

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

Е. Н. Кулик, А. С. Гордиенко

МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО АЭРОКОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебно-методического пособия для обучающихся
по направлению подготовки 21.04.03 Геодезия и дистанционное зондирование
(уровень магистратуры), профиль «Геопространственные платформы
и технологии для цифровой экономики»

Новосибирск
СГУГиТ
2022

УДК 528.7:502
К903

Рецензенты: кандидат технических наук, руководитель экспертной группы
ООО «Эксперт-Проект» *О. А. Беленко*

кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природо-
пользования СГУГиТ *Е. И. Баранова*

Кулик, Е. Н.

К903 Мониторинг природных комплексов по аэрокосмическим сним-
кам : учебно-методическое пособие / Е. Н. Кулик, А. С. Гордиенко. –
Новосибирск : СГУГиТ, 2022. – 102 с. – Текст : непосредственный.
ISBN 978-5-907513-57-0

Учебно-методическое пособие подготовлено доцентами кафедры, кандида-
тами технических наук Е. Н. Кулик и А. С. Гордиенко на кафедре фотограмметрии
и дистанционного зондирования Сибирского государственного университета гео-
систем и технологий.

В учебно-методическом пособии изложены теоретические основы современ-
ных технологий мониторинга по аэрокосмическим снимкам, представлен ком-
плексный подход к автоматизированной обработке спутниковых изображений
при изучении природных ресурсов и оценке состояния окружающей среды мето-
дами дистанционного зондирования. С целью приобретения обучающимися прак-
тических навыков по обработке, синтезу пространственной и аэрокосмической
информации, необходимых при решении прикладных задач по оценке состояния
природных комплексов и окружающей среды, в пособии представлены описания
упражнений для выполнения лабораторных работ.

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Мониторинг природных
комплексов» предназначено для обучающихся по направлению подготовки
21.04.03 Геодезия и дистанционное зондирование (уровень магистратуры), про-
филь «Геопространственные платформы и технологии для цифровой экономики».

Рекомендовано к изданию кафедрой фотограмметрии и дистанционного зон-
дирования СГУГиТ, Ученым советом Института геодезии и менеджмента
СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 528.7:502

ISBN 978-5-907513-57-0

© СГУГиТ, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
1. Современные методы дистанционного зондирования Земли для решения задач мониторинга природных комплексов	7
1.1. Современные технологии получения данных дистанцион- ного зондирования Земли.....	7
1.2. Требования к данным дистанционного зондирования Земли для решения тематических задач.....	10
1.3. Математические основы современных методов обработки данных дистанционного зондирования Земли	14
1.4. Виды коррекции данных дистанционного зондирования Земли.....	16
1.5. Автоматизированное дешифрирование снимков	19
1.6. Мониторинг динамических природных процессов по дан- ным дистанционного зондирования.....	22
2. Лабораторные работы	25
2.1. Лабораторная работа № 1. Знакомство с интернет-серви- сами. Экспорт данных	25
2.2. Лабораторная работа № 2. Спектрональные и гиперспек- тральные данные	26
2.3. Лабораторная работа № 3. Яркостная и геометрическая кор- рекции	27
2.4. Лабораторная работа № 4. Устранение геометрических ис- кажений.....	28
2.5. Лабораторная работа № 5. Анализ пространственных харак- теристик аэрокосмических изображений.....	29
2.6. Лабораторная работа № 6. Алгебра изображений. Индекс- ные изображения.....	30

2.7. Лабораторная работа № 7. Анализ радиометрических, спектральных и временных характеристик аэрокосмических изображений	30
2.8. Индивидуальный проект: Современные компьютерные технологии. Методы и алгоритмы цифровой обработки изображений. Выявление изменений по изображениям	31
3. Упражнения.....	35
3.1. Упражнение № 1. Получение космических снимков из открытых источников.....	35
3.2. Упражнение № 2. Импорт изображений из обменного формата GeoTIFF (TIFF)	38
3.3. Упражнение № 3. Создание многоканального изображения из набора одноканальных снимков	40
3.4. Упражнение № 4. Преобразование системы координат UTM в Geographic	42
3.5. Упражнение № 5. Фрагментация области интереса	44
3.6. Упражнение № 6. Преобразование системы координат Geographic в Transverse Mercator	47
3.7. Упражнение № 7. Получение фрагмента глобальной ЦМР	49
3.8. Упражнение № 8. Построение трехмерной сцены	50
3.9. Упражнение № 9. Получение пространственных данных. Интернет-сервис SAS.Planet.....	55
3.10. Упражнение № 10. Импорт изображений из обменного формата JPEG	58
3.11. Упражнение № 11. Геокодирование растра	59
3.12. Упражнение № 12. Индексные изображения.....	63
3.13. Упражнение № 13. Псевдоцветное представление индексного изображения.....	67
3.14. Упражнение № 14. Выявление изменений состояния растительности.....	69
3.15. Упражнение № 15. Псевдоцветное представление тематического растра. Разность разновременных индексных изображений	71

3.16. Упражнение № 16. Анализ уклонов местности	74
3.17. Упражнение № 17. Анализ ориентации склонов местности	80
3.18. Упражнение № 18. Создание композиции карты	84
3.19. Упражнение № 19. Каталог пространственных данных	96
3.20. Упражнение № 20. Пространственный анализ тематиче- ских и индексных изображений.....	97
Заключение.....	99
Библиографический список	100

ВВЕДЕНИЕ

Национальные программы планомерно способствуют комплексному развитию средств дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), совершенствованию методов и технологий анализа материалов космической съемки, интеграции значимых объемов данных ДЗЗ в процедуры оценки природно-экономического потенциала территорий. Данные ДЗЗ можно успешно использовать для грамотного ведения недропользования, зондирования природных ресурсов и управления их режимом использования, оценки ресурсов агропромышленного и земельного фондов, картографирования и типизации почв, мониторинга процессов засоления и выявления эрозионной опасности; решения задач лесопользования и лесоустройства, лесной таксации, детектирования лесных пожаров и поражения лесного фонда вредителями и болезнями; гидроэнергетической оценки территорий, определения состояния и запасов водных ресурсов, мониторинга мелиоративных систем; мониторинга геодинамической, селевой и лавинной опасности, инженерной оценки территории при проектировании и строительстве крупных инженерных объектов; актуализации топографических и тематических разномасштабных картографических материалов; исследования динамики протекания природных процессов, контроля состояния компонент окружающей среды и др.

В учебно-методическом пособии изложены теоретические основы современных технологий мониторинга, представлен комплексный подход к автоматизированной обработке аэрокосмических изображений. С целью приобретения обучающимися практических навыков по обработке, синтезу пространственной информации, необходимых при решении прикладных задач по оценке состояния окружающей среды и природных ресурсов методами дистанционного зондирования, в пособии представлены описания упражнений и задания для выполнения лабораторных работ.

1. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

1.1. Современные технологии получения данных дистанционного зондирования Земли

Средства оперативного мониторинга поверхности Земли. Космическая съемка стала такой же привычной, как сотовая связь и Интернет. Техническое оснащение аппаратов поражает производительностью, высокой точностью и оперативностью. Задачи оперативного контроля территорий определяют способы и технологии получения информации, необходимой для принятия своевременных управленческих решений, исследования динамики процессов и явлений, анализа причин, прогнозирования возможных последствий и выбора способов предупреждения чрезвычайных ситуаций. Актуальность приобретает задача выбора наиболее информативных космических систем, во избежание приема и обработки избыточных данных, приводящих к неоправданному росту стоимости создания и эксплуатации средств ДЗЗ.

История оперативного мониторинга поверхности Земли начиналась с рождения первых группировок спутников, обеспечивающих информацией широкий круг научных и прикладных задач. Отсутствие оперативного доступа, нехватка материалов космических съемок исторически являлась основной проблемой развития автоматизированного оперативного мониторинга. Несовершенство прикладного программного обеспечения было обусловлено отсутствием каких-либо архивных данных, необходимых для построения моделей и адаптации алгоритмов мониторинга, требующих постоянного обращения к ретроспективной информации. Среди современных вариантов оперативного доступа к данным ДЗЗ при осуществлении космического мониторинга распространение получили два подхода: заказ данных у оператора космических аппаратов (КА) посредством высокоскоростных каналов связи либо прием данных непосредственно с КА посредством установленной станции приёма. Оперативное получение пространственной информации в ситуациях, требующих принятия безотлагательных решений,

успешно используется в качестве информационно-аналитической основы ситуационных центров различного уровня [1, 2].

Результаты анализа оперативных данных ДЗЗ из космоса, предоставляя наиболее полную и объективную информацию о природно-ресурсном потенциале территории, интегрируются в тематические ГИС для получения картины развития позитивных и негативных процессов. Оперативная спутниковая информация является ключевой при решении задач управления сельским, лесным, нефтегазовым хозяйством, при мониторинге транспортных средств, в гидрометеорологии и океанографии, при изучении природных ресурсов, экологическом мониторинге и контроле чрезвычайных ситуаций [1, 3, 4]. Современный этап развития характеризуется разделением мирового рынка ДЗЗ на общедоступную и коммерческую спутниковую информацию [1, 5].

Рост интереса к ДЗЗ связан с увеличением пространственного и радиометрического разрешения, расширением возможностей стереоскопической съемки, улучшением геометрических характеристик изображения, расширением мультиспектральных возможностей, повышением точности пространственной привязки данных ДЗЗ, увеличением полосы съемки, появлением радиолокационных аппаратов сверхвысокого разрешения с возможностью интерферометрической обработки. В XXI в. на орбитах появились спутники с оптико-электронными системами сверхвысокого разрешения нового поколения (WorldView и GeoEye), уникальные многофункциональные космические аппараты (ALOS), группировки спутников малого класса мониторингового назначения (RapidEye), аппараты с радиолокаторами высокого и сверхвысокого разрешения (TerraSAR-X, COSMO SkyMed, RADARSAT-2) [1, 6]. В последние десятилетия космические агентства запустили серию спутников для глобального изучения Земли. Например, спутники, составляющие систему EOS (Earth Observing System), серия полярно-орбитальных спутников в рамках программы JPSS (Joint Polar Satellite System), спутник NPP (NPOESS Preparatory Project) [1, 7, 8].

Особенности многозональных съемок. Многозональная съемка – это процесс съемки поверхности Земли с одновременным получением значений отраженного электромагнитного излучения нескольких узких зон спектра. Для многозонального режима съемки применяют спектрзональные космические съемочные приборы, способные разделять весь отраженный от поверхности сигнал на составляющие. В итоге получается набор

изображений, по своей информативности превосходящий обычные цветные снимки. Применение данного подхода базируется на физических различиях элементов земных ландшафтов, поскольку отражательная способность или спектральная характеристика объектов подстилающей поверхности различна, и получив несколько снимков в отдельных диапазонах спектра, можно распознать тип ландшафта (например, надежно различаются растения, типы почв, водные объекты).

Наиболее универсальный подход работы с многозональными снимками – синтезирование многоканального изображения, путем формирования набора диапазонов с их представлением в системе RGB. Автоматизированное дешифрирование реализует учет различий значений спектральных яркостей исследуемых объектов в виде классификации объектов на основе спектральных признаков, а при визуальной оценке используют различные наборы каналов [9]. Ряд преимуществ многозональной съемки: получение информации в диапазонах электромагнитного спектра, недоступного непосредственно восприятию человека; сбор данных в нескольких частотных диапазонах и в условиях, неблагоприятных для визуального наблюдения (в условия облачности и осадков) [10].

Спектральные библиотеки могут быть представлены в табличном или графическом виде. Изменения коэффициентов спектральной яркости представляют из себя график соответствия между длинами волн (в значениях мкм или нм) и значениями коэффициентов отражения (чаще всего в процентах) изучаемого объекта. Получают такие данные в лабораторных или полевых условиях, используя спектрометры. При проведении спектрального анализа пытаются выявить зоны поглощения или отражения энергии, следовательно, визуальное или автоматическое сравнение кривых полученных спектрометром и тех, что получены на основе анализа многозонального снимка, могут помочь выявлению характерных особенностей различных объектов. При выявлении объектов на снимке с использованием графиков спектральных библиотек при задании эталонов необходимо соблюдать ряд обязательных требований: единство системы измерения – необходимо выполнять пересчет значений пикселей в коэффициенты отражения (значения коэффициентов отражения в библиотеках выражается от 0 до 1 или от 0 до 100 %) с устранением влияния атмосферы; единство спектральных диапазонов и разрешения

данных – спектральный диапазон большинства библиотек соответствует характеристикам спектрометра и варьирует от 0,2–0,4 до 14-25 мкм с шагом от 1 до нескольких нанометров.

Первым советским аналогом современных спектральных библиотек является «Атлас спектральных кривых отражения природных образований», составленный Л. Е. Криновым в 1938 г. Труд был опубликован в 1947 г., в книге представлены спектральные характеристики различных типов естественной растительности, огородных культур, искусственных материалов, грунтов и почв, собранных в разных природных условиях.

Примером современных спектральных библиотек является *USGS Digital Spectral Library*. В ней представлено более 1 300 спектральных кривых горных пород, грунтов, жидкостей, летучих соединений, минералов, растительности, искусственных покрытий в диапазоне длин волн от 0,2 до 150 мкм.

Отсутствие подробных спектральных библиотек растительности обусловлено изменчивостью спектральной отражательной способности растений в пространственном и временном домене. Во время вегетационного сезона меняются содержание хлорофилла, структура листвы, количество биомассы и т. д. При этом изменения растительности могут происходить весьма вариативно в зависимости от географии района произрастания, метеорологических условий, времени смены сезонов, что приводит к необходимости накопления в библиотеке множества кривых для одного типа объекта [11].

1.2. Требования к данным дистанционного зондирования Земли для решения тематических задач

При планировании съемок необходимо оценить требования потребителей и физические ограничения аппаратуры. Множество задач исследования природных ресурсов разбивают на ряд классов, которые зависят от методических способов решения: создание картографической основы; многоспектральная и структурометрическая классификация природных объектов; определение температуры поверхности океана и тепловых физических свойств почв; контроль состава и степени загрязнения атмосферы; определение высоты волн и типология морских течений; определение силы ветра над поверхностью; подповерхностное зондирование Земли.

При решении природоведческих задач методами ДЗЗ необходимо иметь достаточное для изучения и картографирования объектов пространственное разрешение данных съемок. Для обработки снимков применяются высокоточные приборы и автоматизированные системы анализа.

Организация доступа. Геопортал – это программно-технологическая среда для организации работы с пространственными ресурсами. Геопорталы являются транспортными каналами, обеспечивающими движение геопространственной информации от провайдеров (правообладателей и владельцев) к конечным потребителям (рис. 1).



Рис. 1. Схема передачи геопространственной информации

По факту на геопорталах размещаются метаданные – сформированные описания наборов геоданных, интернет-служб и документов. Пользователь, оперируя инструментарием интерфейса геопортала, может просматривать контент геопорталов и/или производить поиск, формируя пространственные или атрибутивные запросы для обнаружения геопространственных материалов. Получение данных может быть реализовано по следующим схемам: в случае свободного доступа потребитель может произвести загрузку данных в режиме онлайн (инкогнито или в качестве зарегистрированного пользователя) либо в случае ограниченного доступа обратиться к поставщику с запросом о предоставлении данных или документов. В целом регламент

сотрудничества провайдеров и потребителей геоданных формирует структуру, режим и правила Инфраструктуры пространственных данных (ИПД). Геопортал является очень значимым звеном ИПД, так называемым «интерфейсом» инфраструктуры. Специалисты отрасли заняты формированием международных стандартов и нормативно-правовой базы, администрирующих такие специализированные высокотехнологичные виды деятельности.

Функциональные возможности частного случая геопортала, как программно-технологического решения, определяются набором предоставляемых им сервисов: поисковые сервисы, сервисы визуализации, сервисы для скачивания информации, сервисы преобразования данных, сервисы для вызова других (удаленных) сервисов [12].

Классификация космических снимков по повторяемости съемки

При исследованиях природной среды и географических объектов в их динамике важно различать временные интервалы обновления спутниковых данных. Чаще всего при выборе снимков нужно идти на компромисс, поскольку снимки с низким пространственным разрешением повторяются чаще, а съемка высокого разрешения обладает редким повторением. Для сокращения интервалов повторения ряд спутников работают парами или семействами [14]. В зависимости от периодичности съемки выделяют следующие ее виды:

- съемка с периодической повторяемостью – выполняется со всех метеорологических спутников, работающих как на геостационарных, так и на околоземных орбитах, а также с некоторых ресурсных спутников;
- периодическая ограниченно-регулируемая съемка – выполняется с некоторых ресурсных спутников, в тех случаях, когда она характеризуется малым территориальным охватом и редким повторением. На каких спутниках предусмотрена возможность отклонения полосы съемки от подспутниковой трассы [14];
- регулируемая съемка – выполняется с орбитальных станций, автоматических спутников, запускаемых на короткое время, а также в большинстве случаев для съемки других планет.

Три выделенные группы разделяются в зависимости от временного интервала повторяемости, он может варьироваться от 10 минут до 18 суток.

Разделение снимков по пространственным показателям [14]

1. Масштаб снимков: крупномасштабные (крупнее 1 : 1 000 000); среднемасштабные (от 1 : 1 000 000 до 1 : 10 000 000); мелкомасштабные (от 1 : 10 000 000 до 1 : 100 000 000).

2. Обзорность (площадной охват территории):

– глобальные, охватывающие всю планету (освещенное полушарие). Это снимки Земли с геостационарных и межпланетных орбит. Территориальный охват одной сценой или снимком составляет сотни миллионов квадратных километров;

– региональные, отображающие части материков или крупные регионы. Снимки с метеорологических спутников, снимки малого и среднего разрешения ресурсных спутников. Ширина охвата от 500 до 3 000 км;

– локальные, охватывающие части регионов. Снимки с ресурсных и картографических спутников. Охват одним снимком/сценой составляет десятки тысяч квадратных километров.

3. Разрешение на местности (минимальная линейная величина):

– *снимки очень низкого разрешения*, измеряющегося десятками километров;

– *снимки низкого разрешения*, измеряющегося километрами;

– *снимки среднего разрешения*, измеряющегося сотнями метров; подходит для отображения природных объектов, но недостаточно для объектов, связанных с хозяйственной деятельностью;

– *снимки высокого разрешения*, измеряющегося десятками метров. Изображаются малые объекты площадью от десятков до сотен квадратных метров: не только природные, но и объекты, связанные с хозяйственной деятельностью. Эти снимки удовлетворяют большинству географических задач.

Группа снимков *высокого разрешения* делится на снимки относительно высокого разрешения (50–100 м); снимки высокого разрешения (20–50 м); снимки очень высокого разрешения (10–20 м); снимки сверхвысокого разрешения: отображают объекты размером менее 10 м.

4. Детальность изображения.

Оценка качества снимков производится по четырем показателям:

- p – показатель разрешающей способности съемочной камеры, мм^{-1} – число линий на 1 мм для объектов среднего контраста;
- R' – величина разрешения на местности в масштабе снимка, мм;
- E – количество элементов изображения на 1 кв. мм площади снимка;
- V – коэффициент оптимального увеличения.

По детальности снимки делятся на снимки малой, средней, большой и очень большой детальности [14].

1.3. Математические основы современных методов обработки данных дистанционного зондирования Земли

Общую задачу обработки снимков ДЗЗ можно регламентировать как определение свойств природных объектов по результатам измерения их спектрального отклика, структуры и текстуры их изображения.

Обработку изображений и процесс дешифрирования выполняют в интерактивном режиме с участием оператора [15]. При этом режиме оператор осуществляет управление процессом обработки, выполняет анализ результатов и контролирует качество решения поставленных задач (рис. 2).

Выбор задействованных методов обработки изображений определяется масштабом съемки, значениями разрешения, качеством анализируемого материала. При организации технологии обработки важно оценить возможности и рационально задействовать методы автоматизации дешифрирования с учетом конкретики тематической задачи (рис. 3).

Этапы общей схемы тематической обработки данных ДЗЗ.

1. Статистический анализ исходных данных, который обеспечивает выбор эталонных участков и планирование оптимальных сроков проведения съемок.
2. Накопление и анализ дешифровочных признаков по эталонным участкам для исследуемых природных и антропогенных объектов.
3. Выделение на анализируемых снимках границ однородных областей.
4. Автоматизированная классификация изображения в диалоговом/интерактивном режиме.
5. Присвоение классам тематического содержания или идентификация.



Рис. 2. Схема интерактивной цифровой обработки снимков ДЗЗ

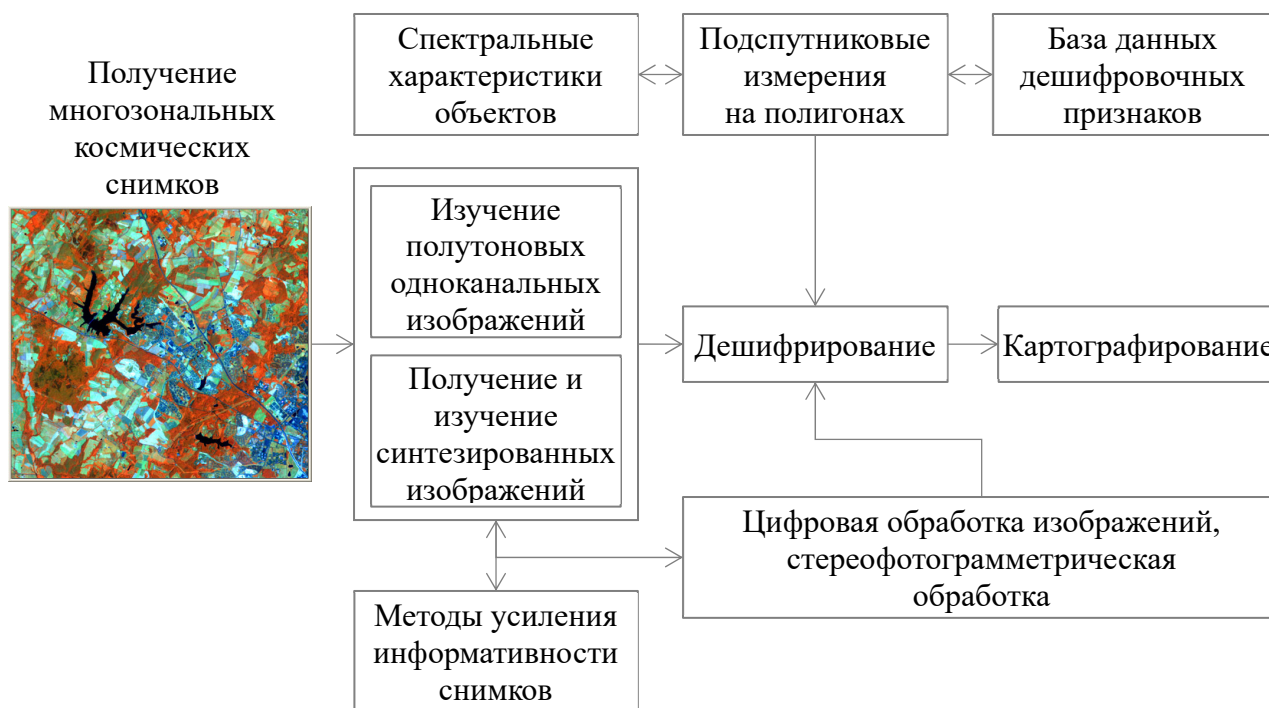


Рис. 3. Технологическая схема обработки многозональных космических снимков

Первый и последний этапы технологий требуют участия специалистов-экспертов. На начальном этапе формируется и анализируется набор данных, исследуется делимость классов объектов по спектральным и текстурным признакам, отдельно выделяются группы плохо различимых объектов, определяется максимальная вероятность ошибки как в распознавании классов, так и в распознавании объектов внутри выделенных классов; на основании данного анализа проводится выбор эталонов, обобщаются и изучаются на местности их основные спектральные отражательные характеристики, особенности структурно-морфологического строения и планируются оптимальные сроки проведения съемки. Этап тематического анализа изображения реализуется в интерактивном режиме с участием оператора-дешифровщика, при этом привлекаются данные наземных обследований и картографические тематические данные на исследуемую территорию.

1.4. Виды коррекции данных дистанционного зондирования Земли

Передача данных зондирования на Землю. Существует три основных способа передачи данных со спутника на Землю. Первый способ – это прямая передача данных на наземную станцию, которая находится в зоне прямой видимости спутника (рис. 4).

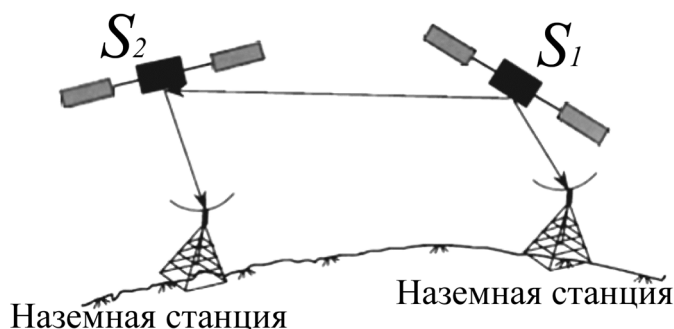


Рис. 4. Передача данных ДЗЗ на Землю

Если прямая передача невозможна, полученные данные сохраняются на спутнике, а затем передаются с некоторой задержкой по времени на Землю. Третий способ передачи данных основан на использовании системы

геостационарных спутников связи. В этом случае данные передаются с одного спутника на другой до тех пор, пока в зоне прямой видимости одного из них не окажется наземная станция. После того как данные в исходном формате поступают на наземную станцию, выполняется их обработка, в результате которой устраняются систематические ошибки, геометрические и атмосферные искажения. Затем данные преобразуются в стандартные цифровые форматы и архивируются. Как правило, архивы данных формируются на наземных станциях, а базы данных дистанционного зондирования находятся в ведении либо государственных организаций, либо коммерческих компаний. Благодаря быстрой обработке данных космические снимки относительно низкого разрешения предоставляются пользователям уже через несколько часов после выполнения съемки. Такие снимки применяются, в частности, для контроля за ледовой обстановкой во время арктической навигации. Другим примером является съемка в инфракрасном диапазоне, которая используется для борьбы с лесными пожарами.

Съемочная аппаратура и носители. По отношению к источнику энергии все сенсоры можно разделить на пассивные и активные. Пассивные сенсоры служат для измерения характеристик излучения внешнего источника, в качестве которого обычно выступает Солнце. Активные сенсоры сами являются источником излучения. Съемочные аппараты могут размещаться на наземных, воздушных или космических платформах.

Информацию с наземных станций можно использовать в качестве опорных данных при анализе космических или аэроснимков. Космические платформы, в качестве которых используют искусственные спутники Земли, предназначены, прежде всего, для периодической съемки изучаемой территории.

Орбиты спутников должны соответствовать возможностям сенсоров и целям запуска. Тип орбиты зависит от ее высоты и ориентации относительно поверхности Земли, а также от направления движения спутника по орбите. Если орбита спутника расположена в экваториальной плоскости на высоте около 36 000 км, а направление его движения совпадает с направлением вращения Земли, то положение такого спутника относительно земной поверхности будет постоянным. Такие спутники называют *геостационарными*; они идеально подходят для метеорологических наблюдений и обеспечения связи. Субполярные орбиты, у которых остается постоянным угол

между плоскостью орбиты и направлением на Солнце, называют *солнечно-синхронными*. Спутники, выведенные на такие орбиты, используют для периодической сезонной съемки объектов при одинаковых условиях освещенности.

Коррекция данных. Основной задачей коррекции «сырых» данных, поступающих с борта КА, является восстановление получаемых данных для достижения как можно более правдоподобного изображения земной поверхности. Данные ДЗЗ содержат целый ряд искажений, для устранения которых, с учетом их специфики, различают коррекцию нескольких видов.

Радикационное восстановление или атмосферная коррекция связаны с исправлением количества электромагнитной энергии пришедшей на каждый датчик, поскольку атмосфера неодинаково пропускает излучение различных участков электромагнитного спектра. Отличия измеряемой на борту КА освещенности поверхности от истинной зависят от множества факторов: высоты Солнца, положения и угла съемки КА, состава и влажности атмосферы и т. д. *Калибровка* заключается в преобразовании безразмерных данных, получаемых с датчиков отдельных спектральных зон в истинные нормализованные значения отраженной или излучаемой энергии. Операция *радиометрической коррекции* связана с устранением искажений, вносимых непосредственно датчиками и устройствами передачи/приема данных.

Измерительная аппаратура ресурсных спутников Земли перед запуском тщательно проверяется и калибруется, кроме того, информация со спутника в течение некоторого времени после его запуска проходит верификацию. За время функционирования спутников на орбите измерительная аппаратура деградирует под воздействием неблагоприятных факторов космического пространства. Поэтому показания датчиков сканеров необходимо подвергать радиометрической коррекции [15,16]. *Геометрическая коррекция* снимков предназначена для устранения искажений, вызванных кривизной и вращением Земли, а также углом наклона орбиты спутника к плоскости экватора. Этот вид коррекции базово может выполняться автоматически по информации о параметрах орбиты спутника [15, 17]. Уточнение геопривязки снимка к определенной системе координат обычно выполняется с использованием интерактивно задаваемых опорных точек. Часто для представления и совместной обработки материалов разновременных снимков одной

и той же территории используется проекция, называемая ортопланом, которая применяется в мировой практике в качестве обменного стандарта.

1.5. Автоматизированное дешифрирование снимков

Дешифрирование изображений включает распознавание объектов (выявление объектов на снимке) и отнесение их к некоторому типу; измерение – определение размеров, расстояний между объектами, количества объектов на единицу площади и т. п. К дешифровочным признакам изобразившихся объектов относятся тон, цвет, размер, форма, текстура, рисунок, тень, местоположение, связь с другими объектами.

Особенность автоматизированного дешифрирования состоит в том, что реальные объекты земной поверхности представлены отдельными элементами – пикселями, в которых зафиксирована *спектральная отражательная способность* объектов. Поэтому дешифрирование объектов по снимкам осуществляют не в географическом пространстве, а опосредованно, моделируя спектральное пространство. Размерность такого пространства равна числу съемочных зон, а каждый пиксель многозонального снимка с его набором спектральных значений представляет точку в этом пространстве. Таким образом, каждый объект на снимке представлен компактным множеством точек в спектральном пространстве с признаками, характеризующими объект. Используемые при автоматизированном дешифрировании признаки подразделяют на *яркостные, геометрические и комплексные*.

Яркостные признаки при обработке многозональных снимков наиболее удобны, так как создают многомерную числовую характеристику дешифрируемого объекта. «Спектральный образ» объекта, составленный на основании определенного по зональным снимкам ограниченного набора его спектральных яркостей, не может быть более информативным, чем измеренные коэффициенты спектральной яркости объекта. Для повышения надежности классификации исследователи идут по пути повышения точности измерений и увеличения количества самих признаков. Технически это наиболее просто сделать для яркостных признаков, увеличивая число каналов многозональной съемочной аппаратуры или используя многовремен-

ные снимки. К *геометрическим* признакам относятся такие, как форма (линейная, плоская, объемная), размер, топологические свойства (например, связность, число промежутков). Геометрические признаки используют значительно реже яркостных. *Комплексные* признаки являются специфическим сочетанием яркостных и геометрических признаков и определяют структуру (текстуру) изображений, характерную для определенных объектов или природных образований. Это наиболее эффективные и устойчивые признаки, но они с трудом поддаются формализации.

Индексные изображения. Знания о связи структуры и состояния объектов местности с их отражательными способностями позволяют использовать космические снимки для идентификации типов покрытий и их состояния. Уже хорошо известно, какие соотношения яркостей в различных зонах спектра соответствуют растительности, обнаженной почве, водным поверхностям, урбанизированным территориям и другим распространенным типам ландшафта. Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных» изображений. На основе выражения соотношения в виде линейных комбинаций различных зон, информативных для выделения исследуемого объекта, и расчета по этим значениям «спектрального индекса» объекта строится изображение, соответствующее значению индекса в каждом пикселе, что и позволяет выделить исследуемый объект или оценить его состояние.

Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее не зависящих от прочих факторов участках кривой спектральной отражательной способности растений (рис. 5). На красную зону спектра (от 0,62 до 0,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (от 0,75 до 1,3 мкм) – максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов.

Наиболее часто используемый индекс – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности, который для растительности принимает положительные значения, и чем больше зеленая фитомасса, тем они выше. На значения индекса влияет также видовой состав растительности, ее сомкнутость, состояние, экспозиция и угол наклона поверхности, цвет почвы под разреженной растительностью [12].

