


Рис. 2.1. Задания стиля отображения векторного слоя шоссеиных дорог

Настройте отображение векторного слоя шоссеиных дорог. Для этого в диалоге **Управление векторными слоями** выделите файл **шоссе.shp**, затем нажмите на кнопку **Стиль**. В появившемся диалоговом окне **Задать стиль отображения векторных объектов** выберите **Единообразно** (см. рис. 2.1).

В появившемся окне **Параметры отображения вектора** выберите **Стиль линии, сплошная, ширина 2, цвет красный**, после чего нажмите последовательно **ОК**, **Применить** и закройте диалог **Задать стиль отображения векторных объектов**.

Увеличьте масштаб изображения. Обратите внимание на существенный (около 300 м) сдвиг снимка относительно векторных объектов. Сдвиг связан с тем, что снимок SPOT-4 уровня обработки Level1A прошел только предварительную коррекцию по орбитальным элементам. Ошибка привязки снимков этого уровня обработки может превышать 500 м.

Для приведения системы координат снимка в соответствие с векторными материалами необходимо расставить опорные точки.

Выберите пункт меню **Трансформация – Установить ОТ**. На экране отобразится **Панель инструментов в режиме установки и редактирования опорных точек GCP** (рис. 2.2).

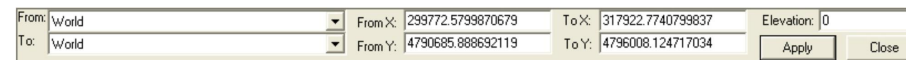



Рис.2.2. Панель инструментов в режиме установки и редактирования опорных точек

Найдите на снимке характерную точку, например пересечение дорог, и соответствующее пересечение дорог на векторной карте. Активируйте инструмент установки опорных точек **Трансформация – Установить ОТ** или нажмите кнопку  на панели инструментов. Затем на трансформируемом растре установите курсор на найденную точку, кликните по ней левой кнопкой мыши, переместите курсор в соответствующую точку на эталоне (векторе) и снова кликните по ней левой кнопкой мыши. Опорная точка будет установлена и отобразится в виде вектора тика, стрелочка которого «>» покажет направление смещения трансформируемого растра (рис. 2.3).

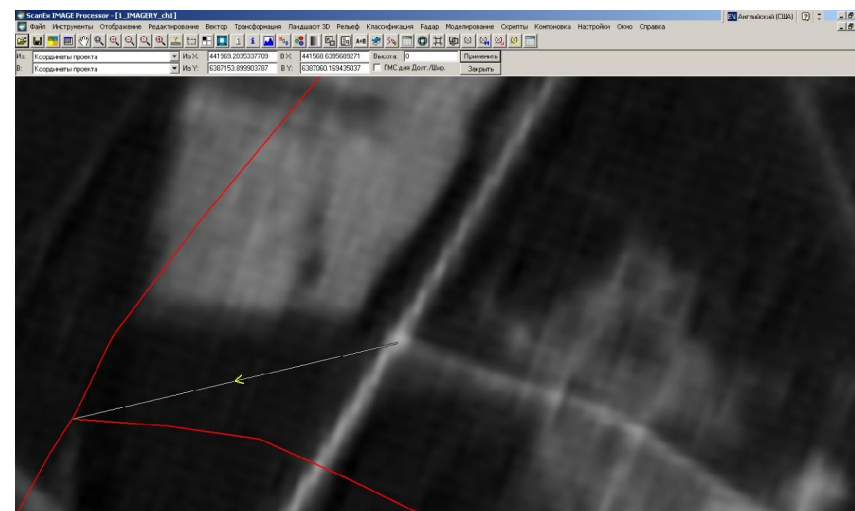


Рис. 2.3. Установка опорных точек для привязки космического снимка к векторной карте

В панели инструментов установки и редактирования опорных точек выводятся прямоугольные координаты установленной опорной точки трансформируемого растра в полях **From X**, **From Y** и эталонного изображения в полях **To X**, **To Y**. Можно посмотреть координаты точек в географической системе координат, включив опцию **Use Long/Lat**.

Качественная установка опорных точек – важнейшее условие для проведения геометрической коррекции. *Опорные точки должны быть распределены по снимку максимально равномерно*, иначе при проведении полиномиальной трансформации возникнут искажения. Опорные точки должны быть установлены как в центре, так и по краям снимка.

Используя инструмент **Трансформация – Установить ОТ**, наберите 7–8 опорных точек на снимке. Для исправления ошибок, удаления, редактирования, нанесения опорных точек используются следующие функции.

Выделение опорных точек осуществляется инструментом **Трансформация – Маркировать ОТ**. Стрелка выделенной точки при этом подсвечивается желтым цветом.

Удаление опорных точек проводится при помощи команд меню **Трансформация: Удалить все ОТ, Удалить маркированные ОТ, Удалить последнюю ОТ**.

Редактирование опорных точек

Если вы неправильно поставили точку, то выделите ее предварительно инструментом **Трансформация – Маркировать ОТ** и инструментом **Трансформация – Редактировать ОТ** произведите редактирование.

После установки необходимого количества опорных точек просмотрите список с помощью меню **Трансформация – Список опорных точек**. В таблице **Список опорных точек** можно выделить нужные опорные точки, изменив в столбце **Маркир.** атрибут **Нет** на **Да**.

Сохраните опорные точки в файле. Для этого в **Списке опорных точек** выберите **Файл – Сохранить** и сохраните файл **OT1.tic** в каталоге **C:\Tasks\Work-2\Data\GCP** (рис. 2.4). Для загрузки опорных точек из файла в **Списке опорных точек** выберите **Файл – Открыть**. Не закрывайте список опорных точек. В меню **Трансформация** выберите **Глобальная трансформация**. Откроется диалоговое окно (рис. 2.5).

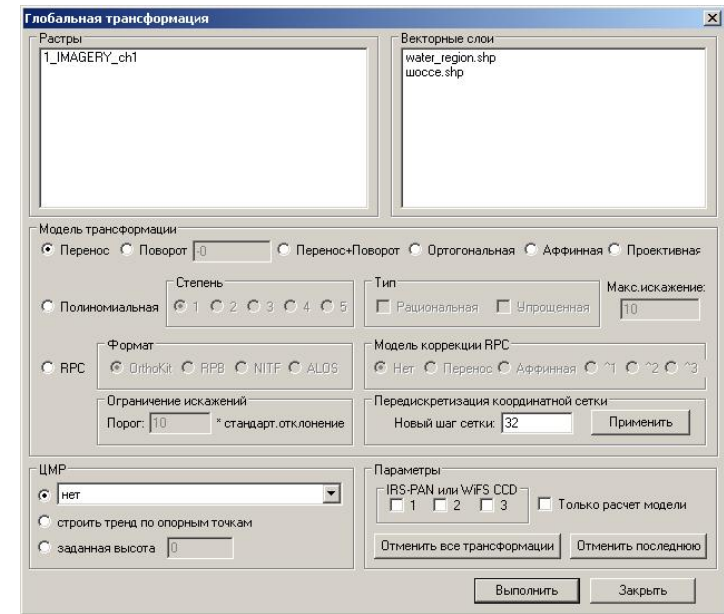


Рис. 2.5. Диалоговое окно «Глобальная трансформация»

Глобальные методы трансформации, в отличие от локальных, применяются для коррекции всего снимка, а не отдельных его фрагментов. В программе реализованы следующие методы глобальной трансформации:

- **Перенос, Поворот, Перенос+Поворот** – простейшая трансформация без изменения масштаба пикселей;
- **Аффинная, проективная, ортогональная** модели (основаны на полиномах 1–й степени);
- **Полиномиальная** – классическое полиномиальное преобразование до 5–й степени;
- **Рациональная полиномиальная** – рациональное полиномиальное преобразование до 5–й степени;
- **Упрощенная полиномиальная** – упрощенное полиномиальное преобразование до 5–й степени.

Для выполнения коррекции в списке **Растры** диалога **Глобальная Трансформация** выделите канал **1_IMAGERY_ch1**, в списке моделей трансформации выберите **Аффинная**, проставьте флажок **Только расчет модели** и нажмите кнопку **Выполнить**. На экране появится сообщение о средне-квадратической ошибке трансформации RMSE, подтвердите его.

Если RMSE составит больше 20 м, откройте **Список опорных точек** и просмотрите значения в колонке **Ошибка**. Найдите точку с наибольшим значением ошибки и отметьте (маркируйте) ее, изменив в колонке **Маркир.** значение **Нет** на **Да** для этой точки. Приблизьтесь к данной точке; возможно, она установлена с ошибкой, тогда удалите или отредактируйте ее. Удаление и

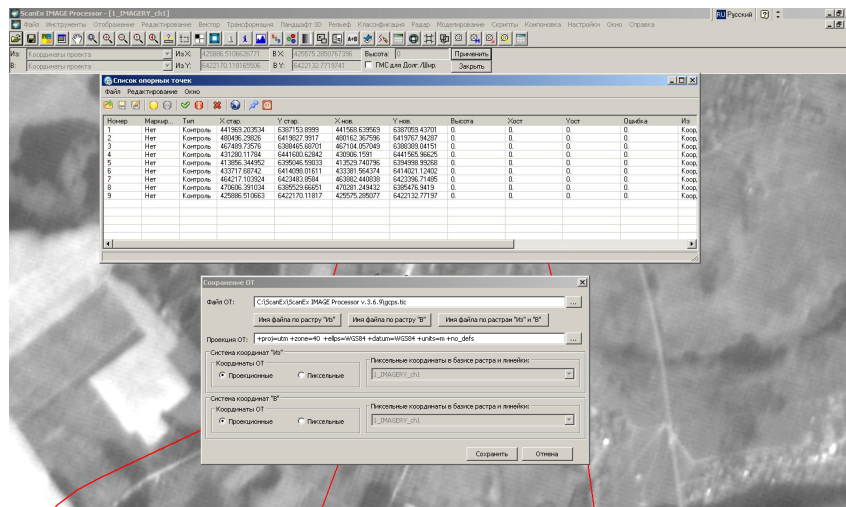


Рис. 2.4. Сохранение опорных точек

редактирование опорных точек, установленных с ошибками, позволяет значительно улучшить качество трансформации снимка.

Если в опорных точках были произведены изменения, вернитесь в диалог **Глобальная трансформация** и повторите трансформацию, не изменяя ее параметры. Сравните значение RMSE по результатам первой и второй трансформации. При необходимости точной попиксельной привязки снимков, подобные итерации иногда приходится повторять несколько раз.

Примените другие модели трансформации. Для этого в группе **Модель Трансформации** вместо **Аффинная** поочередно выберите несколько других моделей и получите ошибку трансформации, сохраняя активной опцию **Только расчет модели**.

Нужно учитывать, что при применении коррекции полиномами второй степени и выше могут резко возрасти искажения на краях снимка, при этом RMSE не всегда дает оценку реальной погрешности. Как правило, наиболее качественный результат дает **Полиномиальная рациональная модель**, но для ее применения требуется больше опорных точек (не менее 7).

Отключите флажок **Только расчет модели**, определите метод коррекции **Полиномиальная рациональная модель первой степени** и нажмите кнопку **Выполнить**. Снимок будет трансформирован. Визуально оцените качество коррекции (совмещения дорожной сети на снимке с векторными контурами шоссе и дорог). Так как пространственное разрешение снимка 10 м, а масштаб используемого векторного слоя только 1:200 000, то качество совмещения может быть неидеальным.

Сохраните полученный результат. Для этого выберите **Файл – Сохранить растры**, установите параметры сохранения, как показано на рис. 2.6. Назовите экспортируемый файл **SPOT_correct1.tif** и сохраните его в каталоге **C:\Tasks\Work-2\Data\Export**.

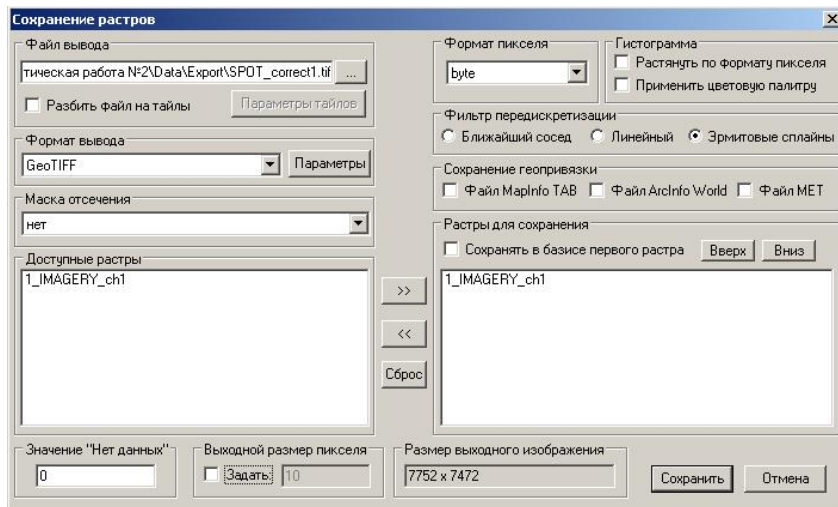


Рис. 2.6. Сохранение результата геометрической коррекции снимка SPOT-4.

После завершения экспорта снимка выберите пункт меню **Трансформация – Удалить все ОТ** и подтвердите удаление нажатием кнопки **Да**. Затем удалите векторные слои через меню **Вектор – Управление векторными слоями**. Закройте файл снимка (меню **Файл – Заккрыть растры**). Закройте список опорных точек.

Задание 2. Привязка снимка SPOT-4 к мозаике LANDSAT по технологии «изображение к изображению»

Справка. В качестве источника опорных точек для геометрической коррекции снимков среднего и высокого разрешения часто используются растровые данные (так как векторные материалы с высокой точностью позиционирования не всегда доступны). Это могут быть, в зависимости от характера поставленной задачи, ортофотомозаики снимков сверхвысокого, высокого или среднего разрешения. В данном задании для геометрической коррекции снимка SPOT-4 используется ортомозаика LANDSAT-7, созданная в USGS. Геометрическая точность привязки этой мозаики обычно не превышает 30 м.

Откройте файл изображения **IMAGERY.TIF** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\Exercise2\10m** с автоматическим определением проекции и пространственного разрешения. Отобразите снимок в масштабе рабочего окна программы (**Инструменты – Уместить в окно**) и настройте его отображение. Для улучшения контраста отображения в группе **Растяжение гистограмм** нажмите на кнопку **Линейное**.

Вызовите снова диалог **Файл – Открыть растры** и откройте эталонное изображение **landsat_mosaic.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\Landsat**. Загрузите в программу все каналы снимка.

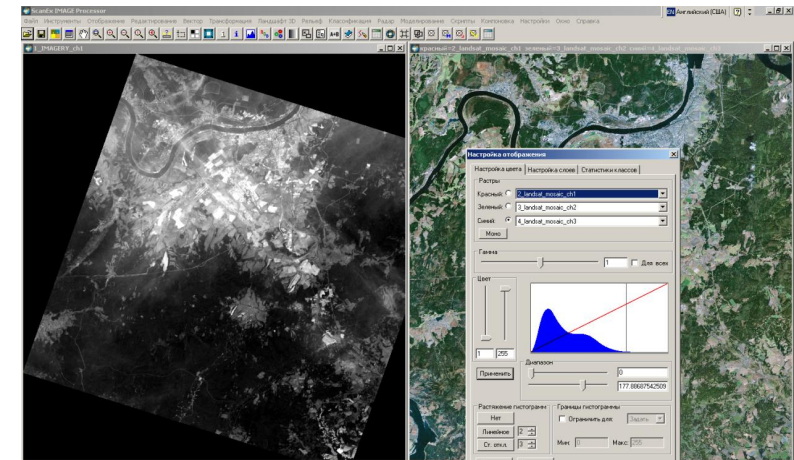


Рис. 2.7. Настройка отображения снимков IMAGERY.TIF и landsat_mosaic.tif в рабочих окнах программы

Выберите команду меню **Окно – Новое окно RGB**, расположите окна вертикально. В новом окне настройте отображение снимка **landsat_mosaic.tif**. Для этого войдите в меню **Настройка отображения** и проставьте в красном, синем и зеленом слотах соответственно первый, второй и третий каналы снимка **landsat_mosaic.tif** (рис. 2.7).

Перейдите к установке опорных точек. В данном случае изображение **IMAGERY.TIF** привязываемое, а мозаика **landsat_mosaic.tif** – эталонное. Сделайте активным рабочее окно изображения **IMAGERY.TIF**. Найдите на снимке характерный объект (например, пересечение дорог) и активируйте инструмент установки опорных точек **Трансформация – Установить ОТ**. Затем на трансформируемом растре установите курсор на найденную точку, кликните по ней левой кнопкой мыши, переместите курсор в соответствующую точку на эталонном изображении, кликните по ней левой кнопкой мыши. Опорная точка будет установлена и отобразится в виде вектора тика, стрелка которого «>» покажет направление смещения трансформируемого растра (см. рис. 2.8).

Наберите 7–8 опорных точек, равномерно распределенных по изображению. Отождествление объектов на изображениях **IMAGERY.TIF** и **landsat_mosaic.tif** потребует некоторых навыков. При необходимости воспользуйтесь инструментами удаления и редактирования опорных точек, описанными в задании №1.

Откройте список опорных точек и сохраните их в файле **OT2.gcp** в каталоге **C:\Tasks\Work-2\Data\GCP**.

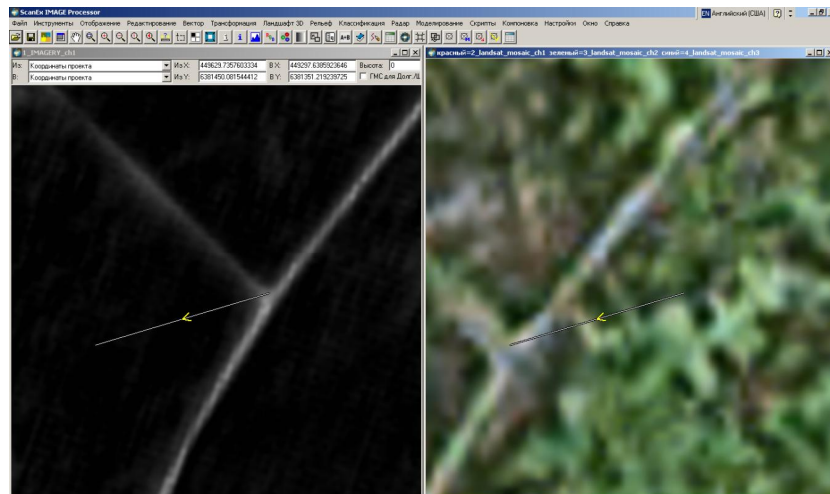


Рис. 2.8. Установка опорных точек

Откройте диалог **Глобальная трансформация**. В списке **Растры** выберите канал **1_IMAGERY_ch1**. Выберите **Модель трансформации – рациональная полиномиальная модель первой степени**. Поставьте флажок в окне **Только рассчитать модель**. Нажмите кнопку **Выполнить**. Если RMSE (среднеквадратическая ошибка) не превышает 10 м, снимите флажок в окне **Только рассчитать модель**, нажмите кнопку **Выполнить** еще раз, не изменяя

параметров трансформации, и переходите к сохранению трансформированного снимка (см. ниже). При необходимости результаты трансформации можно отменить, воспользовавшись командой меню **Трансформация – Отменить все трансформации**.

Если RMSE (среднеквадратическая ошибка) больше 10 м, откройте список опорных точек. Маркируйте точку с наибольшим значением ошибки (подробнее см. задание №1), отредактируйте или удалите ее. Если точка удалена, она должна быть заменена, причем новая точка устанавливается в той же области снимка, где находилась ранее удаленная, чтобы размещение точек оставалось равномерным.

Проведите снова трансформацию с включенным флагом в окне **Только рассчитать модель**, другие параметры в окне **Глобальная трансформация** оставьте без изменений. При новой трансформации RMSE должна уменьшиться. Последовательно корректируя опорные точки с максимальными значениями ошибки, доведите значение RMSE до 10 м, что соответствует размеру пикселя привязываемого изображения. Когда RMSE будет доведена до 10 м, отключите флажок **Только рассчитать модель** и выполните трансформацию.

Сохраните полученный результат. Для этого выберите **Файл – Сохранить растры**, установите параметры сохранения, как показано на рис. 2.9. Назовите экспортируемый файл **SPOT_correct2.tif** и сохраните его в каталоге **C:\Tasks\Work-2\Data\Export**.

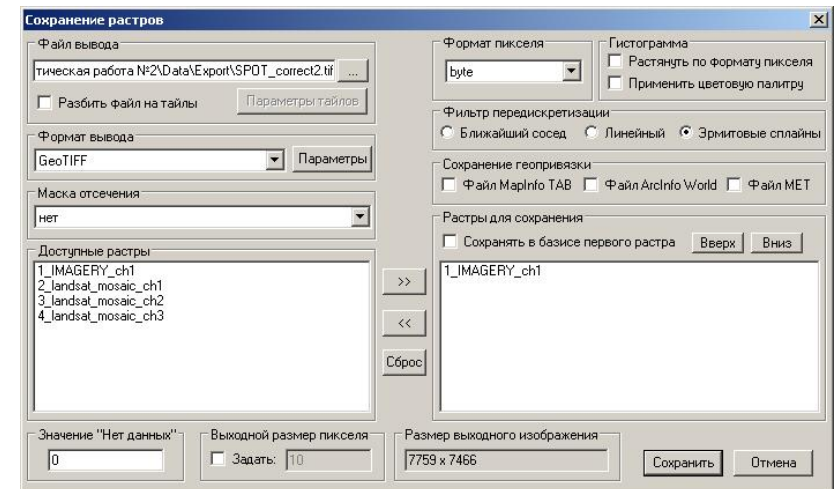


Рис. 2.9. Параметры сохранения результата трансформации

Закройте растр **IMAGERY.tif**. Опорные точки не удаляйте, каналы мозаики **LANDSAT** также оставьте. Переходите к выполнению третьего задания.