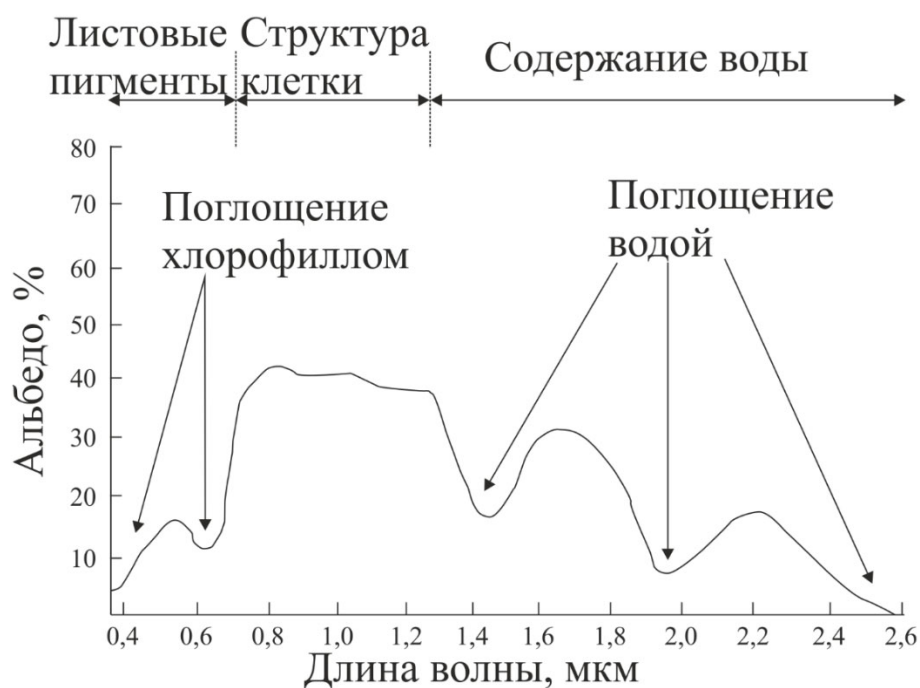


Рис. 5. Обобщенная кривая спектральной отражательной способности сосудистых растений (на участке от 0,4 до 2,5 мкм)

Перпендикулярный индекс растительности (Perpendicular Vegetation Index – PVI), который определяется как ортогональное расстояние между точкой, представляющей растительность на поле и линией почвы. Имеет узкий динамический диапазон и меньшую чувствительность и очень чувствителен к изменению атмосферы. Относительно прост в использовании и нахождении почвенной линии, что важно для использования других индексов.

Главным преимуществом вегетационных индексов является легкость их получения и широкий диапазон решаемых с их помощью задач, результатом которых могут являться карты продуктивности лесов и сельскохозяйственных земель, карты ландшафтов и природных зон, почвенные, аридные, фенологические и другие эколого-климатические карты [12].

Кроме вышеописанных, существует много других методов преобразования многозональных изображений: преобразование по методу IHS, на основе метода главных компонент (PCA), на основе вейвлет-анализа, Gram-Schmidt (GS) Spectral Sharpening, Brovey Transform и др.

Преобразование изображения по методу IHS – преобразование цветного изображения RGB в IHS, где канал Intensity заменяется на изображе-

ние в панхроматическом канале. Этот метод приводит к некоторым искажениям цвета относительно исходного спектрального изображения, что не позволяет использовать такие изображения, как полноценные многоспектральные.

Преобразование многозональных снимков по методу главных компонент базируется на формировании вторичных изображений из каналов исходных первичных многоспектральных снимков. Преобразованные данные имеют некоррелированные изображения в каждом канале, и яркости этих изображений можно связать с конкретными объектами или их свойствами. Представленное в псевдоцветах изображение позволяет более надежно определять границы объектов заданного класса по их изображению при визуальном дешифрировании [10].

1.6. Мониторинг динамических природных процессов по данным дистанционного зондирования

Понятие мониторинга. Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг) – информационная система постоянного наблюдения и регулярного контроля; мероприятий, проводимых по определенной схеме, позволяющих грамотно и своевременно проанализировать состояние природных компонент для оценки текущего состояния окружающей среды, динамику процессов, максимально точно составить план по разумному использованию природных ресурсов, а также заблаговременно выявлять возможные негативные тенденции. Главной задачей мониторинга окружающей среды является достоверная и актуальная информатизация служб и систем управления экологической безопасностью и природоохранной деятельностью.

Развитие производства приводит к ухудшению экологической обстановки в силу большого количества выбросов вредных веществ, источниками которых являются предприятия, транспорт, газопроводы и нефтепроводы и др. Отторжение земель для строительства уменьшение естественного растительного покрова ускоряет развитие негативных изменений природной среды. Данные условия потребовали внедрения новых технологий комплексного сбора экологических и пространственных данных с применением дистанционных и наземных измерений.

Международные программы мониторинга окружающей среды

В 1998 г. для обеспечения всеобъемлющего мониторинга окружающей среды органами Европейского Союза было принято решение о развертывании программы GMES (Global Monitoring for Environment and Security), которая должна осуществляться под эгидой Еврокомиссии в партнерстве с Европейским космическим агентством (ESA) и Европейским агентством по окружающей среде (European Environment Agency). Развертывание программы GMES начато в 2008 г. с серии пилотных сервисов, программа была расширена и переименована в Copernicus (Коперник) в 2014 г.

Программа опирается на два типа систем ДЗЗ: 5 типов спутников Sentinel (ESA, запуск с 2013 г.) и спутниковые системы миссий содействия. Наземный сегмент отвечает за обеспечение доступа к сервисам.

Первая миссия обеспечивает мониторинг арктических морей, нефтяных разливов, подвижек земной поверхности, картографирование лесов, внутренних вод и почв, ледовых полей, обнаружение кораблей с целью обеспечения безопасности, поддержку гуманитарных операций и управления кризисными ситуациями. Sentinel-2 обеспечат сервисы мультиспектральной съемкой высокого разрешения для мониторинга стихийных бедствий и гуманитарных операций, управления земельными ресурсами, сельским и лесным хозяйством. Основной целью миссии Sentinel-3 является наблюдение океана, мониторинг окружающей среды и климата, картографирование морских льдов. Миссии Sentinel-4,5 на платформе метеорологических спутников (EUMETSAT) предназначены для обеспечения данными о составе атмосферы. В настоящее время имеется около 30 спутников и их групп, составляющих миссии содействия программы. К ним относятся космические аппараты, принадлежащие непосредственно ESA, государствам-членам ESA, другим странам, метеоспутники EUMETSAT и др.

Весь информационный поток программы можно разделить на 6 основных групп сервисов: мониторинг океанов, суши, атмосферы, обеспечение мероприятий по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, обеспечение безопасности, наблюдения за изменением климата. Доступ к базовым сервисам свободный и бесплатный для любых организаций и граждан. Аналитические и прогнозные продукты предоставляются на платной основе [13].

Мониторинг катастроф и чрезвычайных ситуаций. Катастрофой принято считать резкий переход от нормального состояния развития социальной системы к нетипичному. Возникновение катастрофы провоцирует смену привычного политического экономического, социального, духовного развития целого общества или его части, при этом зачастую сопровождается значимым материальным ущербом и людскими потерями. Действия стихийных сил природы (наводнения, сейсмическая активность, смерчи, засухи, ураганы и т. п.) являются причиной *природных катастроф*. Локальные или глобальные нарушения биосферы провоцируют возникновение *экологических катастроф*. В большинстве ситуаций причиной их появления служит действие антропогенно-техногенной нагрузки на среду обитания человека, что зачастую сопровождается нерациональным природопользованием. Процедура прогнозирования экологических катастроф часто реализуется при проведении экологических экспертиз различных хозяйственных проектов. Для этих целей используют различные виды тематических карт, статическую информацию; базой обработки служит использование геоинформационных технологий. Максимум эффективности достигается при грамотном интегрировании наземных обследований с результатами спутниковых наблюдений.

При нарушении естественных природных процессов в биосфере происходит быстрое изменение компонент окружающей среды, что приводит к возникновению *экологического кризиса*: причины в несоответствии объемов потребления обществом природно-ресурсного потенциала и ограниченными экологическими возможностями биосферы.

Кризисный мониторинг – это интенсивные наблюдения за природными объектами, источниками техногенного влияния, расположенными в районах экологической напряженности, в зонах аварий и опасных природных явлений с вредными экологическими последствиями, для обеспечения своевременного реагирования на кризисные и чрезвычайные экологические ситуации и принятия решений до их ликвидации, создания нормальных условий для жизнедеятельности населения и хозяйствования.

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

2.1. Лабораторная работа № 1.

Знакомство с интернет-сервисами. Экспорт данных

Цель работы: закрепление на практике теории о видах источников, спектральных диапазонах съемки, пространственном разрешении, уровнях обработки и форматах данных ДЗЗ; приобретение навыка работы с геопорталами для получения материалов из открытых источников: космической съемки, глобальной ЦМР (SRTM), пространственных данных поисковых геосервисов; практическое освоение импорта геоданных в систему обработки ERDAS Imagine.

Для достижения цели необходимо решить следующие *задачи*:

- 1) регистрация на геопортале earthexplorer.usgs.gov, получение материалов космической съемки Landsat-8;
- 2) импорт файлов обменного формата GeoTIFF (TIFF, *.tif) во внутренний формат ERDAS Imagine (IMAGINE Image, *.img);
- 3) получение фрагмента глобальной ЦМР SRTM на область интереса, согласно варианту;
- 4) изучение интернет-сервиса SAS.Planet, получение изображения земной поверхности на основе космической съемки на область интереса;
- 5) импорт файла формата JPEG, используя возможности импортирования файлов ERDAS Imagine.

Исходные данные: географические координаты углов области интереса.

Ход выполнения лабораторной работы

Последовательно выполнить упражнения № 1, 2, 7, 9, 10 раздела 3.

Контрольные вопросы

1. Перечислите виды данных в свободном доступе.
2. Какие типы форматов данных доступны?

3. Назовите самые важные характеристики снимков, поясните их сущность.
4. Чем отличаются системы координат при сохранении файлов в SAS.Planet?
5. В чем состоят различия файлов геопривязки?
6. Как выбрать оптимальный масштаб и разрешение данных?
7. Какие дополнительные параметры можно указать при выборе набора данных в EarthExplorer?

2.2. Лабораторная работа № 2.

Спектрозональные и гиперспектральные данные

Цель работы: закрепление на практике теоретического материала по работе с многоканальными данными; получение навыка формирования многоканальных снимков Landsat-8.

Для достижения цели необходимо решить следующие *задачи*:

- 1) формирование многоканального изображения из набора одноканальных снимков с помощью функции Layer Stack;
- 2) проверка корректности порядка занесения входных данных в спектральные каналы.

Исходные данные: набор файлов отдельных каналов космического снимка Landsat-8.

Ход выполнения лабораторной работы

Необходимо выполнить упражнение № 3 раздела 3.

Контрольные вопросы

1. Что такое «вектор характеристик»? К каким снимкам применим термин?
2. В каких пределах находится видимая зона электромагнитного спектра?
3. Назовите основные принципы формирования гиперспектрального изображения.
4. Поясните основные принципы использования спектральных библиотек.

5. Как формируются спектральные библиотеки природных материалов?
6. Для чего нужны спектральные справочники?
7. Чем принципиально различаются спектральные характеристики растительности и почвы?

2.3. Лабораторная работа № 3. Яркостная и геометрическая коррекции

Цель работы: закрепление на практике теоретического материала по работе с изображениями с разным пространственным разрешением, практическое освоение технологии фрагментации сцены космического снимка, геопривязки изображения по дополнительным данным, формирования архива пространственных данных.

Для достижения цели необходимо решить следующие *задачи*:

- 1) выполнение фрагментации сцены космического снимка по границам области интереса (согласно варианту) с помощью функции Subset and Chip;
- 2) выполнение геопривязки изображения, полученного из обменного формата по данным из текстового файла;
- 3) формирование архива пространственных данных с помощью функции Image Catalog, полученных в ходе выполнения лабораторных работ.

Исходные данные: многоканальный снимок Landsat [сцена]; изображение в формате Imagine Image (SAS.Planet), файл геопривязки; все файлы пространственных данных рабочей директории.

Ход выполнения лабораторной работы

Последовательно выполнить упражнения № 5, 11, 19 раздела 3.

Контрольные вопросы

1. Что такое радиометрическая калибровка и для чего она производится?
2. Назовите основные факторы влияния атмосферы на формирование изображения.

3. Какие дополнительные сведения необходимы для проведения атмосферной коррекции?
4. Чем модель атмосферы отличается от модели аэрозоля?
5. От чего зависит эффективность радиометрической калибровки?
6. Какие условия проведения съемки позволят получить снимки наилучшего качества?

2.4. Лабораторная работа № 4.

Устранение геометрических искажений

Цель работы: закрепление на практике теоретического материала по работе с системами координат для цели геометрической коррекции, практическое освоение технологии перепроецирования сеток раstra.

Для достижения цели необходимо решить следующие *задачи*:

- 1) выполнение пересчета сетки раstra космического снимка для смены системы координат/картографической проекции (UTM в Geographic);
- 2) выполнение пересчета сетки раstra космического снимка для смены системы координат/картографической проекции (Geographic в Transverse Mercator).

Исходные данные: многоканальный снимок Landsat в универсальной поперечной проекции Меркатора; многоканальный снимок Landsat в географической проекции.

Ход выполнения лабораторной работы

Последовательно выполнить упражнения № 4, 6 раздела 3.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается геометрическая коррекция?
2. Объясните различия во влиянии рельефа и кривизны Земли на результаты аэросъемки и космической съемки.
3. Какие параметры необходимо задать при перепроецировании снимков?
4. От чего зависит точность геопривязки?

5. Какие проекции менее всего искажают расстояния и площади объектов?

2.5. Лабораторная работа № 5.

Анализ пространственных характеристик аэрокосмических изображений

Цель работы: закрепление на практике теоретического материала по методам анализа пространственных характеристик, практическое освоение технологии построения трехмерных перспективных сцен и анализа ЦМР, создания композиции карты.

Для достижения цели необходимо решить следующие *задачи*:

- 1) создание трехмерного перспективного изображения с помощью функции Image Drape с изменением опций отображения сцены;
- 2) построение графической модели, позволяющей создать тематическое растровое изображение территорий, потенциально подверженных эрозионной опасности;
- 3) создание тематического растрового изображения экспозиции склонов с помощью построения графической модели;
- 4) создание композиции карты с необходимыми элементами и зарамочным оформлением.

Исходные данные: цифровая модель рельефа; многоканальный снимок области интереса; изображение фона неба.

Ход выполнения лабораторной работы

Последовательно выполнить упражнения № 8, 16, 17, 18 раздела 3.

Контрольные вопросы

1. Какие снимки необходимы для выполнения процедуры Pan-sharpening?
2. От чего зависят выбор масштаба и пространственного разрешения исходных данных?
3. Какие пространственные характеристики изображения вы знаете?
4. Что такое структура и текстура изображения?

5. Какие преимущества дает процедура слияния изображений с разным пространственным разрешением?

2.6. Лабораторная работа № 6.

Алгебра изображений. Индексные изображения

Цель работы: закрепление на практике теоретического материала по анализу спектральных характеристик, практическое освоение технологии расчета индексных изображений с последующим представлением тематического раstra в псевдоцветах.

Для достижения цели необходимо решить следующие *задачи*:

- 1) расчет индексных изображений *NDVI* и *WRI*;
- 2) получение псевдоцветного изображения индекса *NDVI*.

Исходные данные: многоканальный снимок Landsat-8.

Ход выполнения лабораторной работы

Последовательно выполнить упражнения № 12, 13 раздела 3.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается процесс выделения признаков?
2. Чем различаются контролируемая и автономная классификация?
3. Какие инструменты используются для создания эталонов в пространстве спектральных признаков?
4. Перечислите параметрические и непараметрические решающие правила.
5. Какие характеристики изображения чаще всего участвуют в процедуре классификации изображений?

2.7. Лабораторная работа № 7.

Анализ радиометрических, спектральных и временных характеристик аэрокосмических изображений

Цель работы: закрепление на практике теоретического материала по методам анализа радиометрических, спектральных и временных характеристик снимков, практическое освоение технологии выявления изменений по

разновременным данным, применения функции пространственного анализа тематических изображений.

Для достижения цели необходимо решить следующие *задачи*:

- 1) построение модели для выявления изменений состояния растительности на основе расчета разности разновременных индексных изображений;
- 2) выявление классов изменений состояния растительности на основе классификации изображения разности разновременных данных;
- 3) решение задачи поиска оптимальных участков с использованием функции пространственного анализа тематических изображений.

Исходные данные: индексные изображения на летний и весенний период; набор пространственных данных: тематическое изображение уклонов местности, тематическое изображение ориентации склонов, , цифровая модель рельефа, многоканальный снимок области интереса.

Ход выполнения лабораторной работы

Последовательно выполнить упражнения № 14, 15, 20 раздела 3.

Контрольные вопросы

1. Что значит понятие спектрального разрешения данных съемки?
2. Как временные характеристики съемки влияют на решение мониторинговых задач?
3. На каких параметрах анализа сказывается радиометрическое разрешение данных?
4. Какие операции называют алгеброй изображений?
5. В чем заключается анализ главных компонент? Для анализа каких снимков его применяют?

2.8. Индивидуальный проект: Современные компьютерные технологии. Методы и алгоритмы цифровой обработки изображений. Выявление изменений по изображениям

Проектная деятельность. Проработка теоретического материала по теме: «Мониторинг динамических природных процессов по данным дистанционного зондирования». Оформление отчета о выполненном индивидуальном проекте. Подготовка выступления с презентацией.

Порядок реализации. Обучающийся самостоятельно прорабатывает теоретический материал и выполняет индивидуальный проект с отдельными кейс-заданиями; готовит электронный отчет с описанием параметров выбора исходных данных, хода выполнения заданий, предоставлением иллюстраций, формированием файловой директории исходных и полученных изображений. Выступает с докладом по теме проекта.

Приблизительный список тем:

1. Выявление засоления почв.
2. Лесовосстановление и мониторинг гарей.
3. Мониторинг естественной древесной растительности.
4. Обезлесивание и опустынивание.
5. Мониторинг вулканов.
6. Определение снегозапаса и прогноз талового стока.
7. Мониторинг паводков и наводнений.
8. Мониторинг шельфовых зон.
9. Океанологический мониторинг.
10. Современные средства метеорологического мониторинга.
11. Мониторинг ледников.
12. Средства контроля экологической обстановки.

Форма контроля. Заслушивается доклад, проверяется отчет с полученными результатами, проводится собеседование по контрольным вопросам и теме доклада.

Шкала и критерии оценивания доклада

1. В докладе раскрыты следующие вопросы:
 - суть рассматриваемого аспекта и причина его рассмотрения;
 - описание существующих для данного аспекта проблем и предлагаемые пути их решения.
2. Доклад имеет презентацию.
3. Соблюдение регламента при представлении доклада.
4. Представление, а не чтение материала.
5. Использование нормативных, монографических и периодических источников литературы.
6. Четкость дикции.
7. Правильность и своевременность ответов на вопросы.

Шкала и критерии оценивания проекта

При определении оценки указанные условия должны выполняться полностью. Условие, выполняемое частично, считается невыполненным.

Оценка «отлично» ставится при выполнении следующих условий:

1. Сформирован электронный отчет.
2. Представлено подробное описание параметров выбора исходных данных.
3. Аргументированно представлена проблема.
4. Описана методика выполнения заданий.
5. Представлены иллюстрации этапов.
6. Созданы файловые директории исходных и полученных изображений.
7. Использованы средства геоинформационного картографирования для представления результатов анализа.
8. Проект сопровождается презентацией.
9. Использование нормативных, монографических и периодических источников литературы.
10. Правильность и своевременность ответов на вопросы.

Оценка «хорошо» ставится при выполнении следующих условий: невыполнение любого одного или двух из указанных условий.

Оценка «удовлетворительно» – при выполнении следующих условий: невыполнение любых трех из указанных условий.

Оценка «неудовлетворительно»: невыполнение любых четырех из указанных условий.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры съемки являются ключевыми при выборе данных для решения вашей мониторинговой задачи?
2. Какие методики могут быть применены для анализа?
3. Какие индексные изображения будут полезны при решении вашей тематической задачи?
4. Назовите известные вам регионы, сталкивающиеся с данной проблемой.

5. Какое экспертное решение может быть принято в случае ухудшения/улучшения ситуации?

6. Какие меры профилактики негативного влияния определенных факторов Вы могли бы предложить?

7. Какие перспективы решения данного вопроса Вы можете ожидать через 3–5 лет? Что может поспособствовать положительной динамике?

3. УПРАЖНЕНИЯ

3.1. Упражнение № 1. Получение космических снимков из открытых источников

Цель работы: получение материалов космической съемки из открытых источников, регистрация на геопортале earthexplorer.usgs.gov.

Исходные данные: географические координаты углов области интереса.

Выходные данные: архив данных съемки со спутника Landsat-8 (LC08_L1TP***.tar.gz).

Ход выполнения

Перейдите на сайт геопортала по ссылке earthexplorer.usgs.gov.

Во вкладке Search Criteria опуститесь вниз и укажите диапазон дат для поиска космических снимков (рис. 6).

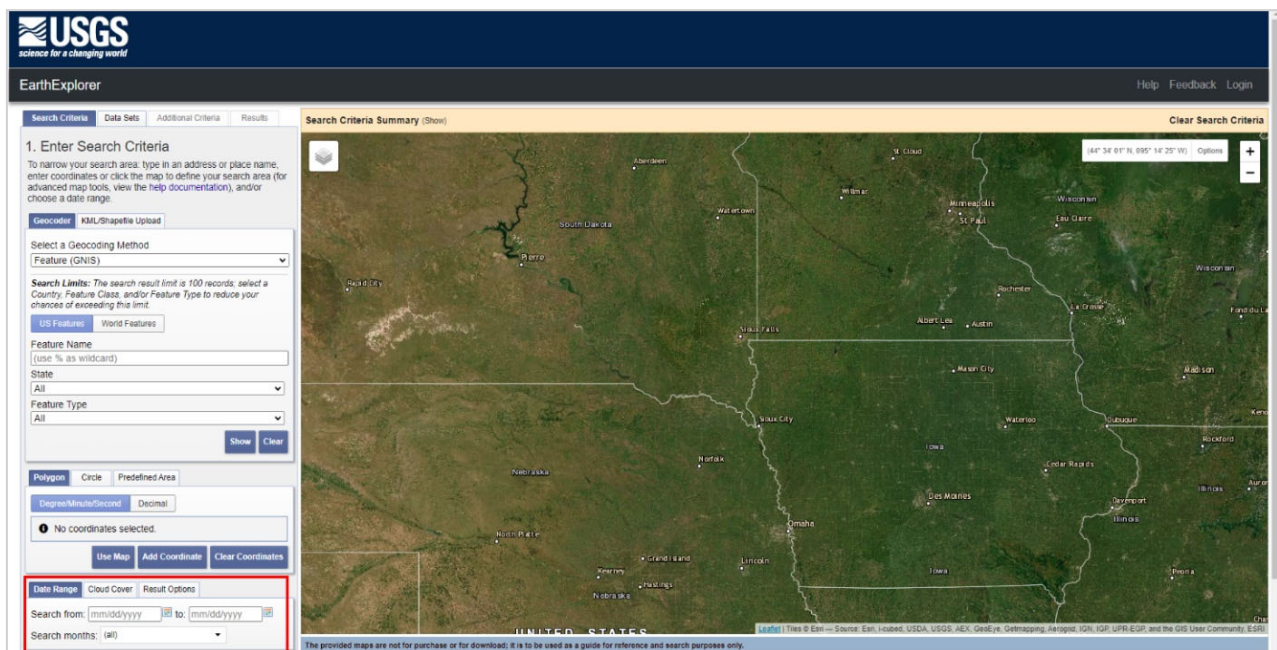


Рис. 6. Интерфейс геопортала

Для ввода координат области интереса необходимо использовать десятичный формат, укажите для этого Decimal (рис. 7). Для ввода координат угла области интереса нажмите кнопку Add Coordinate, введите сначала значение широты, а затем долготы (рис. 8). Поочередно добавляйте координаты углов с помощью кнопки Add.

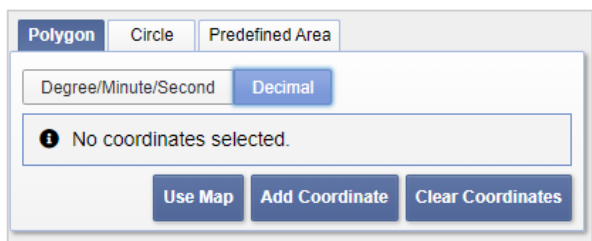


Рис. 7. Параметры ввода координат



Рис. 8. Ввод координат

Перейдите во вкладку Data Sets. Откройте Landsat Collection 2 level-1 и отметьте Landsat 8 OLI/TIRS C2 L1 (рис. 9).

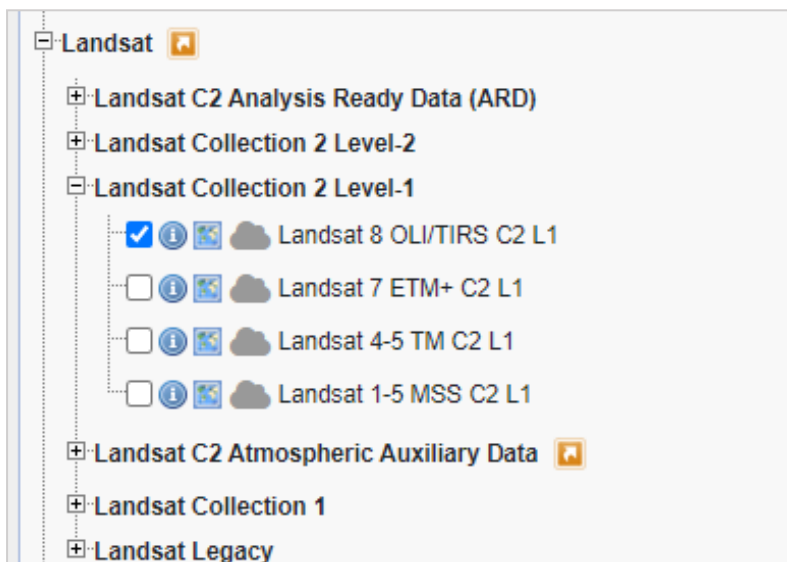


Рис. 9. Выбор съемочной системы

Перейдите во вкладку Results и выберите подходящее вам изображение. Для его визуализации нажмите на кнопку Show Brows Overlay (рис. 10).



Рис. 10. Выбор снимка

Для того чтобы получить снимок, необходимо зарегистрироваться на геопортале. Для регистрации необходимо указать имя пользователя (Login), при первом входе создать новый аккаунт (Create New Account). Заполнить обязательные поля для регистрации: имя пользователя (Username), новый пароль (New Password), повторить новый пароль (Confirm New Password), рис. 11.

A registration form with three text input fields labeled 'Username', 'New Password', and 'Confirm New Password'. Below the fields is a reCAPTCHA section with a checkbox labeled 'Я не робот' and the reCAPTCHA logo. At the bottom of the form is a 'Continue' button.

Рис. 11. Задание имени пользователя и пароля

Нажмите Продолжить (Continue). Далее заполните обязательные поля, указав в них, для каких целей вы планируете использовать данные (для перевода на русский язык можно воспользоваться браузером Google Chrome).

Для скачивания снимка нажмите на кнопку параметров загрузки (Download Options), рис. 12.

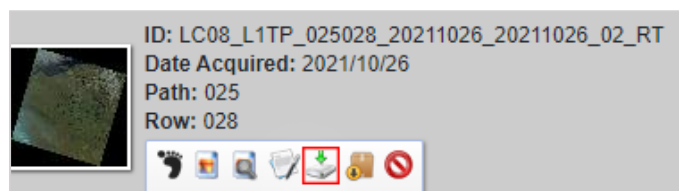


Рис. 12. Кнопка Download Options

В окне параметров загрузки (Download Options) нажмите кнопку параметров продукта (Product Options). Затем откроется окно параметров загрузки продукта (Product Download Options), нажмите кнопку-ссылку для загрузки продукта (Download Product), рис. 13.

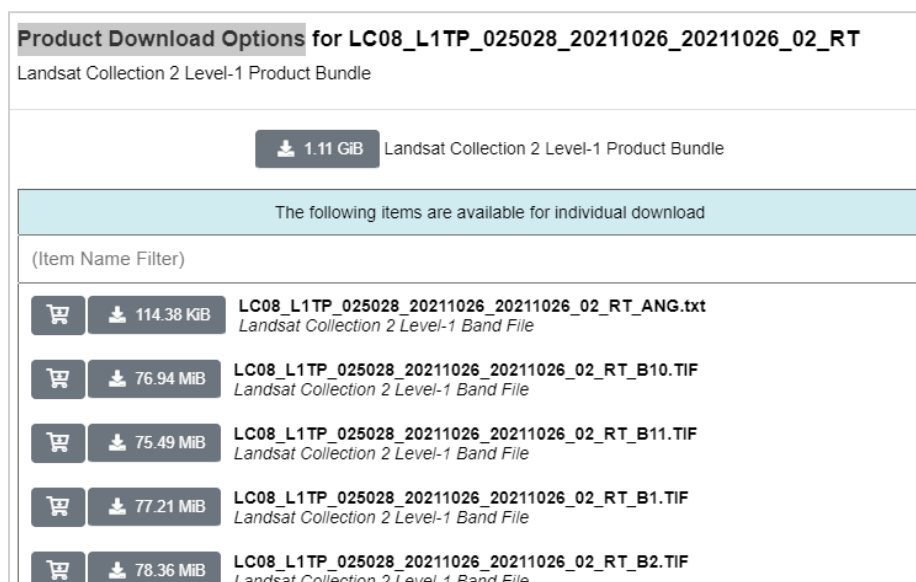


Рис. 13. Ссылка для загрузки снимка

3.2. Упражнение № 2.

Импорт изображений из обменного формата GeoTIFF (TIFF)

Цель работы: импортировать файл обменного формата GeoTIFF (TIFF, *.tif) во внутренний формат ERDAS Imagine (IMAGINE Image, *.img).

Исходные данные: набор одноканальных космических снимков в формате GeoTIFF (TIFF, *_B*.tif), представляющих данные разных спектральных каналов.

Выходные данные: набор одноканальных снимков в формате IMAGE Image (*.img).

Ход выполнения

На главной панели ERDAS Image в разделе Conversion/Manage Data, выбрать функцию Import Data (рис. 14).

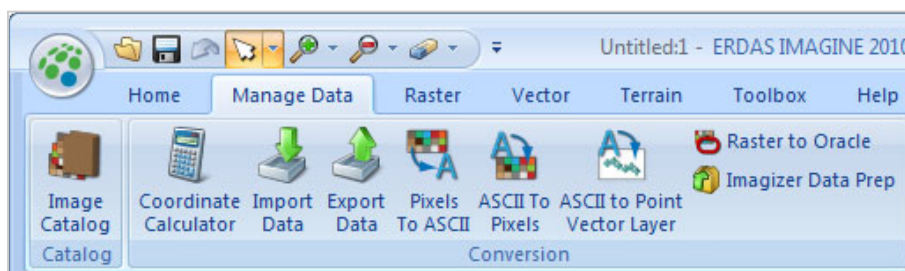


Рис. 14. Фрагмент главной панели ERDAS Image

В диалоговом окне Import в поле Format выбрать GeoTIFF. Далее указать в качестве входных данных (поле Input File) изображение (*.tif) и задать имя выходного изображения (поле Output File) (*.img). Окно Import представлено на рис. 15. Нажать ОК. В появившемся диалоге Import TIFF проконтролировать статус процесса, нажать ОК.

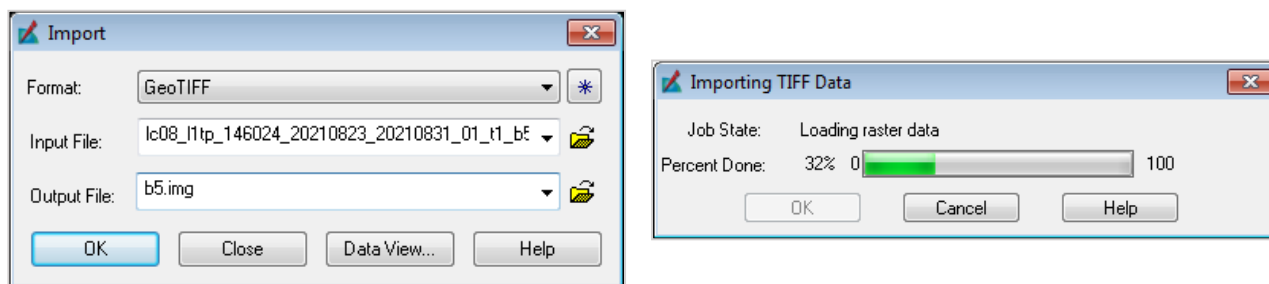


Рис. 15. Окна Import

Далее необходимо импортировать каждый канал космического изображения. В результате должен получиться набор файлов формата *.img по количеству спектральных каналов.

3.3. Упражнение № 3. Создание многоканального изображения из набора одноканальных снимков

Цель работы: сформировать многоканальное изображение из набора одноканальных снимков с помощью функции Layer Stack.

Исходные данные: набор файлов отдельных каналов космического снимка в формате *.img.

Выходные данные: многоканальный снимок (summer.img).

Ход выполнения

На главной панели ERDAS Imagine в меню Raster, в разделе Resolution/Spectral выберите функцию Layer Stack. В открывшемся диалоговом окне в поле Input File строго поочередно внесите каждый канал, нажимая кнопку Add. После занесения каналов задайте имя выходного файла (поле Output File), проконтролируйте соответствие размерности выходных данных исходным (в примере на рис. 16 Unsigned 16 bit), нажмите ОК.

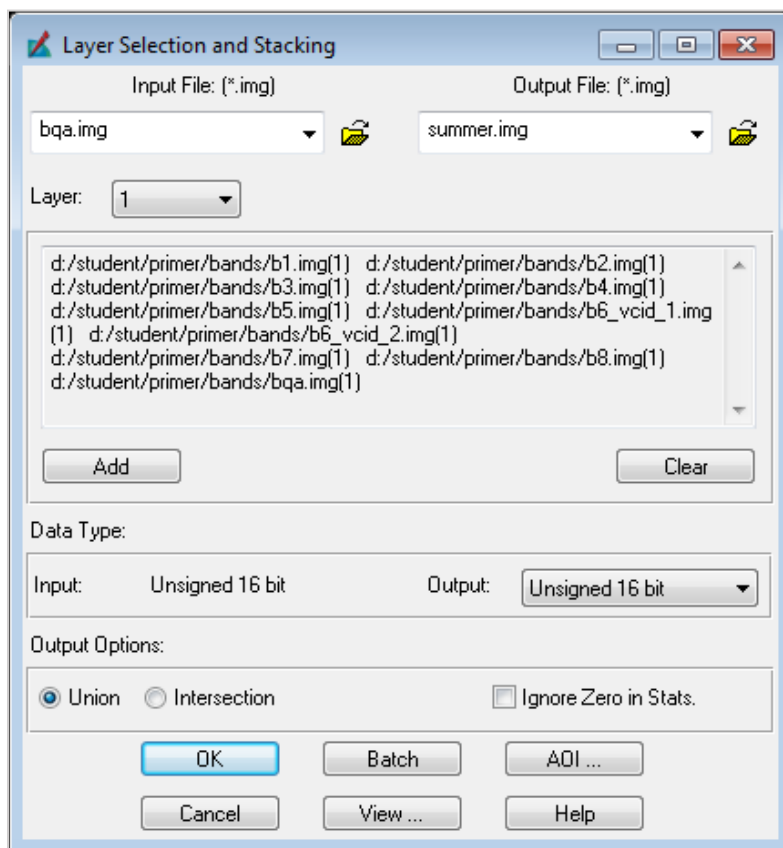


Рис. 16. Окно Layer Selection and Stacking

Выходные данные необходимо проверить на корректность порядка занесения спектральных каналов. Для этого откройте два выюера. В первый поместите полученное многоканальное изображение, а во второй выюер – один из исходных файлов отдельного канала, который собираетесь проверить.

Свяжите эти выюеры географически, для этого на главной панели ERDAS Imagine в меню Home выберите раздел Window, функция Link All Views. Из контекстного меню, щелкнув по выюеру многоканального изображения правой кнопкой мыши, вызовите Inquire Cursor. На первом и втором изображении наведите на один и тот же пиксел (для повышения надежности наведения увеличьте масштаб изображения). В окне Inquire Cursor проконтролируйте значения яркости многоканального изображения в строке соответствующего номера канала (FILE PIXEL), а затем с помощью кнопки  (Go To Next Linked Cursor) перейдите на значение из выюера одноканального изображения (величины FILE PIXEL должны совпасть). На рис. 17 представлены значения яркости первого канала в многоспектральном и исходном одноканальном изображениях. Проведите проверку всех остальных каналов по аналогии.

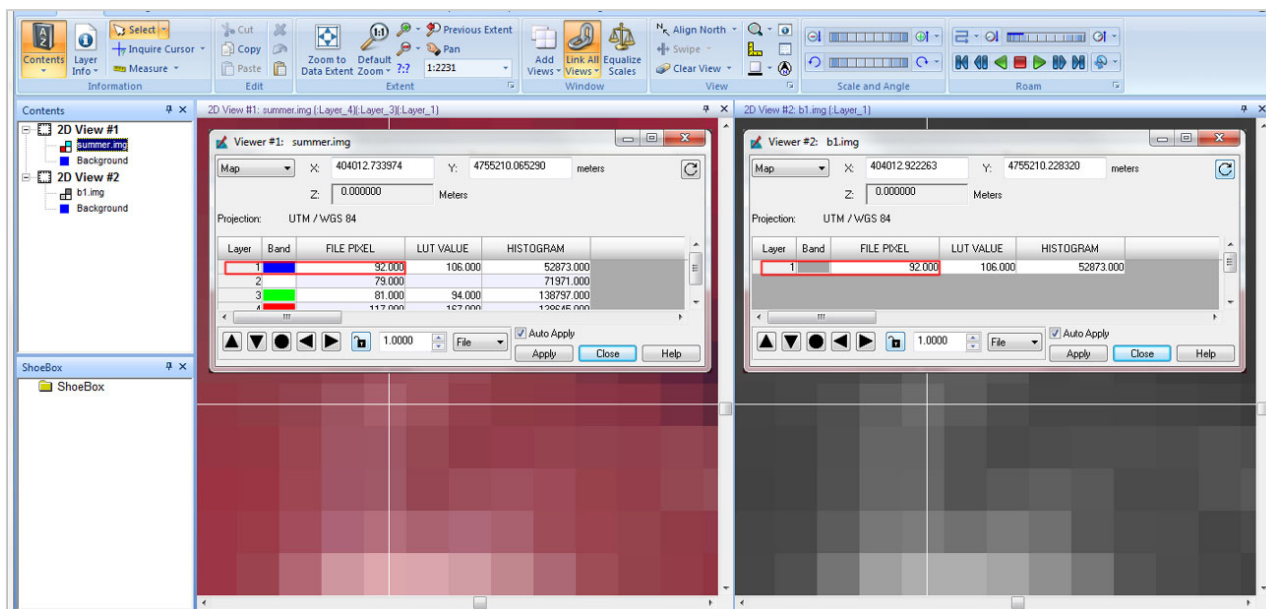


Рис. 17. Значения яркости первого канала

3.4. Упражнение № 4. Преобразование системы координат UTM в Geographic

Цель работы: выполнить пересчет сетки раstra космического изображения для смены системы координат/картографической проекции.

Исходные данные: многоканальный снимок Landsat в универсальной поперечной проекции Меркатора (summer.img, UTM [Universal Transverse Mercator], WGS 84).

Выходные данные: многоканальный снимок Landsat в географической проекции (summergeo.img, Geographic lat/lon, Krasovsky).

Ход выполнения

Для перехода к географической системе координат на главной панели ERDAS Imagine в меню Raster в разделе Geometry выберите функцию Reproject.

В окне Reproject Images задайте имя входного и выходного файлов. Нажмите кнопку с изображением глобуса  (Edit/Create Projections). В окне Projection Chooser задайте параметры проекции, как показано на рис. 18.

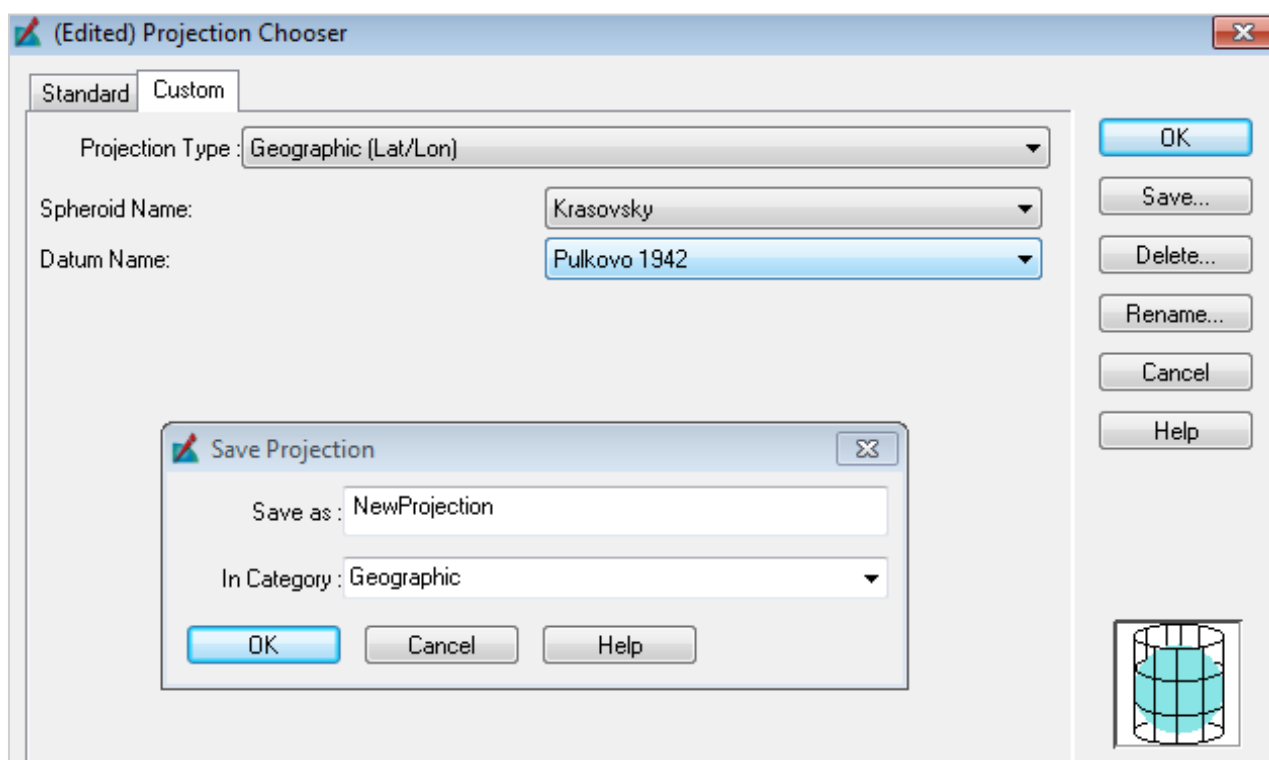


Рис. 18. Выбор параметров проекции

Нажмите кнопку Save, в диалоге Save Projection выберите категорию (поле In Category: в примере Geographic) и введите имя новой проекции (поле Save as: в примере NewProjection), нажмите OK.

После выбора сохраненных параметров проекции в окне Reproject Images (соответствующие поля Output Projection) нажмите OK (рис. 19).

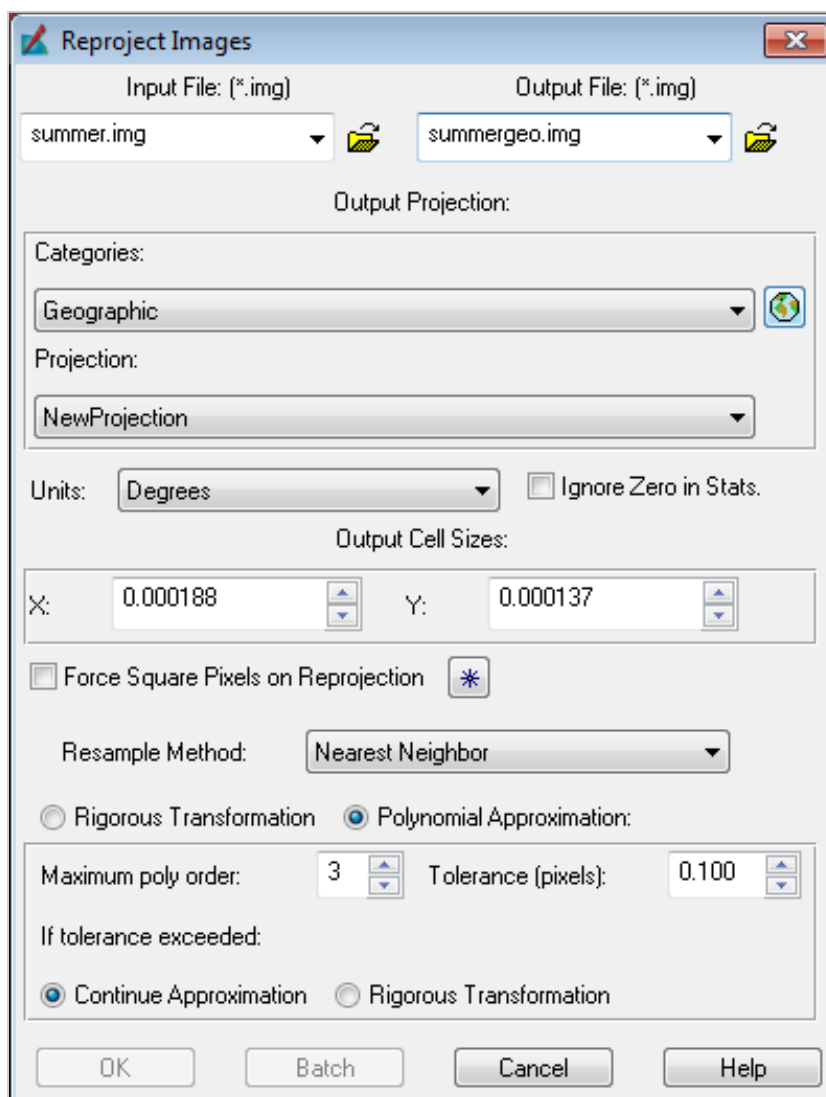


Рис. 19. Окно Reproject Images

Откройте во вьюере выходное изображение. На главной панели ERDAS Imagine в меню Home в разделе Information функцией Layer Info вызовите окно данных о файле, убедитесь в том, что изображение имеет географическую проекцию (рис. 20).

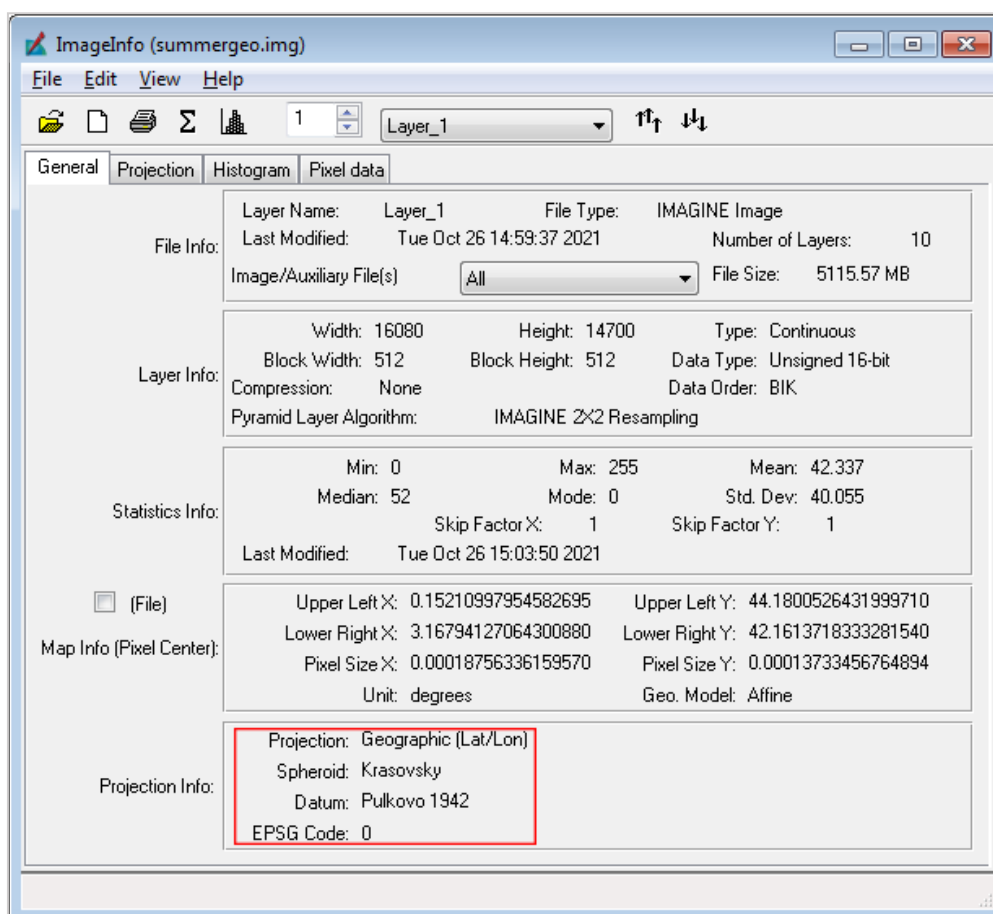


Рис. 20. Окно ImageInfo

3.5. Упражнение № 5. Фрагментация области интереса

Цель работы: выполнить фрагментацию сцены космического снимка по границам области интереса (согласно варианту) с помощью функции Subset and Chip.

Исходные данные: многоканальный снимок Landsat [сцена] в географической системе координат (summergeo.img).

Выходные данные: фрагментированный снимок (summergeoaoi.img).

Ход выполнения

Для фрагментации изображения сначала необходимо рассчитать параметры вашей области интереса согласно варианту (ширину *Width*, высоту *Height*, координаты центральной точки *Center X*, *Center Y*).

Width: рассчитывается как разница координат *X* правого нижнего угла (*LR X*) и левого верхнего угла (*UL X*) изображения.

Height: рассчитывается как разница координат Y левого верхнего угла ($UL\ Y$) и правого нижнего угла ($LR\ Y$) изображения.

Center X: рассчитывается как среднее арифметическое значений координат X правого нижнего угла ($LR\ X$) и левого верхнего угла ($UL\ X$) изображения.

Center Y: рассчитывается как среднее арифметическое значений координат Y правого нижнего угла ($LR\ Y$) и левого верхнего угла ($UL\ Y$) изображения.

Во выюере откройте многоканальное изображение сцены в географической проекции summergeo.img.

На главной панели ERDAS Imagine перейдите в меню Drawing, в разделе Insert Geometry найдите инструмент  (Rectangle) и нажмите на него.

Во выюере, в пределах снимка нарисуйте прямоугольник и щелкните по нему левой кнопкой мыши дважды. Появится окно Rectangle Properties (рис. 21). Введите в нем ранее рассчитанные параметры вашей области интереса.

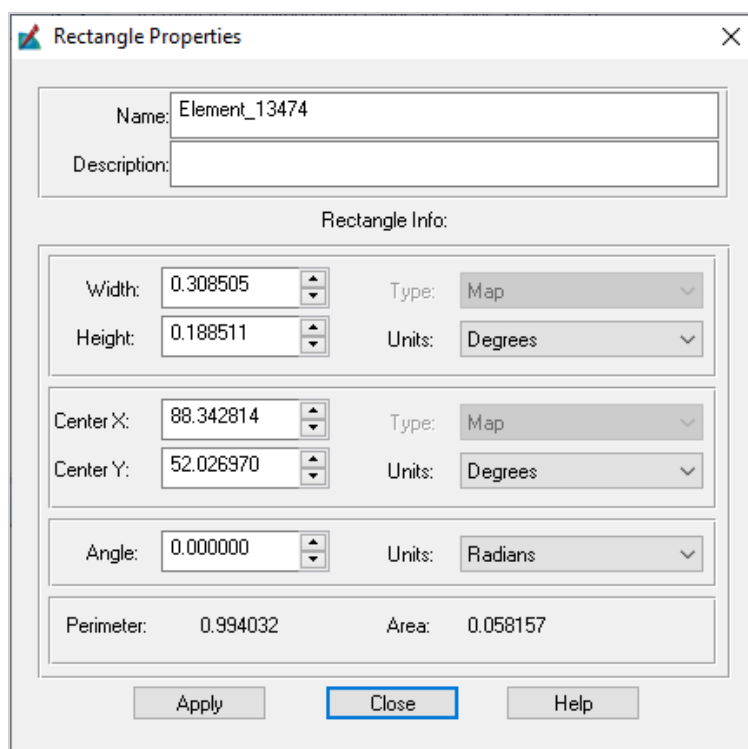


Рис. 21. Окно Rectangle Properties

Щелкните правой кнопкой мыши во выюере, выберите из меню Inquire Box (рамка запроса). В окне Inquire Box нажмите Fit To AOI, это позволит исключить нулевые значения пикселей за пределами рамки запроса (рис. 22).

Нажмите Apply, а затем Close.

После этого на главной панели ERDAS Imagine в меню Raster раздела Geometry/Subset & Chip выберите Create Subset Image. В окне Subset (рис. 23) задайте имя входного и выходного файлов. Щелкните по кнопке AOI и в появившемся окне выберите Viewer. Нажмите кнопку From Inquire Box. Вы увидите, что параметры фрагментации области изменятся (рамка Subset Definition). Нажмите OK.

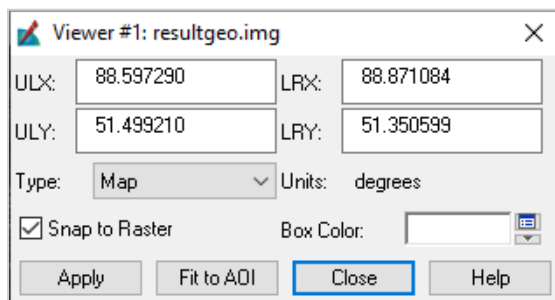


Рис. 22. Окно Inquire Box

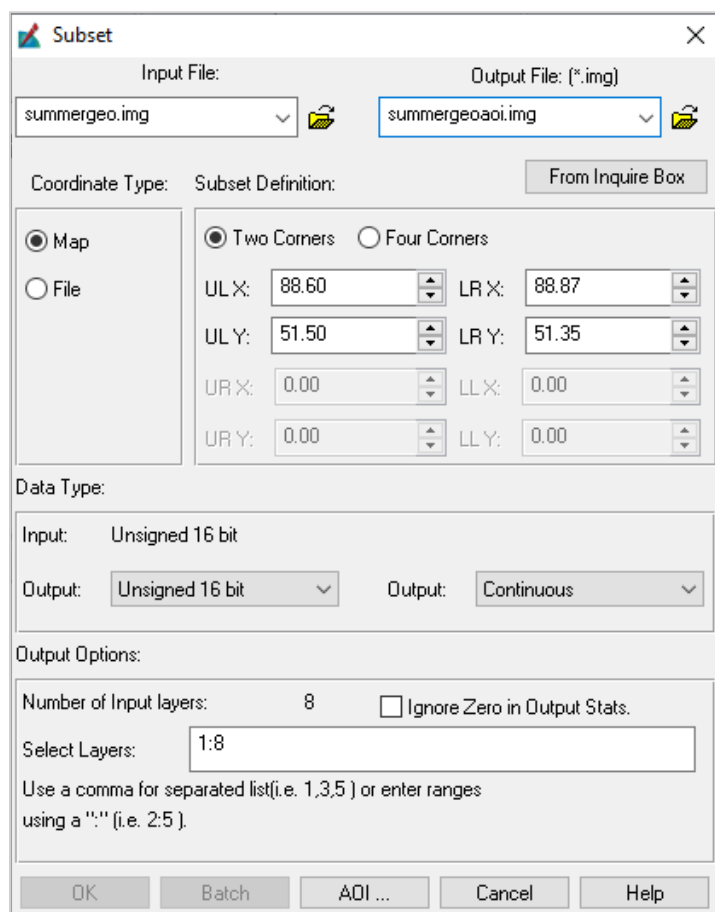


Рис. 23. Окно Subset

3.6. Упражнение № 6. Преобразование системы координат Geographic в Transverse Mercator

Цель работы: выполнить пересчет сетки раstra космического изображения для смены системы координат/картографической проекции.

Исходные данные: многоканальный снимок Landsat в географической проекции (summergeo.img, Geographic lat/lon, Krasovsky).

Выходные данные: многоканальный снимок Landsat в поперечной проекции Меркатора (summer.img, TM [Transverse Mercator], WGS84).

Ход выполнения

Для перехода к системе координат Transverse Mercator на главной панели ERDAS Imagine в меню Raster в разделе Geometry выберите функцию Reproject.

В окне Reproject Images задайте имя входного и выходного файлов. Затем нажмите кнопку с изображением глобуса  (Edit/Create Projections). В открывшемся окне Projection Chooser задайте параметры проекции, как это показано на рис. 24. Нажать кнопку Save, в диалоге Save Projection выбрать категорию (поле In Category: в примере World) и ввести имя новой проекции (поле Save as: в примере TM), нажать ОК.

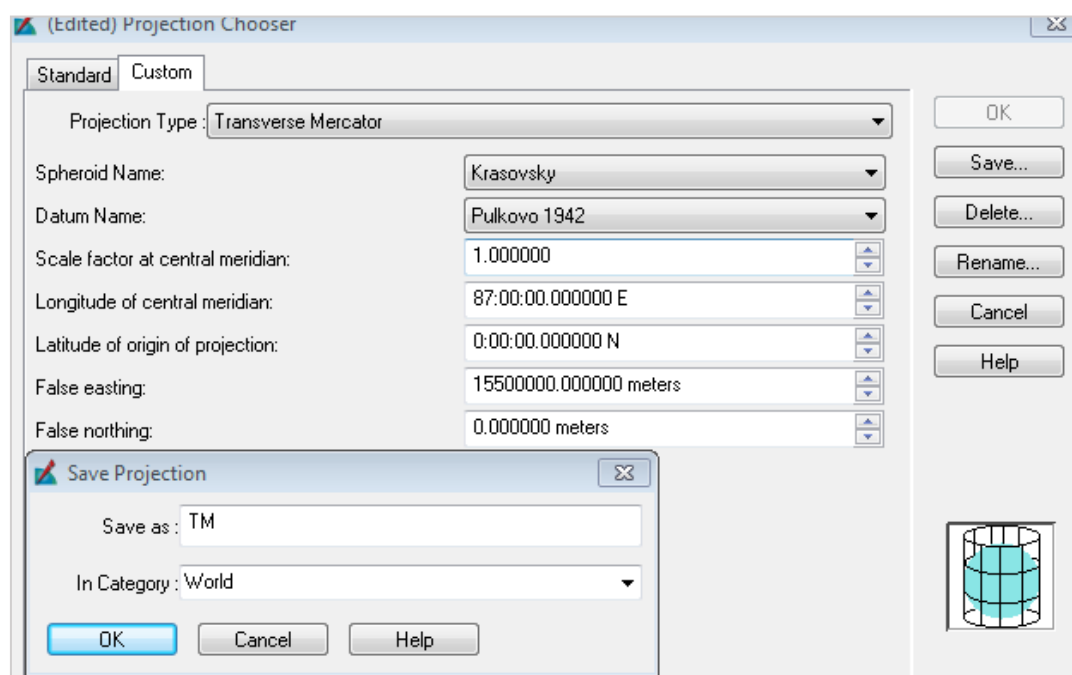


Рис. 24. Задание параметров проекции

После выбора сохраненных параметров проекции в окне Reproject Images (соответствующие поля Output Projection) нажмите ОК (рис. 25).

Откройте во вьюере выходное изображение. На главной панели ERDAS Imagine в меню Home в разделе Information функцией Layer Info вызовите окно данных о файле, убедитесь в том, что изображение имеет проекцию Transverse Mercator (рис. 26).

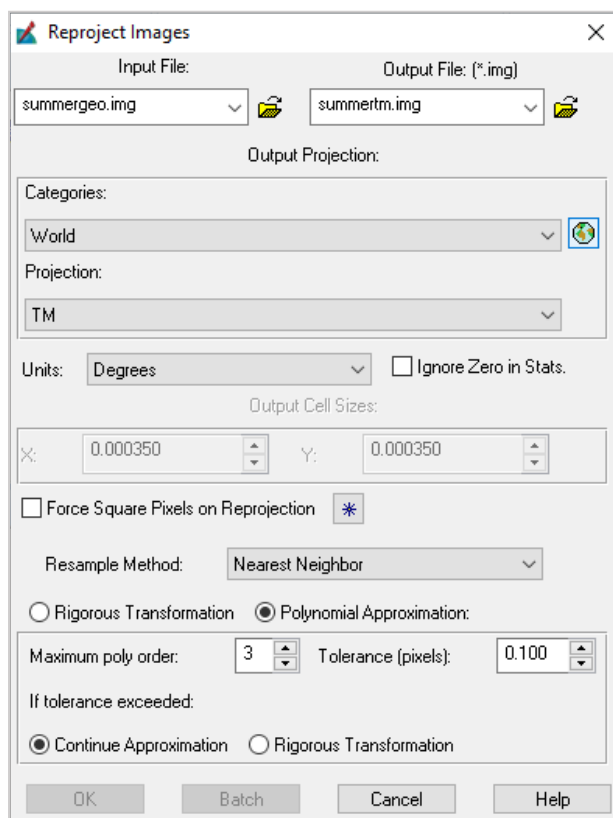


Рис. 25. Окно Reproject Images

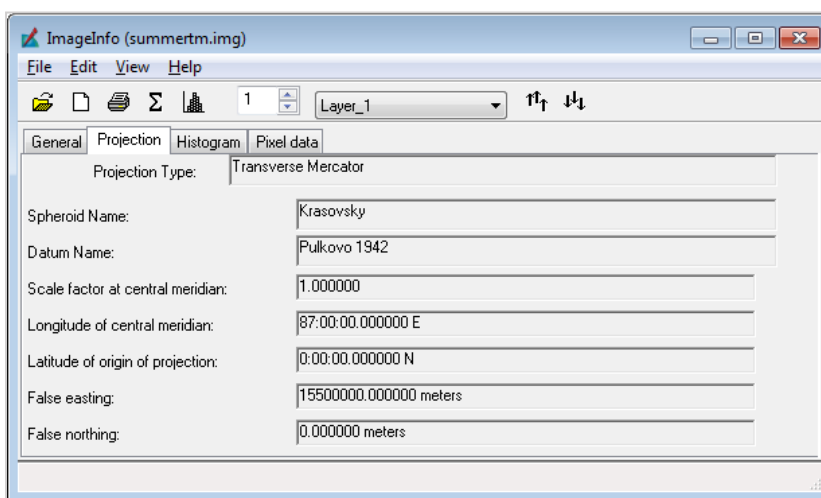


Рис. 26. Окно Layer Info

3.7. Упражнение № 7. Получение фрагмента глобальной ЦМР

Цель работы: получение фрагмента ЦМР SRTM на область интереса, согласно варианту.

Исходные данные: координаты углов области интереса.

Выходные данные: архив с файлом ЦМР (srtm_***.zip).

Ход выполнения

Для скачивания цифровой модели рельефа (ЦМР) зайдите на сайт <http://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/>. На главной странице выберите размер области (Tile 5 x 5 degree) и формат (Geo TIFF), как показано на рис. 27. Укажите необходимую область и нажмите кнопку поиска (Search). Далее ознакомьтесь с информацией о файле и нажмите на ссылку для скачивания (Download SRTM).

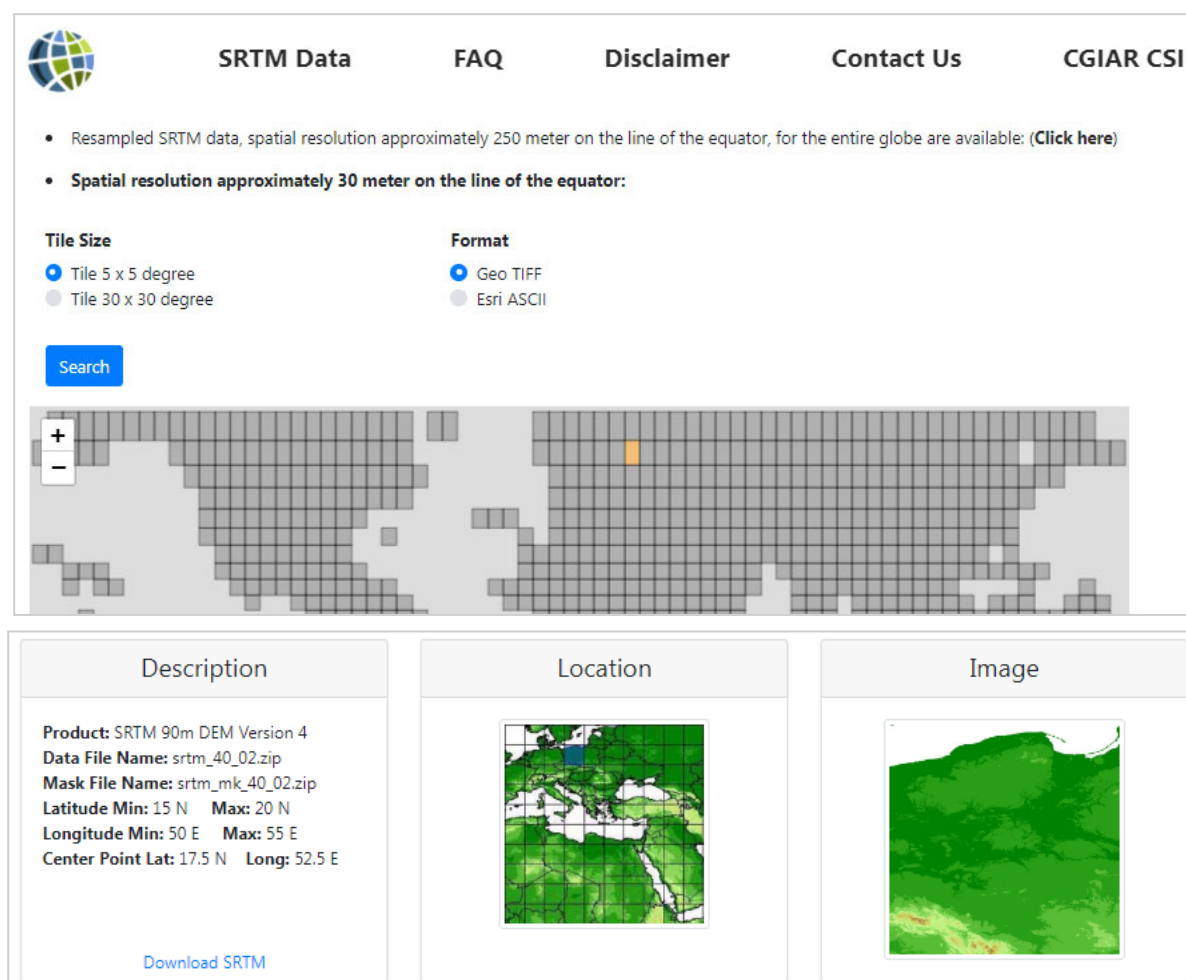


Рис. 27. Интерфейс геопортала данных SRTM

Аналогично упражнению № 2 импортируйте формат GeoTIFF в формат *.img, назовите выходной файл srtm.img. Выполните фрагментацию области интереса в соответствии с упражнением № 5.