Задание 3. Ортоотраформирование снимка SPOT-4 по строгой модели с использованием опорных точек

Справка. Ортоотраформирование (ортокоррекция) аэрокосмического снимка – математически строгое преобразование исходного снимка в ортогональную проекцию и устранение искажений, вызванных рельефом, условиями съемки и типом камеры. При проведении ортокоррекции устраняются перспективные искажения, развороты, искажения, вызванные дисторсией объектива, и др. Снимок при этом приводится к плановой проекции, в которой каждая точка местности наблюдается строго вертикально, в надир. Чтобы выполнить такое преобразование необходимо устранить искажения, вызванные рельефом. Следовательно, для трансформации нужна модель рельефа, нужно знать высоту местности для каждой точки снимка. Ортоотраформирование применяется при необходимости получения продукта высокой метрической точности.

Откройте файл **IMAGERY.TIF** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\Exercise3\10m** с автоматическим определением проекции и пространственного разрешения. Отобразите снимок в масштабе рабочего окна программы (**Инструменты – Уместить в окно**) и настройте его отображение. Для улучшения контраста отображения в группе **Растяжение гистограмм** нажмите на кнопку **Линейное**.

Откройте файл **landsat_mosaic.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\LANDSAT**. Загрузите в программу все каналы снимка.

Откройте файл цифровой модели рельефа **srtm_48_01.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\srtm_48_01\srtm_48_01**.

Справка. *SRTM* – глобальная, свободно распространяемая цифровая модель рельефа, полученная по результатам радарной съемки. Пространственное разрешение модели – 90 м, высотная точность порядка 15 м.

Вызовите диалог **Трансформация – Список опорных точек**. В списке опорных точек выберите **Файл – Открыть** и откройте файл **OT2.gcp** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\GCP**, созданный вами при выполнении предыдущего задания. Расположите изображения **IMAGERY.TIF** и **landsat_mosaic.tif** в двух вертикально расположенных рабочих окнах, аналогично тому, как делалось при выполнении задания №2.

Вызовите диалог **Трансформация – Коррекция по строгой модели**. В результате в активное рабочее окно будет загружена панель инструментов итерационной уточняющей модели (рис. 2.10).

Справка. Итерационная уточняющая модель (строгая модель) позволяет, используя опорные точки, уточнить углы ориентации спутника и камеры, а также может быть использована при проведении ортокоррекции. Геометрическая коррекция по строгой модели может быть применена только к данным уровня обработки *Level1A* (не прошедшим предварительную геометрическую коррекцию) со спутников *SPOT-4*, *SPOT-5*, *EROS-A*, *EROS-B*.

Для данных с американских спутников сверхвысокого разрешения *WorldView-1*, *WorldView-2*, *GeoEye-1*, *IKONOS*, *QuickBird* коррекция по строгой модели не может быть выполнена, так как параметры моделей камер этих спутников не опубликованы. Для ортоотраформирования снимков с этих спутников используется обобщенная модель камеры – *RPC* (рациональные полиномиальные коэффициенты).

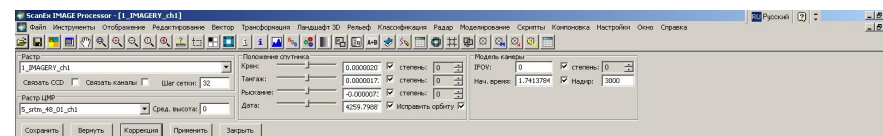


Рис. 2.10. Панель инструментов итерационной уточняющей модели

На панели инструментов итерационной уточняющей модели в раскрывающемся списке **Растр** укажите канал **1_IMAGERY_ch1**. В раскрывающемся списке **Растр ЦМР** укажите **srtm_48_01_ch1**.

Активируйте все параметры, входящие в группы **Положение спутника** и **Модель Камеры**, проставив флажки в соответствующих окнах. В каждом поле появится информация телеметрии об углах ориентации спутника и камеры, считанная из файла метаданных снимка. Углы ориентации задаются в трех измерениях: **Крен**, **Тангаж**, **Рысканье**.

В данном случае ортоотраформирование будет производиться автоматически при условии наличия опорных точек и ЦМР местности.

Для автоматического подбора параметров с минимальными ошибками на панели инструментов итерационной уточняющей модели (рис. 2.10) нажмите кнопку **Коррекция**. После выполнения коррекции появится сообщение о величине среднеквадратической ошибки **RMSE**. При необходимости отменить результат расчета нажмите на кнопку **Вернуть** на панели инструментов итерационной уточняющей модели.

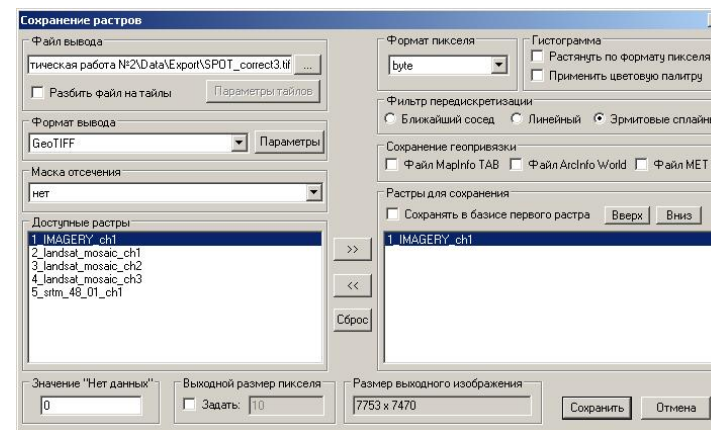


Рис. 2.11. Параметры сохранения результата трансформации

Величина среднеквадратической ошибки RMSE при проведении ортокоррекции по строгой модели, скорее всего, окажется существенно большей, чем при выполнении коррекции по полиномиальной модели (задание №2).

Сохраните полученный результат коррекции. Для этого выберите **Файл – Сохранить растры** и установите параметры сохранения согласно рис. 2.11.

Назовите экспортируемый файл **SPOT_correct3.tif** и сохраните его в каталоге **C:\Tasks\Work-2\Data\Export**.

По завершении экспорта трансформированного снимка закройте все растровые слои и удалите опорные точки.

Задание 4. Автоматическая корегистрация снимков SPOT-4

Справка. Корегистрация – это автоматическое совмещение двух или более растров, один из которых выбирается в качестве эталонного. При автоматической корегистрации опорные точки, связывающие эталонный и обрабатываемый растры, определяются методом корреляции растровых изображений. В программе реализован метод иерархической корреляции растровых изображений, позволяющий выполнять поиск опорных точек с субпиксельной точностью для изображений различного пространственного разрешения. Метод корегистрации применяется обычно для разновременных снимков среднего пространственного разрешения. Инструмент корегистрации чаще всего применяется только для расстановки опорных точек (что позволяет получить большое число точек для привязки), а трансформирование производится с применением методов полиномиальной трансформации.

Откройте файл **SPOT-4_20120808.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\exercise4** с автоматическим определением проекции и пространственного разрешения. Отобразите снимок в масштабе рабочего окна программы (**Инструменты – Уместить в окно**) и настройте его отображение в синтезе каналов 4–1–3. Для улучшения контраста отображения в группе **Растяжение гистограмм** нажмите на кнопку **Линейное**.

Откройте файл **IMAGERY.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\exercise4\SPOT-4_20110810**. Выберите команду меню **Окно – Новое окно RGB**, расположите окна вертикально. В новом окне настройте отображение снимка **IMAGERY.tif** в синтезе каналов 4–1–3, для улучшения качества визуализации примените линейное контрастирование.

Это разновременные многозональные снимки одной и той же территории (г. Пермь). Изображение **SPOT-4_20120808.tif** является эталонным (привязанным), изображение **IMAGERY.tif** – привязываемое.

Разверните первое рабочее окно программы на весь экран и через диалог **Настройка отображения** настройте отображение каналов, как показано на рис. 2.12. Такой способ отображения позволит оценить степень пространственного совмещения снимков. Величина смещения объектов на втором снимке относительно первого – порядка 140 м.

Для проведения автоматической корегистрации изображений вызовите диалог **Трансформация – Корегистрация** (рис. 2.13).

В раскрывающемся списке **Референсный растр** укажите канал **1_SPOT-4_20120808_ch1**. В раскрывающемся списке **Корректируемый растр** укажите **IMAGERY_ch1** и проставьте флажок **Связать каналы**. Это позволит трансформировать сразу все каналы мультиспектрального снимка. В группе **Маска** оставьте значение **Нет**.

При выполнении корегистрации необходимо выбрать наиболее контрастный канал, поэтому в качестве референсного и корректируемого растров выбран ближний ИК канал.

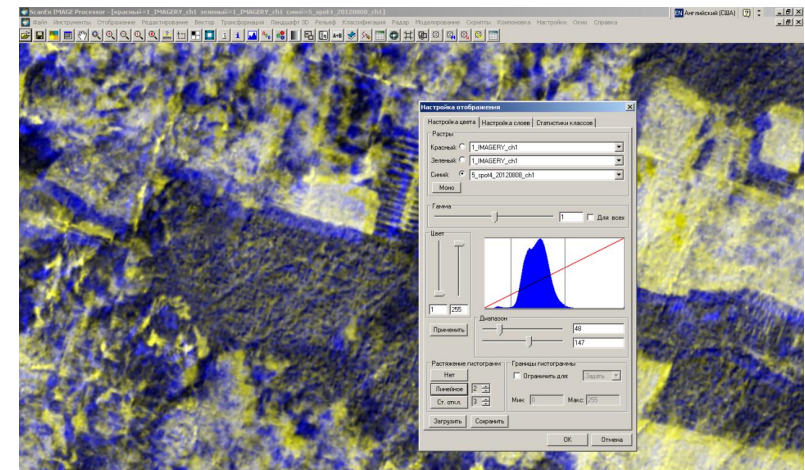


Рис. 2.12. Оценка степени пространственного совмещения снимков

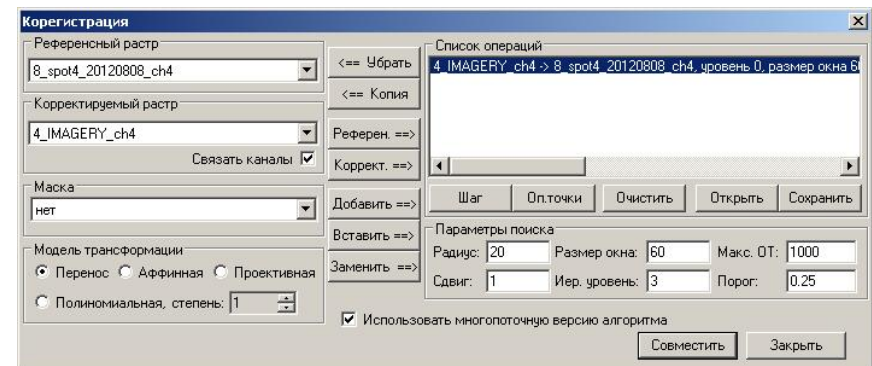


Рис. 2.13. Установка параметров корегистрации изображений

Группа **Параметры поиска** отвечает за параметры автоматического поиска опорных точек, которые задаются в размерности референсного растра (эталонного изображения). Это определяет взаимосвязанный подбор числовых значе-

ний параметров с учетом разницы разрешений привязываемых изображений и их пространственного совмещения. Укажите следующие величины в полях:

- **Радиус поиска** – 20 пикселей;
- **Иер.уровень** (степень двойки, определяющее число масштабных пирамид корреляции при поиске опорных точек) – 3. Это основной параметр, определяющий качество установки опорных точек;
- **Размер окна** (локального окна поиска опорных точек) – 60 пикселей;
- **Сдвиг** (шаг сдвига локального окна при поиске опорных точек) – 1 пиксель;
- **Макс.ОТ** (максимально возможное количество опорных точек, найденных на изображениях) – 1000.

В группе **Модель трансформации** задайте **Перенос** (простой перенос без изменения масштаба пикселей).

В **Списке операций** принимаются к исполнению правила поиска опорных точек и совмещения изображений, сформированные выбранными элементами управления в диалоге **Корегистрация**. Нажмите кнопку **Добавить**, чтобы внести заданные выше параметры в операционный лист в виде строки-выражения (рис. 2.13).

Выделите получившееся в **Списке операций** выражение курсором и нажмите на кнопку **Оп.точки**. В результате отобразятся найденные в автоматическом режиме опорные точки изображений.

Для выполнения коррекции нажмите кнопку **Совместить**. Изображения будут совмещены. Оцените качество совмещения изображений. Отмените результат трансформации с помощью команды меню **Трансформация – Отменить все трансформации**.

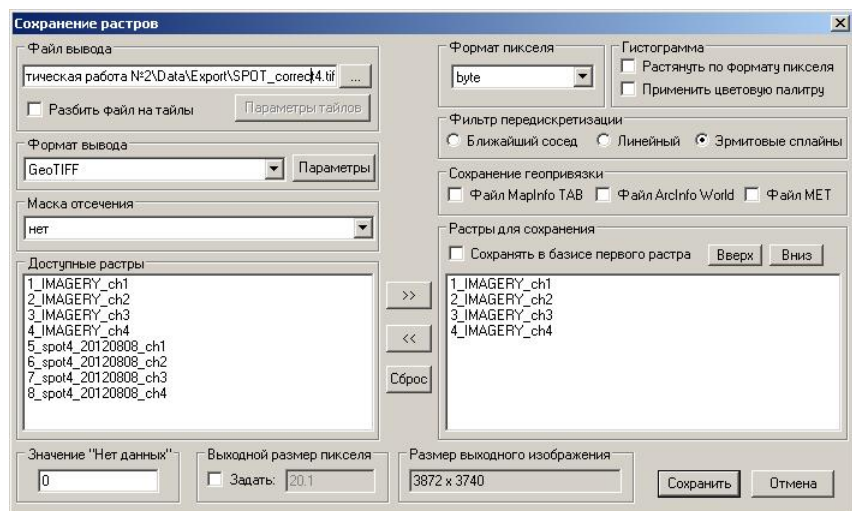


Рис. 2.14. Параметры сохранения результата корегистрации изображения

Полученные инструментом корегистрации опорные точки можно использовать для полиномиальной трансформации. Для выполнения полиномиальной

трансформации вызовите диалог **Трансформация – Глобальная трансформация**. Выполните трансформацию с использованием рациональной полиномиальной функции 1-й степени.

Если получен удовлетворительный результат (большое количество опорных точек, среднеквадратическая ошибка трансформации менее 5 м), сохраните его. Для этого выберите **Файл – Сохранить растры** и установите параметры сохранения, как показано на рис. 2.14.

Назовите экспортируемый файл **SPOT_correct4.tif** и сохраните его в каталоге **C:\Tasks\Work-2\Data\Export**. По окончании экспорта трансформированного снимка закройте Image Processor.

Задание 5. Ортопроецирование снимка без опорных точек с использованием RPC коэффициентов в программе ArcGIS

Справка. Для выполнения ортопроецирования снимков сверхвысокого разрешения с аппаратов WorldView-1/2, GeoEye-1, IKONOS, QuickBird, применяется модель камеры спутника в виде обобщенных аппроксимирующих функций (рациональных полиномов). Это коэффициенты рационального полинома (RPC – Rational Polynomial Coefficients).

Снимки со спутников сверхвысокого разрешения последнего поколения WorldView и GeoEye имеют исключительно высокую точность привязки по орбитальным элементам. Среднеквадратическая ошибка привязки данных уровня Standard Ortho Ready со спутника WorldView-1 без учета искажений, связанных с рельефом, составляет 4 м. Поэтому допустимо ортопроецирование таких снимков и при отсутствии опорных точек, полученных на местности. Инструменты полностью автоматизированного ортопроецирования снимков сверхвысокого разрешения при помощи RPC коэффициентов без опорных точек есть в программах Image Processor, ENVI и ArcGIS.

Запустите программу ArcMap и начните работу с новой пустой карты. Добавьте в проект набор растровых данных **10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002.TIF** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\WorldView-2\052616628010_01\052616628010_01_P002_PSH**. После его добавления начнется расчет пирамидных слоев. Операция может занять несколько минут.

Расчитайте статистику изображения. Для этого откройте **ArcToolBox** и выберите в наборе инструментов **Управление данными** группу **Растр**, подгруппу **Свойства Растра**, инструмент **Вычислить статистику** (подробнее см. задание №10 в практической работе №1). Расчет статистики может занять две–три минуты. По окончании расчета статистики в свойствах слоя перейдите на закладку **Символы**, в группе **Растяжка** установите **Ср.Кв.Отклонение 2** и нажмите кнопку **Применить**. Снимок будет визуализирован в рабочем окне.

Запустите Проводник Windows и перейдите в каталог **C:\Tasks\Work-2\Data\WorldView-2\052616628010_01\052616628010_01_P002_PSH**. Убедитесь в наличии там файла с RPC коэффициентами **10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002.RPB**.

Добавьте в проект набор растровых данных цифровой модели рельефа **srtm_48_01.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-2\Data\srtm_48_01\srtm_48_01**. После расчета пирамид переместите слой ЦМР ниже снимка.

Ортоотраформирование космических снимков в программе ArcGIS выполняется при помощи инструмента **Создать ортоотраформированный набор растровых данных** (набор инструментов **Управление данными**, группа **Растры**, подгруппа **Обработка растра**). Для выполнения ортоотраформирования необходимо наличие ЦМР участка территории и файл с RPC коэффициентами с расширением **.RPB** или **.RPC**.

Запустите инструмент **Создать ортоотраформированный набор растровых данных** (рис. 2.15). В списке **Входной растр** выберите **10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002.TIF**. Назовите выходной файл **Orto.tif**, и поместите его в каталоге **C:\Tasks\Work-2\Data\Export**. В группе **Тип ортоотраформации** выберите **DEM** (т.е с использованием ЦМР, а не по средней высоте территории). В списке **Растр ЦМР** выберите **srtm_48_01.tif**. Коэффициент **Z** оставьте равным 1, а сдвиг по **Z** – 0. Запустите процесс ортоотраформирования нажатием кнопки **ОК**. Процесс может длиться несколько минут.

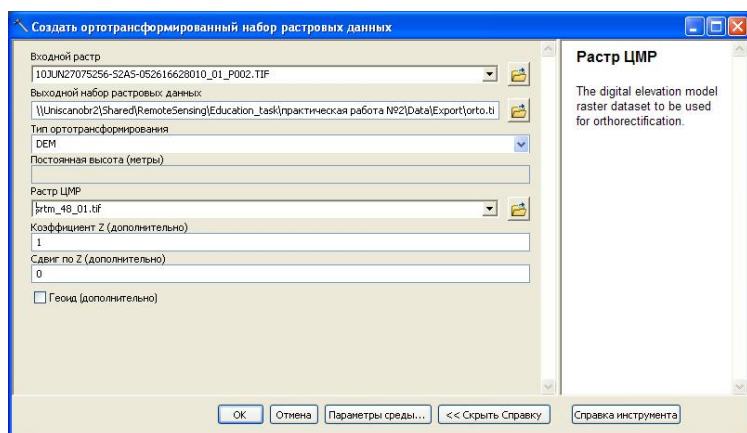


Рис. 2.15. Настройка параметров ортоотраформирования снимка

По окончании процесса ортоотраформирования в главном меню ArcMap выберите **Геообработка – Результаты**. В появившемся окне результатов геообработки раскройте список **Создать ортоотраформированный набор растровых данных** и перетащите выходной набор растровых данных **Orto.tif** в таблицу содержания проекта. Поместите его над другими слоями.

Оставьте активным слой **10JUN27075256-S2AS-052616628010_01_P002.TIF**. Последовательно включая и выключая слой **Orto.tif**, обратите внимание на нелинейные смещения между исходным и ортоотраформированными снимками. Смещения в основном приурочены к склонам. Таким образом, при выполнении операции ортоотраформирования были устранены сложные искажения, связанные с рельефом территории и углом наклона камеры.

Закройте ArcMap, не сохраняя проект.

Практическая работа 3 Методы предварительной обработки и улучшения космических снимков, создание мозаик

Цель работы. Изучение методов и инструментов предварительной обработки космических снимков и их подготовки для визуального дешифрирования.

Задание 1. Улучшение пространственного разрешения (Image Fusion) снимка SPOT-4 в программе Image Processor

Справка. Большинство современных оптических систем дистанционного зондирования ведут съемку в панхроматической зоне с высоким пространственным разрешением и в мультиспектральном режиме (зеленая, красная, ближняя ИК, средняя ИК зоны) с более низким разрешением.

Слияние (фьюжн) изображений – это процедура улучшения пространственного разрешения путем слияния панхроматического изображения (с высоким пространственным разрешением) и многозонального изображения (с низким пространственным разрешением), с целью получения синтезированного цветного изображения высокого разрешения.

Существует ряд общепринятых методов получения таких изображений:

- арифметические методы (преобразование Brovey, слияние умножением);
- методы с использованием главных компонент изображения (PCA);
- методы с использованием прямого и обратного преобразования цветных пространств RGB – HSI;
- методы с использованием прямого и обратного вейвлет-преобразования;
- статистические методы (резкое слияние);
- методы с использованием сегментации.

В программе Image Processor реализованы все описанные выше методы слияния изображений.

Запустите Image Processor. Откройте файл **SPOT-4_10m.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-3\Data\exercise1**. Затем откройте файл **SPOT-4_20m.tif** и загрузите все каналы снимка в программу. Это снимок территории г. Перми с аппарата SPOT-4 – панхроматический (пространственное разрешение 10 м) и мультиспектральный (пространственное разрешение 20 м). Изображения геометрически скорректированы и совмещены.

Перейдите на закладку **Установки проекта** и проверьте значение в окне **Размер пикселя** – он должен равняться 10 м. Если установлено другое значение, снимите флажок в окне **Определять автоматически**, в окне **Размер пикселя** проставьте число 10 и нажмите кнопку **Применить**. Пространственное разрешение проекта будет изменено.

Отобразите снимки в рабочем окне программы. Настройте изображение **SPOT-4_20m.tif** в синтезе каналов 4–1–2 (диалог **Настройка изображения**).

Вызовите диалог **Редактирование – Слияние (Фьюжн) изображений**, из предложенных вариантов выберите **PCA и вейвлет слияние**. В данном

преобразовании используется метод, основанный на методе главных компонент с возможностью применения многоуровневого вейвлет-анализа (MRA).

В открывшемся диалоге в группе **Панхроматический растровый канал** выберите канал 10-метрового разрешения **SPOT-4_10m_ch1**, в группе **Мультиспектральные растровые каналы** выберите все каналы изображения **SPOT-4_20m.tif**. В группе **Маска** оставьте **Нет** и нажмите кнопку **Выполнить**. Начнется расчет предварительной модели улучшения пространственного разрешения. Расчет займет некоторое время. Для растров большого объема расчет предварительной модели может длиться до часа.

По окончании расчета появится новое рабочее окно **Слияние** с панелью инструментов слияния, в котором можно настраивать параметры модели РСА (рис. 3.1). Тем не менее, и при использовании параметров, установленных по умолчанию, можно получить качественный результат. Чтобы отслеживать изменения параметров модели улучшения пространственного разрешения, отобразите в новом окне **Слияние** изображение **SPOT-4_20m.tif** в синтезе каналов 4–1–3. Для этого воспользуйтесь диалогом **Настройка отображения**. После каждого сделанного изменения параметров в окне **Слияние** нажимайте кнопку **Применить** и следите за изменениями на экране.

В группе **РСА Настройки** подберите наиболее подходящие параметры выходной модели операции слияния изображений, изменяя значения в полях **Фильтр** и **Сдвиг** (допустимы значения от 0 до 1). После каждого изменения нажимайте кнопку **Применить**. Отметьте изменения, происходящие с изображением в случае включения опции **Нормализовать** (при включенной опции значение каждого пикселя делится на стандартное отклонение).

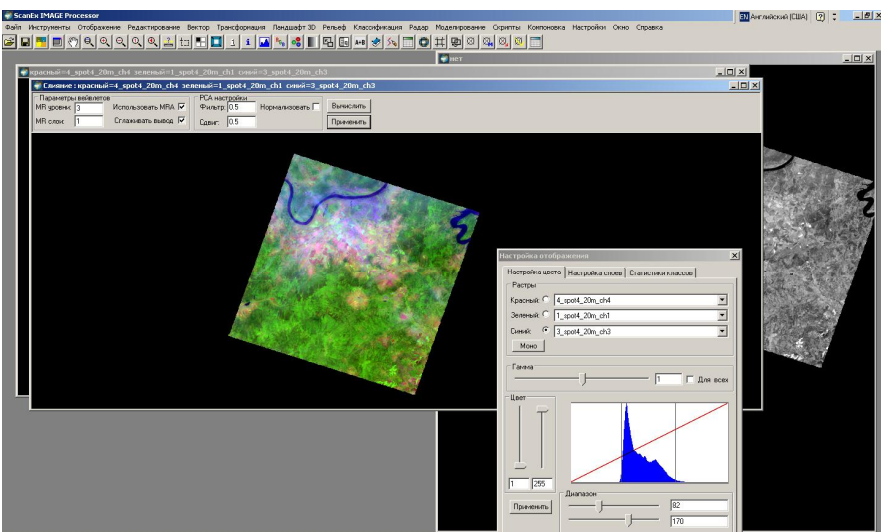


Рис. 3.1. Настройка параметров операции повышения пространственного разрешения

После подбора значений параметров в группе **РСА Настройки**, попробуйте использовать многоуровневые вейвлет-преобразования; это может улуч-

шить цветопередачу изображения на выходе. Для этого включите флаг **Использовать MRA** на панели инструментов **Слияние**. Настройка параметров вейвлет-преобразований выполняется в группе **Параметры вейвлетов**, где:

- **MR уровни** отвечают за число слоев высокочастотных вейвлет-коэффициентов, которые заменяются в главных компонентах изображений с низким пространственным разрешением; диапазон значений параметра варьируется от 1 до 6;
- **MR слои** задаются числом главных компонент изображений низкого пространственного разрешения (число выбранных каналов мультиспектрального изображения), которые подменяются главными компонентами изображения с высоким пространственным разрешением).

После подбора параметров нажмите кнопку **Вычислить**. В появившемся диалоге выберите все каналы, опцию согласования гистограмм оставьте неактивной, и нажмите кнопку **Выполнить**. Расчет займет около двух минут, по окончании его в программу будут загружены новые синтезированные каналы с именами, заканчивающимися на **_fus**.

Запустите диалог **Настройка отображения** и отобразите в рабочем окне программы новые каналы **_fus** в синтезе 4–1–2. Оцените результат слияния. Если полученный результат вас устраивает, переходите к его сохранению.

Сохраните файл **SPOT-4_fusion.tif** в каталоге **C:\Tasks\Work-3\Data\export**. Параметры сохранения оставьте, как на рис. 3.2.

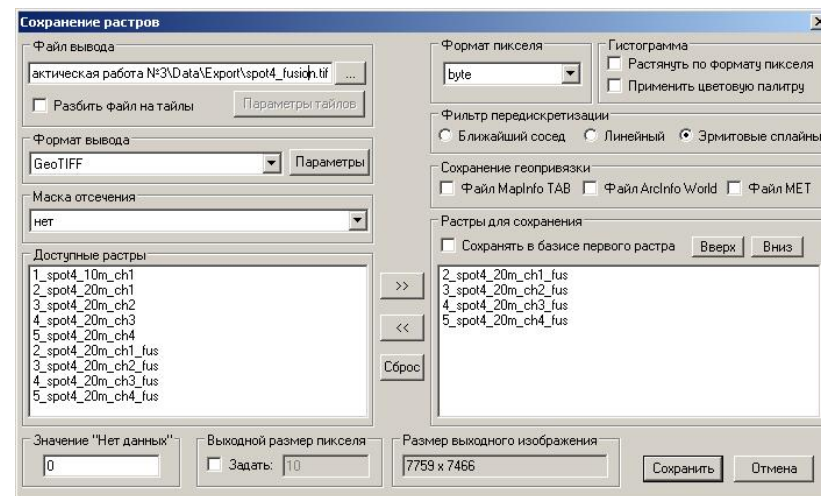


Рис. 3.2. Параметры сохранения результатов операции «Слияние изображений»

По окончании процесса сохранения закройте растровые каналы с окончанием **_fus** (диалог **Файл – Закрывать растры**), а исходные растры оставьте открытыми.

Теперь выполните операцию улучшения пространственного разрешения, используя метод **Резкое слияние**. При использовании этого алгоритма обеспе-

чивается уменьшение цветовых искажений выходных каналов и получение приемлемого результата для всех типов данных.

Для выполнения операции в главном меню выберите **Редактирование – Слияние (фьюжн) изображений – Резкое слияние**. Появится диалог **Резкое слияние (фьюжн)** (рис. 3.3). В Списке **Панхроматический растровый канал** выберите канал высокого разрешения, в списке **Мультиспектральные растровые каналы** выберите все остальные растры. Остальные параметры оставьте заданными по умолчанию, нажмите **Выполнить** и дождитесь окончания выполнения расчета.

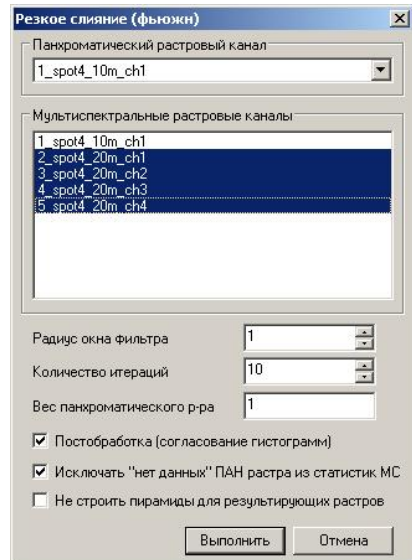


Рис. 3.3. Диалог «Резкое слияние»

Используя диалог **Настройка отображения**, отобразите в рабочем окне программы новые каналы **_fus** в синтезе 4–1–2. Оцените результат слияния. Если полученный результат вас устраивает, переходите к его сохранению.

Сохраните полученный растр с названием **SPOT-4_fus2.tif** в каталоге **C:\Tasks\Work-3\Data\export**. Параметры сохранения оставьте как на рис. 3.2. По окончании выполнения задания закройте все загруженные в программу растры.

Задание 2. Тональная балансировка и создание мозаики из снимков одного пролета

Справка. Мозаика – это единое растровое покрытие, полученное путем сшивки двух или более перекрывающихся изображений.

Для создания единого растрового покрытия требуется выполнить следующие предварительные действия:

- изображения, участвующие в создании мозаики, должны быть предварительно геометрически совмещены;
- провести тональную балансировку изображений для получения «бесшовного» покрытия.

При выполнении данного задания вы используете уже геометрически совмещенные снимки.

Откройте файл **SPOT-4_fusion2.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-3\Data\exercise2** с автоматическим определением проекции и пространственного разрешения. Загрузите в программу все каналы снимка и визуализируйте его в синтезе каналов 4–1–2, воспользовавшись диалогом **Настройка отображения**.

Снова вызовите меню **Файл – Открыть растры** и откройте изображение **SPOT-4_fusion.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-3\Data\Export** (оно было сохранено вами по результатам выполнения предыдущего задания). Загрузите в программу все каналы снимка.

Оба изображения (**SPOT-4_fusion2.tif** и **SPOT-4_fusion.tif**) прошли геометрическую коррекцию (совмещение) и улучшение пространственного разрешения (Fusion).

В программе Image Processor существует возможность отображения в рабочем окне нескольких растровых слоев. Для этого нужно в диалоге **Настройка отображения** перейти на закладку **Настройка слоев**. На данной закладке осуществляется управление растровыми слоями (включение–выключение, добавление, удаление), а настройка отображения каждого конкретного слоя осуществляется на вкладке **Настройка отображения**, причем этот слой должен быть предварительно выделен в списке **Управление слоями**.

Перейдите в диалог **Настройка слоев** и в группе **Новый слой** проставьте каналы снимка **SPOT-4_fusion.tif** следующим образом:

- Красный – SPOT-4_fusion_ch4;
- Зеленый – SPOT-4_fusion_ch1;
- Синий – SPOT-4_fusion_ch3.

Добавление нового растрового слоя осуществляется нажатием кнопки **Добавить** в группе **Новый слой**. В результате в рабочем окне программы отобразятся два растровых слоя (рис. 3.4).

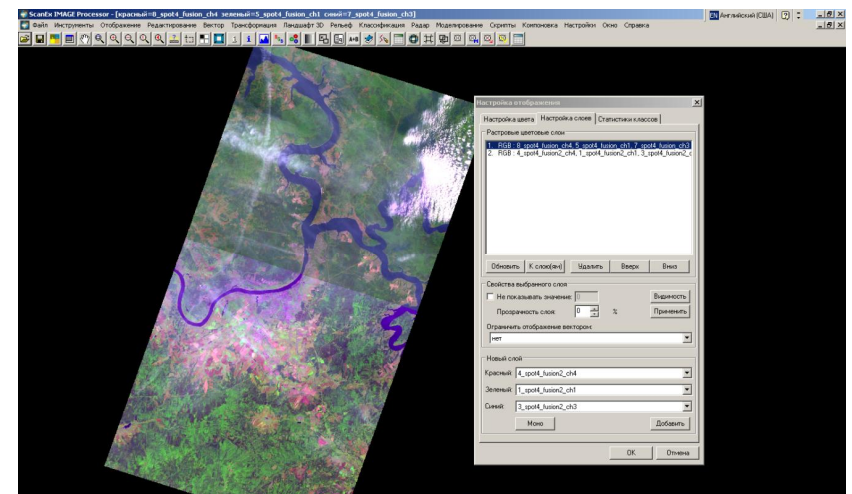


Рис. 3.4. Настройка растровых слоев

Управление растровыми слоями осуществляется с помощью кнопок на панели инструментов **Настройка слоев**, причем слой предварительно должен быть выделен в списке **Растровые цветовые слои**.

С помощью кнопки **Видимость** отключите один из растровых слоев. Повторное нажатие кнопки приведет к его включению. Переместите слои друг относительно друга кнопками **Вверх**, **Вниз**. Настройте гистограмму отображения для обоих растровых слоев, для этого выделите в списке верхний слой, перейдите на закладку **Настройка отображения** и нажмите на кнопку **Линейное** в группе **Растяжение гистограмм**. Затем настройте линейное контрастирование для второго слоя.

Оцените степень геометрического совмещения изображений на их стыке. При условии неудовлетворительного совмещения снимков проводится геометрическая коррекция. В данном случае снимки совмещены корректно.

Для создания мозаики необходима предварительная тональная балансировка изображений. Для этого вызовите диалог **Редактирование – Спектральные инструменты – Коррекция цветового баланса**. Откроется диалоговое окно **Коррекция цветового баланса** (рис. 3.5).

В группе **Корректируемый растр** выберите каналы **SPOT-4-fusion**, в группе **Референсный растр** – каналы **SPOT-4 fusion2**. В группе **RGB слот** переключитесь между красным, зеленым и синим слотами и следите, чтобы корректируемый и референсный растры во всех трех слотах были указаны одинаково.

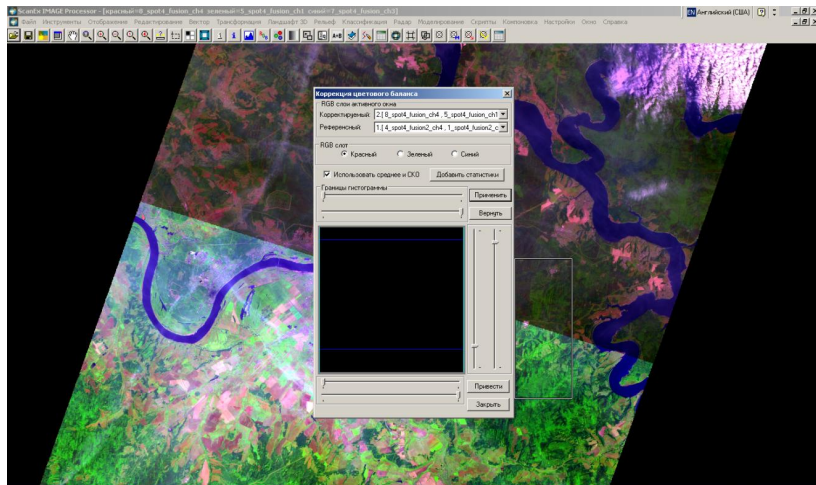


Рис. 3.5. Параметры автоматической тональной балансировки изображений

Для выполнения тонального выравнивания двух снимков выберите пункт меню **Инструменты – Выбор региона**. Обозначьте на изображении регион, включающий пересечение двух снимков (тестовый участок). После этого в диалог **Коррекция цветового баланса** включите опцию **Использовать среднее и СКО** и нажмите кнопку **Добавить статистики**. По окончании расчета произойдет автоматическое тональное выравнивание изображений. Параметры

тональной балансировки и ее ожидаемый результат представлены на рис. 3.5 и 3.6. В окне диалога **Коррекция цветового баланса** отобразятся двумерные гистограммы корреляции каналов референсного и корректируемого растров.

Чтобы улучшить качество балансировки, в группе **Границы гистограммы** с помощью движков задайте корректируемый яркостной диапазон, а затем движками, расположенными снизу и справа окошка визуализации диалога **Коррекция цветового баланса** установите красную линию параллельно осевой линии гистограммы корреляции (как на рис. 3.6) для каждого слота в группе **RGB слот**.

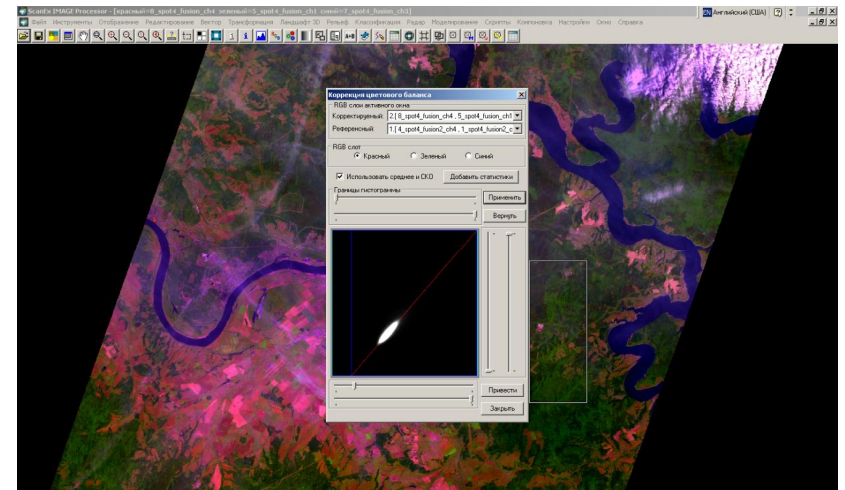


Рис. 3.6. Результат тонального выравнивания изображений

Иногда результаты автоматической тональной балансировки бывают неудовлетворительными. Приходится применять трудоемкую ручную тональную балансировку снимков через меню **Настройка отображения**. Если результат тональной балансировки неудовлетворительный, отмените ее нажатием кнопки **Вернуть** или же перейдите на вкладку **Настройка отображения** и установите прежние настройки отображения растров. Если результат приемлем, можно переходить к сохранению мозаики. Для этого выберите пункт меню **Файл – Сохранить мозаику**. Откроется панель инструментов сохранения мозаики.

Настройте параметры сохранения мозаики, как указано на рис. 3.7. Назовите файл **SPOT-4_mosaic.tif** и сохраните его в каталоге **C:\Tasks\Work-3\Data\Export**. Формат пикселя оставьте **Byte**, фильтр передискретизации – **Эрмитовы сплайны**, **Маска отсечения** – **нет**, **Значение «Нет данных»** – **0**, **Размер пикселя** – **10 м**. В списке **Растровые слои** оставьте значения по умолчанию, в группе **Цветовой баланс** примените балансировку по первому слою, включив флаг в окне **Сбалансировать по опорному слою**. Нажмите кнопку **Сохранить** на панели инструментов сохранения мозаики. Начнется экспорт трехканальной мозаики снимков.

По завершении экспорта выберите пункт меню **Файл – Открыть растры**, откройте экспортированный файл **SPOT-4_mosaic.tif** из каталога

C:\Tasks\Work-3\Data\Export. Отобразите растр мозаики в синтезе каналов 1–2–3 (можно добавить его над другими растровыми слоями, воспользовавшись диалогом **Настройка слоев**). Визуально оцените полученный результат. Настройте гистограмму отображения мозаики.

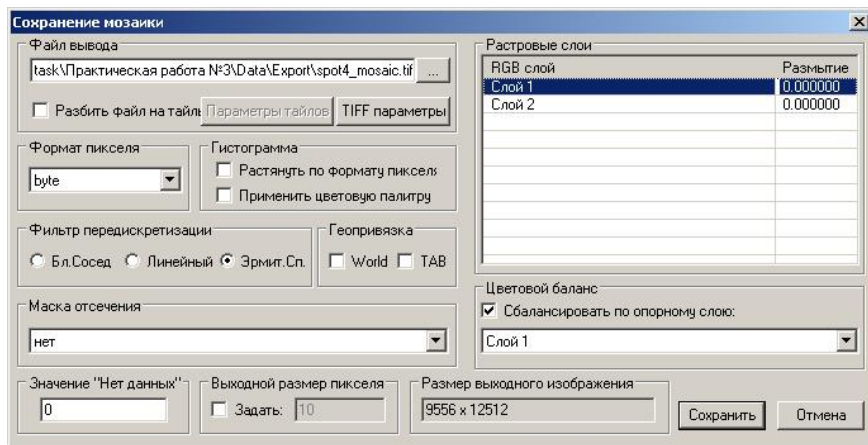


Рис. 3.7. Параметры сохранения мозаики

Через диалог **Файл – Закрывать растры** закройте растровые каналы мозаики; каналы исходных снимков **SPOT-4_fusion2.tif** и **SPOT-4_fusion.tif** оставьте открытыми.

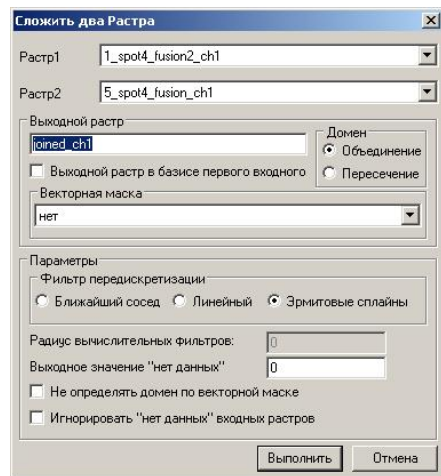


Рис. 3.8. Поканальная сшивка растров

В программе Image Processor существует и другой способ создания мозаики тонально сбалансированных изображений – **поканальная сшивка растров**. С помощью поканальной сшивки можно собрать в мозаику

Для выполнения поканальной сшивки используется макрос растрового калькулятора Image Processor. Выберите пункт меню **Редактирование – Макросы – Разное – Сложить два растра**. В открывшемся диалоге выберите в списке **Растр 1** канал **SPOT-4_fusion2_ch1**, в списке **Растр 2** – **SPOT-4_fusion_ch1** и назовите новый выходной канал **joined_ch1**. Остальные параметры оставьте по умолчанию как на рис. 3.8 и нажмите кнопку **Выполнить**.