Назовите выходной файл srtmaoi.img. Откройте во вьюере полученное изображение ЦМР и выполните переход к проекции Transverse Mercator (упражнение № 6). Выходной файл назовите srtmaoitm.img.

3.8. Упражнение № 8. Построение трехмерной сцены

Цель работы: с помощью функции Image Drape создать трехмерное перспективное изображение с изменением опций отображения сцены.

Исходные данные: полученная цифровая модель рельефа (srtmaoitm.img) в проекции Transverse Mercator, многоканальный снимок области интереса в проекции Transverse Mercator (summertmaoi.img), изображение фона неба (sky.img).

Выходные данные: файл перспективного изображения (формат *.img).

Ход выполнения

Для выполнения драпировки на главной панели Erdas Imagine перейдите в меню Terrain, в раздел Analysis, выберите инструмент Image Drape. На панели инструментов окна Image Drape нажмите кнопку Open File. Выберите изображение ЦМР своей области интереса srtmaoitm.img. В диалоге открытия файла (Select Layer to Add), во вкладке Raster Options, укажите тип файла DEM (Digital Elevation Model) и задайте значение уровня детальности (Level of Detail) равным 30 % (рис. 28). В зависимости от технических характеристик видеокарты уровень детальности может быть увеличен до 100 %.

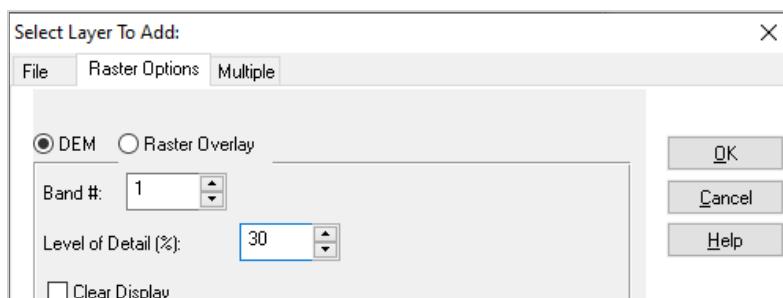


Рис. 28. Задание параметров раstra ЦМР

Нажмите ОК. В окне Image Drape воспользуйтесь меню Utilities и выберите Options. Во вкладке DEM измените коэффициент вертикального масштаба (Exaggeration) на 3 (рис. 29), нажмите Apply.

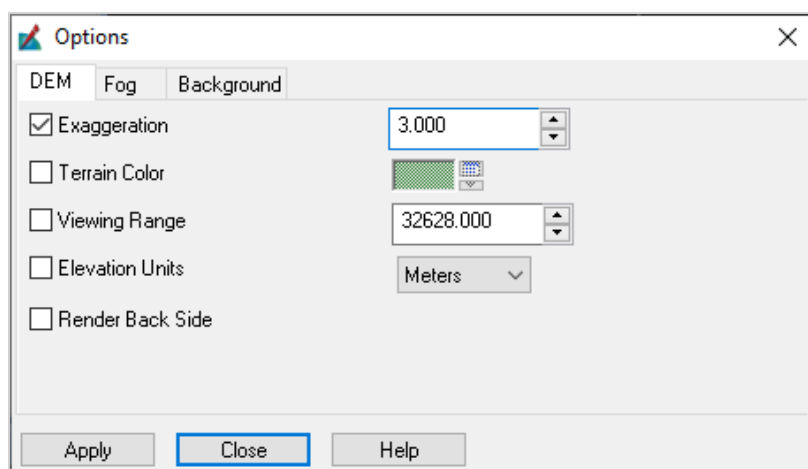


Рис. 29. Окно Options

Далее перейдите во вкладку Background, из меню типов фона выберите Image, в поле Image File Name укажите путь к файлу фона неба sky.img (рис. 30). Нажмите Apply, Close.

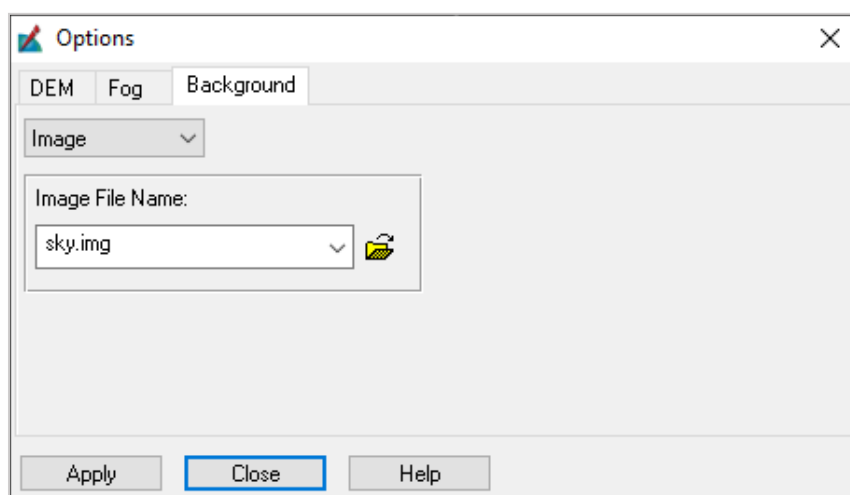


Рис. 30. Добавление фона

На панели инструментов окна Image Drape нажмите кнопку Open File и загрузите файл космического снимка summertmaoi.img (рис. 31).

Результат драпировки представлен на рис. 32.

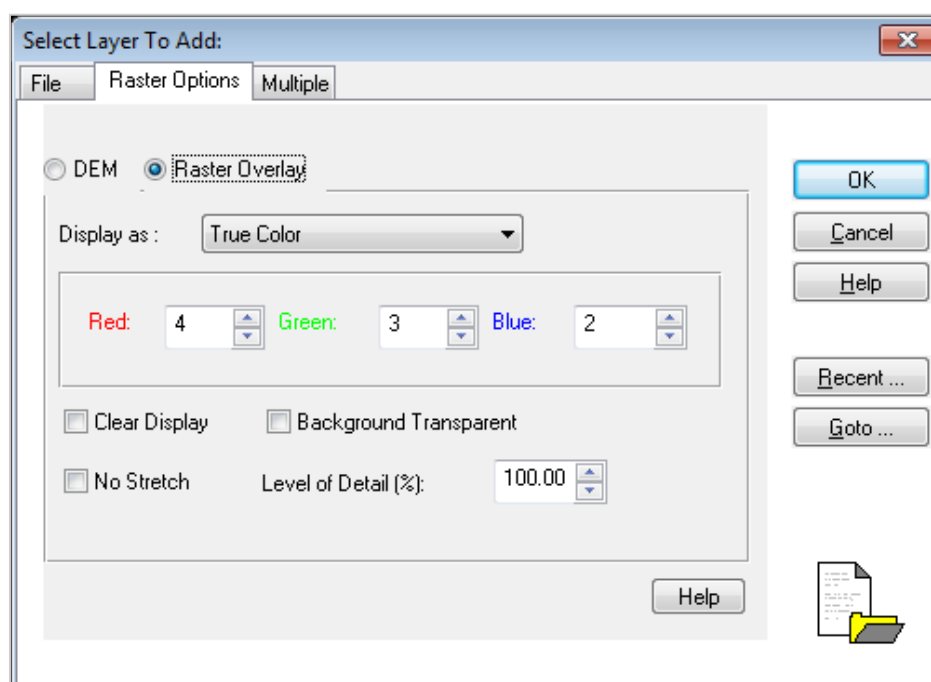


Рис. 31. Задание параметров снимка

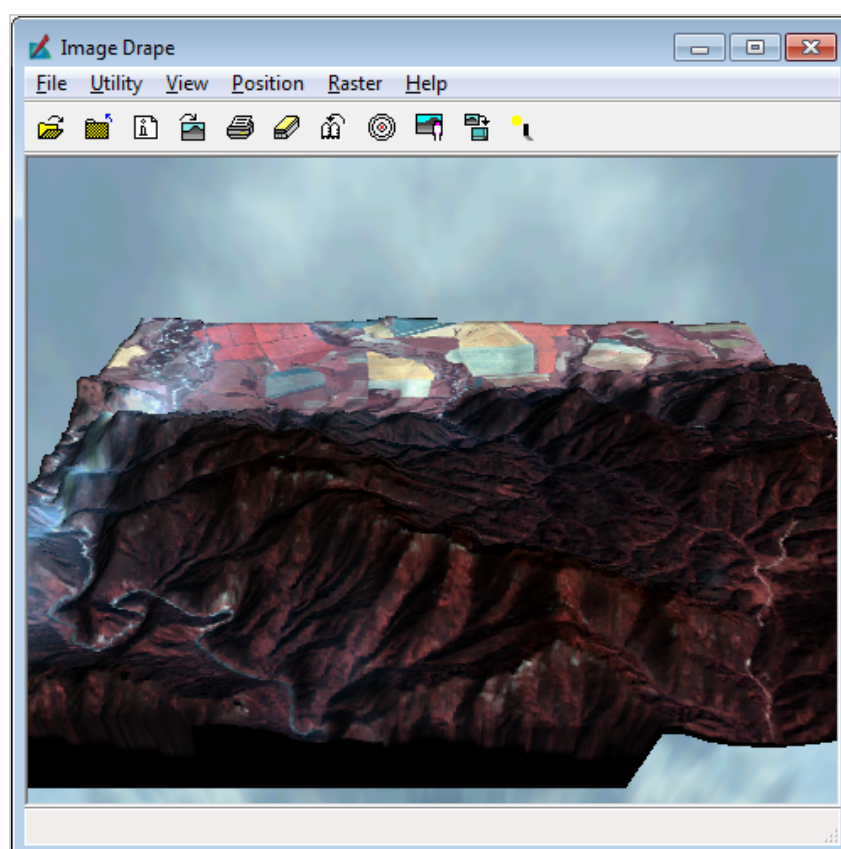


Рис. 32. Результат драпировки

Для управления освещенностью трехмерной модели можете воспользоваться инструментом Show the Sun Positioning Tool. В появившемся диалоге меняйте интерактивно положение Солнца и применяйте Apply для перерисовки модели (рис. 33).

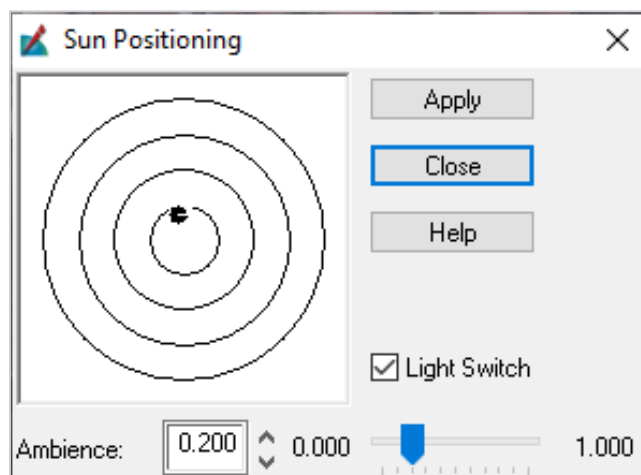


Рис. 33. Изменение положения Солнца

В меню окна Image Drape выберите на панели инструментов функцию передачи изображения во вьюер  (Dump Contents to Viewer). В меню окна Image Drape выберите View/Link–Unlink with Viewer (связать/прекратить связь с вьюером). На экране появится подсказка с предложением щелкнуть левой кнопкой мыши в окне обычного двумерного вьюера, с которым нужно связать вьюер перспективного изображения. В окне вьюера появятся дополнительный инструмент управления положением наблюдателя (Eye) и метка цели (Target), вы можете изменить их положение, перетаскивая метки мышью. Заметьте, как интерактивно меняется изображение в окне Image Drape при перемещении меток наблюдателя или цели (рис. 34). Для управления положением наблюдателя по высоте воспользуйтесь меню Position и выберите Current Position. Управляя высотой положения луча наблюдения (красная линия), измените положение наблюдателя, нажмите Применить (Apply).

Заметьте, как интерактивно меняется изображение в окне Image Drape (рис. 35). В диалоге, помимо использования графического профиля, также можно ввести новые числовые значения координат положения наблюда-

теля (по высоте задаются значения над уровнем моря или уровнем земли [AGL – Above Ground Level, ASL – Above Sea Level]).

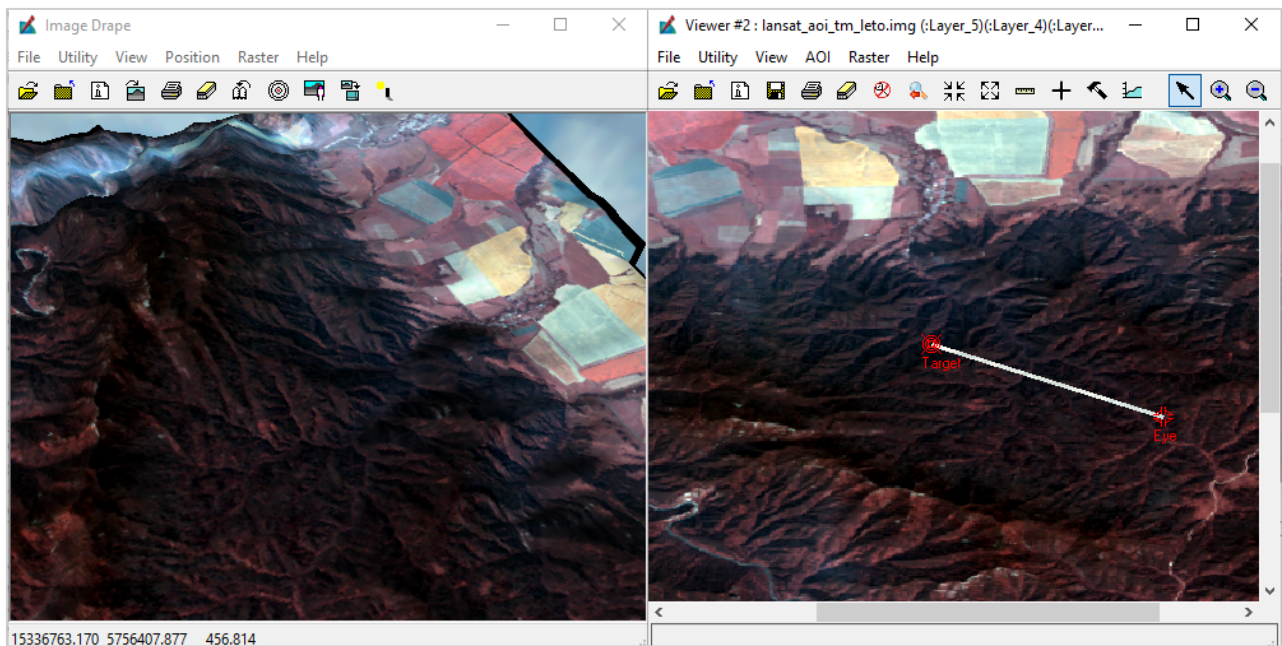


Рис. 34. Изменение положения наблюдателя или цели

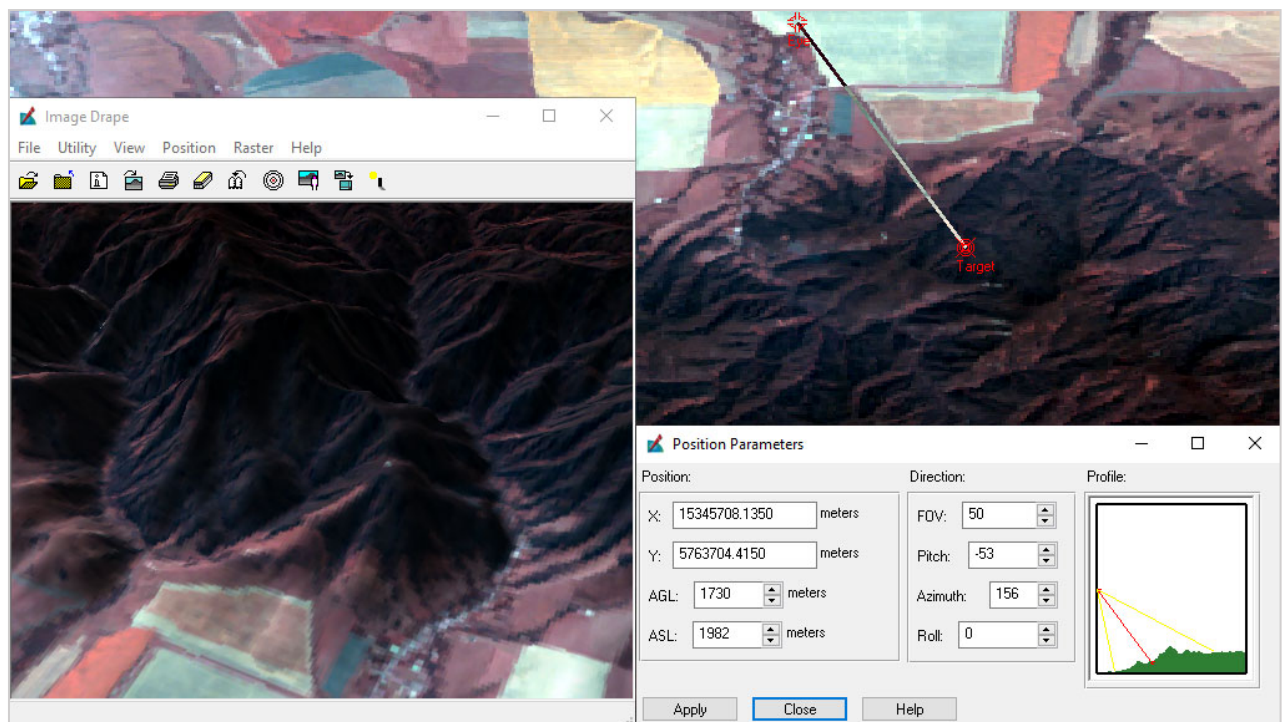


Рис. 35. Изменение положения наблюдателя по высоте

Возможно сохранение положений наблюдателя и цели в файл. В меню Image Drape выберите редактор положений (Position/Position Editor). Щелкните кнопку Добавить положение (Add Position) на панели инструментов редактора положения – текущее положение меток будет внесено в таблицу. Чтобы воспроизвести одно из перспективных изображений, включенных в таблицу, щелчком мыши поместите индикатор (>) в любую строку таблицы и выберите функцию Переместиться к текущему положению (Motion/Goto Current). Список положений может быть также сохранен или загружен.

Перспективное изображение может быть сохранено в файл *.img, для этого в меню Image Drape выберите функцию сохранения вида в файл (File/View to Image File).

3.9. Упражнение № 9. Получение пространственных данных. Интернет-сервис SAS.Planet

Цель работы: изучить интернет-сервис SAS.Planet, скачать изображения земной поверхности на основе космической съемки на область интереса.

Исходные данные: координаты углов области интереса.

Выходные данные: изображение в формате JPEG (primer.jpg), файл для геопривязки (primer.dat).

Ход выполнения

Если на компьютере не установлена программа, необходимо скачать ее с ресурса <http://sasgis.ru/sasplaneta>. Запустите управляющий файл SASPlanet.exe. Откроется окно программы (рис. 36), в котором доступны следующие пункты меню: Операции, Вид, Источник, Карты, Слои, Избранное, Метки, GPS, Параметры, Помощь, Поиск.

Выполните по координатам поиск территории по своему варианту. Для этого используется команда Перейти к  (рис. 37).

Выберите наилучший из имеющихся источников данных. В меню Карты содержится перечень источников – Google, Яндекс, Navteq и т. д. Выделите область интереса одним из доступных инструментов (рис. 38).

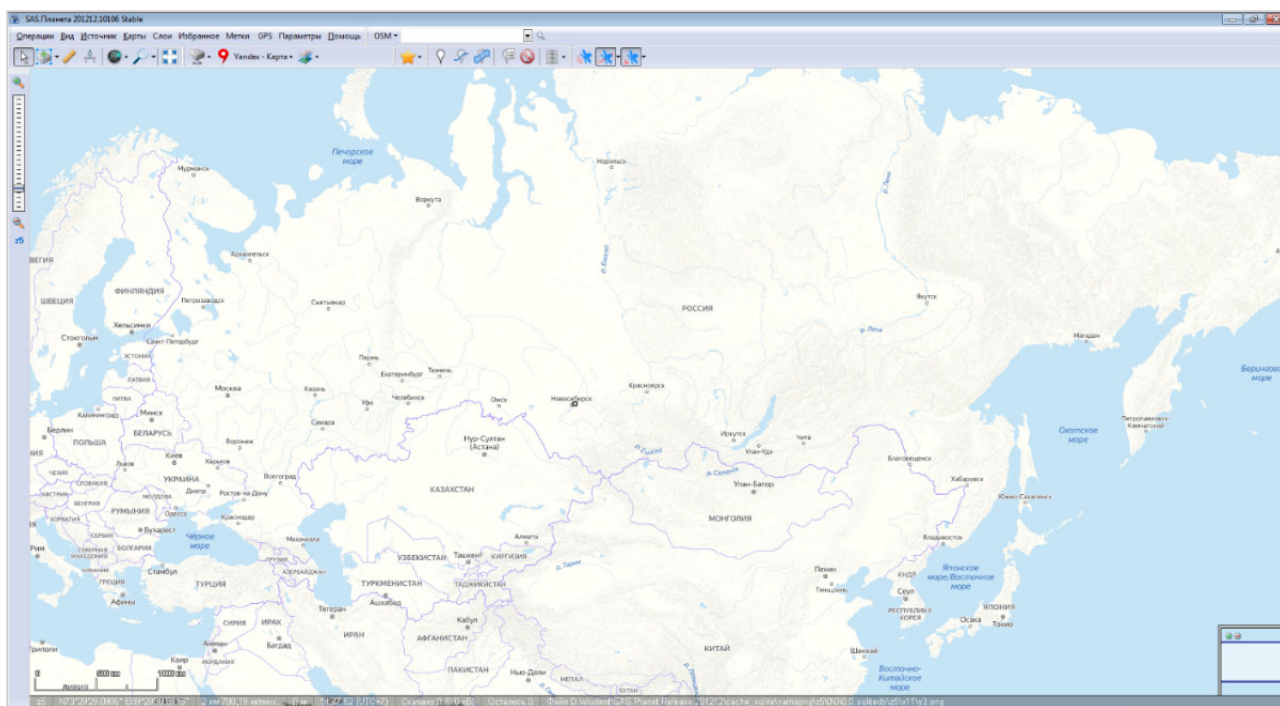


Рис. 36. Окно SAS.Planet

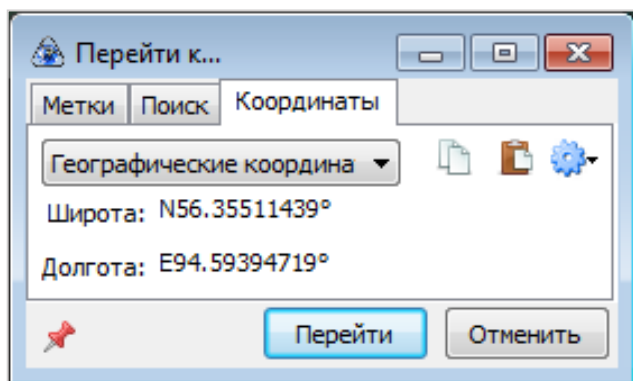


Рис. 37. Окно команды
«Перейти к...»

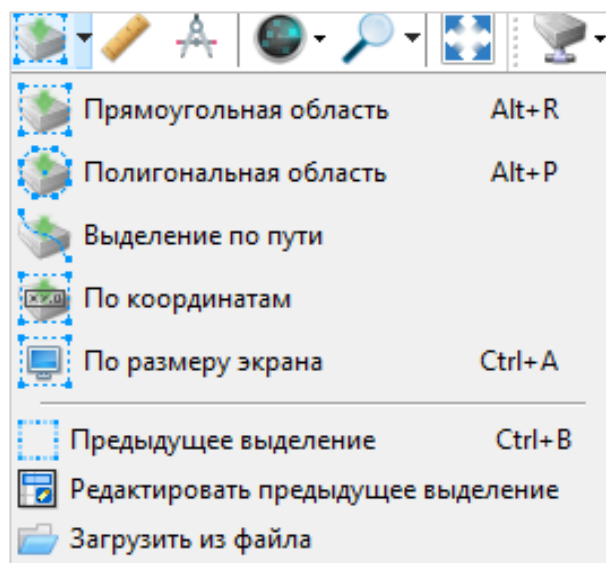


Рис. 38. Инструменты выделения
области интереса

После того, как выделение создано или загружено, появляется окно Операция с выделенной областью/Загрузить (рис. 39). Установите опти-

мальный масштаб для скачивания снимка (масштаб 13 соответствует примерно 20 метрам на местности, уровень 15 – 4 метрам, уровень 17 – 1 метру).

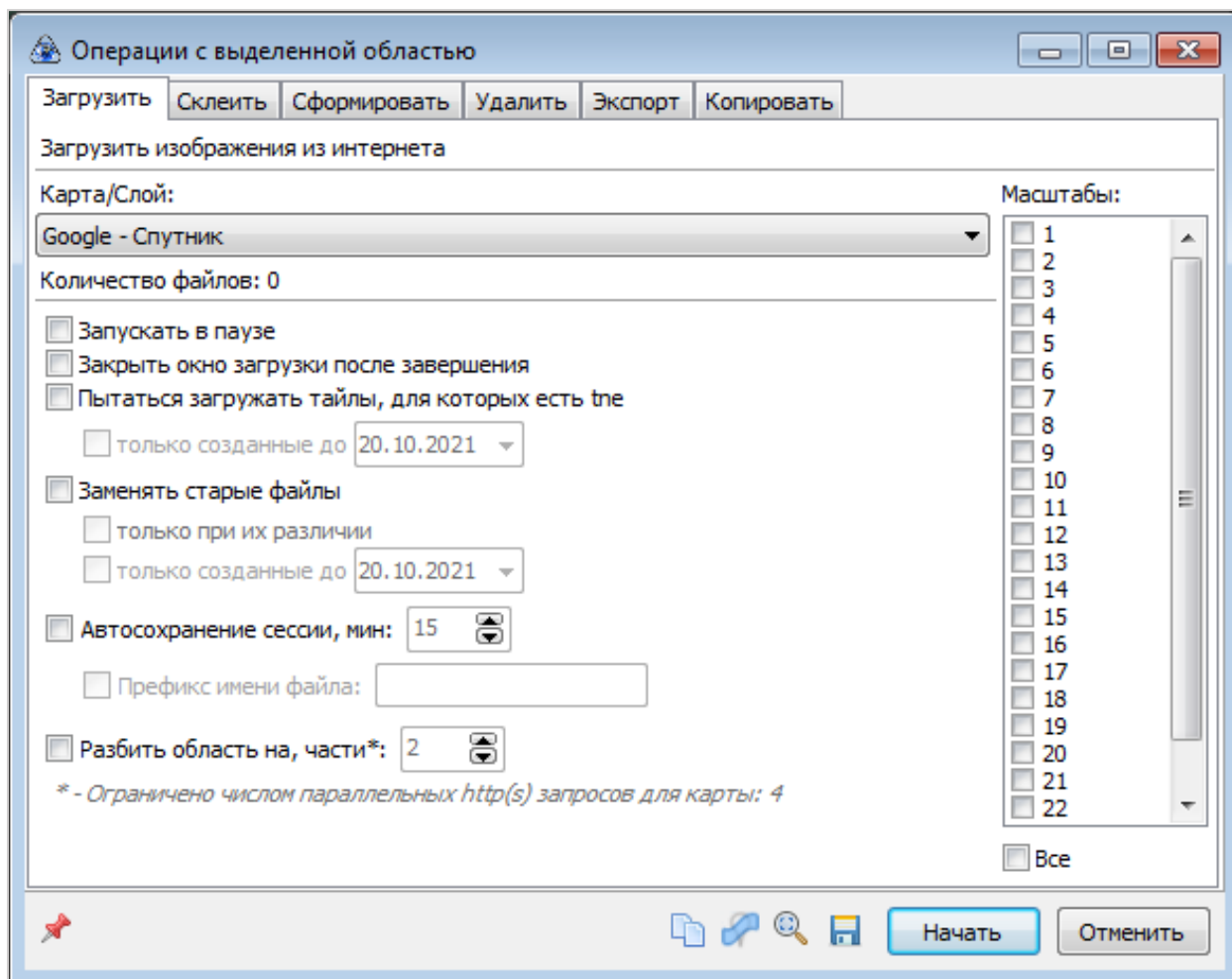


Рис. 39. Операции с выделенной областью

Во вкладке Склеить укажите результирующий формат, путь, тип привязки, формат файла привязки. Файлы привязки необходимы для того, чтобы осуществить геопривязку, перепроецирование или смену картографической проекции. Файл можно сохранить в нескольких форматах: *.tar, *.dat, *.tab и др. (рис. 40). Для последующих работ рекомендуется выбрать текстовый формат *.dat.

Нажмите кнопку Начать, при этом начнется операция загрузки. Появляется окно Загрузка. Дальнейший процесс идет автоматически. По окончании процесса убедитесь в наличии изображения в формате JPEG и файла привязки.

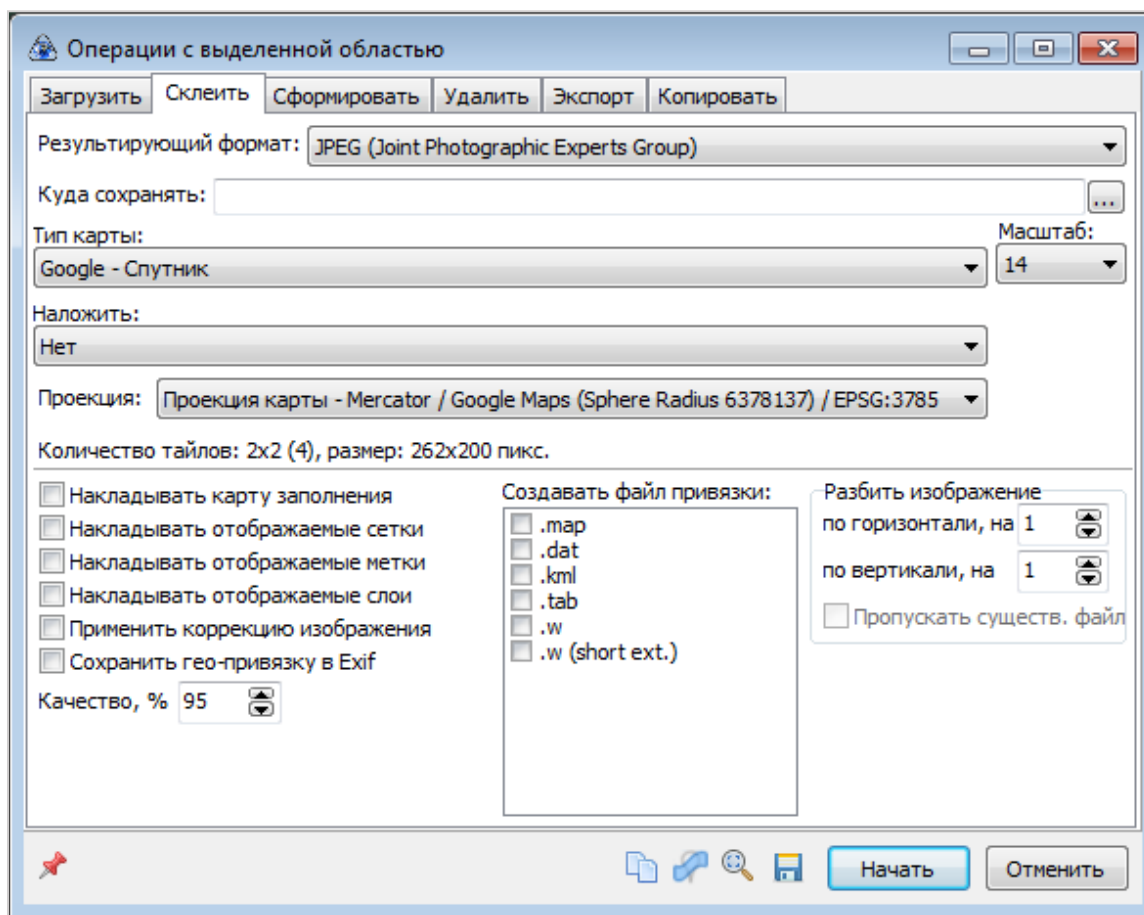


Рис. 40. Параметры для скачивания

3.10. Упражнение № 10. Импорт изображений из обменного формата JPEG

Цель работы: импортировать файл формата JPEG, используя возможности импортирования файлов ERDAS Imagine.

Исходные данные: изображение в формате JPEG (primer.jpg).

Выходные данные: изображение в формате Image Image (primer.img).

Ход выполнения

В диалоговом окне Import в поле Format выбрать JFIF (JPEG). Далее указать в качестве входных данных (поле Input File) изображение (*.jpg) и задать имя выходного изображения (поле Output File) (*.img). Окно Import представлено на рис. 41. Нажать ОК. В появившемся диалоге Import JFIF Files проконтролировать размер выходного изображения, нажать ОК.