произвольное число растровых каналов (больше трех), но эта операция является весьма длительной и ресурсоемкой.

По окончании расчета в списке каналов в меню **Настройка отображения** появится новый канал – результат сшивки **joined_ch1**.

Аналогичным образом проведите сшивку остальных каналов (попарно – **SPOT-4_fusion2_ch2** со **SPOT-4_fusion_ch2**, **SPOT-4_fusion2_ch3** со **SPOT-4_fusion_ch3**, **SPOT-4_fusion2_ch4** со **SPOT-4_fusion4_ch4**).

По окончании операций сшивки всех четырех растровых каналов откройте диалог **Настройка отображения**, перейдите на закладку **Настройка слоев**, и добавьте растровый слой в следующем синтезе каналов:

- Красный – **joined_ch4**;
- Зеленый – **joined_ch1**;
- Синий – **joined_ch2**.

Оцените получившийся результат сшивки и сохраните новые растровые каналы. Для этого вызовите диалог **Файл – Сохранить растры** и сохраните файл **spot_mosaic2.tif** в каталоге C:\Tasks\Work-3\Data\Export. Запишите в файл все 4 канала **joined**, порядок их расположения должен соответствовать нумерации каналов. Остальные параметры сохранения оставьте по умолчанию, размер пикселя – 10 м. Процесс сохранения растровых каналов мозаики займет длительное время (около 5 минут). По окончании процесса сохранения закройте все растровые каналы.

Задание 3. Создание зеленого и синего каналов для снимка SPOT-4

Откройте файл изображения **IMAGERY.tif** из каталога C:\Tasks\Work-3\Data\Exercise4\SPOT-4\20m с автоматическим определением проекции и пространственного разрешения, загрузите в программу все каналы снимка. Визуализируйте снимок в синтезе каналов 4–1–2 (диалог **Настройка отображения**).

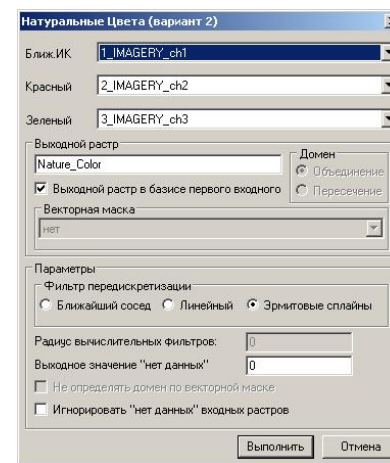


Рис. 3.9. Диалог синтеза натуральных цветов

В группе **Ближ. ИК** данного диалога выберите канал **Imagery_ch1**, в группе **Красный** – **Imagery_ch2**, в группе **Зеленый** – **Imagery_ch3**. Остальные параметры оставьте заданными по умолчанию. Запустите процесс расчета нажатием кнопки **Выполнить**.

По окончании расчета будут созданы новые каналы **nc2_green** и **nc2_blue**.

Зайдите в диалог **Настройка отображения** и отобразите каналы снимка в следующем синтезе:

- Красный – **Imagery_ch2**;
- Зеленый – **nc2_green**;
- Синий – **nc2_blue**.

В программе Image Processor существует возможность синтеза зеленого и синего каналов при наличии красного и ближнего ИК каналов. Синтезированные каналы можно использовать для последующей визуализации снимка в естественных цветах.

Зайдите в меню **Редактирование – Спектральные преобразования – Натуральные цвета (вариант 2)**. Откроется диалоговое окно инструмента синтеза натуральных цветов (рис. 3.9). Снимок будет визуализирован в натуральных цветах. Настройте его гистограмму (наиболее предпочтительно линейное контрастирование). В синтезе натуральных цветов существенно возрастает влияние атмосферных эффектов (дымки).

Закройте исходные каналы снимка **Imagery_ch1**, **Imagery_ch3**, **Imagery_ch4** с помощью диалога **Файл – Закрывать растры**. Оставьте открытыми только каналы, используемые в синтезе натуральных цветов.

Откройте и загрузите в программу файл **IMAGERY.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-3\Data\Exercise4\SPOT-4\10m**. По окончании процесса загрузки растра перейдите на вкладку **Установки проекта** диалога **Открыть растр** и задайте пространственное разрешение проекта равным 10 м. Для подтверждения нажмите кнопку **Применить**. Пространственное разрешение проекта будет изменено. Чтобы после этого отобразить снимки в рабочем окне программы, выберите команду **Инструменты – Уместить в окно**.

Проведите операцию улучшения пространственного разрешения синтезированного изображения с использованием метода **Резкое слияние**. Для этого выберите в главном меню **Редактирование – Слияние (Фьюжн) изображений** и из предложенных вариантов выберите **Резкое слияние** (подробное описание операции улучшения пространственного разрешения по алгоритму **Резкое слияние** см. в задании №1).

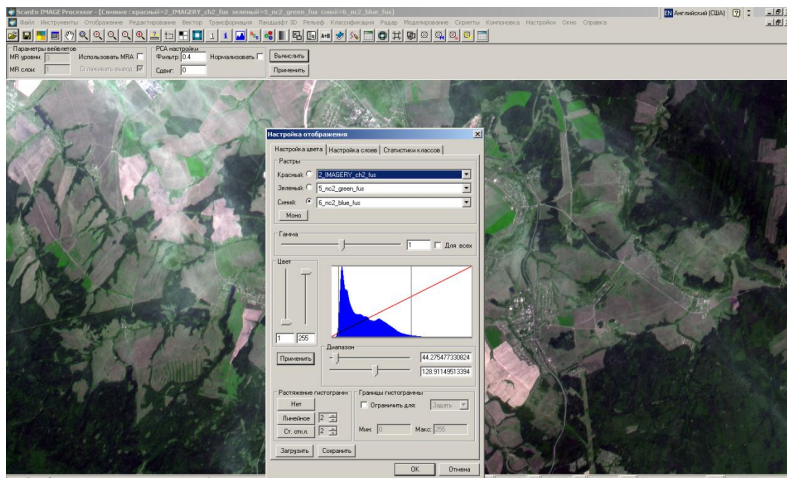


Рис.3.10. Результат улучшения пространственного разрешения для снимка с натуральной цветопередачей

По окончании расчета визуализируйте синтезированные каналы (**_fus**) в естественных цветах и настройте гистограмму как на рис. 3.10.

Сохраните полученный результат. Параметры сохранения настройте как на рис. 3.11. Назовите файл **SPOT-4_naturalcolor.tif** и сохраните его в каталоге **C:\Tasks\Work-3\Data\Export**. По окончании процесса сохранения закройте все каналы изображения.

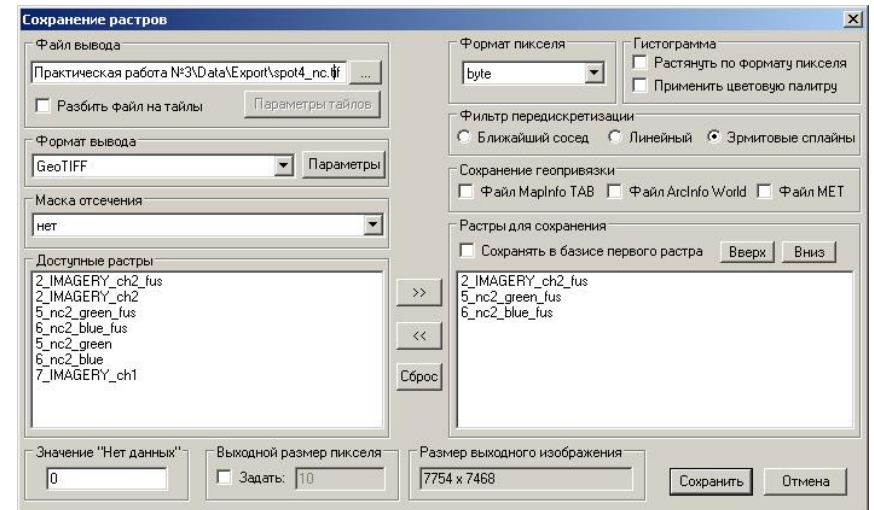


Рис. 3.11. Параметры сохранения снимка SPOT-4 в натуральных цветах

Задание 4. Создание мозаики из разных пролетов спутника SPOT-4

Откройте изображение **SPOT-4_mosaic.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-3\Data\Export**, сохраненное вами по результатам выполнения задания №2. Отобразите его в рабочем окне программы в синтезе каналов 4–1–2, примените линейное контрастирование.

Откройте изображение **SPOT-4_20120803.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-3\Data\exercise4**. Оба изображения геометрически скорректированы и прошли процедуру улучшения пространственного разрешения.

В диалоге **Настройка отображения** перейдите на закладку **Настройка слоев**. В группе **Новый слой** в красном слоте выберите канал **SPOT-4_20120803_ch4**, в зеленом слоте канал **SPOT-4_20120803_ch1**, в синем слоте – канал **SPOT-4_20120803_ch2** и нажмите кнопку **Добавить**. Будет добавлен новый растровый слой, который отобразится в рабочем окне программы и в списке растровых слоев диалога **Настройка слоев**. Настройте отображение нового растрового слоя методом линейного контрастирования.

Подробнее инструменты работы с растровыми слоями описаны выше.

Для создания мозаики из разновременных снимков (2011 и 2012 гг.) необходимо выполнить тональную балансировку. Вызовите диалог **Редактирование – Спектральные инструменты – Коррекция цветового баланса**.

В списке **Корректируемый растр** укажите **SPOT-4_20120803**, в списке **Референсный растр** – **SPOT-4_mosaic**. Таким образом будет проведена коррекция цветового баланса нового растра к опорному (ранее созданной мозаике).

С помощью команды **Инструменты – Выбор региона** выберите область на пересечении изображений и в диалоговом окне **Коррекция цветового баланса** нажмите **Добавить статистики**. Будет выполнена автоматическая тональная балансировка изображений. Более подробно инструментарий тональной балансировки описан выше.

Если качество балансировки вас устраивает, переходите к сохранению мозаики. Если качество балансировки неудовлетворительное, измените размер выбранного региона и снова выполните коррекцию, до получения приемлемого результата. В группе **Настройка слоев** в списке цветовых слоев поменяйте местами верхний и нижний слой и снова выполните балансировку. Выберите более качественный вариант.

Как правило, хорошее качество тональной балансировки удастся получить при работе со снимками одного сезона, например с временным интервалом в один год. Часто бывает необходимо предварительное выполнение операции удаления дымки с одного из снимков.

Переходите к сохранению мозаики. Для этого выберите пункт меню **Файл – Сохранить Мозаику** и настройте параметры сохранения, как на рис. 3.12. Сохраните файл **mosaic_general.tif** в каталоге **C:\Tasks\Work-3\Data\Export**. В группе **Растровые слои** настройте размытие 20% для вышележащего растра. Это позволит повысить качество тональной балансировки снимков.

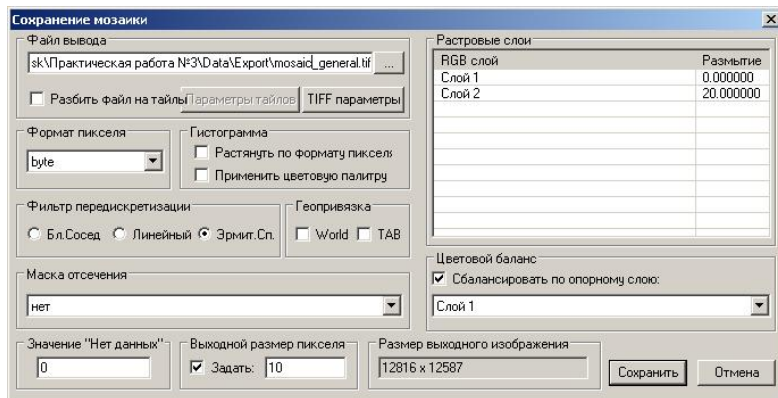


Рис. 3.12. Параметры сохранения мозаики

По окончании выполнения задания закройте все изображения.

Задание 5. Изучение инструментов пространственной фильтрации

Откройте экспортированное вами изображение **SPOT-4_nc.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-3\Data\Export** с автоматическим определением проекции и пространственного разрешения. Отобразите его в рабочем окне программы, в синтезе каналов 1–2–3 (естественные цвета) и настройте гистограмму методом линейного контрастирования.

Справка. Фильтрация изображений – это преобразование, при котором избыточная для решения определенной задачи информация отсеивается, а необходимая приводится к виду, упрощающему ее использование. Фильтрация применяется для улучшения дешифровочных свойств снимков, для подготовки снимков к визуальному дешифрированию, а также для постобработки результатов классификации (генерализация, удаление мелких контуров). С помощью фильтров осуществляются такие операции, как подчеркивание или сглаживание контуров, выделение границ, выделение линейных объектов, подавление шумов, генерализация. Базовым методом фильтрации изображений является изменение яркости в скользящем окне (размер окна 3X3, 5X5 пикселей).

В программе *Image Processor* реализовано более 20 различных способов фильтрации изображений. Они объединены в группы сглаживающих, подчеркивающих фильтров, фильтров выделения границ, подавления шумов.

В главном меню программы выберите **Редактирование – Фильтры – Подчеркивание – Подчеркивающий фильтр (сильно)**. Откроется диалоговое окно (рис. 3.13.)

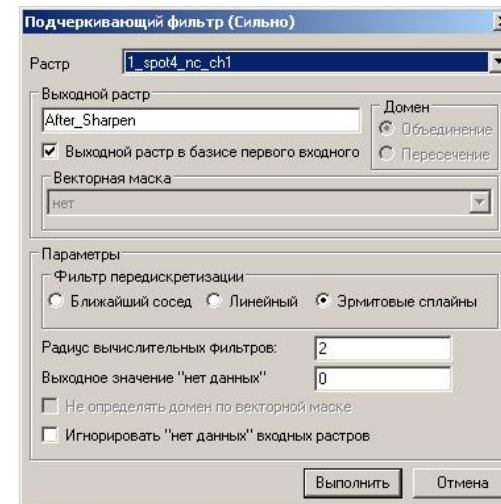


Рис. 3.13. Диалоговое окно режкого подчеркивающего фильтра

В группе **Растр** выберите первый канал снимка **SPOT-4_nc_ch1**, в группе **Выходной растр** напишите **Red**. Остальные параметры оставьте по умолчанию. Обратите внимание на параметр **Радиус вычислительных фильтров**, который регулирует размер используемого скользящего окна. Запустите процесс фильтрации нажатием кнопки **Выполнить**.

Примените этот же фильтр для зеленого и синего каналов снимка, назовите выходные каналы соответственно **Green** и **Blue**.

Добавьте новое окно RGB (Меню **Окно** – **Новое окно RGB**). Расположите окна вертикально. Отобразите в новом окне новые растровые каналы в синтезе естественных цветов с помощью диалога **Настройка отображения**. Примените в обоих окнах линейное контрастирование. Оцените получившийся результат фильтрации (рис. 3.14). Какие объекты выделены в результате фильтрации?

Через меню **Файл** – **Закрыть растры** закройте каналы, прошедшие фильтрацию (**Red, Green** и **Blue**), исходные каналы оставьте открытыми.

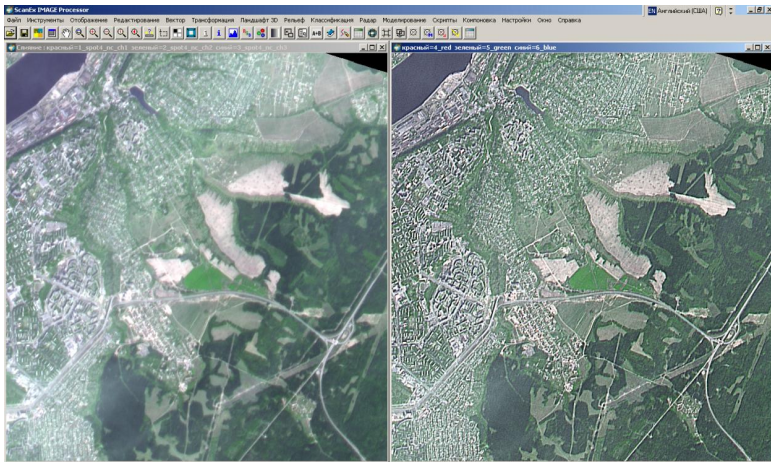


Рис. 3.14. Результат подчеркивающей фильтрации в сравнении с исходным снимком

Противоположный эффект дают сглаживающие фильтры. В главном меню программы выберите **Редактирование** – **Фильтры** – **Сглаживание** – **Размытие**. Диалоговое окно данного инструмента аналогично диалогу фильтра подчеркивания. По аналогии с предыдущим заданием выполните поочередную фильтрацию трех каналов исходного снимка с помощью фильтра **Размытие**. Выходные каналы назовите соответственно **Red, Green** и **Blue**. Визуализируйте полученный результат в рабочем окне программы и сопоставьте с исходным снимком. Какие различия вы наблюдаете? Чтобы лучше увидеть изменения, связанные с фильтрацией снимка, примените в обоих рабочих окнах одинаковый метод контрастирования – линейное.

Справка. Методы сглаживающей фильтрации применяются, например, для снимков сверхвысокого разрешения при необходимости размытия теней от деревьев, осреднения яркости по лесным породам и т.п.

Через меню **Файл** – **Закрыть растры** снова закройте каналы, прошедшие фильтрацию (**Red, Green** и **Blue**), исходные каналы снимка не закрывайте.

Примените фильтр из группы **Выделение границ** (**Edge Detection**). Для этого выберите пункт меню **Редактирование** – **Фильтры** – **Выделение краев** – **Фильтр Собеля** и по аналогии с предыдущим заданием выполните фильтрацию для всех трех каналов снимка. Выходные каналы назовите соответственно

Red, Green и **Blue**. Визуализируйте полученный результат в рабочем окне программы и сопоставьте с исходным снимком.

Фильтрация выделения границ полностью искажает исходное спектральное пространство снимка (рис. 3.16).

Примените фильтр **Тиснение** (**Emboss filter**), позволяющий выделить элементы изображения по текстурным характеристикам. Выберите пункт меню **Редактирование** – **Фильтры** – **Тиснение** и выполните фильтрацию для первого канала. Результатом фильтрации является «рельефное» изображение.

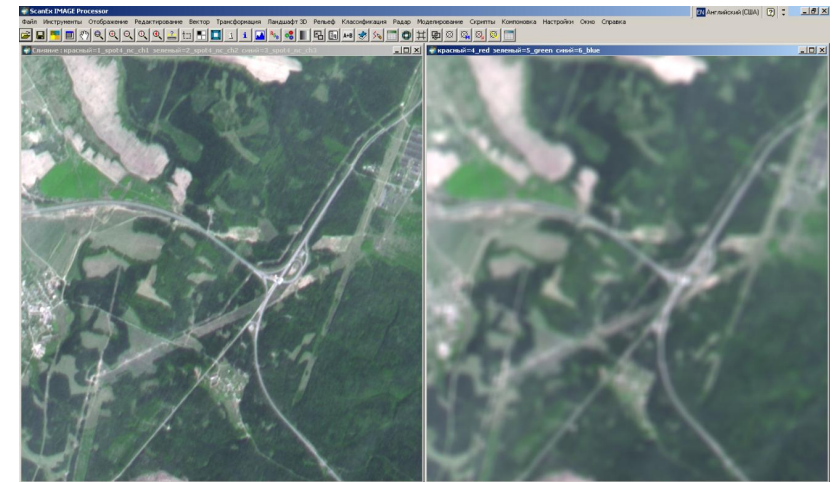


Рис. 3.15. Результат фильтрации размытия в сравнении с исходным снимком

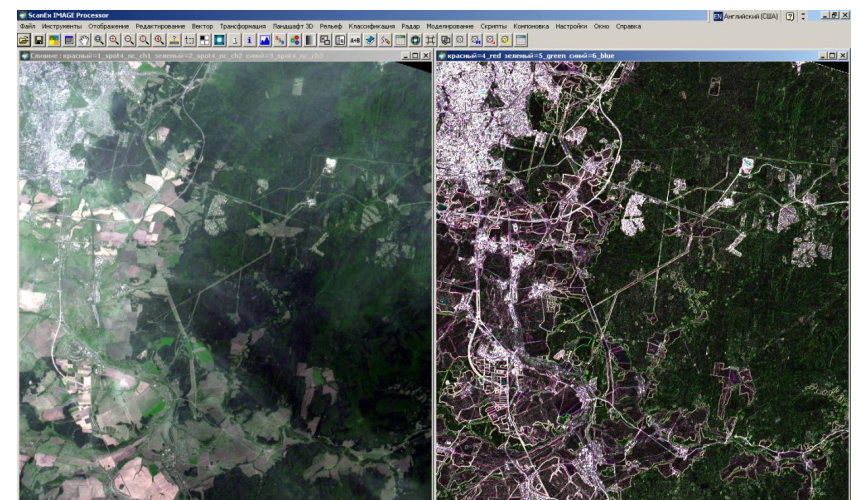


Рис. 3.16. Результат фильтрации выделения границ в сравнении с исходным снимком

По окончании выполнения задания закройте все растровые каналы.

Задание 6. Операция удаления дымки

Справка. Операцию удаления дымки проводят чаще всего для данных высокого и сверхвысокого разрешения, например, при подготовке снимков для создания мозаик. Данная операция позволяет улучшить качество изображения для визуального дешифрирования, но при этом исходные спектральные характеристики сильно искажаются, в результате применение к такому снимку методов автоматизированного дешифрирования может привести к некорректным результатам.

Алгоритм компенсации атмосферной дымки основан на факте различия степени взаимной корреляции между спектральными каналами видимого диапазона при различных атмосферных условиях. При отсутствии дымки взаимная корреляция каналов видимого диапазона довольно высока практически по всей площади снимка во всем диапазоне яркостей, но в случае присутствия на сцене атмосферной дымки взаимная корреляция снижается в местах проявления дымки. Данный факт позволяет построить маску распределения дымки, используемую для коррекции всей сцены.

Запустите Image Processor. Откройте файл **L5169018_01820100810_B10.TIF** из каталога **C:\Tasks\Work-3\Data\Exercise6**. Загрузите в программу все каналы из раскрывающегося списка **VNIR/SWIR**. Визуализируйте снимок в рабочем окне программы в синтезе каналов 4–3–2 («красные цвета», растительность отображается красным цветом). Настройте гистограмму отображения методом линейного контрастирования. Хорошо видно, что северная часть территории затянута дымом лесных пожаров. В данном синтезе каналов дымка визуализируется голубым цветом. Измените синтез каналов на 3–2–1 («естественные цвета»). Влияние дымки заметно возросло. Визуализация в естественных цветах позволит выделить на снимке участок, свободный от дыма.

В главном меню выберите **Инструменты – Выбор региона**. Выберите на снимке участок, свободный от дыма, например, в его западной части

Удаление дымки с космического снимка возможно при наличии синего и красного каналов. Для запуска операции удаления дымки в главном меню выберите **Редактирование – Удаление дымки**. Откроется диалоговое окно, в нем в группе **Корректируемые растры** выберите синий и красный каналы (**B10** и **B30**), а в группе **Маска – Выбранный регион**. Оставьте неактивной опцию **Создать только HOT растр** и нажмите кнопку **Выполнить**, начнется расчет маски дымки (**HOT растр**).

По окончании расчета появится новое окно **Определение параметров радиометрической коррекции** и диалог **Устранение дымки**. Убедитесь, что в новом окне **Определение параметров радиометрической коррекции** отображается синий канал (**B10**) в режиме **Моно** (рис. 3.17).

В диалоге **Устранение дымки** зеленая линия на двумерной гистограмме соответствует яркостному диапазону дымки. С помощью движков группы **Диапазон** в окне **Устранение дымки** ограничьте этот диапазон. Следите за изменениями отображения канала в окне **Определение параметров**

радиометрической коррекции и выполняйте настройку так, чтобы устранить дымку, но избежать полного затемнения изображения (рис. 3.18).

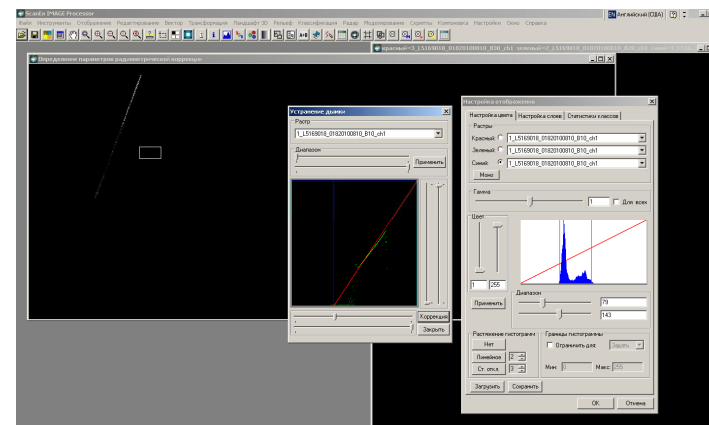


Рис. 3.17. Окно определения параметров радиометрической коррекции и диалог устранения дымки

Движками справа и внизу подберите степень коррекции яркости текущего канала, задав наклон красной диагональной линии. Коррекция яркости также должна способствовать полному удалению дымки, но необходимо избежать затемнения снимка. Подтвердите выбранную модель удаления дымки в первом канале нажатием на кнопку **Коррекция**. В результате вычисления появится новый канал с названием обработанного канала и окончанием **_unhazed**. Отобразите этот канал в рабочем окне программы так, чтобы видеть результаты коррекции путем сопоставления исходных и скорректированных яркостей.

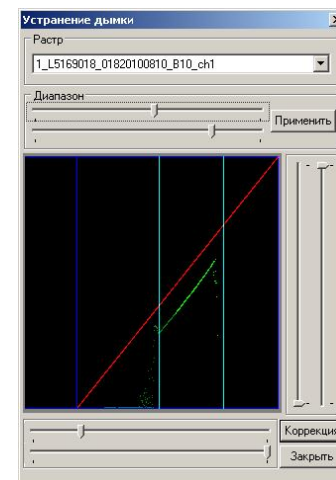


Рис. 3.18. Установка параметров коррекции для удаления дымки, канал B10

Выполните коррекцию для первых трех каналов снимка, после чего закройте диалог **Устранение дымки** и окно установки параметров радиометрической коррекции. Для инфракрасных каналов коррекция не нужна, так как влияние дымки в этих зонах спектра минимально. По окончании расчета для каналов видимого диапазона снимка визуализируйте результат в синтезе каналов 3–2–1. Оцените результат коррекции (пример приведен на рис. 3.19).

Далее проведите операцию исключения дымки с каналами B20 и B30, выбирая их последовательно в списке **Растр**. Предварительно необходимо отобразить корректируемый канал в окне подбора параметров радиометрической коррекции в режиме **Моно**, используя инструменты настройки отображения. Сначала выполняется определение параметров коррекции, построение двумерной гистограммы, затем с помощью движков настраиваются параметры модели коррекции. Нажатием на кнопку **Коррекция** запускается расчет нового скорректированного растра «unhazed».

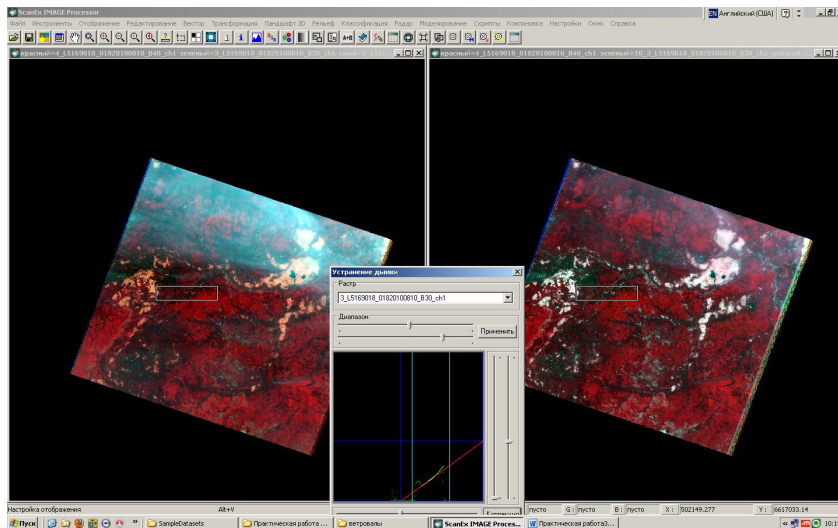


Рис. 3.19. Исходное и скорректированное изображения в синтезе каналов 4–3–2 («красные цвета»)

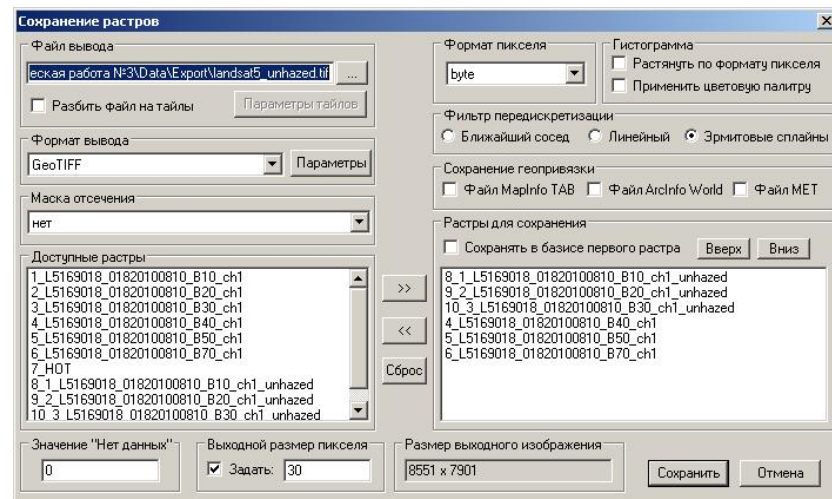


Рис. 3.20. Параметры сохранения результатов коррекции «Удаление дымки»

Сохраните результаты коррекции, заменив в новом файле соответствующие каналы. Сохраните файл **landsat5_unhazed.tif** в каталоге **C:\Tasks\Work-3\Data\Export**. Параметры сохранения настройте, как на рис. 3.20.

Задание 7. Улучшение пространственного разрешения (Image Fusion) снимка QuickBird в программе ArcGIS

Справка. В программном пакете ArcGIS существует инструмент, позволяющий быстро и с достаточной эффективностью выполнить операцию улучшения пространственного разрешения космического снимка. Предусмотрено четыре способа выполнения данной операции:

- *IHS* (метод основан на преобразовании цветового пространства RGB в пространство IHS);
- *Brovey Transform* (спектральное преобразование Brovey);
- *ESRI* (метод основан на спектральном преобразовании);
- *Simple Mean* (среднеарифметическое слияние).

Как правило, методы *ESRI* и *Simple Mean* позволяют получить наиболее качественный результат, с небольшими искажениями исходных спектральных характеристик объектов.

Запустите приложение ArcMap и начните работу с новой пустой карты. Добавьте в проект наборы растровых данных **10JUN27075341-M2AS_R3C1-052390756010_01_P001.TIF** (мультиспектральный снимок с пространственным разрешением 2 м со спутника QuickBird) и **10JUN27075341-P2AS_R3C1-052390756010_01_P001.TIF** (панхроматический канал пространственного разрешения 0,5 м со спутника QuickBird) из каталога **C:\Tasks\Work-3\Data\QuickBird**. Пирамидные слои и статистика этих наборов растровых данных уже рассчитаны.

Визуализируйте мультиспектральный снимок QuickBird в синтезе каналов 3–2–1 (естественные цвета) и настройте его гистограмму методом **Стандартное отклонение** со значением параметра **3**. Для этого воспользуйтесь инструментами на вкладке **Символы** в свойствах слоя (более подробно см. практическую работу №1).

Оцените степень пространственного совмещения панхроматического и многозонального снимков. Для выполнения операции улучшения пространственного разрешения снимки должны быть попиксельно совмещены.

На вкладке **Символы** в свойствах мультиспектрального снимка сместитесь вниз и проставьте флаг у опции **Слияние**. Откроется меню выбора способов слияния и коэффициентов. В раскрывающемся списке **Панхроматическое изображение** выберите панхроматический растр высокого разрешения. Оцените степень искажения исходного снимка, выбирая поочередно способы слияния **IHS**, **BROVEY**, **ESRI** и **SIMPLE MEAN**, оставляя коэффициенты заданными по умолчанию. Выберите наиболее подходящий способ, и отключите опцию **Слияние**.

Откройте **ArcToolbox**. В наборе инструментов **Управление данными** выберите группу **Растры**, подгруппу **Обработка растра**, инструмент **Создать набор растровых данных с панхроматической настройкой**. Откроется диалоговое окно инструмента. В группе **Входной растр** выберите мультиспектральный растровый слой, в окне **красный канал** укажите 1, **зеленый канал** – 2, **синий канал** – 3, **инфракрасный канал** – 4. Сохраните выходной файл в каталоге **C:\Tasks\Work-3\Data\Export** и назовите его **QuickBird.tif**.

В группе **Панхроматический растр** укажите растр высокого разрешения. Выберите метод панхроматической настройки в зависимости от результатов проведенной ранее оценки их применимости для данной задачи. Для запуска операции нажмите кнопку **ОК**. Процесс расчета может длиться несколько минут.

По окончании расчета выберите пункт меню **Геообработка – Результаты**, раскройте список операций текущего сеанса геообработки и перетащите результирующий растр в таблицу содержания. Отобразите новый растр в синтезе каналов «естественные цвета» и настройте гистограмму изображения. Сохраните настройки гистограммы в файле слоя **.lyr**.

Закройте ArcMap, не сохраняя проект.

Глава 4 ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ И МЕТОДЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

Практическая работа 4 Методы попиксельной классификации

Цель работы. Освоение технологии и инструментов попиксельной классификации изображений в программе Image Processor: метод ISODATA (неуправляемая классификация, классификации без учителя) и метод нейронных сетей прямого распространения (управляемая классификация, классификация с учителем). Переклассификация на основе экспертного знания и экспорт результатов в программу ArcGIS для составления тематической карты.

Задание 1. Неуправляемая классификация снимка SPOT-4 с применением алгоритма ISODATA

Запустите Image Processor. Откройте растр **IMAGERY.TIF** из каталога **C:\Tasks\Work-4\SPOT-4_20120903**. Загрузите в программу все каналы снимка, отобразите снимок в рабочем окне в синтезе каналов 4–1–2 (Средний ИК – Ближний ИК – Зеленый) и настройте его гистограмму.

Справка. *Классификация – автоматическое подразделение всех пикселей снимка на группы, соответствующие разным объектам местности, на основе различий в их спектральной яркости. Все методы классификации разделяют на попиксельные и объектно-ориентированные, а среди попиксельных методов выделяют методы управляемой (с учителем) и неуправляемой (без учителя) классификации.*

Метод ISODATA (Итерационная самоорганизующаяся методика анализа данных – *Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*) является одним из наиболее популярных алгоритмов, используемых для неуправляемой классификации изображений (классификации без учителя). Он базируется на кластеризации изображения, основанной на разнице между средними значениями кластеров (минимальном спектральном расстоянии между центрами классов). Результатом обработки является новый растровый слой, содержащий получившиеся кластеры, объединенные по принадлежности к спектральным классам. Получившиеся спектральные классы кодируются от минимальных средних к максимальным и нумеруются с единицы. Последующая обработка сводится к тематической интерпретации получившихся спектральных классов.

Для запуска неуправляемой классификации выберите пункт меню **Классификация – Без учителя – ISODATA**. Основным параметром данной классификации является число классов. Обычно его задают заведомо избыточным, чтобы избежать потерь классов. В данном случае задайте число классов равным 50, а

число итераций – 20 (рис. 4.1). Запустите классификацию нажатием кнопки **Выполнить**.

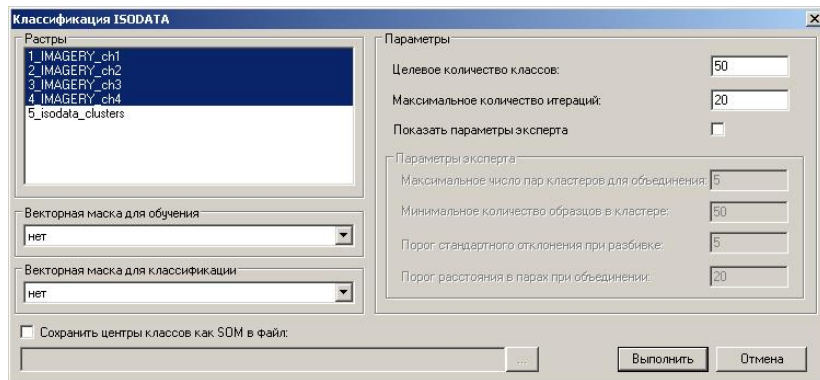


Рис. 4.1. Диалоговое окно инструмента классификации ISODATA

Создайте новое окно палитры (Меню **Окно – Новое Окно палитры**) и отобразите в нем результаты классификации. Расположите окна вертикально. При помощи главного меню программы **Отображение – Показать легенду** отобразить легенду в окне просмотра.

Специально для визуализации и анализа полученных результатов управляемой и неуправляемой классификаций служит инструментальная панель **Показать легенду** (режим индексированных цветов). В выпадающем списке, расположенном в верхней части окна легенды, выбрать растр с именем **isodata_clusters**, отображающий результаты классификации (рис. 4.2).

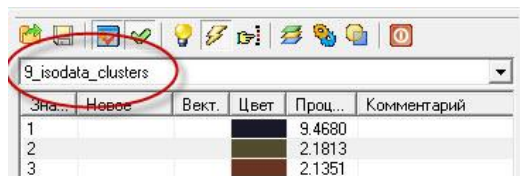


Рис. 4.2. Выбор результата классификации в окне легенды

Вызовите диалог **Настройка отображения** для окна палитры и проставьте в RGB слотах каналы 4, 1 и 2 (как и в RGB окне). При помощи кнопки **Показать только существующие значения** отобразите в окне легенды список полученных в результате работы алгоритма классов (рис. 4.3).

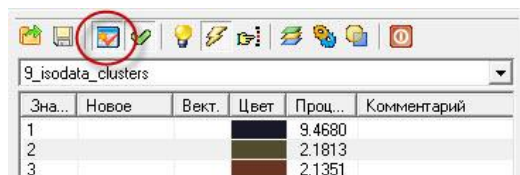


Рис. 4.3. Кнопка «Показать только существующие значения»

При помощи кнопки **Задать цвета по первому RGB слою** в окне просмотрите классам цвета исходного снимка (рис. 4.4).

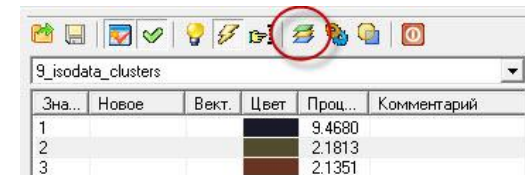


Рис. 4.4. Кнопка «Задать цвета по первому RGB слою в окне»

Нажмите кнопку **Сканировать пиксели растра с легендой** (рис. 4.5). После этого посредством нажатия левой кнопки мыши в рабочей области окна просмотра можно выяснить, к каким классам относятся видимые на снимке объекты. При этом соответствующие контуры классы будут подсвечены серым цветом в окне легенды.

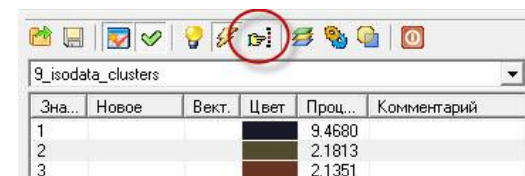


Рис. 4.5. Кнопка «Сканировать пиксели растра с легендой»

Нажмите кнопку **Применить легенду к растру** (рис. 4.6). При этом в окне просмотра будут отображены результаты классификации в цветах легенды

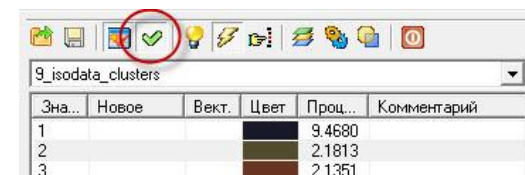


Рис. 4.6. Кнопка «Применить легенду к растру»

Нажмите кнопку **Подсветить только выбранные элементы** (рис. 4.7). После этого, выделяя в окне легенды классы, соответствующие открытой воде, нужно проверить их соответствие видимым на снимке объектам. При этом пиксели, соответствующие выделенным классам, будут подсвечены в окне просмотра ярко-желтым цветом.

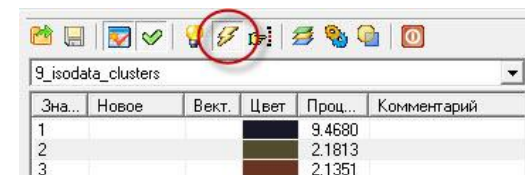


Рис. 4.7. Кнопка «Подсветить только выбранные элементы»

Используя инструмент **Подсветить только выбранные элементы**, выберите в таблице легенды класс (или классы), соответствующие водным объектам (они будут наиболее темными). Нажатием правой кнопки мыши вызовите контекстное меню и выберите **Задать новый код** (рис. 4.8). В открывшемся окне задайте данным классам новый код, соответствующий исходному коду первого класса. В результате в таблице классов в столбце **Новое** появится код «1» у всех классов, соответствующих воде.

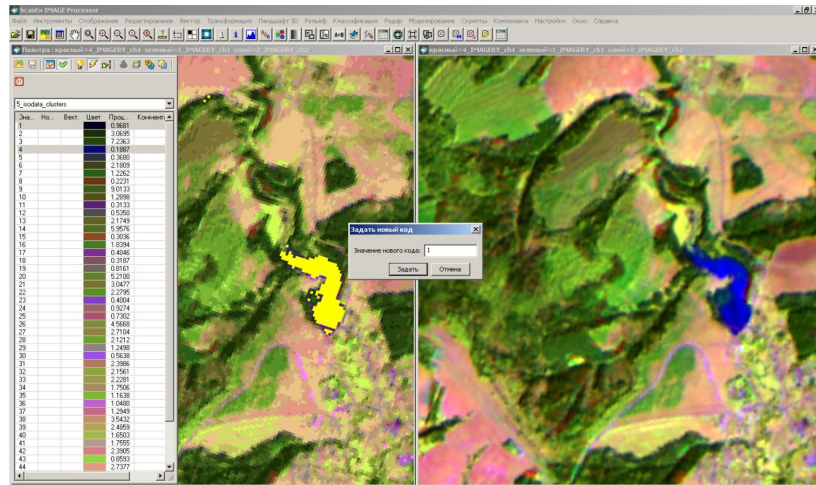


Рис. 4.8. Задание нового кода для класса водных объектов

Чтобы объединить водные объекты в один класс, воспользуйтесь функцией перекодировки. Для этого выберите классы, соответствующие водным объектам (с уже заданным новым кодом), и нажмите на кнопку **Перекодировать значения** (рис. 4.9). Перекодируйте значения в исходном растре, не указывая маску. В результате будет создан один класс водных объектов, в столбце **Комментарий** для него запишите «Открытая вода».