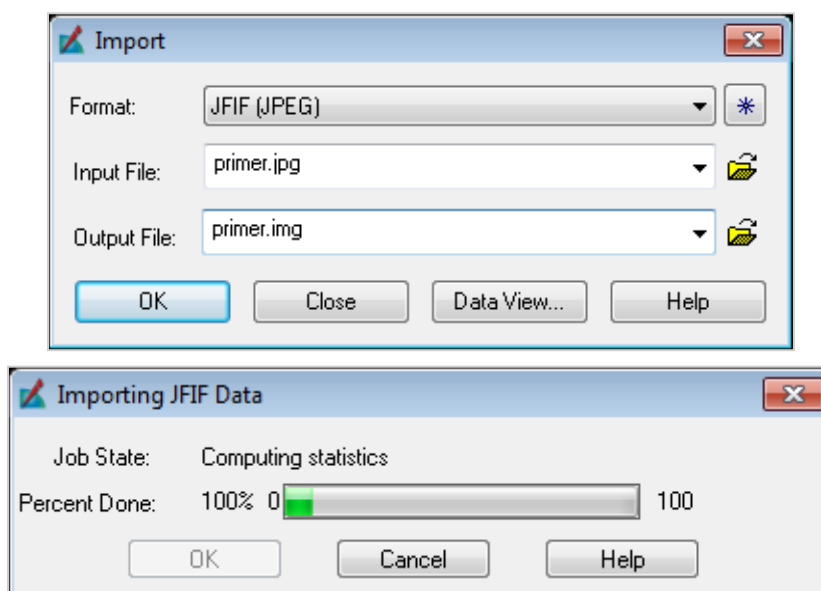


Рис. 41. Окно Import

После завершения процесса закрыть окно Importing JFIF Data.

3.11. Упражнение № 11. Геокодирование растра

Цель работы: выполнить геопривязку изображения, полученного из обменного формата по данным из текстового файла. Внести в каталог новое изображение с геопривязкой, проверить корректность проведенной процедуры.

Входные данные: изображение в формате Image Image (primer.img), файл геопривязки (primer.dat).

Выходные данные: геокодированное изображение в формате Image Image (primer.img), каталог формата (new.ict).

Ход выполнения

Во вьюере загрузите импортированный из формата JPEG файл primer.img. На главной панели ERDAS Imagine в меню Home в разделе Information выберите функцию Layer Info (рис. 42).

В открывшемся окне получите информацию о размере изображения – ширина/высота в пикселах (Width/Height). В блокноте отойте файл с данными о геопривязке в формате *.dat (рис. 43).

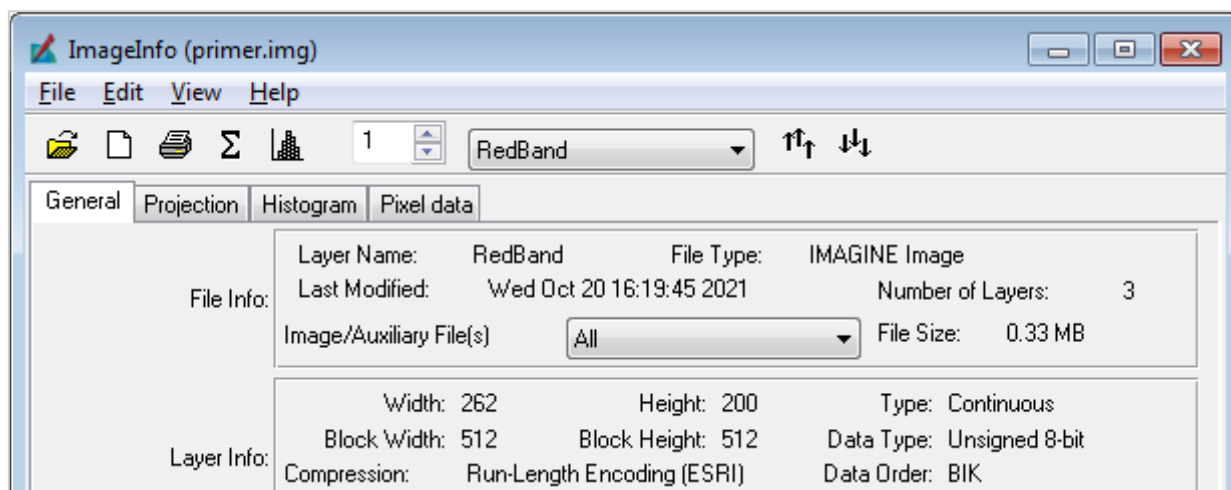


Рис. 42. Окно Image Info

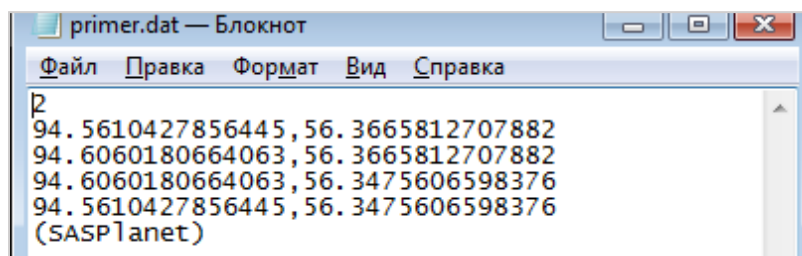


Рис. 43. Файл с данными о геопривязке

В нем приведен перечень пар координат всех углов изображения. (начиная с верхнего левого по часовой стрелке). Рассчитайте значение разницы координат углов снимка по долготе (DX) и широте (DY).

DX рассчитывается как разница координат X (долгот) правого нижнего угла и левого верхнего угла изображения. DY рассчитывается как разница координат Y (широт) левого верхнего угла и правого нижнего угла изображения.

Определите размер одного пиксела:

- для координаты X рассчитывается как отношение DX к количеству столбцов изображения (Width);
- для координаты Y рассчитывается как отношение DY к количеству строк изображения (Height).

В окне ImageInfo нажмите на меню Edit, из списка выберите Change Map Model (рис. 44).

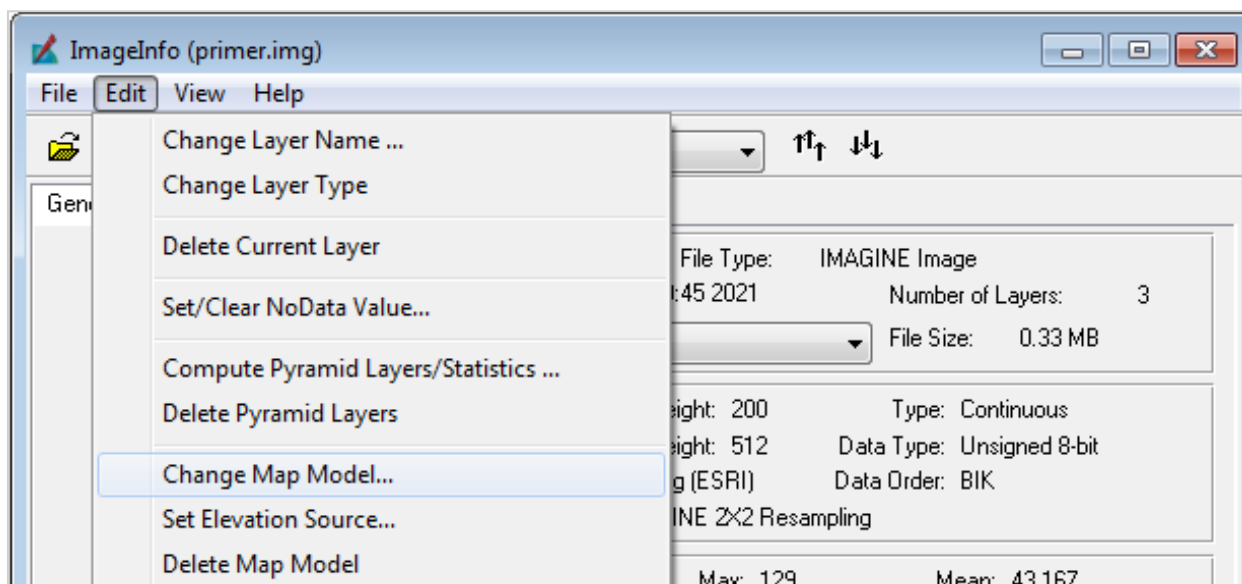


Рис. 44. Меню Edit

В открывшемся окне Change Map Info (рис. 45) укажите данные о координатах верхнего левого угла (*Upper Left X* и *Upper Left Y*). Укажите данные о размере пиксела (*Pixel Size X* и *Pixel Size Y*).

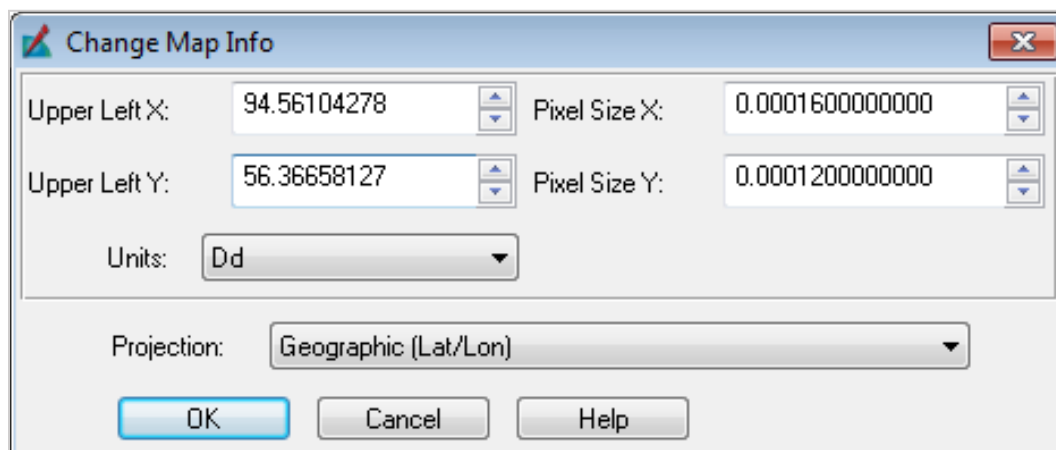


Рис. 45. Окно Change Map Info

Перейдите к указанию параметров проекции Projection. Укажите проекцию Geographic (Lat/Lon). В диалоге автоматически будут указаны единицы измерения в соответствии с выбранной проекцией. Нажмите ОК.

Во вкладке Edit из меню выберите Add/Change Projection. Укажите параметры проекции Geographic (Lat/Lon) (рис. 46).

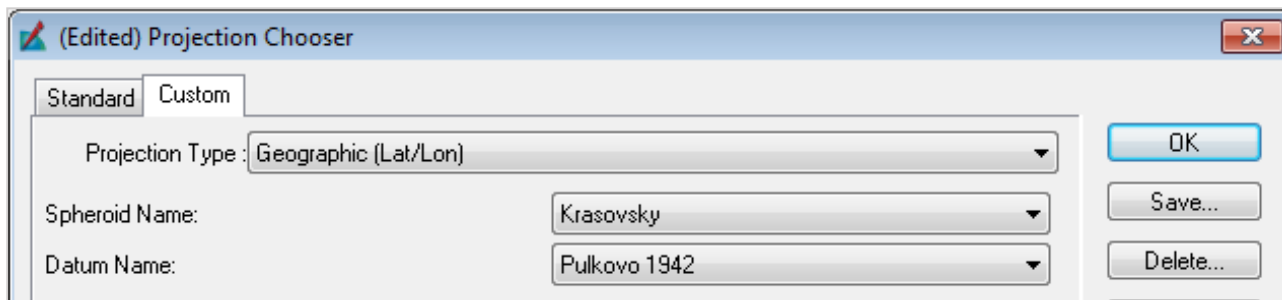


Рис. 46. Окно Projection Chooser

На главной панели ERDAS Imagine, в меню Manage Data выберите инструмент Image Catalog. Для создания нового каталога в контекстном меню всплывающего диалогового окна выберите New. Укажите рабочую директорию и назовите новый каталог new.ict, нажмите ОК. Во вкладке Edit окна Image Catalog/Catalog Image выберите свое перепроецированное изображение primer.img, нажмите Add. В таблице окна появится строка с данными о вашем изображении (рис. 47).

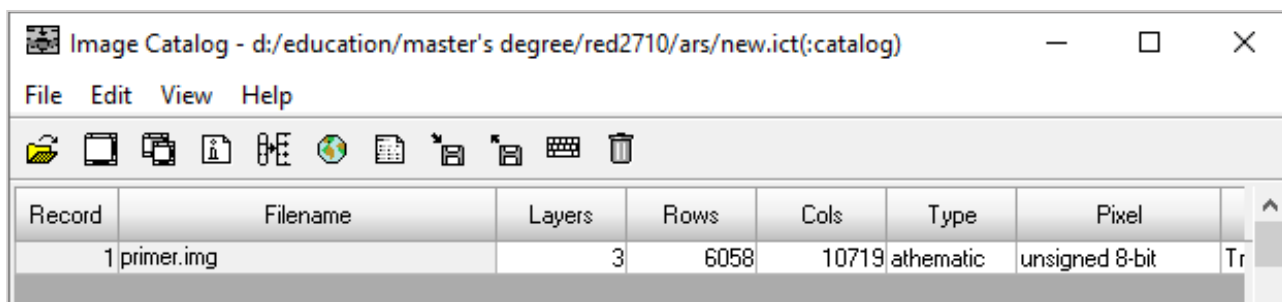


Рис. 47. Окно Image Catalog

Вызовите графическое окно каталога с помощью функции Visual Query Graphical Viewer  для осуществления графического запроса территории на карте мира (рис. 48).

Проверьте корректность положения снимка в географической системе координат (согласно сетке меридианов/параллелей).

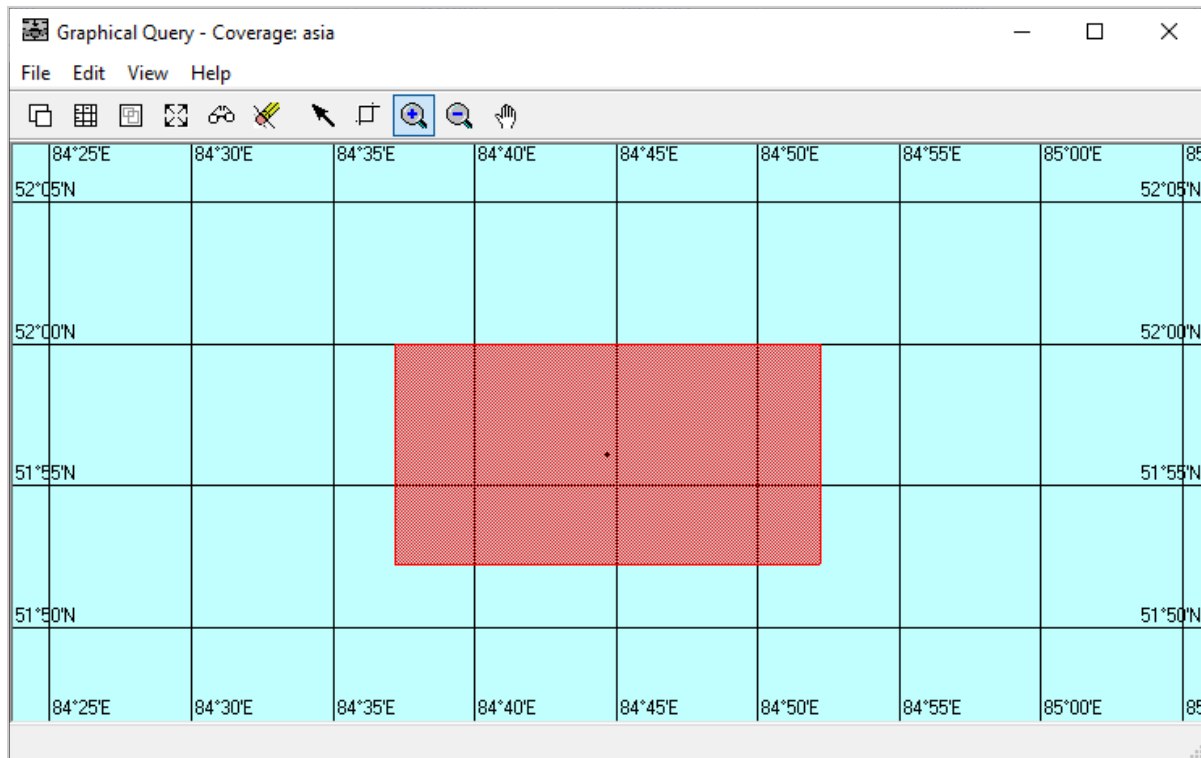


Рис. 48. Окно Карта мира

3.12. Упражнение № 12. Индексные изображения

Цель работы: рассчитать индексные изображения *NDVI* и *WRI*, используя построение модели в Model Maker.

Входные данные: многоканальный снимок Landsat (summertmaoi.img).

Выходные данные: индексное изображение *NDVI* (summertmaoindvi.img), индексное изображение *WRI* (summertmaoiwri.img).

Ход выполнения

Для расчета индекса *NDVI* необходимо использовать формулу

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где *NIR* – значение яркости в ближней инфракрасной области спектра;
RED – значение яркости в красной области спектра.

Для построения модели расчета индекса *NDVI* на главной панели ERDAS Imagine в меню Toolbox/Tools выберите функцию Model Maker, после чего откроется графическое окно и набор инструментов для создания модели (рис. 49).

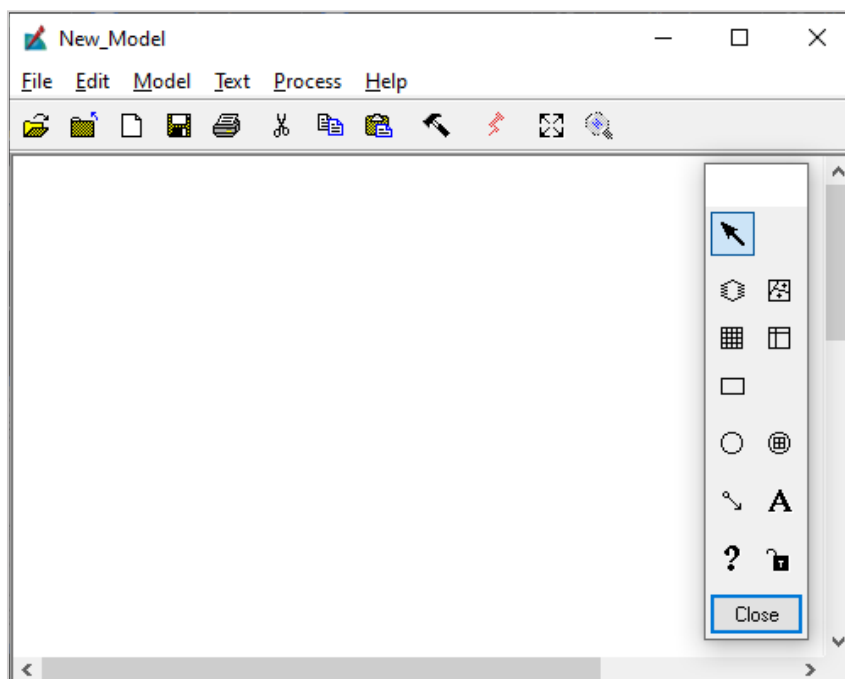


Рис. 49. Окно New Model

На палитре инструментов (Tool Palette) выберите инструмент Raster Object (Растровый объект) и одиночным щелчком мыши поместите объект в левом верхнем углу окна блок-схемы модели. Повторите операцию согласно схеме (для повторяющихся объектов рекомендуется использовать инструмент Keep Tool). Затем выберите инструмент Function (Функция) и расположите необходимое количество на блок-схеме. Затем вернитесь к набору инструментов и нажмите кнопку Connect (Связать данные). Соедините объекты так, как показано на схеме.

Щелкните дважды по первому растровому объекту и введите имя исходного файла (File Name) – summertmaoi.img. В диалогах промежуточных растровых объектов (на выходах функций ветвей) включите флажок Temporary Raster Only (Создавать только временный растровый файл). Модель для расчета значений индекса *NDVI* показана на рис. 50.

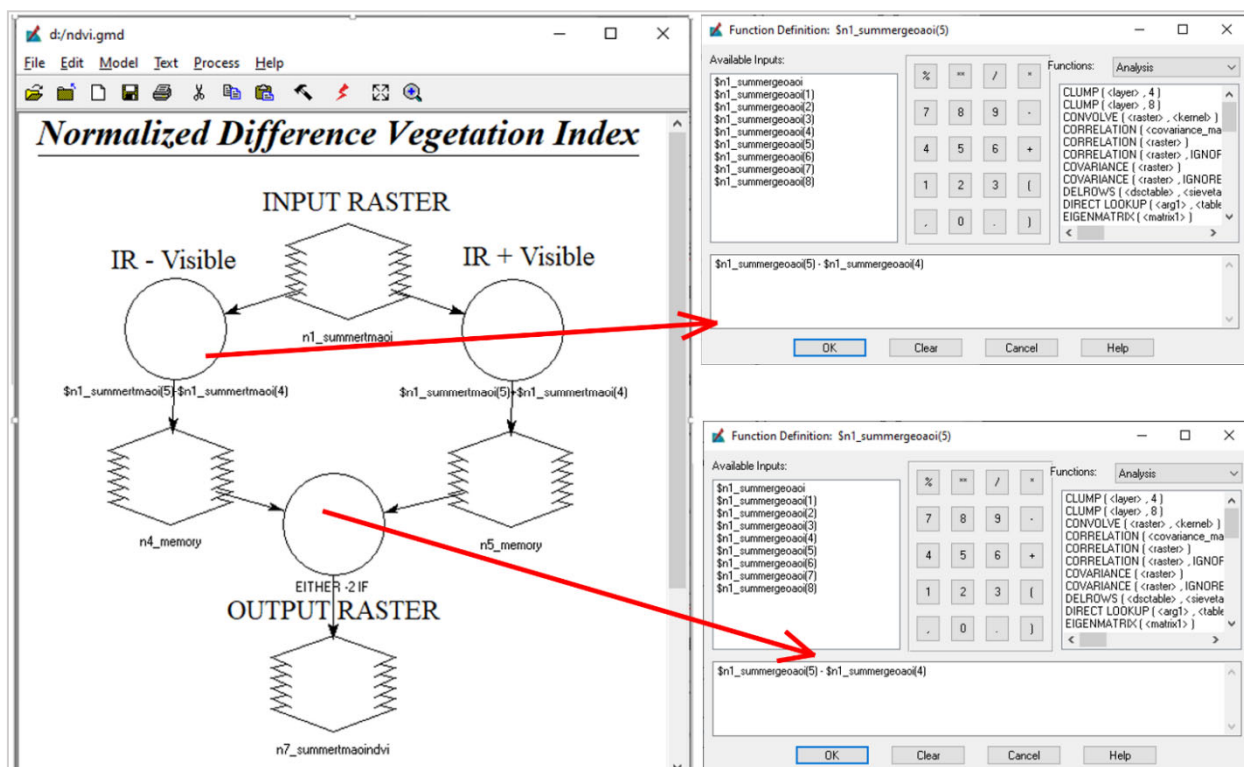


Рис. 50. Модель расчета индекса *NDVI*

Левая ветвь рассчитывает числитель, а правая ветвь рассчитывает знаменатель индекса *NDVI*. Дважды щелкните по нижнему растровому объекту и задайте имя выходному файлу (File Name) – summertmaoindvi.img. Включите флажок Delete if Exists (Удалить, если существует) на тот случай, если возникнет необходимость вернуться к модели и переписать уже существующий выходной файл. Убедитесь, что выбран тип данных (Data Type) – Float, тип раstra (File Type) – Continuous. Нажмите ОК. Для исключения случаев деления на ноль при расчете индекса выполняется проверка условным оператором: пикселям, знаменатель для которых равен нулю присваивается значение -2, для прочих рассчитывается отношение согласно формуле индекса. Щелкните дважды по нижнему объекту Function (Функция) и в списке Functions выберите категорию Conditional (Условные). В списке функций этой категории выберите условный оператор Either. Запустите модель. Откройте во вьюере полученное индексное изображение в режиме псевдоцветов (Pseudo Color). Проверьте диапазон значений индекса, для этого на главной панели ERDAS Imagine в меню Table/View воспользуйтесь функцией Show Attributes.

Далее, аналогичным способом, необходимо выполнить расчет индекса *WRI*. Для расчета индекса используйте формулу:

$$WRI = (GREEN + RED) / (NIR + SWIR), \quad (2)$$

где *GREEN* – значение яркости в зеленой области спектра;

RED – значение яркости в красной области спектра;

NIR – значение яркости в ближней инфракрасной области спектра;

SWIR – значение яркости в коротковолновой инфракрасной области спектра.

Постройте модель расчета индекса с помощью функции Model Maker. В качестве входных данных используйте многоканальное изображение Landsat (*summertmaoi.img*). Модель представлена на рис. 51. Задайте имя выходному файлу (*summertmaoiwri.img*).

Сохраните созданную модель (*wri.gmd*). Запустите модель. Откройте полученное изображение во вьюере в режиме псевдоцветов. В атрибутивной таблице проверьте диапазон значений индекса.

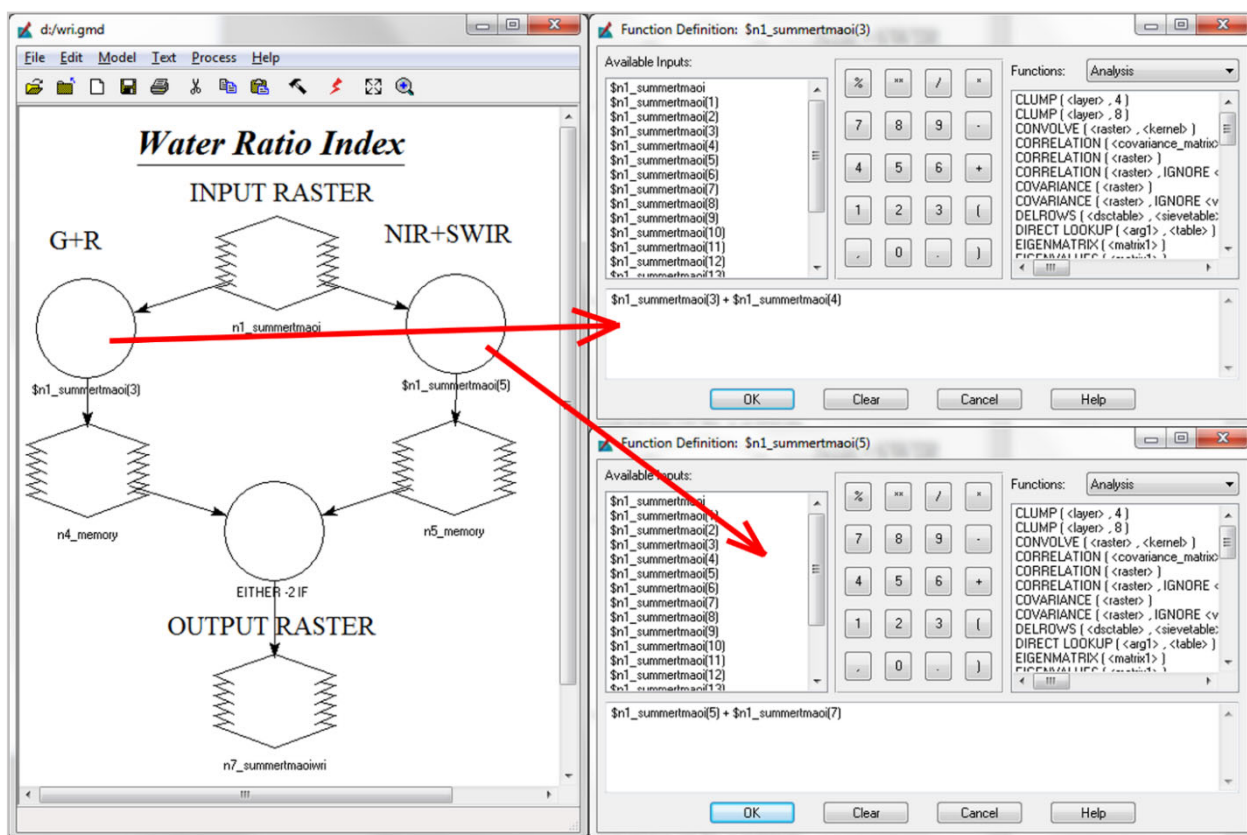


Рис. 51. Модель расчета индекса *WRI*

3.13. Упражнение № 13. Псевдоцветное представление индексного изображения

Цель работы: получить псевдоцветное изображение индекса *NDVI*, согласно дискретной шкале (рис. 52, табл. 1).

Входные данные: индексное изображение *NDVI* (summertmaoindvi.img).

Выходные данные: классифицированное тематическое изображение (summerndvicolor.img).



Рис. 52. Дискретная шкала *NDVI*

Таблица 1

Спектральные характеристики типов земных покрытий

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение <i>NDVI</i>
Густая растительность	0,1	0,5	0,7
Разряженная растительность	0,1	0,3	0,5
Открытая почва	0,25	0,3	0,025
Облака	0,25	0,25	0
Снег и лед	0,375	0,35	-0,05
Вода	0,02	0,01	-0,25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	0,3	0,1	-0,5

Ход выполнения

Постройте модель классификации значений индекса *NDVI*, используя условный оператор Conditional, схема модели представлена на рис. 53. Исходным файлом укажите индексное изображение *NDVI* (summertmaoindvi.img),

а выходному файлу задайте имя summerndvicolor.img. В качестве выходного типа файла укажите Thematic.

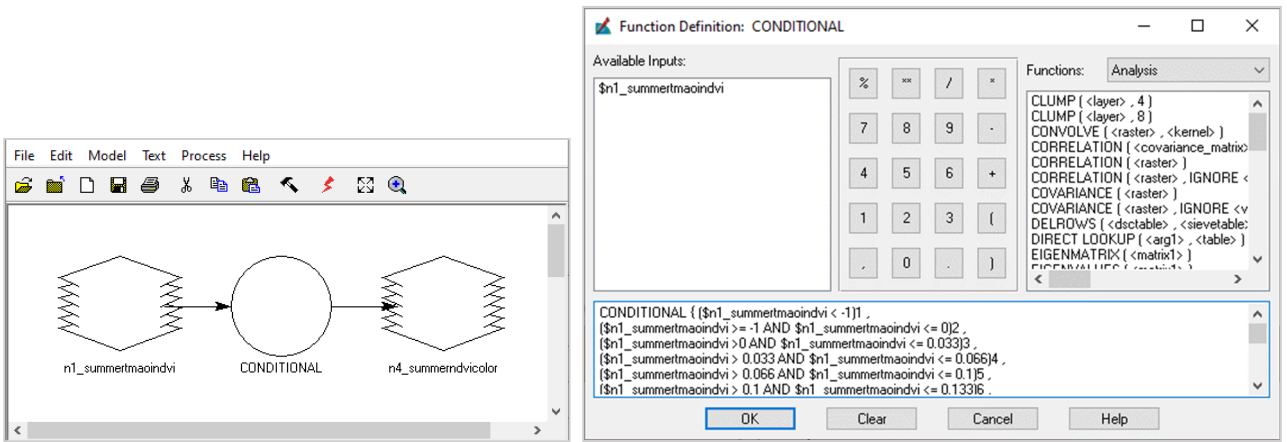


Рис. 53. Модель классификации с использованием условного оператора

Во выюере откройте полученное тематическое изображение и таблицу атрибутов. Добавьте в таблицу столбец имен классов (Class_Names). Задайте имя и цвет для каждого класса, используя рис. 54 и табл. 1.

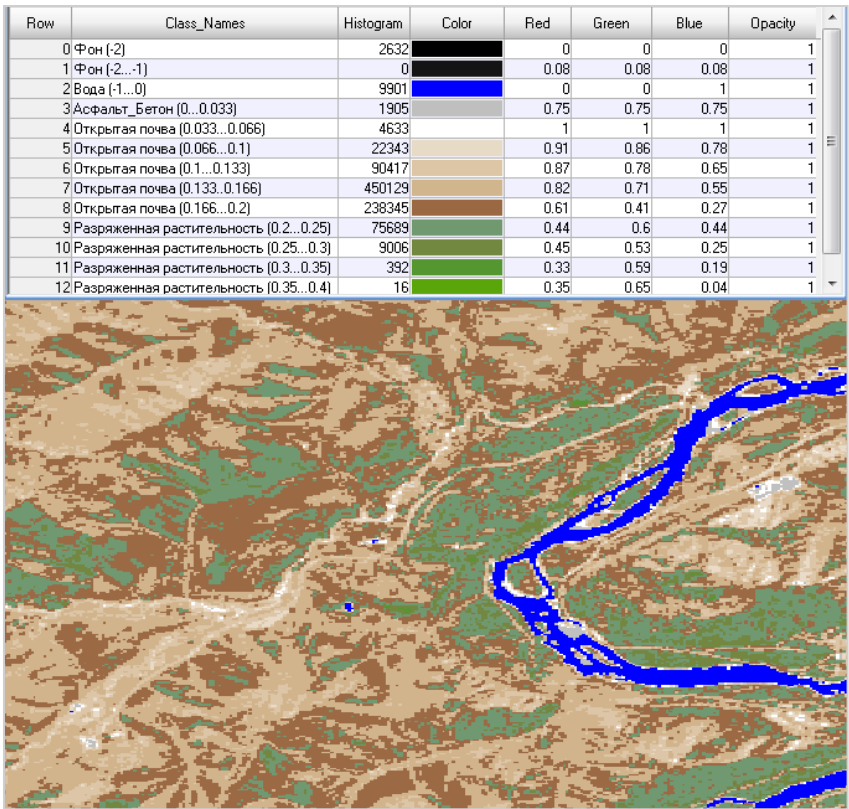


Рис. 54. Тематическое изображение индекса *NDVI*

3.14. Упражнение № 14. Выявление изменений состояния растительности

Цель работы: с помощью функции Model Maker построить модель для выявления изменений состояния растительности на основе расчета разности разновременных индексных изображений *NDVI*.