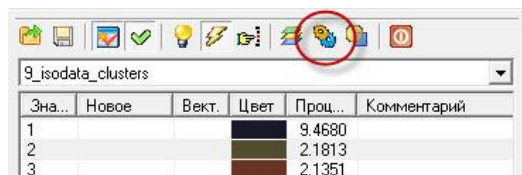


Рис.4.9. Кнопка «Перекодировать значения»

Аналогичным образом, используя операции задания новых кодов и последующую переклассификацию (перекодировку), выделите другие классы, например: открытая вода, хвойный лес, лиственный лес, почва сухая, почва мокрая, луга, сухая растительность, зарастающие сельхозугодья (рис. 4.10).

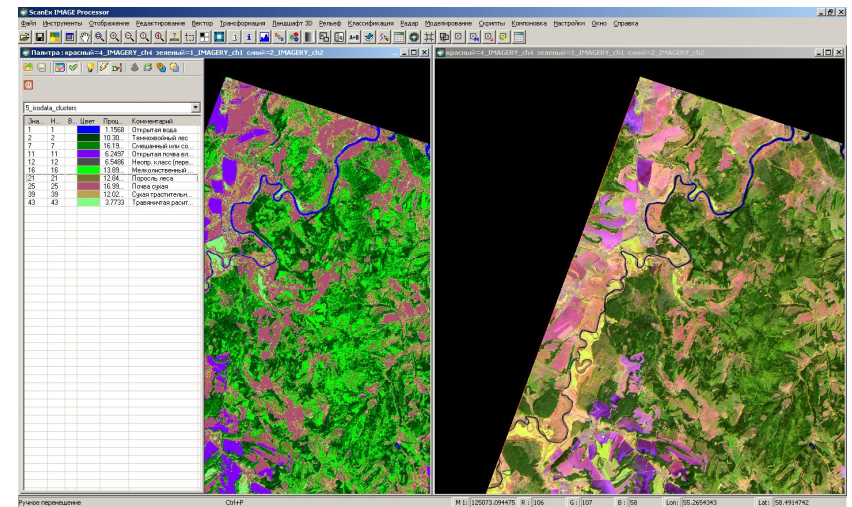


Рис. 4.10. Результат переклассификации и объединения классов

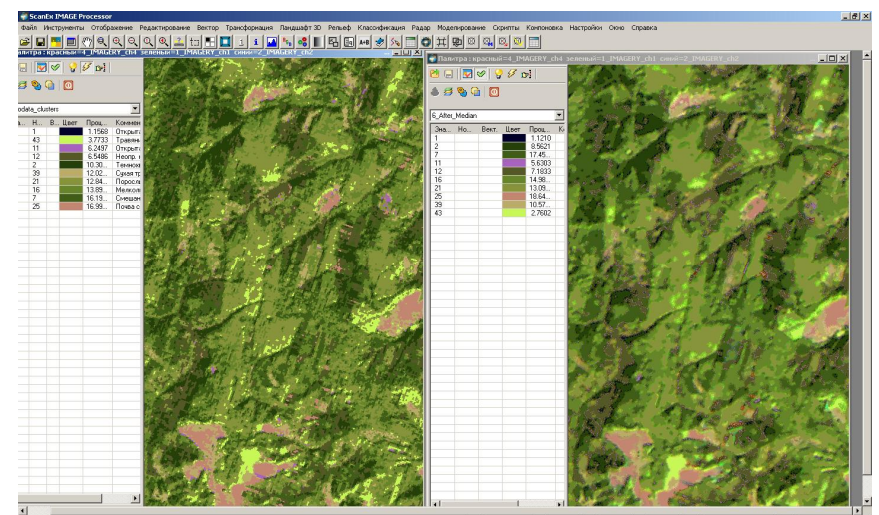


Рис. 4.11. Сопоставление результата классификации до и после проведения сглаживания медианным фильтром

После переклассификации для удаления мелких объектов и сглаживания контуров выполните фильтрацию полученного растра медианным фильтром (меню **Редактирование – Фильтры – Медианный фильтр**). В группе параметров **Фильтр передискретизации** выберите **Ближайший сосед**.

Выполнив фильтрацию, замените в выпадающем списке, расположенном в верхней части окна легенды, растр **ISODATA-clusters** на растр **After-Median**. Оцените результат сглаживания (рис. 4.11). Сохраните легенду для результатов

классификации. Для этого в окне управления легендой нажмите кнопку **Сохранить** и запишите файл легенды с названием **Legend_ISODATA** в каталоге **C:\Tasks\Work-4\Export**.

Теперь данные подготовлены для автоматической векторизации.

Создайте новый векторный слой **ISODATA_clusters.mif** и сохраните его в каталоге **C:\Tasks\Work-4\Export**. В новом векторном слое создайте поля **Code** (тип поля – **Short**) и **Type** (тип поля – **Char**), сделайте векторный слой редактируемым. В таблице классов в столбце **Вект.** проставьте **Yes** (двойным щелчком левой кнопки мыши) для всех классов.

Нажмите кнопку **Векторизовать элементы легенды** (рис. 4.12).

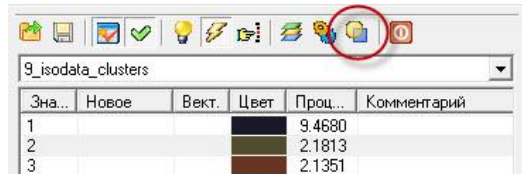


Рис.4.12. Кнопка «Векторизовать элементы легенды»

Откроется диалог установки параметров автоматической векторизации (рис. 4.13). В появившемся окне выбрать в поле **Выходной векторный слой** созданный векторный слой. В группе **Значения кодов** включите переключатель **Сохранить в поле**, в расположенном ниже выпадающем списке выберите поле **Code**, в группе **Ограничения по размеру полигонов** в поле **Минимальная площадь** проставьте значение 1000 для удаления объектов с площадью менее 1000 м². Нажмите кнопку **Векторизовать**.

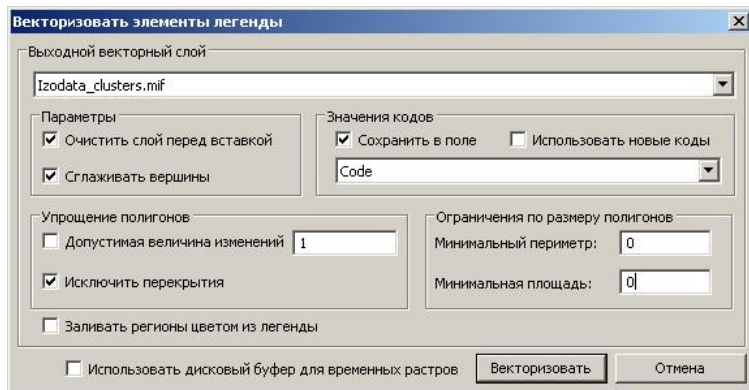


Рис. 4.13. Окно установки параметров векторизации

По окончании автоматической векторизации сохраните изменения в векторном слое, выбрав пункт меню **Вектор – Сохранить изменения**. Отобразите векторный слой, настроив легенду по полю **Code**, используя цветовую заливку или штриховку (рис.4.14). Сохраните растр результатов классификации **ISO-DATA_clusters.tif** в каталоге **C:\Tasks\Work-4\Export**.

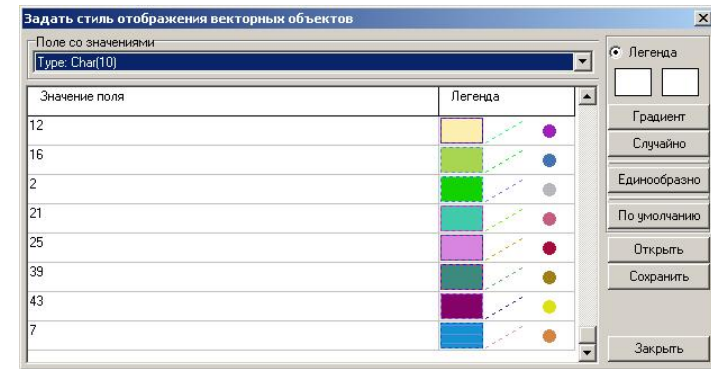


Рис. 4.14. Настройка легенды для результатов классификации

По окончании выполнения задания закройте векторный слой, а также все производные растры. Оставьте открытыми только исходные каналы снимка.

Задание 2. Управляемая классификация с использованием алгоритма нейронных сетей прямого распространения

Справка. Управляемая классификация (классификация с учителем) предполагает наличие векторного файла обучающих образцов (эталонов). Прежде чем выполнить классификацию, необходимо провести обучение классификатора по этим образцам.

Для управляемой попиксельной классификации используется несколько методов (метод минимального расстояния, метод спектрального угла, метод максимального правдоподобия, метод расстояния Махаланобиса), а также методы нейросетевой классификации.

Откройте растр **IMAGERY.TIF** из каталога **C:\Tasks\Work-4\SPOT-4_20120903**. Загрузите в программу все каналы снимка, отобразите снимок в рабочем окне в синтезе каналов 4–1–2 (Средний ИК – Ближний ИК – Зеленый) и настройте его гистограмму.

Откройте из того же каталога векторный слой эталонных участков **Classes.shp** (меню **Вектор – Управление векторными слоями**) и просмотрите его атрибутивную таблицу. В поле **Type** данного векторного слоя указан тип объекта, в поле **Code** – его номер. Эти данные необходимы для обучения классификатора. Задайте векторным объектам слоя такой цвет и толщину контура, чтобы они были хорошо видны на снимке (например, цвет желтый, толщина контура – 2).

Для обучения классификатора вызовите диалог **Обучение нейронной сети** (рис. 4.15) (меню **Классификация – С Учителем – Нейронная сеть – Обучение**). В группе **Растры** выберите 4, 1 и 2 каналы снимка, в группе **Источник меток** – векторный слой **Classes.shp**, поле **Code**. В группах **Топология нейронной сети** и **Параметры обучения** изменять параметры не нужно. Нажмите кнопку **Обучить**, будет запущен процесс обучения.

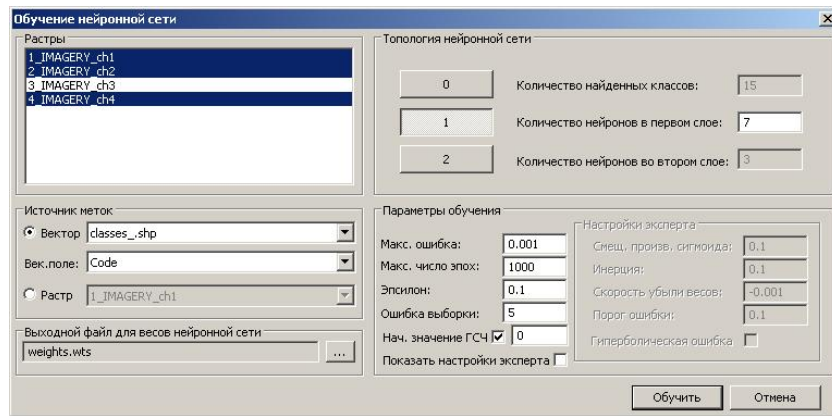


Рис. 4.15. Настройка параметров обучения нейронной сети

По окончании процесса обучения можно выполнить классификацию. Для этого вызовите диалог **Классификация нейронной сетью**, доступный при выборе команды **Классификация – С учителем – Нейронная сеть – Классификация** главного меню программы. В нем выделите те же каналы, по которым проводилось обучение, а в списке **Векторная маска** выберите **Нет**. Нажатием на кнопку **Классификация** запустите процесс расчета.

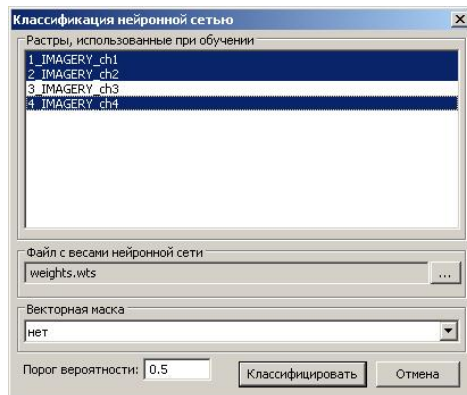


Рис. 4.16. Диалог «Классификация нейронной сетью»

Создайте новое окно палитры и в нем отобразите результат классификации (растр **NNClasses**). Расположите окна вертикально и добавьте к окну палитры легенду. В раскрывающемся списке окна легенды выберите растр **NNClasses**. Отобразите только существующие классы. Вызовите диалог **Настройка отображения** для окна палитры и установите в RGB слотах каналы 4, 1 и 2 (как и в RGB окне). При помощи кнопки **Задать цвета по первому RGB слою** в окне присвойте классам цвета исходного снимка, затем нажмите кнопку **Применить**

легенду к растру. Результат классификации будет окрашен в цвета исходного снимка (подробнее см. задание №1).

Так как была использована классификация с обучением, число полученных классов примерно соответствует числу классов объектов местности, поэтому переклассификация (объединение или разбиение классов) обычно не требуется. Перед векторизацией классов для удаления мелких контуров, сглаживания и генерализации желательно выполнить фильтрацию медианным фильтром (меню **Редактирование – Фильтры – Медианный фильтр**; подробнее см. задание №1). Полученный в результате фильтрации растр **After-median** отобразите в окне палитры вместо растра **NNClasses**.

Теперь данные подготовлены для автоматической векторизации. По аналогии с заданием №1 создайте новый векторный слой **NNClasses.mif** и сохраните его в каталоге **C:\Tasks\Work-4\Export**. В новом векторном слое создайте поля **Code** (тип поля – **Short**) и **Type** (тип поля – **Char**), сделайте векторный слой редактируемым. В таблице классов в столбце **Вект.** проставьте **Yes** (двойным щелчком левой кнопки мыши) напротив всех классов.

Затем нажмите кнопку **Векторизовать элементы легенды**. Откроется диалог установки параметров автоматической векторизации. В появившемся окне выбрать в поле **Выходной векторный слой** созданный векторный слой **NNClasses.mif**. В группе **Значения кодов** включите переключатель **Сохранить в поле**, в расположенном ниже выпадающем списке выберите поле **Code**, в группе **Ограничения по размеру полигонов** в поле **Минимальная площадь** установите значение 1000 для удаления объектов с площадью менее 1000 м². Нажмите кнопку **Векторизовать**.

По окончании автоматической векторизации сохраните изменения в векторном слое, выбрав пункт меню **Вектор – Сохранить изменения**. Сохраните растр с результатами классификации **NNclasses.tif** в каталоге **C:\Tasks\Work-4\Export**.

Сравните два варианта классификации. Для этого загрузите в программу экспортированное при выполнении предыдущего задания изображение **ISO-DATA_clusters.tif** и откройте его в одном рабочем окне. В другом окне отобразите растр результатов классификации по алгоритму нейронных сетей **NNclasses.tif**. Сопоставьте полученные изображения.

По окончании выполнения задания закройте все данные.

Практическая работа 5

Мультивременной анализ и выявление изменений

Вегетационные индексы

Цель работы. Освоение технологии и инструментов мультивременного анализа на основе сопоставления снимков, полученных в разное время. Создание мультивременных композитов и анализ изменений на примерах выявления свежих вырубок и гарей. Применение общих методов и инструментов (классификация, векторизация и т.п.) для анализа мультивременных композитов. Освоение методов выявления изменений (Change Detection). Использование растрового калькулятора для расчета различных вегетационных индексов. Применение вегетационных индексов для автоматической классификации и выявления свежих вырубок и гарей, экспорт результатов.

Задание 1. Создание мультивременного композита из снимков LANDSAT. Визуальное дешифрирование изменений растительности (свежие рубки, гари) на мультивременном композите

Выявление изменений объектов местности – одна из часто решаемых задач космического мониторинга. Для визуализации изменений применяются мультивременные композиты, в RGB слотах которых помещаются разновременные данные – каналы исходных изображений или их производные (например, значения вегетационных индексов). При условии наличия качественных данных могут быть эффективно выполнены процедуры автоматизированного выявления изменений (Change Detection).

Если сами участки изменений обычно удается выявить автоматизированными методами, то классы изменений часто приходится определять вручную, используя комплекс дешифровочных признаков (спектральные, текстурные, контекстные).

Запустите программу Image Processor. Откройте растры **Lt5_20090908.tif** и **Lt5_20110712.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-5\Data** с автоматическим определением проекции и пространственного разрешения. Загрузите в программу все каналы растров.

Исходные данные – фрагменты разновременных снимков с аппарата LANDSAT-5: первый – за 08.09.2009, второй – за 12.07.2011. За период между первой и второй съемкой на данной территории (Гайнский район Пермского края) произошло существенное сокращение лесных площадей, связанное с рубками и пожарами. Необходимо выявить эти изменения и определить их тип (вырубка, гать).

Откройте новое RGB окно. Отобразите в нем первый снимок (за 08.09.2009) в синтезе каналов 5–4–3 (данный синтез весьма эффективен для дешифрирования изменений) и настройте его гистограмму методом линейного контрастирования. Затем в меню **Настройка отображения** перейдите на вкладку **Настройка слоев** и добавьте новый растровый слой на основе каналов вто-

рого снимка (за 12.07.2011) также в синтезе каналов 5–4–3. Настройте гистограмму обоих снимков (подробнее работа с растровыми слоями рассматривалась в практической работе №3).

На закладке **Настройка слоев** отключите верхний растровый слой нажатием кнопки **Видимость**. Затем снова включите его отображение. Обратите внимание на появление большого числа новых объектов – свежих вырубок и гарей, которые в основном сосредоточены на севере территории. Вырубки чаще имеют правильную форму, прямые углы, а для гарей характерны сложные контуры. Максимальную яркость вырубки и гари имеют в среднем ИК канале, поэтому в синтезе 5–4–3 они отображаются оттенками красного.

Чтобы выявить изменения, необходимо совместить каналы двух разновременных снимков – создать **мультивременной композит**. Для этого лучше всего подходят ближний и средний ИК каналы, в которых яркость растительного покрова максимальна. При уничтожении или угнетении растительного покрова наблюдается резкое снижение яркости в ближнем ИК канале (за счет снижения концентрации хлорофилла) и рост – в среднем ИК (вследствие высыхания растительности).

Добавьте мультивременной композит как новый растровый слой. Для этого в красном слоте выберите 5–й канал снимка за 12.07.2011, в зеленом слоте – 4 канал этого же снимка, а в синем слоте – 5 канал снимка за 08.09.2009.

На полученном мультивременном синтезе все свежие вырубки и гари (которые появились в период между съемками) будут отображаться оттенками оранжевого цвета, а старые вырубки – розового цвета. Растительность отображается зеленым, а облака – желтым цветом (рис. 5.1).

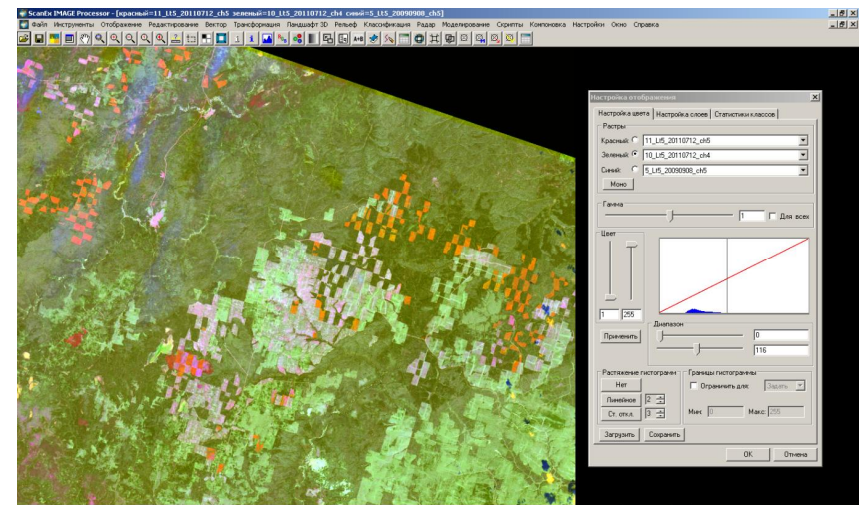


Рис. 5.1. Мультивременной композит для выделения свежих рубок и гарей

Переключая растровые слои на закладке **Настройка слоев** в диалоговом окне **Настройка отображения**, убедитесь, что мультитременной композит позволяет отделить старые вырубки и гари от свежих.

Комбинируя в RGB слотах 4 и 5 каналы разновременных снимков, попробуйте подобрать такой синтез каналов, в которых изменения растительности выделяются наиболее контрастно и при этом хорошо отделяются от облачности на втором снимке.

По окончании выполнения задания не закрывайте изображение и перейдите к выполнению задания №2.

Задание 2. Классификация мультитременного композита методом ISODATA. Автоматизированное дешифрирование и векторизация классов изменений

При наличии значительной облачности, теней и других факторов, мешающих автоматизированному дешифрированию, вырубки и гари можно оцифровать по мультитременному композиту вручную. При хорошем качестве снимка автоматизированное дешифрирование дает более быстрый и надежный результат. В данном случае можно использовать несколько методов, в том числе метод неуправляемой классификации снимка **ISODATA**, основанный на кластерном анализе.

Прежде чем выполнить классификацию мультитременного композита, необходимо совместить растры в экстенте рабочего проекта. Для совмещения растров используется инструмент **Трансформация в экстенст** (меню **Инструменты – Экстенст**, закладка **Трансформировать в экстенст**).