Входные данные: индексные изображения на летний период (summertmaoindvi.img) и весенний период (springtmaoindvi.img).

Выходные данные: изображение разности разновременных вегетационных индексов (raznica.img).

Ход выполнения

Для формирования модели выявления изменений состояния растительности воспользуйтесь функцией Model Maker. К модели добавьте три растровых объекта и одну функцию, выполните соединение, как показано на рис. 55.

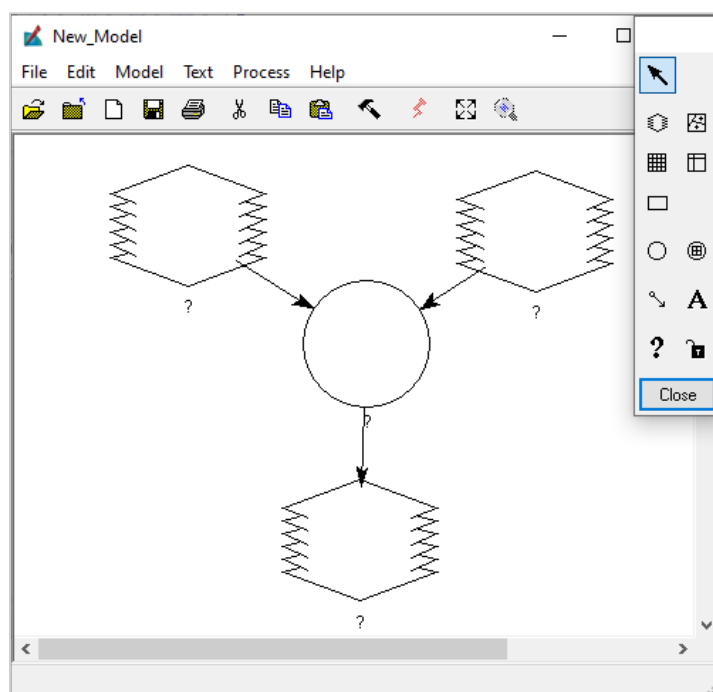


Рис. 55. Шаблон модели

В первый растровый объект в качестве входных данных добавьте индексное изображение летнего периода (summertmaoindvi.img), а во второй –

весеннего (springtmaoindvi.img). В функции введите разность двух индексных изображений, как показано на рис. 56.

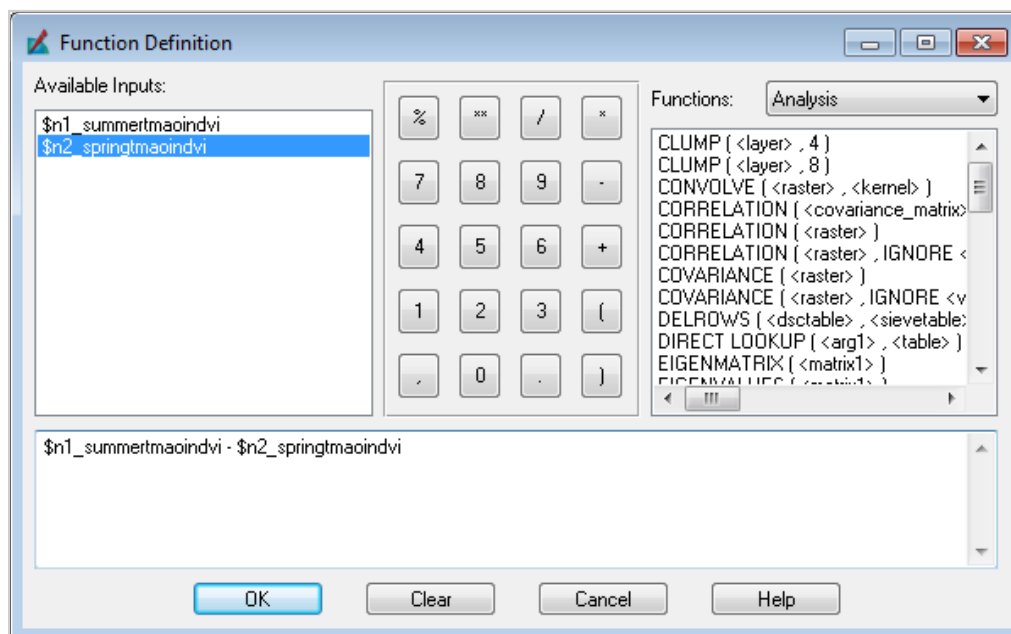


Рис. 56. Функция разности

Затем в третьем растровом объекте задайте имя выходного файла raznicandvi.img, формат данных Float. Запустите модель.

Откройте во вьюере (в режиме псевдоцветов) полученное разностное выходное изображение (рис. 57).

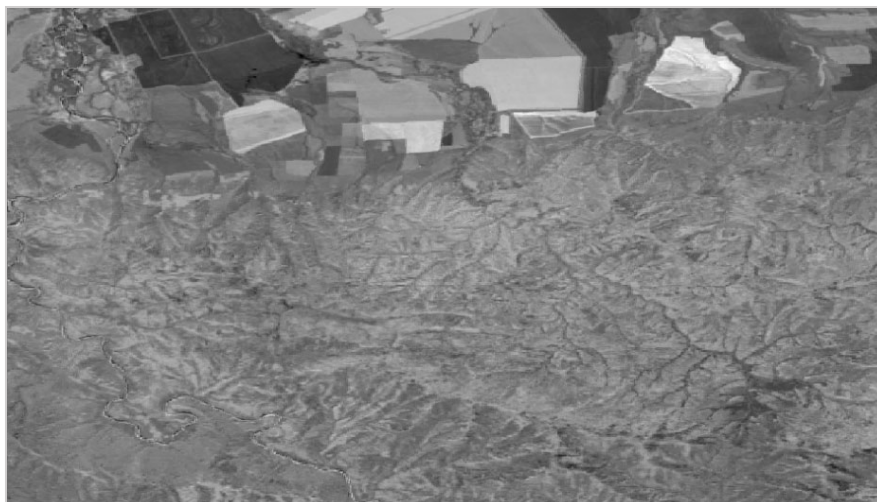


Рис. 57. Разностное изображение

3.15. Упражнение № 15.

Псевдоцветное представление тематического растра. Разность разновременных индексных изображений

Цель работы: выявить классы изменений состояния растительности с помощью построения модели с использованием функции Model Maker на основе классификации изображения разности разновременных индексов *NDVI*.

Входные данные: изображение разности индексов *NDVI* (raznica.img).

Выходные данные: тематическое изображение классов выявленных изменений состояния растительности (ухудшение/улучшение) (raznicaclass.img).

Ход выполнения

Для построения модели классификации добавьте два растровых объекта и одну функцию и соедините их, как показано на рис. 58. В первый растровый объект в качестве входных данных добавьте изображение разности вегетационных индексов (raznica.img), а во втором растровом объекте задайте путь, формат данных (Unsigned 8-bit), формат (Thematic) и имя выходного файла (raznicaclass.img).

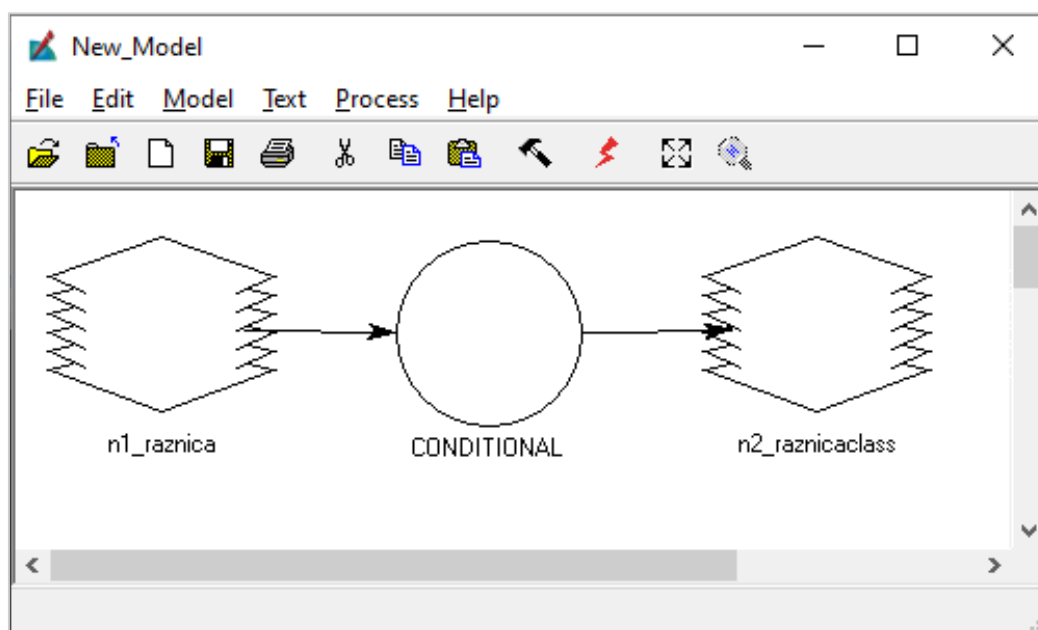


Рис. 58. Модель классификации

Значения индекса *NDVI* изменяются в диапазоне от -1 до 1, следовательно, значения разности имеют диапазон от -2 до 2.

Планируется создать пять классов объектов следующего содержания:

- [-2..-1] – состояние растительности значительно ухудшилось;
- [-1..-0,03] – состояние растительности ухудшилось;
- [-0,03..0,03] – состояние растительности не изменилось;
- [0,03..1] – состояние растительности улучшилось;
- [1..2] – состояние растительности значительно улучшилось.

Но реальная картина изменений демонстрируется диапазоном значений в файле *raznisa.img* (воспользуйтесь информацией о файле Image Info), согласно которому следует изменить пороговые значения каждого из классов (рис. 59).

Например, файл разности имеет диапазон от -0,6655 (min) до 0,29166 (max), рис. 59.

Согласно этому границы классов изменим на следующие:

- *Класс 1 [-0,6655..-0,33275] – состояние растительности значительно ухудшилось;*
- *Класс 2 [-0,33275..-0,03] – состояние растительности ухудшилось;*
- *Класс 3 [-0,03..0,03] – состояние растительности не изменилось;*
- *Класс 4 [0,03.. 0,14583] – состояние растительности улучшилось;*
- *Класс 5 [0,14583..0,29166] – состояние растительности значительно улучшилось.*

Начальное значение класса 1 определяется как минимальное значение разности (*min*), а конечное значение класса 5 – как максимальное значение разности (*max*).

Пороговое значение между классами 1 и 2 определяется как среднее из отрицательных значений разности; пороговое значение между классами 4 и 5 определяется как среднее из положительных значений разности.

В функции с помощью условного оператора *Conditional* присвойте каждому интервалу значений свой класс, как показано на рис. 60.

Запустите модель на исполнение.

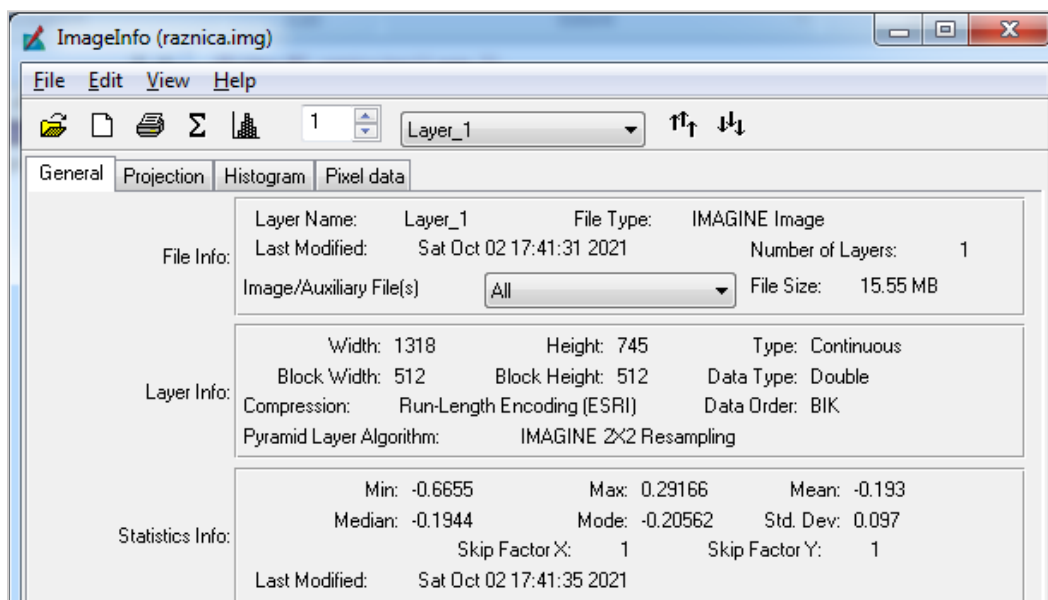


Рис. 59. Информация о файле разности

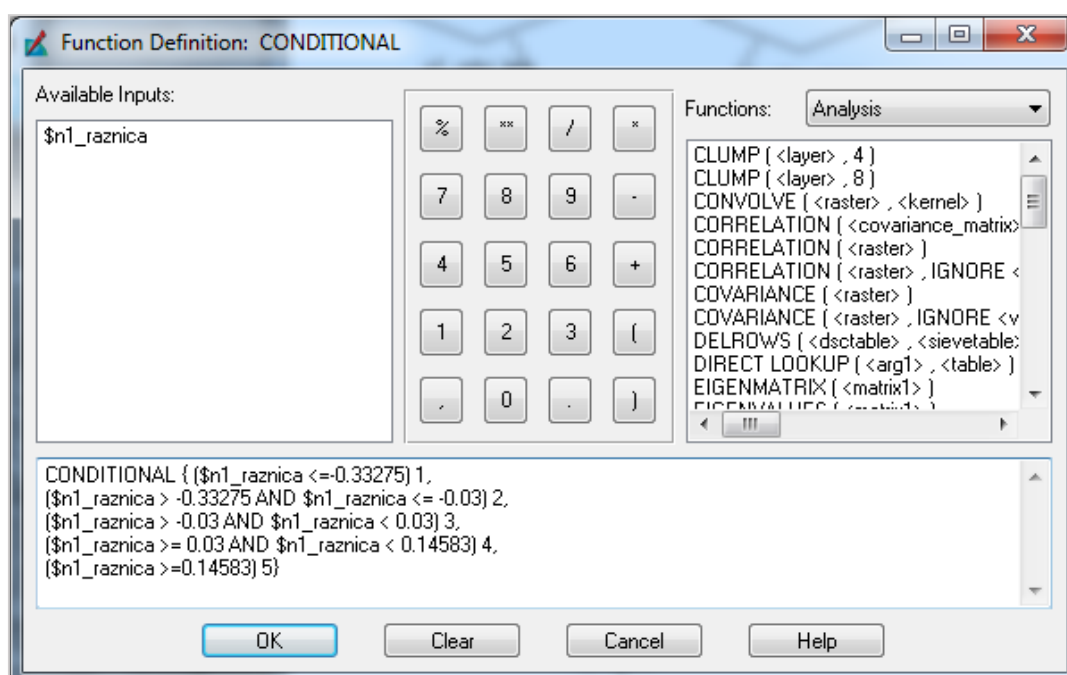


Рис. 60. Функция классификации значений

Во выюере откройте полученное изображение в режиме псевдоцветов и задайте цвет каждому классу в таблице атрибутов:

- Класс 1 (красный) – состояние растительности значительно ухудшилось;

- Класс 2 (оранжевый) – состояние растительности ухудшилось;
- Класс 3 (белый) – состояние растительности не изменилось;
- Класс 4 (светло-зеленый) – состояние растительности улучшилось;
- Класс 5 (темно-зеленый) – состояние растительности значительно улучшилось.

В таблицу атрибутов добавьте столбец имен классов (Class_Name). Для этого на главной панели ERDAS Imagine в меню Table в разделе Column воспользуйтесь функцией Add Class Name. В появившемся столбце задайте имена для каждого класса (рис. 61).

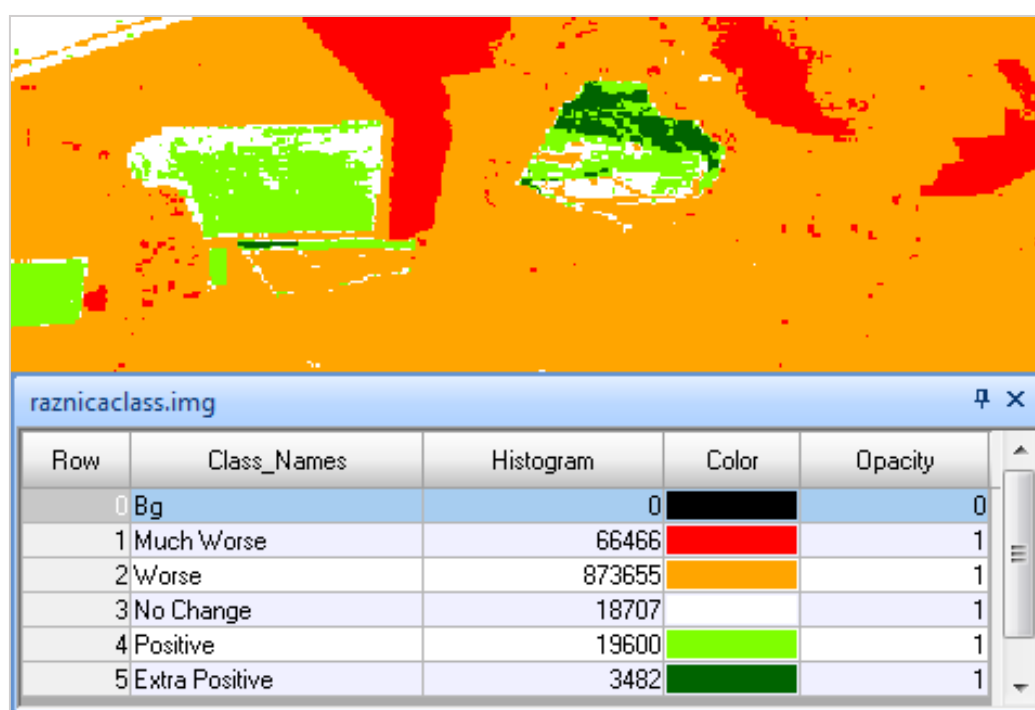


Рис. 61. Имена классов

3.16. Упражнение № 16. Анализ уклонов местности

Цель работы: построить графическую модель, позволяющую создать тематическое растровое изображение потенциально эрозионно-опасных территорий.

Входные данные: многоканальный снимок summertmaoi.img, файл ЦМР области интереса (srtmaoitm.img).

Выходные данные: тематическое изображение уклонов местности (slope.img), классифицированное изображение потенциально эрозионно-опасных территорий (slopeclass.img).

Ход выполнения

Для получения данных об уклонах на главной панели ERDAS Imagine в меню Terrain раздела Analysis выберите инструмент Slope. В окне Surface Slope (рис. 62) выберите входное изображение ЦМР (srtmaoitm.img) и задайте путь и имя для выходного изображения (slope.img).

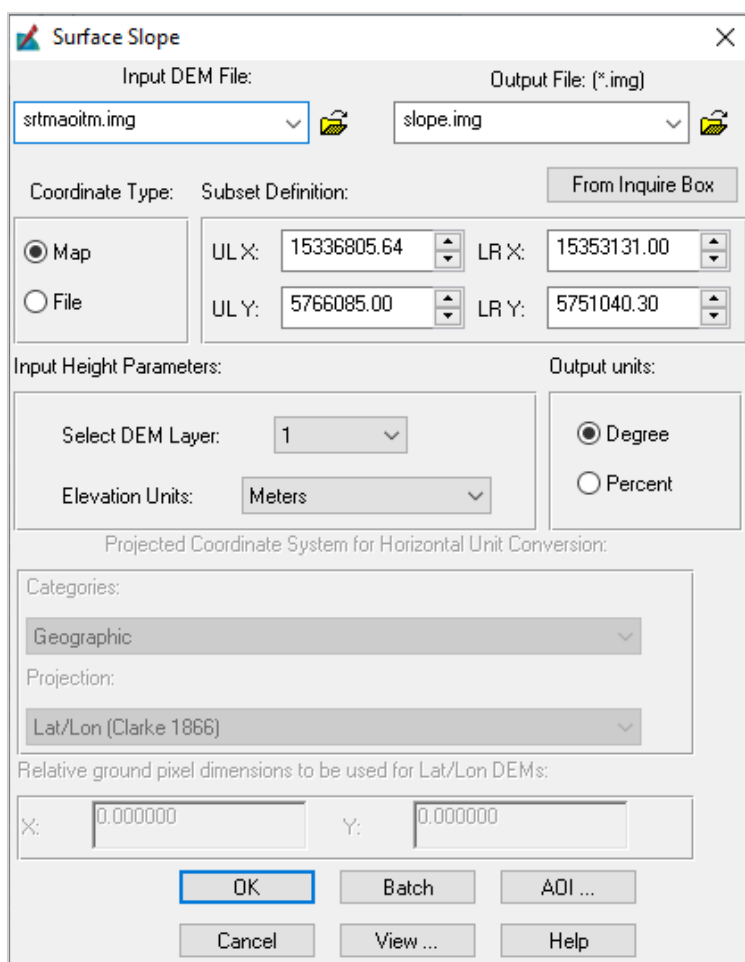


Рис. 62. Окно Surface Slope

В диалоге проконтролируйте единицы измерения высот – метры (Elevation Units: Meters) и единицы измерения уклонов для выходных данных – градусы (Output units: Degree). Нажмите OK.

С помощью этой функции строится изображение, которое будет содержать информацию об уклонах на заданной территории. В таблице атрибутов итогового растра содержатся числовые значения уклонов. Уклон местности принимает значения от 0 до 90 градусов.

Из графы Row таблицы атрибутов полученного растра можно определить максимальный уклон на данной территории – в примере 82 градуса (рис. 63).

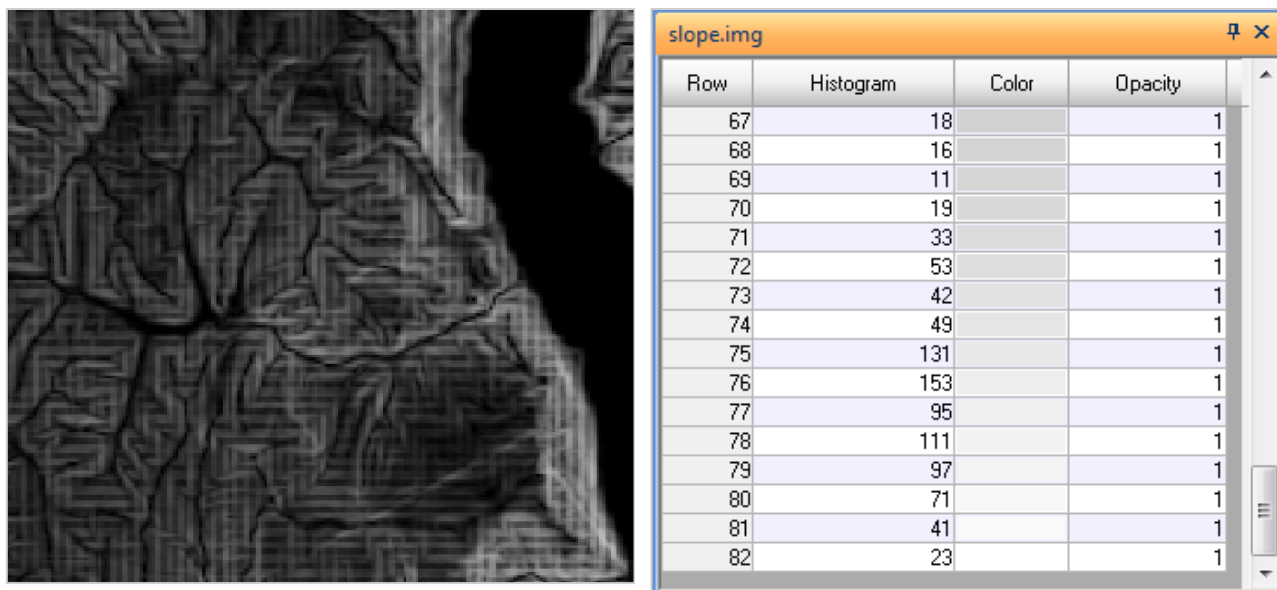


Рис. 63. Итоговый растр уклонов и атрибутивная таблица

На главной панели ERDAS Imagine в меню Home в разделе Information выберите инструмент Layer Info. В окне Image Info убедитесь, что тип файла указан Thematic. Если нет – измените тип в меню Edit/Change Layer Type (рис. 64).

Для создания тематического растрового изображения потенциально эрозионно-опасных территорий с помощью функции Model Maker (Toolbox/Tools) необходимо создать модель. К модели добавьте два растровых объекта и одну функцию. В первом растровом объекте введите имя входного файла (slope.img), включите режим перекодировки данных (Recode Data) (рис. 65).

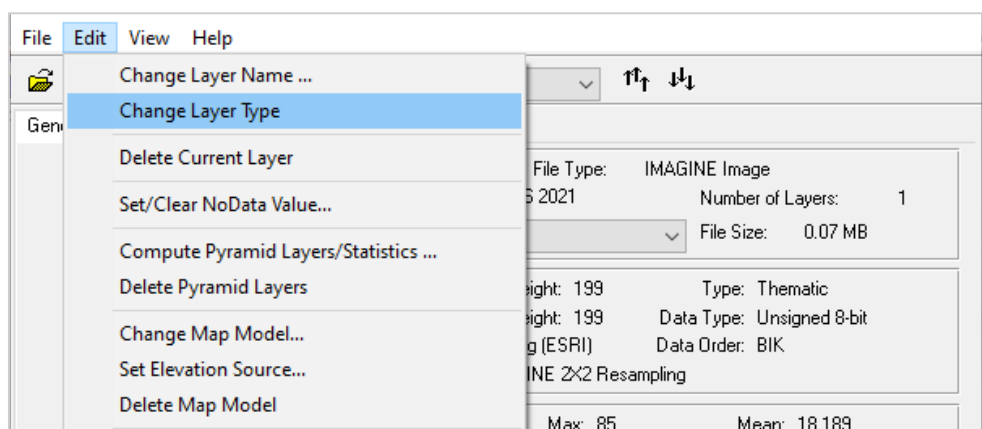


Рис. 64. Изменение типа файла

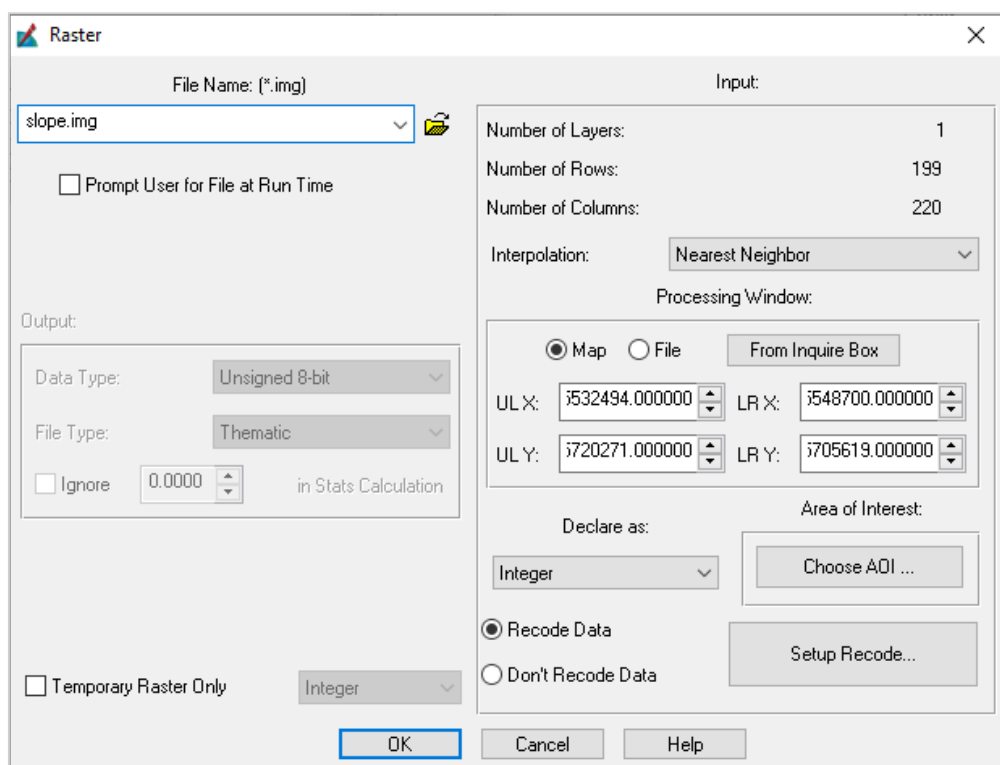


Рис. 65. Входные данные

Щелкните кнопку установки режима перекодировки (Setup Recode). Перекодируйте данные, выделив строки, используя следующие критерии: если уклон меньше 10 градусов, то New Value = 0, иначе New Value = 1 (рис. 66), для удобства можно воспользоваться функцией задания порогового значения через контекстное меню строк (Criteria).

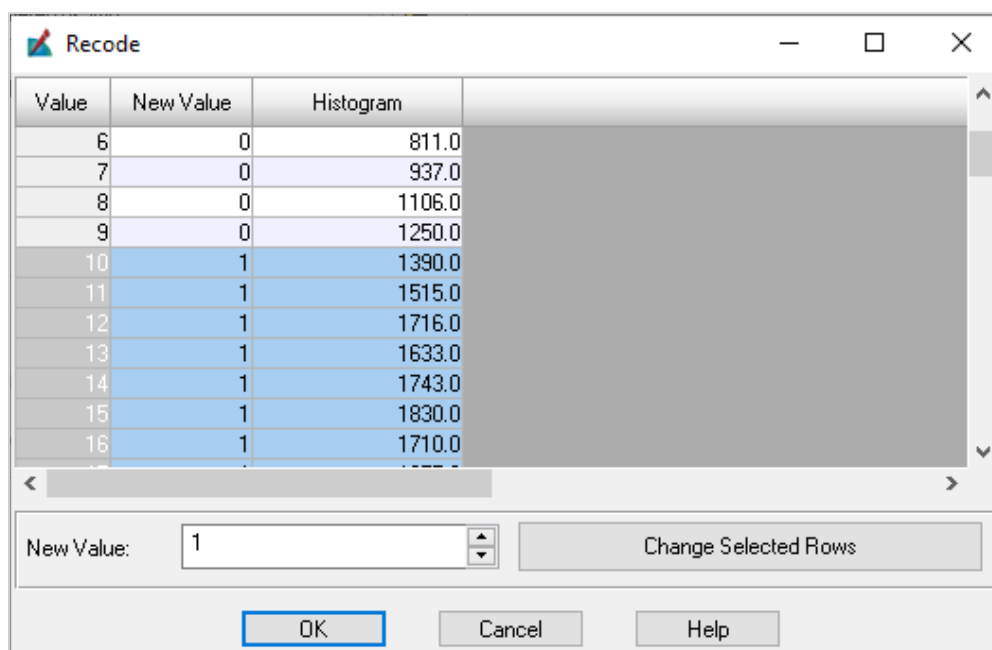


Рис. 66. Окно Recode

Щелкните дважды по элементу модели функции, в списке функций (Functions) укажите категорию условных операторов (Conditional). Из списка выберите условный оператор (Conditional), задайте значение функции, как представлено на рис. 67.

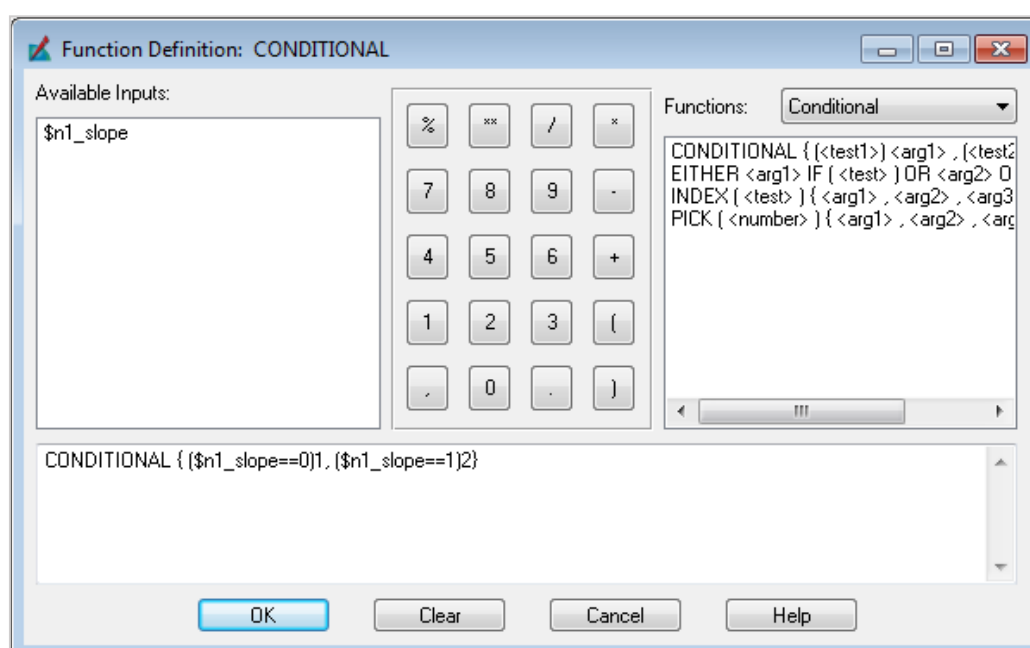


Рис. 67. Выбор параметров условного оператора классификации

Объекты с нулевыми значениями после перекодировки (имеющие уклон менее 10 градусов) будут отнесены к классу 1, а перекодированные объекты со значением 1 (уклон 10 градусов и более) будут отнесены к классу 2.