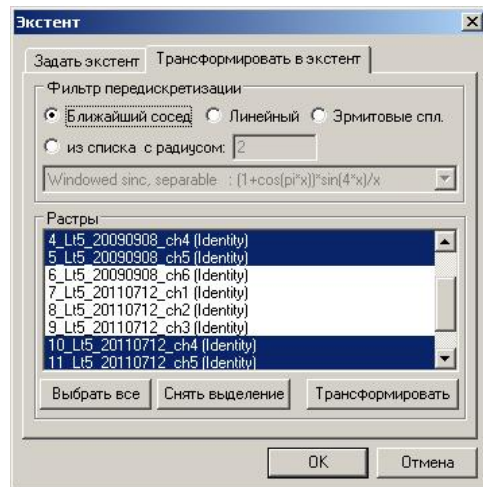


Рис. 5.2. Трансформация растров в экстенст рабочего проекта

На закладке **Трансформировать в экстенст** (рис. 5.2) в группе **Фильтр передискретизации** выберите **Ближайший сосед**, в списке растров выберите 4 и 5 каналы обоих снимков. После нажатия кнопки **Трансформировать** будет запущен процесс совмещения растров. После трансформации к названиям каналов будет добавлено окончание **_warp**.

Теперь данные подготовлены для неуправляемой классификации. Для выполнения классификации выберите меню **Классификации – Без учителя – ISODATA** (рис.5.3). Основной параметр неуправляемой классификации (кластеризации) – число классов. Целевое количество классов обычно задается заведомо избыточным (чтобы избежать потери классов). В данном случае число классов задайте равным **50**, число итераций – **20**. Векторную маску для обучения и для классификации не устанавливайте. В группе **Растры** выберите 4 и 5 каналы обоих снимков (таким образом, классификация будет выполнена по четырем каналам).

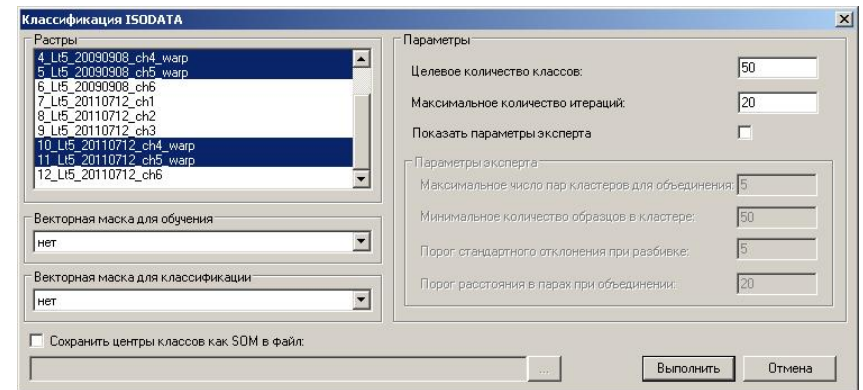


Рис. 5.3. Параметры неуправляемой классификации ISODATA

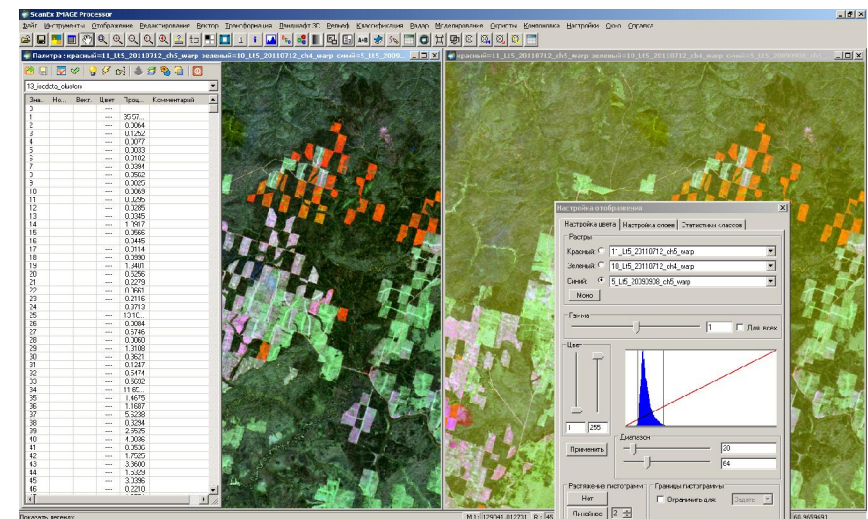


Рис. 5.4. Отображение исходного растра и результатов классификации с легендой

Запустите процесс классификации. Когда процесс завершится, добавьте новое окно палитры (меню **Окно – Новое окно палитры**) и отобразите в нем растр результатов классификации (**ISODATA-clusters**). В настройках отобра-

жения в окне палитры с результатами классификации выберите те же каналы, что и в RGB окне (рис. 5.4). Затем добавьте в окно палитры легенду (меню **Отображение – Показать легенду**). В раскрывающемся списке выберите растр **ISODATA-clusters**.

Отобразите в окне легенды список полученных в результате работы алгоритма классов, удалив несуществующие значения. При помощи инструмента **Сформировать цвета по первому RGB слою в окне** задайте для результатов классификации цветовую схему исходного растра. Примените легенду к растру, при этом в окне просмотра будут отображены результаты классификации в цветах легенды.

Теперь в легенде результатов классификации нужно найти классы, которые соответствуют свежим вырубкам и гарям. Для этого на панели управления легендой нажмите кнопку **Подсветить только выбранные элементы**. Найдите в окне легенды классы вырубков и гарей и проверьте их соответствие видимым на снимке объектам. При этом пиксели, соответствующие выделенным классам, будут подсвечены в окне просмотра ярко-желтым цветом (рис. 5.5). Для выделенных объектов в таблице результатов классификации в столбце **Новое** задайте новый код (например, 111), а в столбце **Комментарий** укажите тип объектов.

Нажмите кнопку **Перекодировать значения** для объединения трех классов, соответствующих вырубкам и гарям, в один новый класс. Будет создан новый класс с кодом 111, для которого нужно задать цвет отображения.

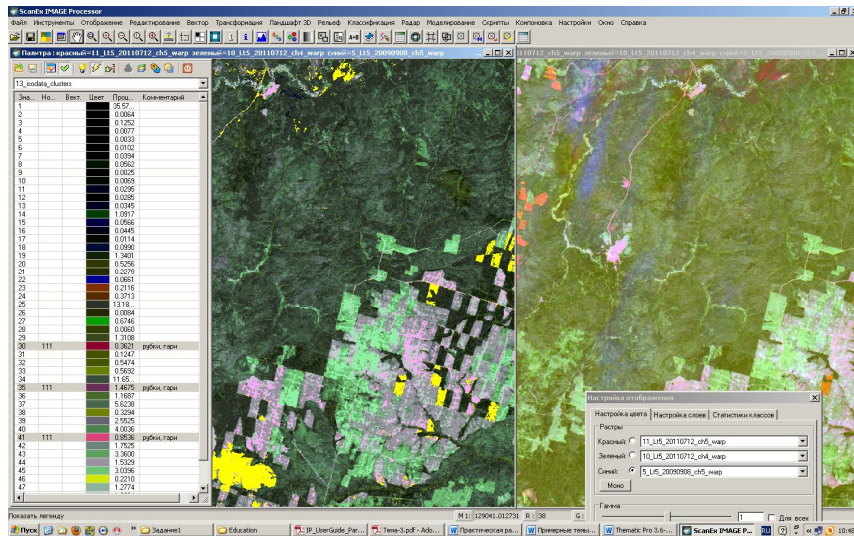


Рис. 5.5. Выделение свежих вырубков и гарей в окне палитры с результатами классификации

Выделите новый класс и в его контекстном меню выберите **Векторизовать**. В результате в таблице в столбце **Вект.** напротив данных классов появится запись **Yes**. Прежде чем выполнить автоматическую векторизацию, нужно создать новый векторный слой, в который будут записаны результаты.

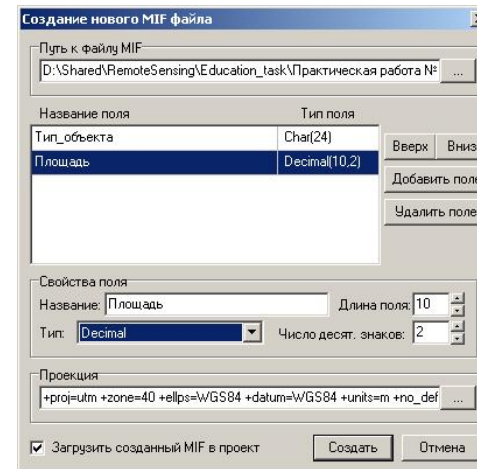


Рис. 5.6. Создание нового векторного слоя

Сделайте новый векторный слой редактируемым и векторизируйте выделенные объекты (элементы легенды). Для этого нажмите на кнопку **Векторизовать элементы легенды** на панели управления легендой и настройте параметры векторизации (рис. 5.7).

Установите ограничения по размеру полигонов для минимальной площади векторизируемого объекта – 3000 м² (будут векторизованы объекты площадью от 4 пикселей и более). Нажмите кнопку **Векторизовать**.

По завершении процесса векторизации сохраните изменения в редактируемом векторном слое, нажав на кнопку **Сохранить** в меню управления векторными слоями. Далее настройте отображение векторного слоя так, чтобы хорошо видеть выделенные объекты (заливка – прозрачная, контур полигонов – желтый, толщина контура – 2).

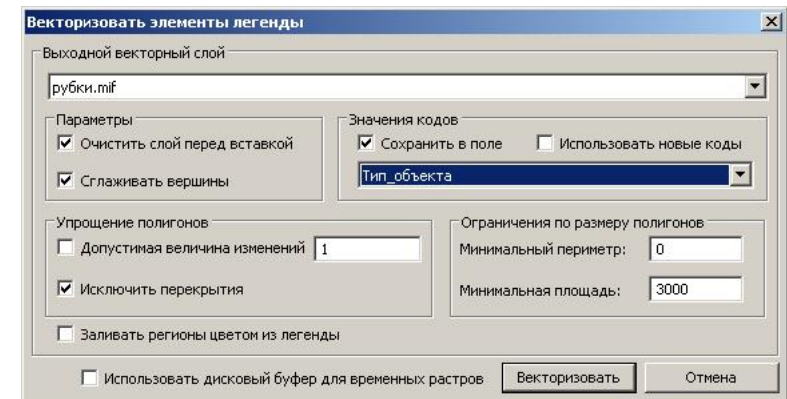


Рис. 5.7. Настройка параметров векторизации

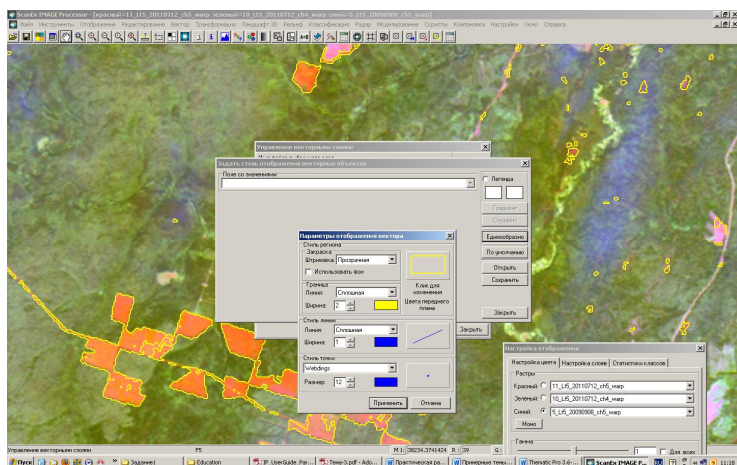


Рис. 5.8. Настройка отображения результатов автоматической векторизации

Дальнейшая обработка результатов классификации может включать определение типа объектов (рубка, гарь), удаление ложных контуров и выполняется уже средствами обычных ГИС.

По окончании выполнения задания закройте все данные (меню **Файл – Закрывать все данные**).

Задание 3. Использование алгоритма одноканального обнаружения изменений для панхроматических снимков высокого разрешения

Запустите Image Processor и последовательно откройте два одноканальных растра из каталога **C:\Tasks\Work-5\Data**. Это фрагменты панхроматических снимков территории северо-запада Пермского края:

- **IRS_PAN_20060615.tif** – снимок со спутника IRS, прибор PAN (пространственное разрешение 6 м), дата съемки 15.06.2006;
- **SP5_20110525.tif** – снимок со спутника SPOT-5, пространственное разрешение 2,5 м, дата съемки 25.05.2011.

Используя функции настройки растровых слоев в меню **Настройка отображения**, закладка **Настройка слоев**, отобразите оба снимка в одном рабочем окне, причем верхним слоем сделайте снимок 2011 г., нижним – снимок 2006 г. Настройте их гистограммы. Особое внимание обратите на гистограмму снимка **IRS_PAN_20060615.tif**, так как его исходное радиометрическое разрешение – 6 бит (всего 64 градации яркости). Включая и выключая верхний слой с помощью кнопки **Видимость**, обратите внимание на большое количество свежих вырубок на снимке SPOT-5, которых не было на снимке IRS-PAN.

Чтобы выявить свежие вырубki и отделить их от старых, создайте мультитременной композит. В красном слоте отобразите канал **SP5_20110525.tif**, а в синем и зеленом слотах – **IRS_PAN_20060615.tif** (рис. 5.9).

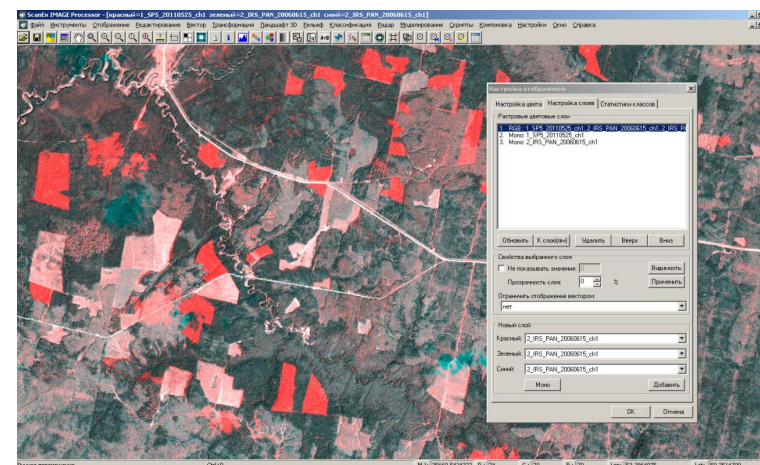


Рис. 5.9. Выявление свежих вырубок на мультитременном композите из панхроматических снимков высокого разрешения

В результате все свежие рубки выделяются ярким красным цветом, так как яркость вырубок в панхроматической зоне намного выше яркости леса.

Для автоматизированного обнаружения изменений по панхроматическим снимкам используют одноканальный алгоритм Change Detection. Выберите пункт меню **Редактирование – Одноканальное обнаружение изменений**. Откроется диалог настройки параметров обнаружения изменений (рис. 5.10).

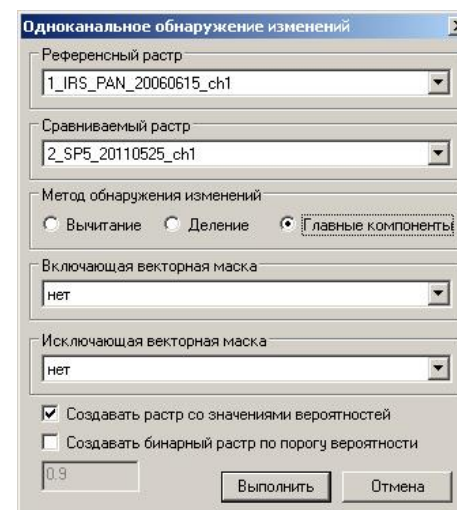


Рис. 5.10. Настройка параметров одноканального обнаружения изменений

Выберите к качестве референсного растра **IRS_PAN_20060615.tif**, сравниваемого – **SP5_20110525.tif**, метод обнаружения изменений – **Главные компоненты**. Включите флаг **Создавать растр со значениями вероятности** и запустите процесс вычисления. В результате будет создан растровый слой **Changes_probability** – вероятность изменений.

Создайте новое окно палитры и откройте в нем растр **Changes_probability**. Расположите окна вертикально, чтобы иметь возможность сравнивать изображения. В окне палитры яркость канала **Changes_probability** будет соответство-

вать вероятности изменений, наиболее яркие участки соответствуют максимальной вероятности. Убедиться в этом можно, просматривая в нижнем правом углу вероятность изменения, которая видна при перемещении курсора. Определите порог вероятности изменений, соответствующий свежим вырубкам.

Установив этот порог, запустите снова инструмент одноканального обнаружения изменений и создайте бинарный растр по порогу вероятности (включив соответствующий флаг). Порог вероятности задайте в соответствии с ранее установленным вами критерием. По окончании выполнения расчета откройте новое окно палитры и отобразите в нем новый канал **Changes-detected**.

Добавьте к окну палитры легенду и отобразите в нем растр **Changes-detected**. Отобразите только существующие классы, затем выделите класс, соответствующий изменениям, и векторизуйте его. Для этого в столбце **Вект.** в легенде напротив соответствующего класса нужно проставить **Yes** двойным щелчком левой кнопкой мыши (подробнее см. задание №2).

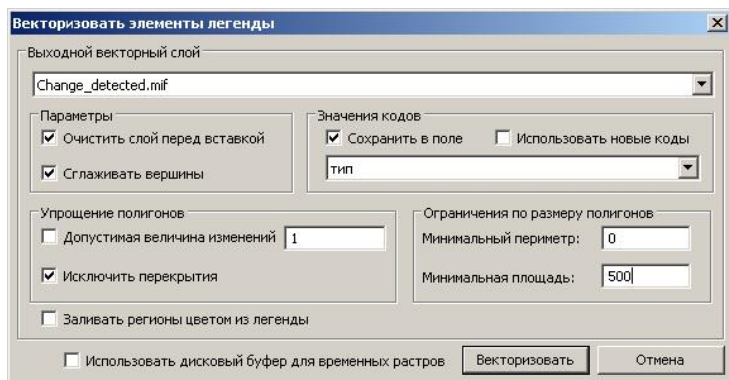


Рис. 5.11. Параметры автоматической векторизации изменений

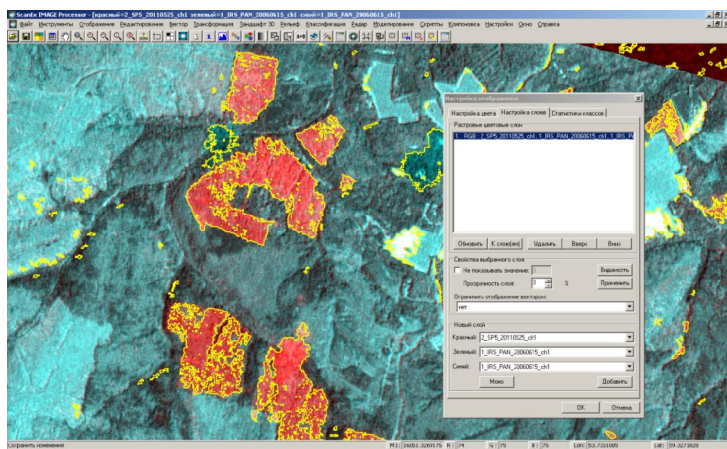


Рис. 5.12. Сопоставление мультивременного композита с результатами одноканального обнаружения изменений.

Создайте новый векторный слой **Change-Detection.mif**, в который будут записаны векторные полигональные объекты (рубки). Сохраните его в каталоге **C:\Tasks\Work-5\Data\Results** и сделайте редактируемым. Выполните автоматическую векторизацию изменений, задайте параметры векторизации как на рис. 5.11. Для удаления шума, используйте порог размера объектов равным 2000 м² (0,02 га).

Полученный результат отобразите на фоне мультивременного композита, чтобы сопоставить его с результатами автоматического дешифрирования (рис. 5.12).

По окончании выполнения задания закройте все данные.

Задание 4. Расчет и визуализация вегетационного индекса NDVI Экспорт индексного изображения

Запустите Image Processor и откройте растр **Lt5_20110712.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-5\Data** с автоматическим определением проекции и пространственного разрешения. Загрузите в программу все каналы снимка. Визуализируйте снимок в синтезе каналов 5–4–3 и настройте его гистограмму.

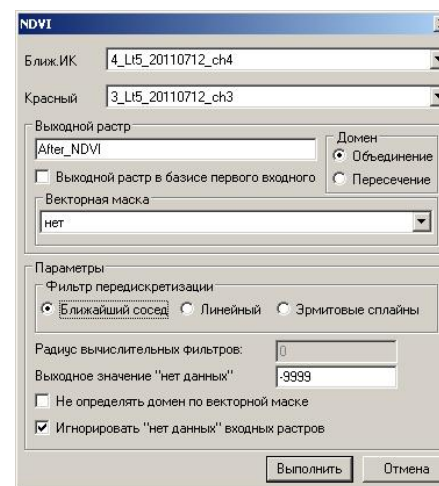


Рис. 5.13. Диалог вычисления NDVI

Для вычисления вегетационного индекса NDVI выберите меню **Классификация – Вычисление Индексов – NDVI**. В раскрывающемся списке **Ближ. ИК** выберите 4 канал, в списке **Красный** – 3 канал снимка. Остальные параметры оставьте по умолчанию и нажмите **Выполнить**. В результате будет создан новый растр **after-NDVI**, в ячейках которого содержатся значения вегетационного индекса.

Создайте новое окно палитры и отобразите в нем растр **after-NDVI**. Расположите окна вертикально. Задайте этому растру цветовую палитру, используя функции настройки окна палитры (меню **Отображение – Настройка окна палитры**).

В диалоге **Создание градиентной палитры** нажмите **Открыть** и выберите из списка файл палитры **NDVI.cpr**. Нажмите **Применить**. В окне палитры значения NDVI отобразятся следующей цветовой схемой (рис. 5.14).

Данная цветовая схема не позволяет визуально выявить различия по NDVI между разными типами лесов. В Image Processor существует возможность создавать собственные цветовые палитры для индексных изображений.

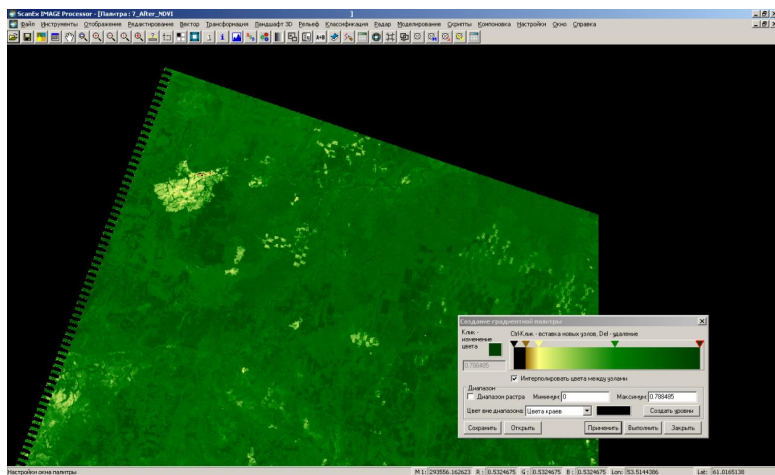


Рис. 5.14. Отображение растра NDVI в окне палитры

В окне создания градиентной палитры нажмите на кнопку **Создать уровни**. Задайте число уровней – 8. Для каждого из уровней последовательно задайте цвет, выбирая его в окне палитры и изменяя цвета, при активированной опции **Интерполировать цвета между узлами**. В результате должна быть получена цветовая шкала NDVI (как, например, на рис. 5.15).

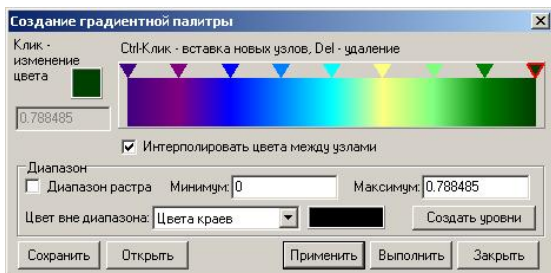


Рис. 5.15. Новая цветовая палитра для NDVI

Такая шкала позволяет выделить различия NDVI между различными типами лесов. Для получения количественных характеристик NDVI воспользуйтесь инструментом **Гистограмма** (меню **Инструменты – Гистограмма**).

В списке растров выберите **After-NDVI**, в группе **Тип графика** – **По полилинии**. Проведите несколько профилей через следующие объекты: мелколиственный лес, хвойный лес, зарастающая вырубка, свежая вырубка, гарь, болото, открытая вода (рис. 5.16). Какие значения NDVI характерны для этих объектов?

Для экспорта растра, содержащего значения NDVI нажмите кнопку **Сохранить**. Параметры сохранения укажите как на рис. 5.17. Для экспорта индексных изображений используется тип пиксела **float32** (значения с плавающей запятой), фильтр передискретизации – **Ближайший сосед** или **Линейный**,

Значение «Нет данных» задайте **-9999**. Сохраните растр с именем **NDVI.tif** в каталоге **C:\Tasks\Work-5\Data\Results**.

Чтобы убедиться в правильности сохранения, запустите ArcMap, добавьте экспортированный растр **NDVI.tif**, визуализируйте его. Убедитесь в том, что значения в ячейках растра не выходят за пределы диапазона **-1...+1**.

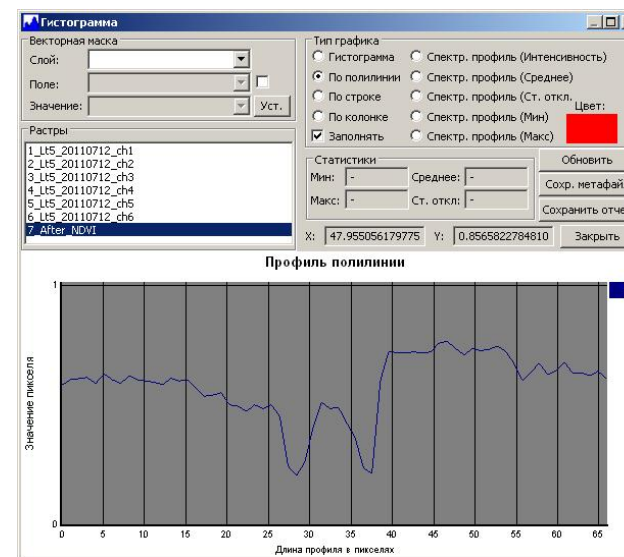


Рис. 5.16. Профиль NDVI через темнохвойный лес, свежую вырубку и мелколиственный лес

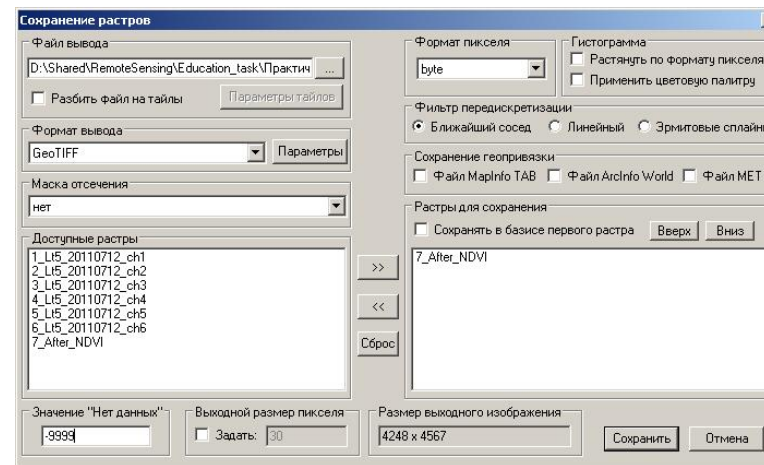


Рис. 5.17. Параметры сохранения индексного изображения

По окончании выполнения задания закройте растр **after.NDVI**, остальные каналы оставьте открытыми.

Задание 5. Использование вегетационных индексов для дешифрирования вырубок и гарей

Работа с растровым калькулятором

Для автоматизированного дешифрирования свежих вырубок и гарей, в ряде случаев используется разность вегетационного индекса SWVI (коротковолнового вегетационного индекса). Данный индекс вычисляется на основе ближнего и среднего ИК каналов по формуле, аналогичной индексу NDVI. При этом вместо красного канала используется средний ИК.

Эффективность данного индекса при выявлении вырубок и гарей связана с тем, что при уничтожении растительности происходит не только снижение концентрации хлорофилла (что вызывает падение яркости в ближней ИК зоне), но и снижение влажности, что приводит к резкому росту яркости в средней ИК зоне.

Откройте растр **Lt5_20090908.tif** из каталога **C:\Tasks\Work-5\Data**. Визуализируйте его и ранее открытый растр **Lt5_20110712.tif** в двух рабочих окнах программы в синтезе каналов 5–4–3. Настройте гистограммы изображений.

Для анализа изменений яркости спектральных каналов разновременных снимков на участках свежих вырубок и гарей воспользуйтесь инструментом анализа гистограмм (меню **Инструменты – Гистограмма**). В группе **Растры** выберите все 6 каналов второго снимка (за 12.07.2011), в группе **Тип графика** выберите **По полилинии**. Проведите спектральный профиль через любую из свежих вырубок или гарей на снимке, захватывая также прилегающий лес. Обратите внимание на резкий рост яркости в пятом (среднем ИК) канале, соответствующий гарям и вырубкам (рис. 5.18). За счет высокой яркости в среднем ИК канале, в синтезе 5–4–3 гари и вырубки отображаются красным цветом.

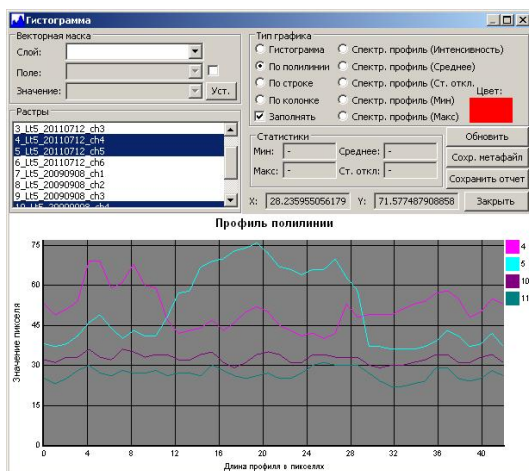


Рис. 5.18. Спектральный профиль через свежую гарь и прилегающий лесной массив

Вычислите коротковолновый вегетационный индекс SWVI последовательно для обоих снимков. Для этого зайдите в меню **Классификация – Вычисле-**

ние индексов – NDVI, установите параметры как на рис. 5.19 и нажмите **Выполнить**. При расчете SWVI вместо красного канала используется средний ИК канал. Выходной растр назовите для первого снимка (за 2009 г.) **SWVI1**, а для второго снимка (за 2011 г.) – **SWVI2**.

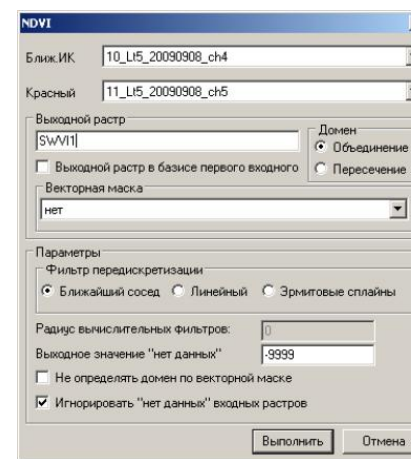


Рис. 5.19. Вычисление коротковолнового вегетационного индекса SWVI

Для вычисления разности полученных индексных изображений воспользуйтесь растровым калькулятором (меню **Редактирование – Макросы – Растровый калькулятор**). В диалоговом окне калькулятора растров в группе **Определение входных данных** в списке слева (рис. 5.20) введите любую латинскую букву (например, **X**), а в списке справа выберите канал **SWVI1** и перенесите это определение с помощью стрелочки в список входных данных.

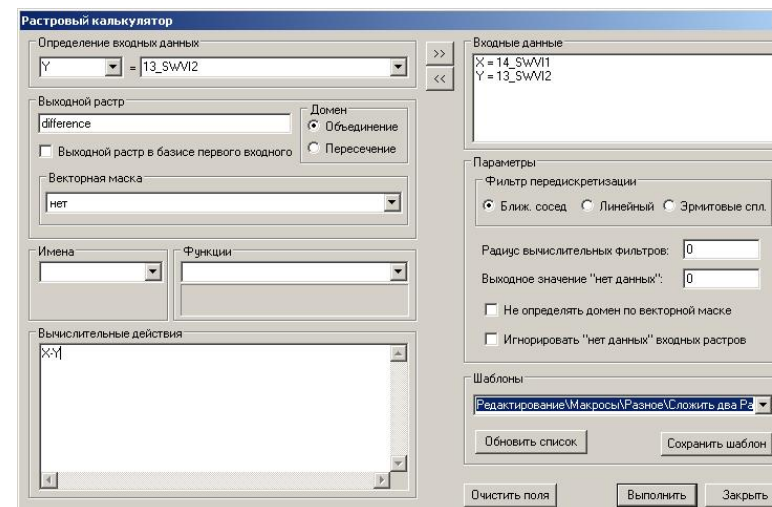


Рис. 5.20. Вычисление разности вегетационного индекса в окне растрового калькулятора

Затем аналогичным образом присвойте каналу **SWVI2** обозначение **Y**. В группе **Вычислительные действия** введите с клавиатуры выражение **X–Y**. Выходной растр назовите **Difference**. Остальные параметры оставьте по умолчанию, как на рис. 5.20. Запустите процесс вычисления, после его окончания закройте окно растрового калькулятора.

Отобразите созданный растр **Difference.tif** в окне палитры. Вызовите инструмент настройки окна палитры (меню **Отображение – Настройка окна палитры**), вызовите диалог **Создать Уровни**. Так как значение вегетационного индекса может изменяться в пределах от -1 до $+1$, в окне **Минимум** задайте значение -1 , а в окне **Максимум** – значение 1 . Число уровней задайте равным 5 . Создайте контрастную цветовую шкалу, как на рис. 5.21. Обратите внимание, что все рубки и гари попадают в область положительных значений ($0,2-0,6$).

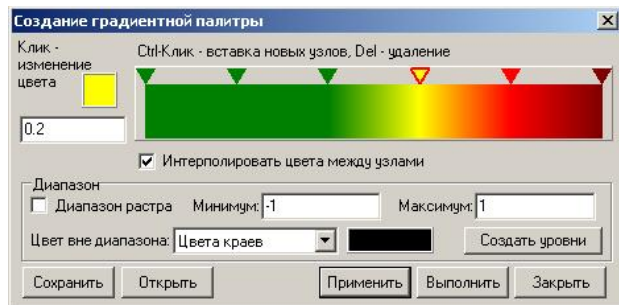


Рис. 5.21. Градиентная палитра для растра разности вегетационного индекса SWVI

Установите порог выявления вырубок и гарей для их последующей автоматической векторизации. Воспользуйтесь тем, что при наведении курсора на растр в окне палитры в нижнем правом углу отображается значение индекса. В данном случае величина порога составляет около $0,3$.

Снова запустите растровый калькулятор (меню **Редактирование – Макросы – Растровый калькулятор**). В диалоговом окне калькулятора растров в группе **Определение входных данных** в списке слева введите **X**, а в списке справа выберите растр **Difference** и перенесите его с помощью стрелочки в список входных данных. В группе **Вычислительные действия** введите с клавиатуры выражение **X>0,3** (вместо $0,3$ может быть значение порога, установленное вами). Выходной растр назовите **threshold**. Остальные параметры оставьте по умолчанию. Фильтр передискретизации укажите **Ближайший сосед**. Запустите процесс вычисления, после его окончания закройте окно растрового калькулятора.

Отобразите растр **threshold** в окне палитры. Отобразите для него легенду (меню **Отображение – Показать легенду**). В раскрывающемся списке каналов выберите **threshold**. Покажите только существующие значения растра (см. задание №2). В столбце **Вект.** двойным щелчком мыши поставьте значение **Yes**.

Создайте новый векторный слой (меню **Вектор – Управление Векторными слоями**, кнопка **Новый**). Назовите его **Вырубки_гари.mif**. Создайте в атрибутивной таблице векторного слоя одно поле **Code** типа **Char** и сделайте векторный слой редактируемым.

Автоматически векторизуйте класс изменений из растра **threshold**, задав параметры векторизации согласно рис. 5.22. Порог минимальной площади объекта задайте равным 5000 м^2 , иначе образуется большое количество мелких ложных контуров. После векторизации сохраните изменения в векторном слое (меню **Вектор – Сохранить изменения**). Сделайте векторный слой прозрачным, контур желтого цвета толщиной 2 .

Создайте мультитременной композит (см. задание №2) и отобразите векторный слой на его фоне, чтобы оценить качество полученного векторного слоя (рис. 5.23). По окончании выполнения задания закройте все данные.

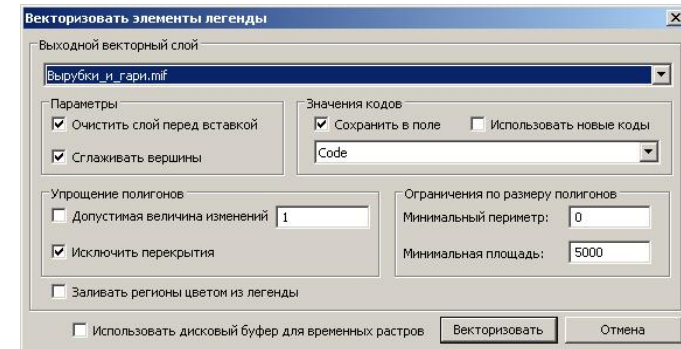


Рис. 5.22. Параметры автоматической векторизации

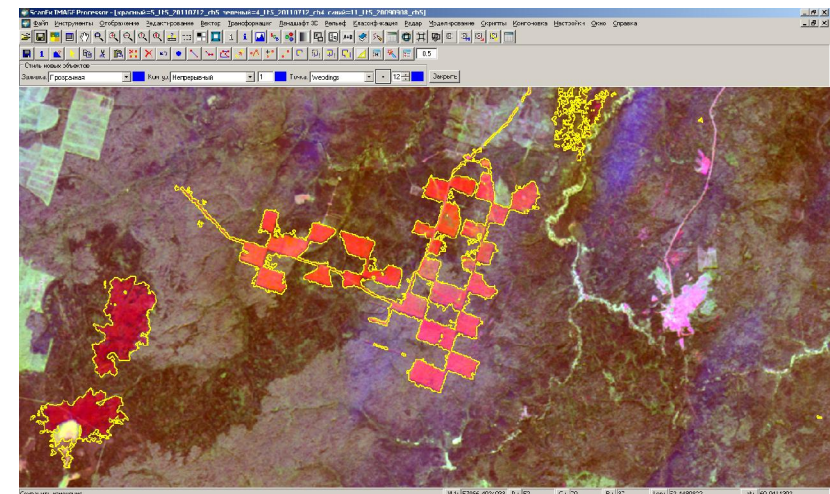


Рис. 5.23. Результаты автоматической векторизации изменений

Использованный метод позволяет с достаточно высоким качеством проводить автоматическое оконтуривание свежих вырубок и гарей, но при этом возникает необходимость удаления (обычно вручную) большого числа ложных контуров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Капралов Е.Г. и др. Геоинформатика: толковый словарь основных терминов. М.: ГИС-Ассоциация, 1999. 205 с.
2. Гарбук С.В., Гершензон В.Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. М.: Издательство А и Б, 1997. 296 с.
3. Геоинформатика: учеб. для студ. вузов / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; под ред. В.С. Тикунова. М.: Академия, 2005. 480 с.
4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
5. Дешифрирование многозональных аэрокосмических снимков. М.: Наука – Берлин: Академи Ферлаг, 1982. Т.1. 83 с.
6. Изображения Земли из космоса: примеры применения: науч.-популярное издание. М.: ООО «ИТЦ «СКАНЭКС», 2005. 100 с.
7. Калинин В.М. Мониторинг природных сред: учеб. пособие. Тюмень: Изд-во Тюмен. гос. ун., 2007. 208 с.
8. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Академия, 2011. 416 с.
9. Копылов В.Н. Космический мониторинг окружающей среды: монография. Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2008. 216 с.
10. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв: учеб. пособие. М.: Аспект Пресс, 2005. 192 с.
11. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли. М.: Мир, 1988. 349 с.
12. Лабутина И.А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. М.: Аспект Пресс, 2004. 184 с.
13. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: учебник. 2-е изд., испр. М.: КДУ, 2010. 424с.
14. Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений: учеб. пособие. М.: Научный мир, 2003. 168 с.
15. Методы компьютерной обработки изображений / под ред. В.А. Сойфера. М.: Физматлит, 2001, 784 с.
16. Обиралов А.И., Лимонов А.Н., Гаврилова Л.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. М.: КолосС, 2006. 334 с.
17. Основы геоинформатики: учеб. пособие для студ. вузов: в 2 кн. / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др.; под ред. В.С. Тикунова. М.: Академия, 2004. 352 с.
18. Пономарчук А.И., Шихов А.Н. Детектирование лесных пожаров в Пермском крае с использованием данных дистанционного зондирования Земли // Материалы конф. «Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края»: сб. науч. тр. Пермь, 2011. Вып.4. С.15–24.
19. Пьянков С.В., Пономарчук А.И., Шихов А.Н. Космический мониторинг Пермского региона // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. М.: ИТЦ «СКАНЭКС», 2013. № 16. С. 29–32.
20. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования. 2-е изд. М.: Техносфера, 2006. 336 с.
21. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 2001. 228 с.
22. Справочные ресурсы ArcGIS 10.1. URL: <http://resources.arcgis.com/ru/help/> (дата обращения: 30.03.2013).
23. Стурман В.И. Экологическое картографирование: учеб. пособие. М.: Аспект Пресс, 2003. 251 с.
24. Тутубалина О.В. Компьютерный практикум по курсу «Космические методы исследования почв». М.: Геогр. ф-т МГУ, 2009. 110 с.
25. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М.: Техносфера, 2008. 312с.
26. Шихов А.Н. Исследование последствий сильных шквалов и смерчей в Пермском крае с применением данных дистанционного зондирования Земли // Географический вестник / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. № 1. С. 77–86.
27. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. М.: Техносфера, 2010. 560 с.
28. Fundamentals of Remote Sensing. Canada Centre for Remote Sensing. URL: <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geography-boundary/remote-sensing/fundamentals/1430> (дата обращения: 30.03.2013).
29. ScanEx Image Processor 3.6. Руководство пользователя. М.: СканЭкс, 2012. 314 с.
30. ScanEx Image Processor 3.6. Модуль тематической интерпретации данных дистанционного зондирования «Thematic Pro». М.: СканЭкс, 2012. 224 с.
31. Сайт компании ИТЦ «СканЭкс». URL: <http://www.scanex.ru/>
32. Каталог снимков. URL: <http://www.kosmosnimki.ru/>
33. Проект GIS-Lab. URL: <http://gis-lab.info/>
34. Сайт НЦ «ОМЗ». URL: <http://www.ntsomz.ru/>
35. Сайт компании «Совзонд». URL: <http://www.sovzond.ru/>
36. Геологическая служба США. URL: <http://www.usgs.gov/>
37. Каталог снимков. URL: <http://earthexplorer.usgs.gov/>
38. Каталог данных MODIS. URL: <http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/>
39. Сайт компании ESRI. URL: <http://resources.esri.com/>
40. Сайт компании ENVI. URL: <http://www.exelisvis.com/>