Во втором растровом объекте укажите путь и название выходного файла (slopeclass.img). Запустите модель (Execute the Model).

Во व्यюере в режиме псевдоцветов откройте созданный файл. Вызовите атрибутивную таблицу.

Добавьте новый столбец для названия классов, для этого на главной панели ERDAS Imagine в меню Table в разделе Column выберите инструмент добавления поля имени класса Add Class Name. В столбце Class Name введите названия классов – Background (Фон), Low Erosion Potential (Низкая эрозионная опасность), High Erosion Potential (Высокая эрозионная опасность).

Измените цвета в столбце Color. Результат представлен на рис. 68.



Рис. 68. Результат классификации

Установите в столбце непрозрачности (Opacity) для фона (Background) и класса 1 (Low Erosion Potential) значение 0. Это позволит видеть только

пиксели второго класса поверх снимка после наложения. Щелкните кнопку Save. Откройте во вьюере одновременно два изображения: созданный вами тематический растр поверх космического снимка.

3.17. Упражнение № 17. Анализ ориентации склонов местности

Цель работы: создать тематическое растровое изображение, в котором будут определены классы направлений ориентации склонов в соответствии со сторонами света с помощью построения графической модели средствами Model Maker.

Входные данные: файл области интереса ЦМР в проекции Transverse Mercator (srtmaoitm.img).

Выходные данные: тематическое изображение ориентации склонов (aspect.img), классифицированное изображение (aspectclass.img), модель классификации экспозиции склонов (aspectclass.gmd).

Ход выполнения

Для определения азимутальной ориентации склонов (экспозиции) на главной панели ERDAS Imagine в меню Terrain/Analysis воспользуйтесь функцией Aspect. В окне Surface Aspect (рис. 69). Нажмите View для вызова модели расчета экспозиции склонов.

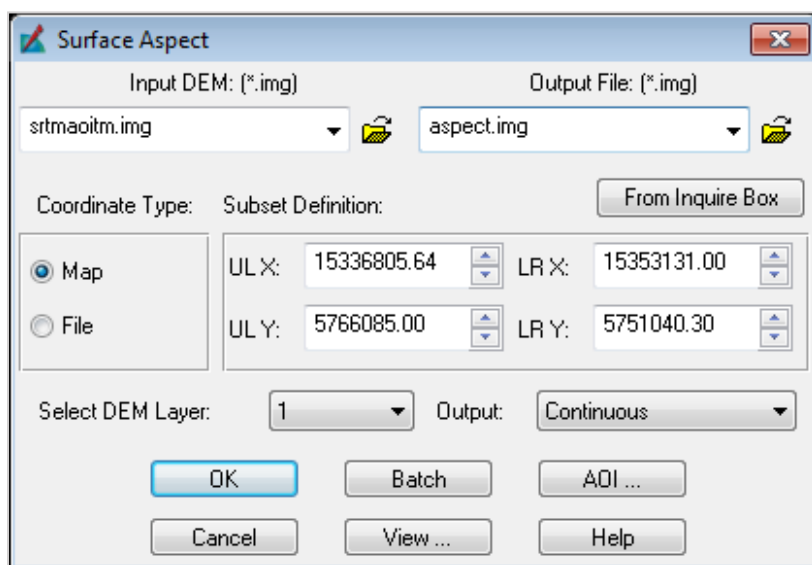


Рис. 69. Окно Surface Aspect

Задайте имена входного растра (srtmaoitm.img). для выходного растра задайте имя (aspect.img) и тип данных (Float Double), рис. 70. Запустите модель на исполнение.

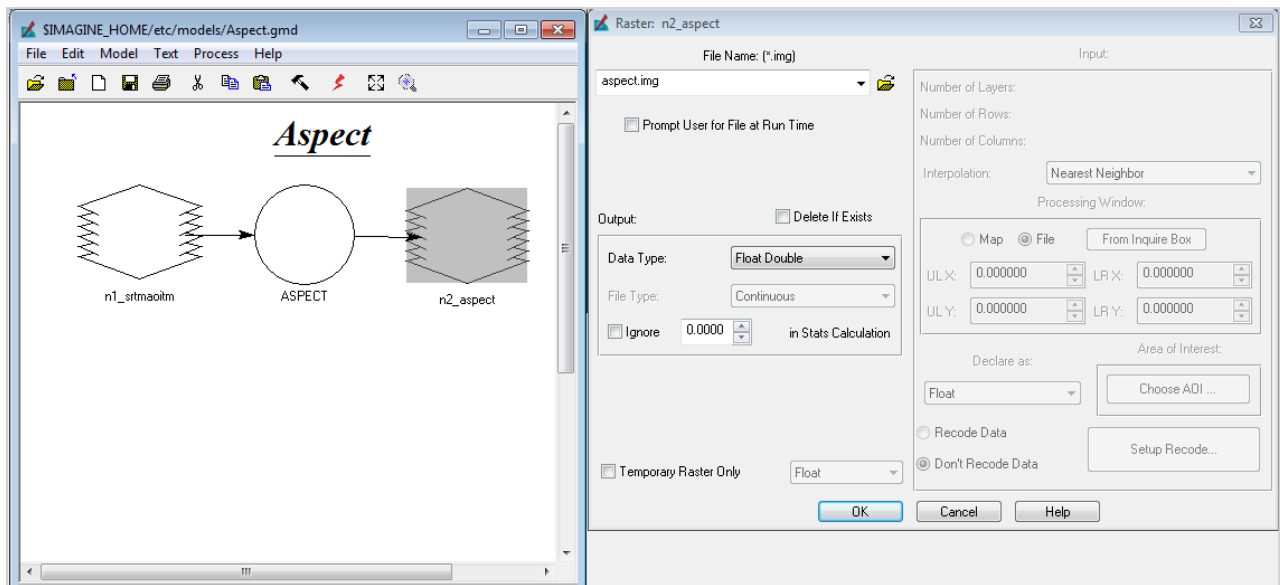


Рис. 70. Модель и параметры выходного растра

Во выюере откройте полученное изображение в режиме псевдоцветов (Pseudo Color). Откройте атрибутивную таблицу, убедитесь, что в столбце Value значения представлены в диапазоне от 0 до 360 (значения азимута в градусах с началом отсчета от направления на Север), рис. 71.

Row	Value	Histogram	Color	Opacity
241	339.848	285		1
242	341.258	440		1
243	342.668	353		1
244	344.078	290		1
245	345.488	368		1
246	346.898	342		1
247	348.309	401		1
248	349.719	378		1
249	351.129	346		1
250	352.539	346		1
251	353.949	330		1
252	355.359	357		1
253	356.77	355		1
254	358.18	354		1
255	359.59	2594		1



Рис. 71. Атрибутивная таблица aspect.img

Далее необходимо создать модель для определения классов направлений в соответствии со сторонами света по 45 градусов на каждый класс. Для построения модели воспользуйтесь функцией Model Maker. Постройте модель в соответствии со схемой, представленной на рис. 72.

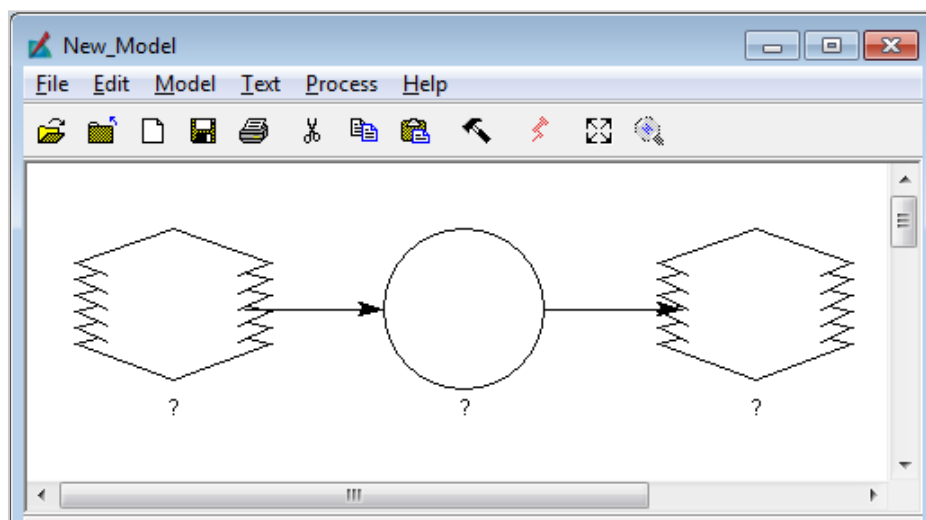


Рис. 72. Схема модели

В первом растровом объекте задайте путь и имя входного изображения (aspect.img), а во втором растровом объекте задайте путь и имя выходного изображения (aspectclass.img). В объекте функции необходимо использовать условный оператор Conditional для задания условий каждого класса:

337,5°-22,5° – Север;	22,5°-67,5° – Северо-Восток;
67,5°-112,5° – Восток;	112,5°-157,5° – Юго-Восток;
157,5°-202,5° – Юг – Красный;	202,5°-247,5° – Юго-Запад;
247,5°-292,5° – Запад;	292,5°-337,5° – Северо-Запад

Для направления на север потребуется сформировать два класса – с диапазонами от 0 до 22,5° и от 337,5 до 360°. На рис. 73 представлено выражение функции.

Сохраните полученную модель, с помощью меню File/Save as присвойте имя aspectclass.gmd. Запустите модель. Откройте во вьюере созданный файл aspectclass.img в режиме псевдоцветов (Pseudo Color). Убедитесь, через диалог Image Info, что тип файла указан Thematic. Если нет – измените тип через диалог Image Info/Edit. Для того чтобы изменить цвета для

каждого значения класса в соответствии с его направлением, откройте таблицу атрибутов. Задайте цвета каждому классу, в соответствии со схемой на рис. 74. Добавьте столбец Class_Names, для этого на главной панели ERDAS Imagine в меню Table в разделе Column воспользуйтесь инструментом Add Class Name.

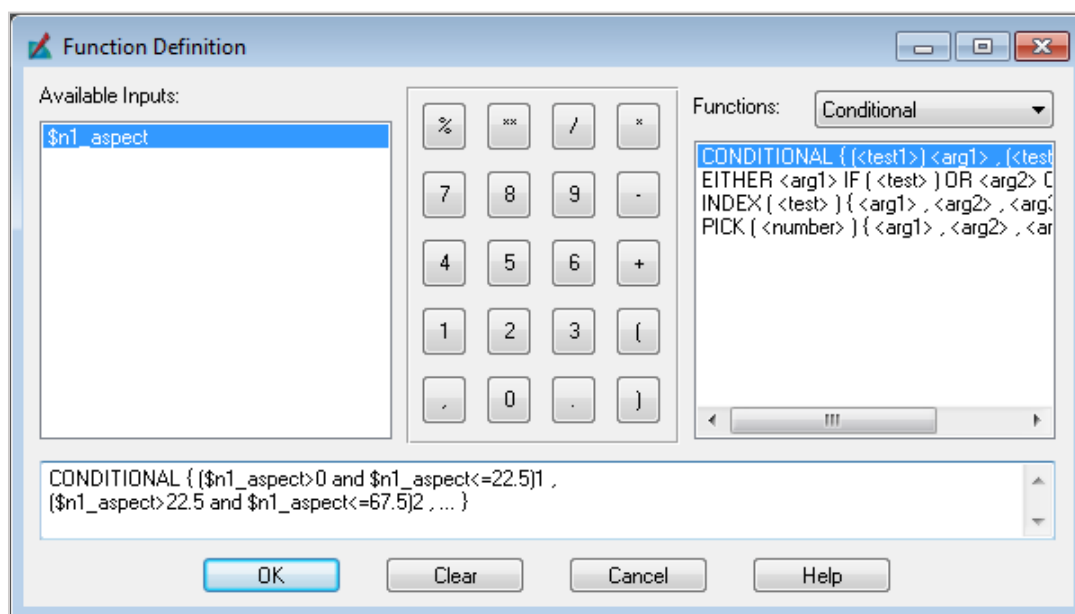


Рис. 73. Функция классификации раstra экспозиции

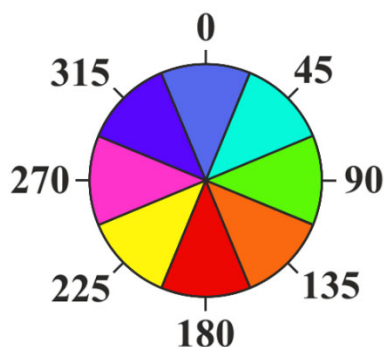


Рис. 74. Схема задания цветов классов

337,5°-22,5° – Север (N) – Синий;
 22,5°-67,5° – Северо-Восток (NE) – Бирюзовый;
 67,5°-112,5° – Восток (E) – Зеленый;
 112,5°-157,5° – Юго-Восток (SE) – Оранжевый;

157,5°-202,5° – Юг (S) – Красный;
 202,5°-247,5° – Юго-Запад (SW) – Желтый;
 247,5°-292,5° – Запад (W) – Розовый;
 292,5°-337,5° – Северо-Запад (NW) – Фиолетовый.

Атрибутивная таблица представлена на рис. 75. Убедитесь, что в столбце Opacity (Непрозрачность) для фона установлено значение 0.

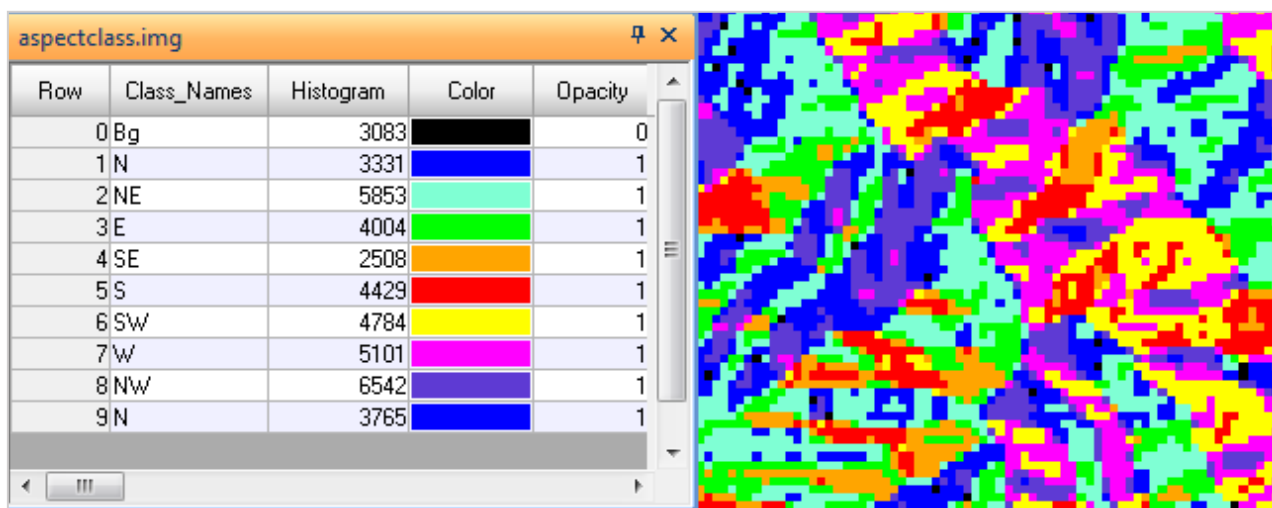


Рис. 75. Таблица атрибутов

3.18. Упражнение № 18. Создание композиции карты

Цель работы: создать композицию карты, состоящую из двух Областей вывода карты (Map Framers), в которые загружена информация из трех различных файлов. В одну из областей вывода карты (снимка) добавить зарамочное оформление с обозначением географических координат.

Входные данные: файл драпировки ЦМР космическим снимком (drape.img), классифицированное тематическое изображение экспозиции склонов (aspectclass.img).

Выходные данные: композиция карты (map.map).

Ход выполнения

Откройте два выюера, в один из них поместите драпированный файл ЦМР космическим снимком (drape.img). Во второй выюер поместите классифицированное тематическое изображение (aspectclass.img).

На главной панели ERDAS Imagine в меню Home/Window в контекстном меню Add Views выберите инструмент Create New Map View. На главной панели ERDAS Imagine в меню Layout/Page выберите инструмент, задающий размер страницы (Page Size). В открывшемся окне Map Composition Size Задайте значение ширины карты (Map Width) равным 19.0, а значение высоты (Map Height) – равным 25.0 (рис. 76).

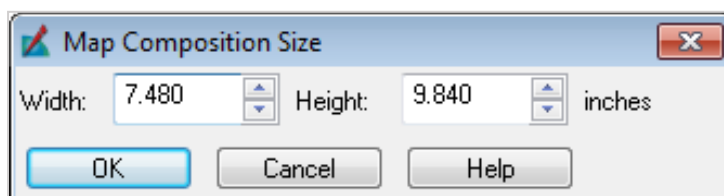


Рис. 76. Окно Map Composition Size

Нажмите ОК. Удобнее будет вписать композицию карты в окно. Для этого используйте опцию контекстного меню Zoom to Data Extent.

Набор инструментов для работы с композицией карты находится на главной панели ERDAS Imagine в меню Layout (рис. 77).

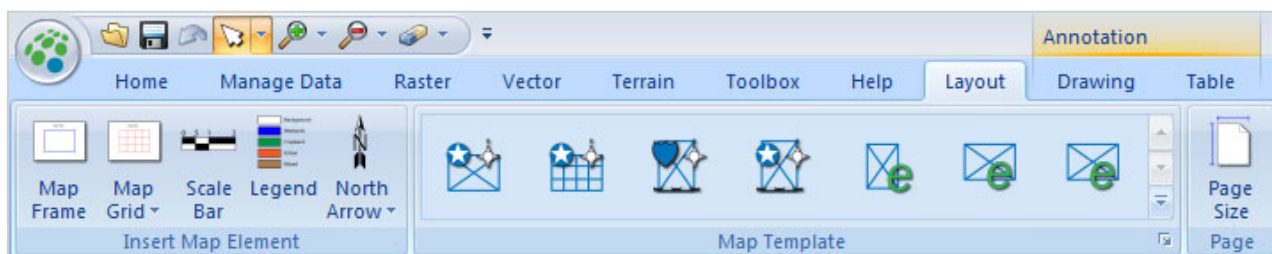


Рис. 77. Инструменты для работы с композицией карты

Из набора инструментов во вкладке Insert Map Element выберите инструмент для задания размера области вывода карты (Map Frame). Обрисуйте прямоугольник рамки для определения границ области вывода карты в пределах листа. Не обязательно определять границы очень точно, вы сможете позднее изменить местоположение и размер карты (удерживая клавишу Shift во время рисовки, вы можете нарисовать точный квадрат). Как

только вы определили область вывода карты, укажите источник – Viewer. Затем щелкните по окну вьюера с изображением aspectclass.img, чтобы поместить его в область вывода карты. Появится окно Map Frame, оно позволит изменить масштаб, размер или положение области вывода карты (рис. 78).

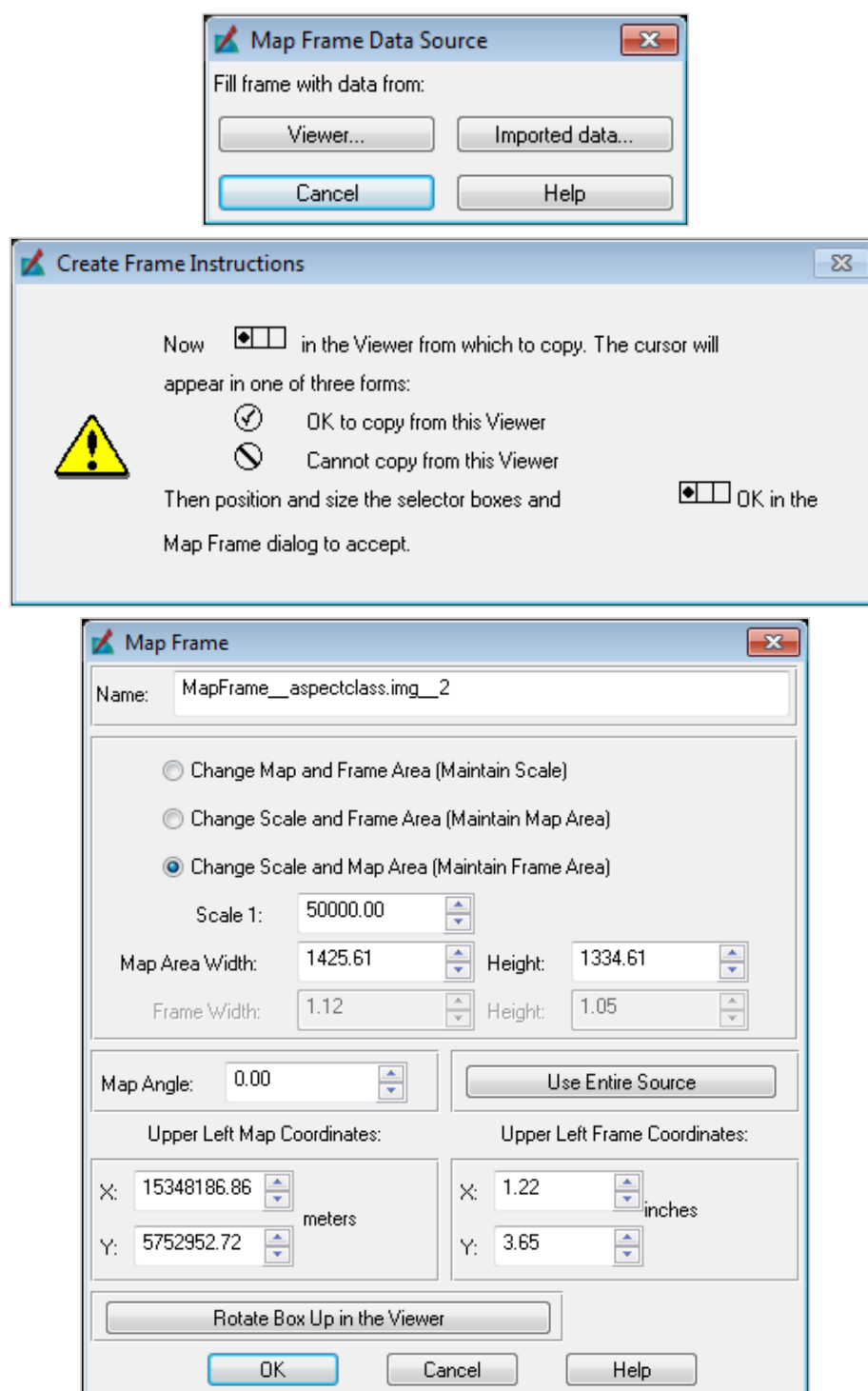


Рис. 78. Окно Map Frame

В диалоговом окне Map Frame (рис. 79) установите масштаб (Scale) 1 : 50 000. Выберите опцию изменения карты и области вывода (Change Map and Frame Area). Введите значение 4.50 для ширины (Frame Width) и 4.0 для высоты (Frame Height). Измените положение окна выводимой части изображения во вьюере (выберите наиболее подходящую часть изображения).

Введите координаты верхнего левого угла (Upper Left Map Coordinates) $X=1.50$ и $Y=8.50$. Нажмите ОК.

Теперь в области вывода карты в вашей композиции появится та часть изображения, которую вы только что выбрали во вьюере (рис. 80).

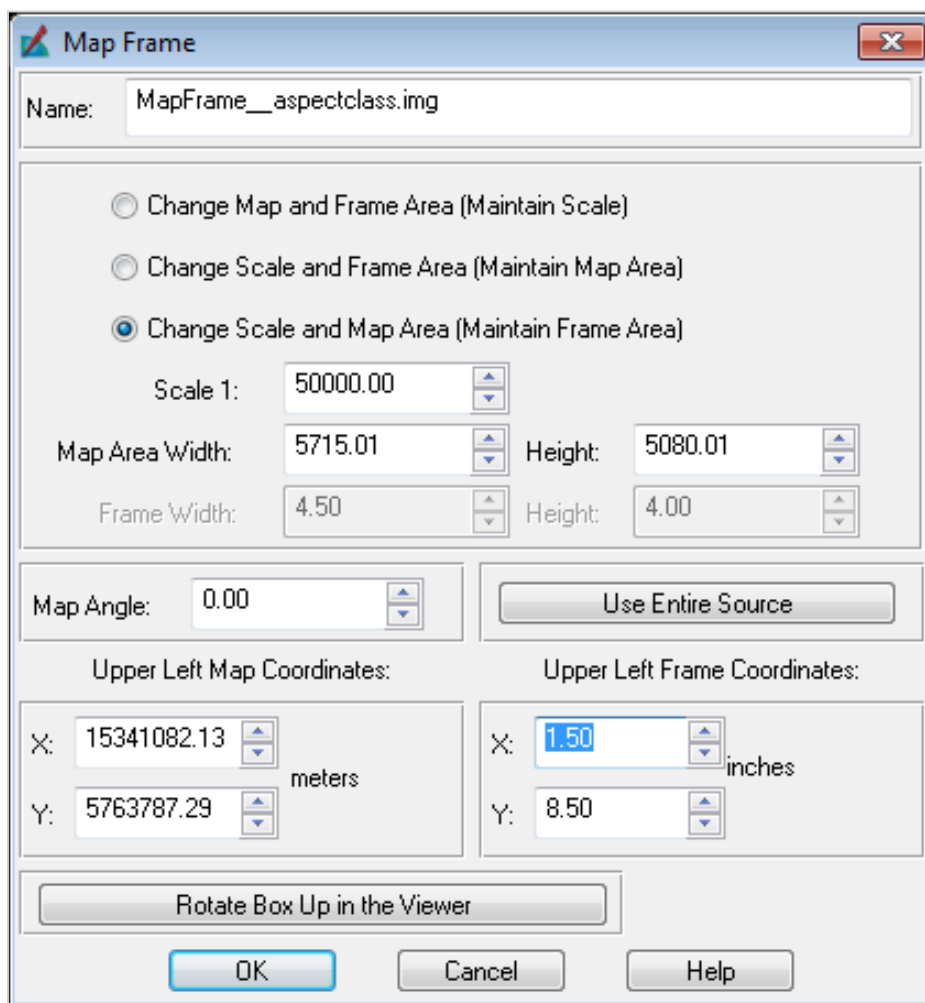


Рис. 79. Параметры области вывода aspectclass.img

Аналогично поместите на лист композиции карты окно перспективного изображения, разместив в нижнем левом углу под aspectclass.img.

В диалоговом окне Map Frame (рис. 81) установите масштаб (Scale) 1 : 5 000. Выберите опцию изменения карты и области вывода (Change Map and Frame Area).

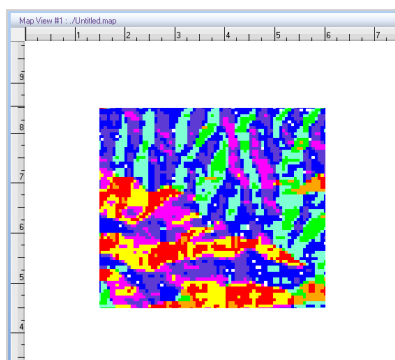


Рис. 80. Вид композиции карты

Установите размер области вывода вдвое меньший, чем для первого изображения. Выберите наиболее подходящую часть выводимой части изображения, изменив положение окна во व्यоюре. Введите координаты верхнего левого угла (Upper Left Map Coordinates) $X=1.50$ и $Y=4$. Нажмите ОК.

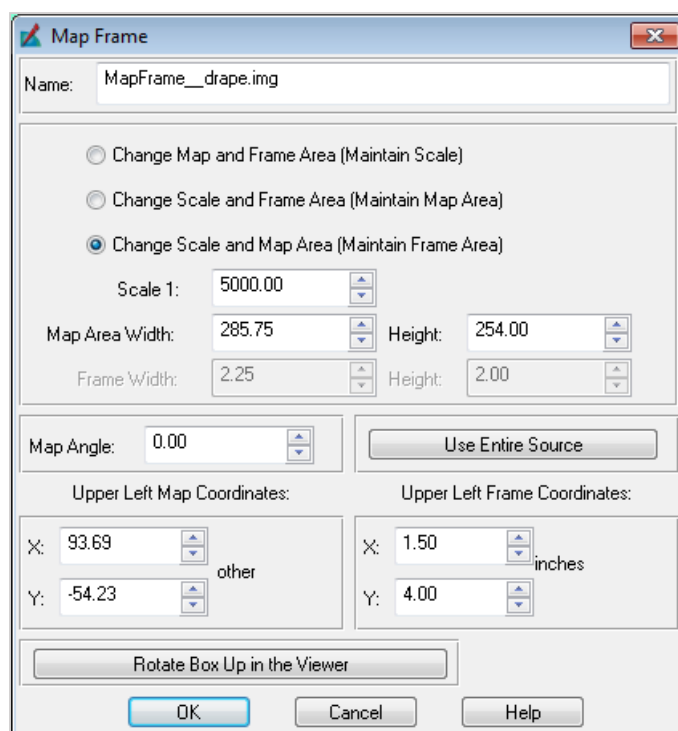


Рис. 81. Параметры области вывода drape.img

Теперь в области вывода карты в вашей композиции появится второй объект, параметры которого вы только что задали (рис. 82).

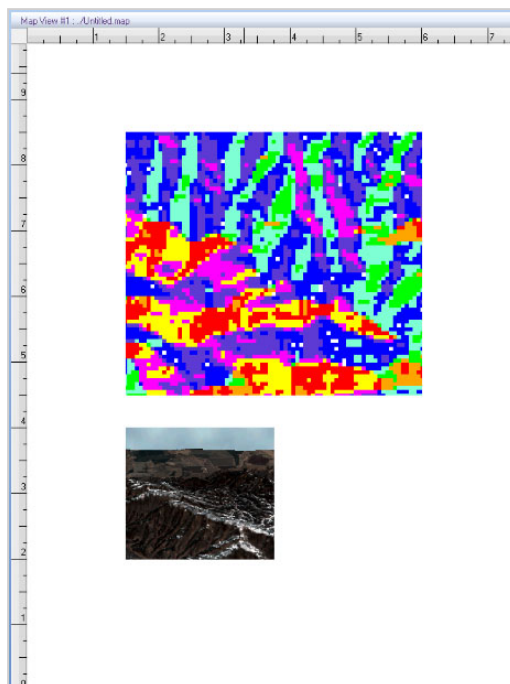


Рис. 82. Вид композиции карты с двумя объектами

Добавьте к первому графическому объекту координатную сетку, в меню Layout раздела Insert Map Element выберите функцию Map Grid. Вид курсора изменится. Укажите курсором на первый элемент карты. Появится диалог параметров сетки (Set Grid/Tick Info). Можно проигнорировать поля имени и описания объекта (Name и Description). Убедитесь, что флажки линий координатной сетки (Geographic Ticks) и обрамляющей рамки (Neat Line) включены. Оставьте значение отступа/поля (Margin) предложенными по умолчанию (0.00) для того, чтобы описать линию обрамляющей рамки точно по краю вывода изображения. В закладке горизонтальных линий координатной сетки (Horizontal Axis) введите значения длины линии, выступающей за обрамляющую рамку (Length Outside) равным 0.1, интервал (Spacing) – 2 000 м. Включите флажок использования полной координатной сетки (Use Full Grid). Щелкните кнопку копирования параметров для вертикальных линий (Copy to Vertical), чтобы использовать те же параметры для вертикальных линий координатной сетки. Нажмите Apply. Параметры сетки представлены на рис. 83. На рис. 84 представлена наложенная сетка.

Set Grid/Tick Info

Name:

Description:

Geographic Ticks: ☒ ☒ Neat line Margin: 0.000 Inches

Map Units: Meters

Horizontal Axis

Length Outside: 0.100 in

Length Inside: 0.000 in

Length Intersect: 0.000 in

Starting at: 15339500 meters

Spacing: 2000 meters

Labels	
1	15339500
2	15341500
3	15343500

Number of lines: 3

Label Rotation:

Top: 0.000 deg

Bottom: 0.000 deg

☒ Use Full Grid

Рис. 83. Параметры сетки

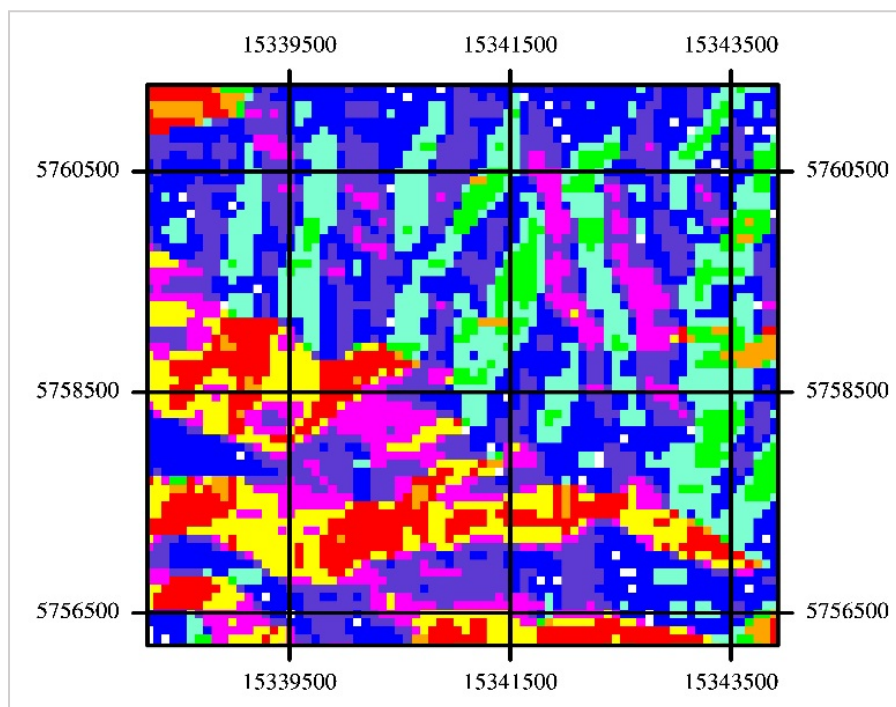


Рис. 84. Наложенная сетка

Для изменения количества вертикальных и горизонтальных линий координатной сетки можете изменить значение Spacing. Скопируйте параметры для вертикальных линий и нажмите кнопку Переделать (Redo).

Если размер и стиль шрифта вас не совсем устраивают, изменить их можно, воспользовавшись меню Home, раздел View инструмент Display Style and Symbology (рис. 85).

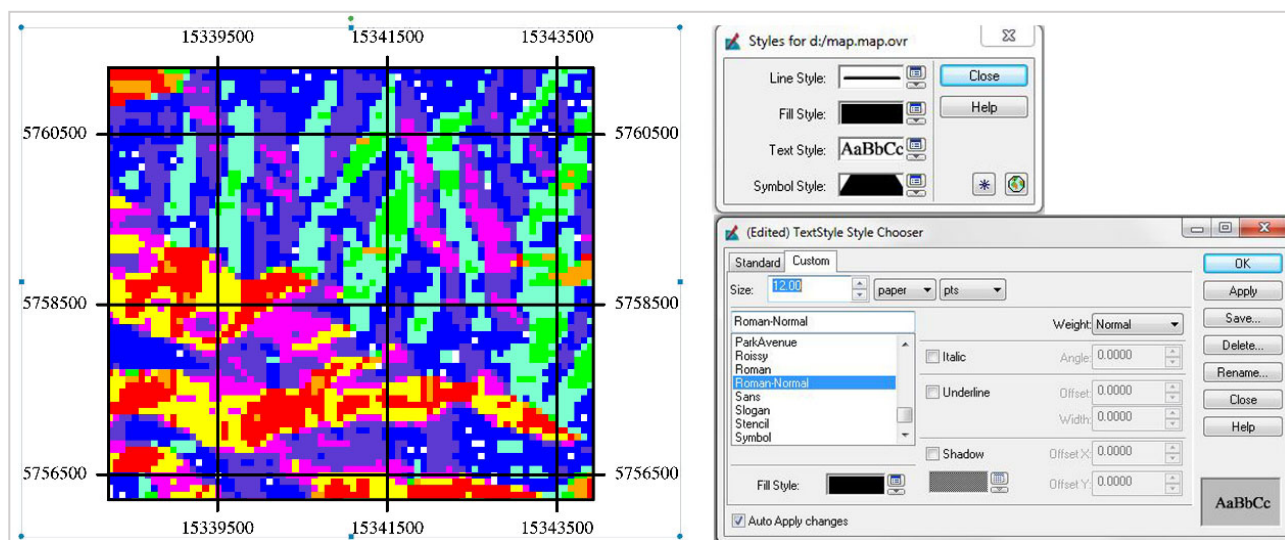


Рис. 85. Изменение стиля подписи

Создайте легенду для изображения склонов. На главной панели ERDAS Imagine в меню Layout в разделе Insert Map Element выберите инструмент создания легенды (Legend). Переместите курсор на поле карты, он преобразуется в крест-курсор.

Щелкните по правой нижней части справа от изображения drape.img. Затем сразу же нажмите левой кнопкой мыши на изображении склонов aspectclass.img. На экране появится диалог свойств легенды карты (Legend Properties). Просмотрите названия полей. Откройте закладку Заголовок (Title). Измените тип выравнивания заголовка (Title Alignment) на выравнивание по левому краю (Left_Justified). Назовите заголовок легенды Legend. Для выбора определенных строк таблицы зажмите клавишу Shift и левой кнопкой мыши укажите строки. Нажмите Apply и Close (рис. 86). Если легенда получилась неудачной, щелкните дважды по любому элементу легенды, будет выбрана вся легенда. Перетащите с помощью мыши ее в нуж-

ное место и поменяйте размер. Удалить любой выделенный объект в композиции карты можно, нажав на клавишу Delete.

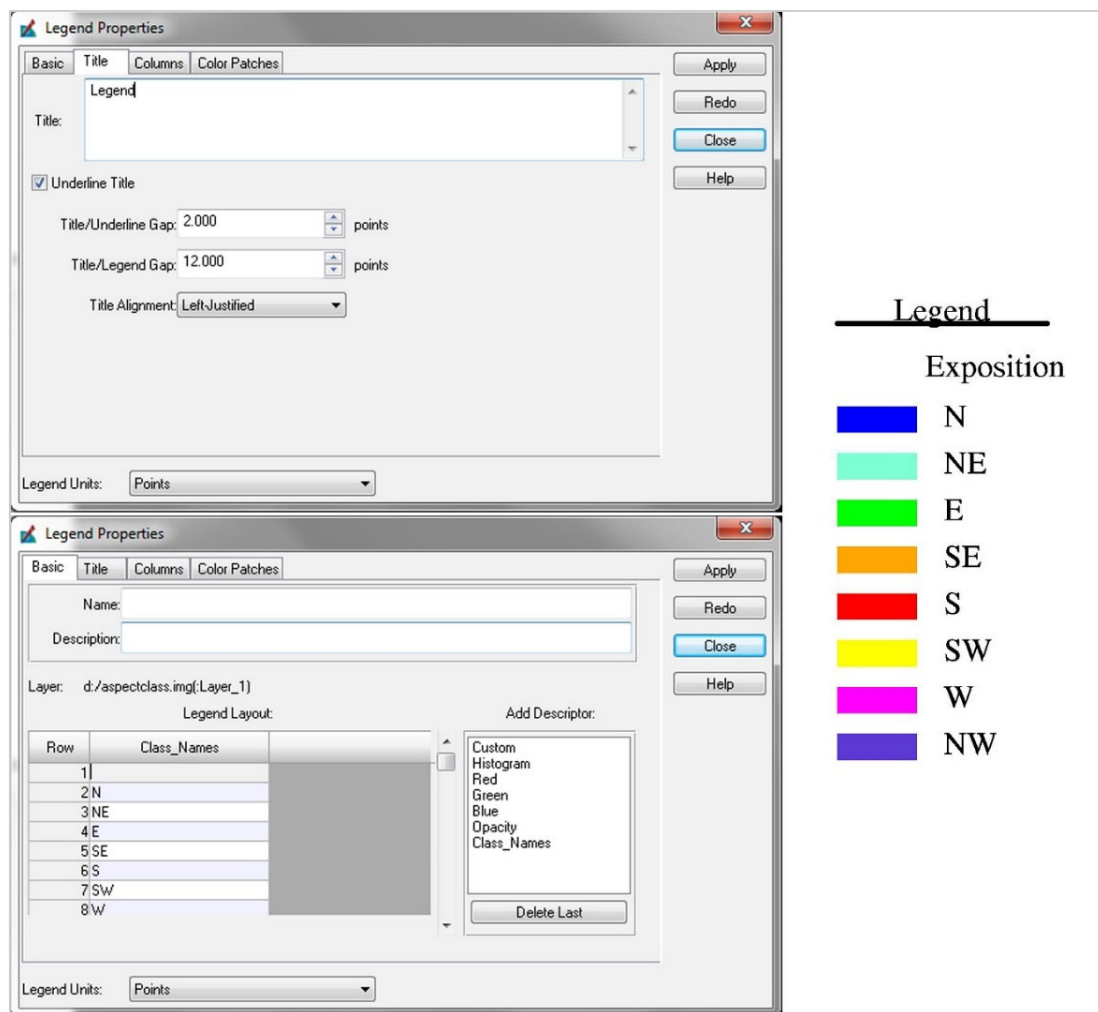


Рис. 86. Окно параметров легенды

Создайте масштабную линейку для изображения склонов aspectclass.img. На главной панели ERDAS Imagine в меню Layout в разделе Insert Map Element воспользуйтесь инструментом Scale Bar. Щелкните курсором и обрисуйте прямоугольник для размещения масштабной линейки между изображением склонов и легендой. Изменившимся курсором нажмите по изображению склонов aspectclass.img, чтобы установить источник определения масштаба. На экране появится диалог свойства масштабной линейки (Scale Bar Properties), рис. 87. В диалоге свойства масштабной линейки (Scale Bar Properties) включите Kilometers и Meters. Включите флажок опции пред-

ставления масштаба в числовом виде (Representative Fraction). Оставьте нулевое значение (Zero) для выравнивания (Alignment). Установите максимальную длину (Maximum Length) равную 2.5. Нажмите Apply и Close.

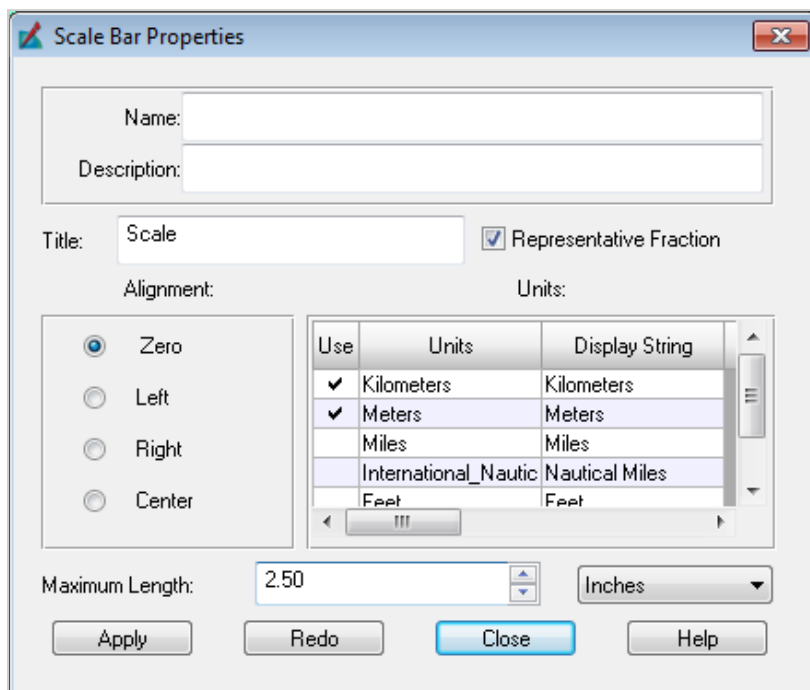


Рис. 87. Окно Scale Bar Properties

Создайте стрелку направления Севера. На главной панели ERDAS Imagine в меню Layout в разделе Insert Map Element воспользуйтесь инструментом размещения стрелки (North Arrow), в ниспадающем меню которого выберите режим задания параметров элемента (North Arrow Properties). Появляется диалог задания стиля стрелки. Из списка выберите другие (Other). В окне выбора символа (Symbol Chooser) в закладке стандартные (Standard) выберите из меню список символов стрелок (North Arrows) и укажите понравившийся. Также можете изменить цвет и размер символа. Нажмите Apply и Close. Последний элемент, который нужно добавить в композицию карты, – заголовок. На главной панели ERDAS Imagine в меню Drawing в разделе Insert Geometry воспользуйтесь инструментом ввода текста (Text). Переместите курсор в верхнюю часть листа и щелкните в том месте, где хотите разместить заголовок. На экране появится диалог текстовой аннотации (Annotation Text). Напечатайте текст «Aspect Classification». Нажмите OK.

Размер и стиль текста можно редактировать. Убедитесь, что заголовок выбран, и обратитесь к разделу стилей (Style). Щелкните по нижней правой стрелке (Customize Styles), в открывшемся диалоге выбора стилей текста (Text Style Chooser) выберите шрифт, его размер и цвет (рис. 88). Нажмите Apply.

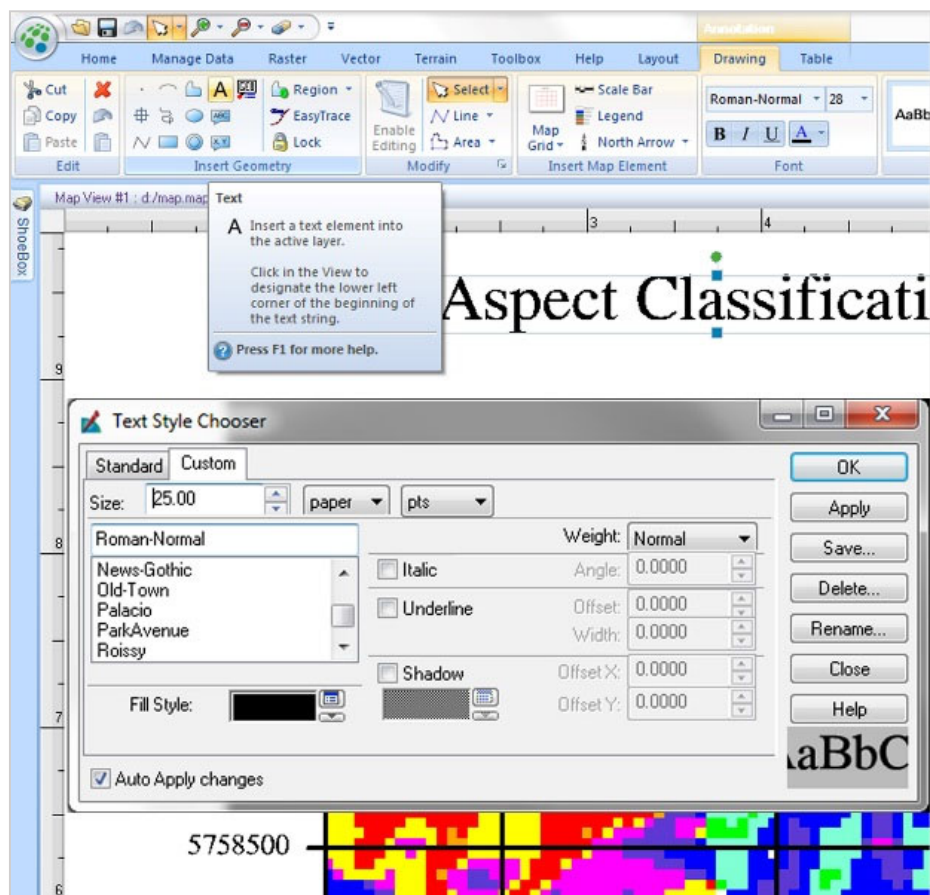


Рис. 88. Редактирование стиля заголовка

Выровняйте заголовок относительно области вывода карты. На главной панели ERDAS Imagine в меню Drawing в разделе Modify из ниспадающего списка инструмента Select выберите выделение рамкой (Select by Box). Изменившимся курсором очертите прямоугольник захватывая заголовок и элемент вывода карты экспозиции склонов. В том же меню, в разделе Arrange из ниспадающего меню выравнивания (Align) выбрать Alignment. В появившемся диалоге Align выберите опцию выравнивания одновременно по правому и левому краю (Left/Right Centers) и нажмите OK (рис. 89). Сохраните композицию карты, нажав кнопку Save. На рис. 90 представлена итоговая версия композиции.

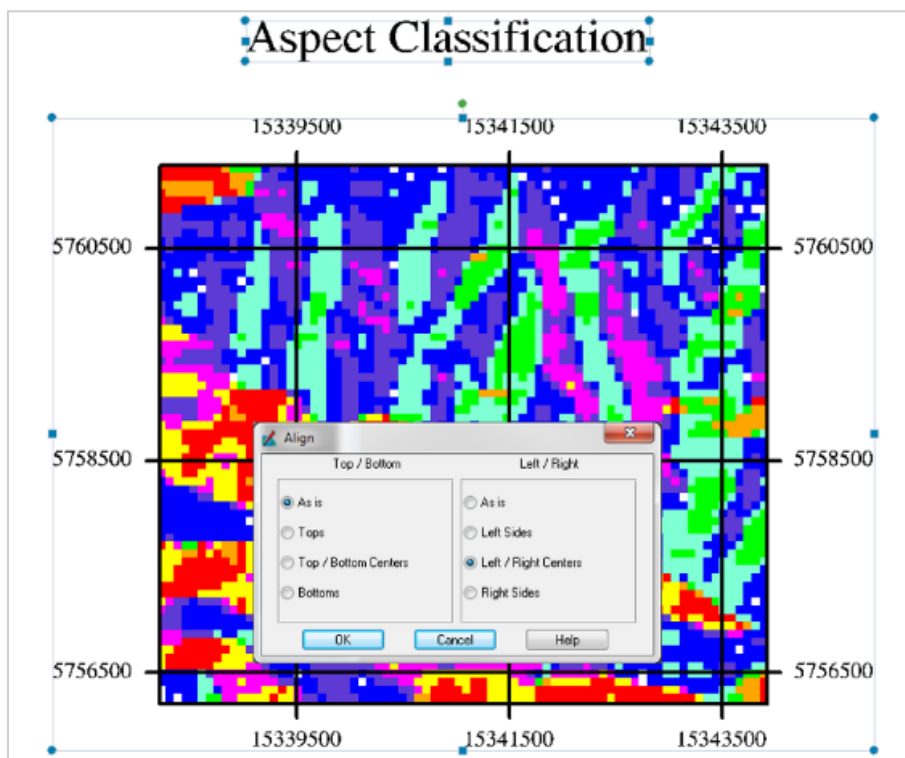


Рис. 89. Параметры выравнивания

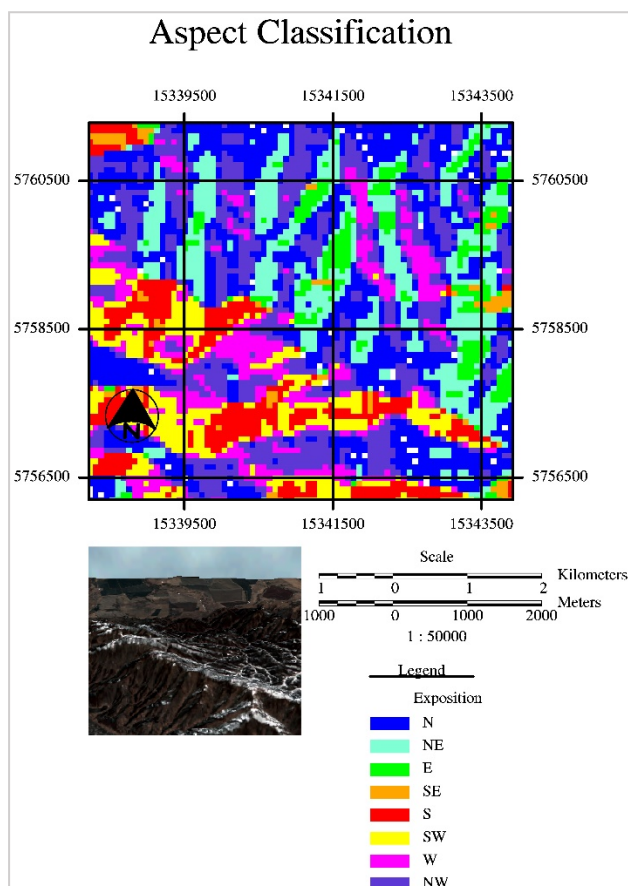


Рис. 90. Итоговая версия карты экспозиции склонов

3.19. Упражнение № 19.

Каталог пространственных данных

Цель работы: с помощью функции Image Catalog сформировать архив пространственных данных, полученных в ходе выполнения лабораторных работ.

Входные данные: все файлы пространственных данных рабочей директории.

Выходные данные: каталог пространственных данных (catalog.ict).

Ход выполнения

Для создания каталога пространственных данных на главной панели ERDAS в меню Manage Data в разделе Catalog используйте функцию Image Catalog. Для создания нового каталога в контекстном меню всплывающего диалогового окна выберите New. Укажите рабочую директорию и назовите новый каталог catalog.ict, нажмите ОК. Во вкладке Edit окна Image Catalog/Catalog Image, перейдите в свою рабочую директорию выберите любой файл пространственных данных, нажмите кнопку Add All, чтобы загрузить в каталог все файлы пространственных данных (рис. 91).

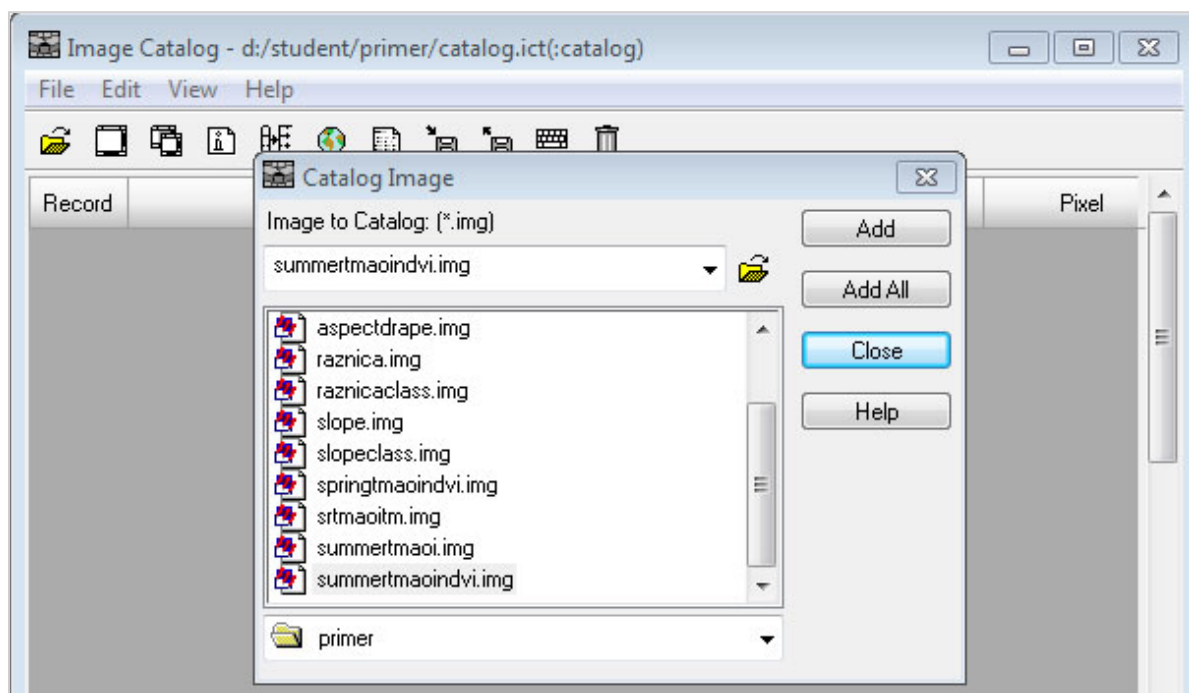
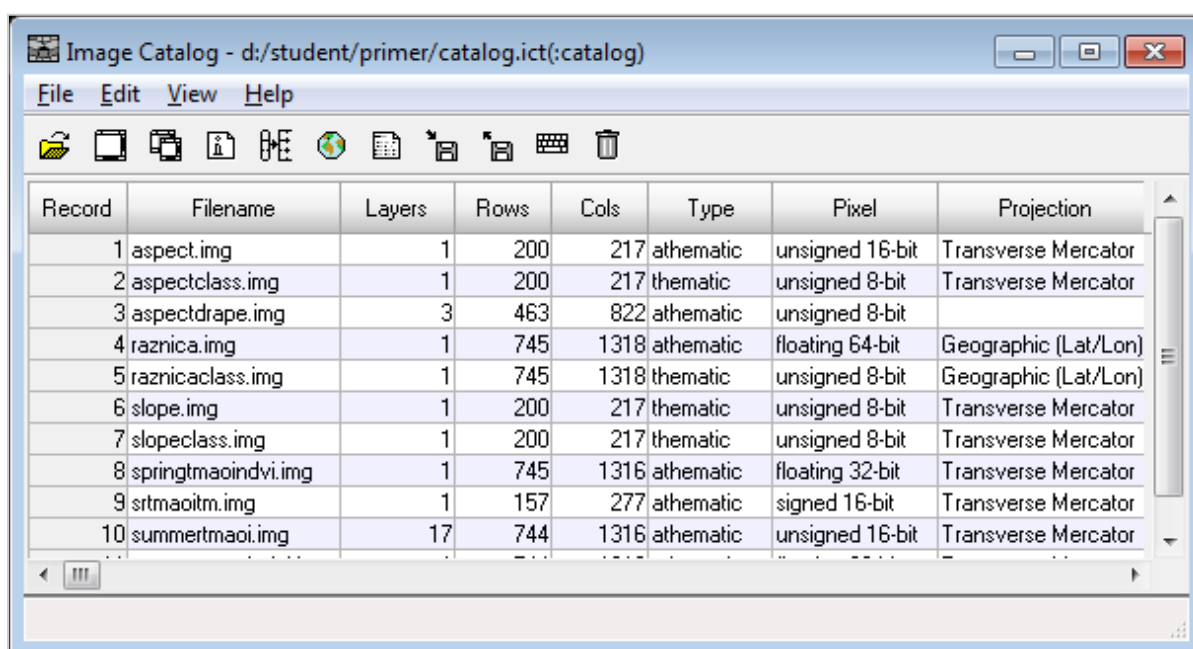


Рис. 91. Занесение пространственных данных в каталог

На рис. 92 представлен созданный каталог пространственных данных.



The screenshot shows a window titled 'Image Catalog - d:/student/primer/catalog.ict(:catalog)'. It contains a table with 10 records. The table has columns: Record, Filename, Layers, Rows, Cols, Type, Pixel, and Projection. The data is as follows:

Record	Filename	Layers	Rows	Cols	Type	Pixel	Projection
1	aspect.img	1	200	217	athematic	unsigned 16-bit	Transverse Mercator
2	aspectclass.img	1	200	217	thematic	unsigned 8-bit	Transverse Mercator
3	aspectdrape.img	3	463	822	athematic	unsigned 8-bit	
4	raznica.img	1	745	1318	athematic	floating 64-bit	Geographic (Lat/Lon)
5	raznicaclass.img	1	745	1318	thematic	unsigned 8-bit	Geographic (Lat/Lon)
6	slope.img	1	200	217	thematic	unsigned 8-bit	Transverse Mercator
7	slopeclass.img	1	200	217	thematic	unsigned 8-bit	Transverse Mercator
8	springtmaoindvi.img	1	745	1316	athematic	floating 32-bit	Transverse Mercator
9	srtmaoitm.img	1	157	277	athematic	signed 16-bit	Transverse Mercator
10	summertmaoi.img	17	744	1316	athematic	unsigned 16-bit	Transverse Mercator

Рис. 92. Каталог пространственных данных

3.20. Упражнение № 20. Пространственный анализ тематических и индексных изображений

Цель работы: с использованием логических функций, на основе полученных в ходе выполнения лабораторных работ тематических изображений по трем условиям построить модель для решения задачи поиска оптимальных участков.

Входные данные: набор пространственных данных, согласно вашему варианту (табл. 2) из следующего списка: тематическое изображение уклонов местности (slope.img), тематическое изображение ориентации склонов (aspect.img), индексное изображение *NDVI* (summertmaoindvi.img), индексное изображение *WRI* (summertmaoiwri.img), цифровая модель рельефа (srtmaoitm.img), многоканальный снимок области интереса (summertmaoi.img).

Выходные данные: тематическое изображение оптимальных участков (area.img), файл перспективного изображения (areadraper.img).

Варианты условий

Вариант	Условие 1	Условие 2	Условие 3
1	Уклон < 5 градусов	Склоны, имеющие направление на юг, юго-запад и юго-восток	Отсутствие растительности ($NDVI < 0,25$)
2	Уклон < 15 градусов	Ненарушенная растительность ($NDVI > 0,3$)	Склоны, имеющие направление на запад
3	Отсутствие объекта гидрографии (WRI)	Уклон > 20 градусов	Склоны, имеющие направление на юго-восток

Ход выполнения

Необходимо получить тематическое изображение оптимальных участков согласно требуемым характеристикам рельефа (уклон/ориентация склонов) и состоянию местности (наличие/отсутствие растительности, наличие/отсутствие водного объекта).

Отредактируйте таблицу атрибутов, настроив прозрачность фоновых классов, оставив маску оптимальных участков видимой. Во вьюере Image Drapе с помощью наложения постройте перспективную сцену территории, последовательно загрузив ЦМР, многоканальный снимок, маску оптимальных участков. Настройте параметры отображения сцены, выбрав удачный ракурс и режим освещения. Сохраните файл перспективного изображения из вьюера в формате *.img (areadrape.img).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебно-методическое пособие содержит базовую информацию о технологиях получения аэрокосмической информации, о требованиях к материалам съемок для решения задач мониторинга динамических природных процессов. В пособии рассмотрены вопросы, связанные с современными методами тематической обработки данных дистанционного зондирования Земли. Существенное внимание уделено основному назначению предварительной обработки и базовым методам автоматизированного дешифрирования аэрокосмических снимков.

Представлено описание лабораторных работ с использованием программного комплекса ERDAS Imagine. Лабораторные работы иллюстрируют методы и подходы, рассмотренные в теоретической части данного пособия.

В пособии содержатся необходимые данные для самостоятельной подготовки обучающихся: контрольные вопросы и библиографический список.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулик Е. Н. Оперативный космический мониторинг : вчера, сегодня, завтра // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 2. – С. 134–139.
2. Болсуновский М. А. Современные подходы к организации оперативного космического мониторинга // Геоматика. – 2010. – № 3. – С. 13–18.
3. Информационно-аналитическое обеспечение ситуационных центров. Новые подходы к организации эффективного регионального управления / С. В. Любимцева, А. М. Ботрякова, Б. А. Дворкин, Д. Б. Никольский // Геоматика. – 2010. – № 4. – С. 17–22.
4. Горбунов А. В., Слободской И. И. Космический комплекс оперативного мониторинга техногенных и природных чрезвычайных ситуаций «Канопус-В» // Геоматика. – 2010. – № 1. – С. 30–33.
5. Единая территориально-распределенная информационная система дистанционного зондирования Земли — проблемы, решения, перспективы (часть 1) / Ю. И. Носенко, П. А. Лошкарев, С. А. Черногузов, В. А. Мусиенко, А. Г. Исаков и др. // Геоматика. – 2010. – № 3. – С. 35–42.
6. Болсуновский М. А. Перспективные направления развития дистанционного зондирования Земли из космоса // Геоматика. – 2009. – № 2. – С. 12–15.
7. Дворкин Б. А. Новый спутник NPP продолжит комплексное наблюдение за Землей // Геоматика. – 2011. – № 4. – С. 26–34.
8. The JPSS Mission [Electronic resource] / Home page of the National Environmental Satellite, Data, and Information Service, NASA – Англ. – Режим доступа: <http://www.nesdis.noaa.gov/jpss>.
9. Чандра А. М., Гош. С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. – М. : Техносфера, 2008. – 312 с.

10. Черепанов А. С., Дружинина Е. Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы // Геоматика. – 2009. – № 3. – С. 28–32.
11. Черепанов А. С. Спектральные библиотеки – источники данных по спектрам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/spectrum-lib.html>. – Загл. с экрана.
12. Константиновская Л. В. Дистанционные методы контроля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astronom2000.info/аэро-и-космосъемка/dmk/>. – Загл. с экрана.
13. Дворкин Б. А. Европейская программа GMES и перспективная группировка спутников ДЗЗ Sentinel // Геоматика. – 2011. – № 3. – С. 14–26.
14. Кравцова В. И. Космические методы картографирования. – М. : МГУ, 1995. – 240 с.
15. Комиссаров А. В., Кулик Е. Н. Автоматизированные технологии сбора и обработки пространственных данных : учеб. для вузов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – 272 с.
16. Кашкин В. Б., Сухинин А. И. Дистанционное зондирование земли из космоса. Цифровая обработка изображений : учеб. пособие. – М. : Логос, 2001. – 264 с.
17. Дистанционное зондирование: количественный подход / Ш. М. Дейвис и др. – М. : Недра, 1983. – 415 с. – пер. изд. США, 1978. – 396 с.

Учебное издание

Кулик Екатерина Николаевна
Гордиенко Антонина Сергеевна

МОНИТОРИНГ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПО АЭРОКОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

Редактор *Е. К. Деханова*
Компьютерная верстка *О. И. Голиков*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 07.09.2022. Формат 60 × 84 1/16.
Усл. печ. л. 5,92. Тираж 60 экз. Заказ 147.
Гигиеническое заключение
№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.
Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 10.
Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плеханова, 8.