

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»

Е.М. Митрофанов, Л.Н. Чабан, С.И. Чумаченко

Геоинформационные технологии

Учебно-методическое пособие



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н.Э. Баумана

2024

УДК 528.1:379.85
ББК 26.17
М66

Издание доступно в электронном виде по адресу
<https://press.bmstu.ru/catalog/item/8155/>

Факультет «Лесное хозяйство, лесопромышленные технологии
и садово-парковое строительство»
Кафедра «Лесоуправление, лесостроительство и геоинформационные системы»

*Рекомендовано Научно-методическим советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебно-методического пособия*

Рецензент
канд. с.-х. наук *Л.В. Стоноженко*

Митрофанов, Е. М.

М66 Геоинформационные технологии : учебно-методическое пособие /
Е. М. Митрофанов, Л. Н. Чабан, С. И. Чумаченко. — Москва : Изда-
тельство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2024. — 135, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-6180-6

Рассмотрено применение геоинформационных технологий для решения различных задач, возникающих перед специалистами в области тематической обработки данных дистанционного зондирования Земли и цифровой картографии. Описаны подходы к выполнению геоинформационного анализа и моделирования, обработке многозональных данных, формированию макетов электронных карт.

Для студентов бакалавриата МГТУ им. Н.Э. Баумана, обучающихся по направлению подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение» и профилю «Космический мониторинг».

УДК 528.1:379.85
ББК 26.17



Уважаемые читатели! Пожелания, предложения, а также сообщения о замеченных опечатках и неточностях Издательство просит направлять по электронной почте: press@bmstu.ru

ISBN 978-5-7038-6180-6

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024

Предисловие

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов бакалавриата, изучающих дисциплины «Автоматизация дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли» и «Геоинформационные системы» и обучающихся по направлению подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение» и профилю «Космический мониторинг».

Издание содержит теоретические основы и принципы практической реализации процесса автоматизированной обработки космических снимков и оценки полученных результатов этой обработки в геоинформационных системах.

Дисциплина «Автоматизация дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли» состоит из модулей 1–5 и изучается в течение семестров I и II. Представленный материал относится к семестру II и состоит из модулей «Основы геоинформационного анализа и моделирования» и «Обработка результатов обработки аэрокосмических данных в ГИС». Работа над материалом предусматривает предварительное освоение дисциплины «Компьютерные технологии в науке, образовании и производстве».

Освоение дисциплины «Автоматизация дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли» позволяет решать профессиональные задачи уровня бакалавра с помощью ранее полученных базовых знаний о космическом мониторинге, природе леса, землепользовании и кадастрах при проектировании производственных и организационных мероприятий. Это задачи по рациональному природопользованию и мониторингу природных ресурсов с учетом их целевого назначения и выполняемых функций, которые следует решать современными методами, применяя информационные технологии и данные дистанционного зондирования Земли.

Цель издания — освоение геоинформационного анализа и моделирования с применением автоматизированной обработки аэрокосмических снимков дистанционного зондирования Земли в информационных системах.

Структурно издание представлено практическими занятиями № 1–12.

В практических занятиях использованы открытые учебные материалы, подготовленные институтом ESRI, а также используемые авторами в учебном процессе в Московском физико-техническом институте (МФТИ) и Московском государственном университете геодезии и картографии* (МИИГАиК).

Каждое практическое занятие включает в себя краткое теоретическое вступление и завершается вопросами для самостоятельного контроля

* С 1936 по 1993 г. университет носил название «Московский институт инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии».

усвоенного материала. В конце каждого занятия предлагается задание для самостоятельного выполнения. Исходные данные для самостоятельной работы в виде наборов пространственных данных студентам выдает преподаватель.

В связи с тем что прикладной анализ данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) студенты изучают в рамках других дисциплин, основное внимание в пособии уделено работе с векторными картами. Тем не менее в программном инструментарии ArcMap достаточно широко представлены средства работы с растровыми данными, в том числе с различными типами данных ДЗЗ. Имея некоторый опыт работы с инструментами ArcMap и знания из области тематической обработки данных ДЗЗ, студенты при необходимости могут освоить их самостоятельно.

Теоретический материал, включенный в каждое занятие, позволяет выполнять все необходимые процедуры, способствует приобретению навыков работы в информационных системах, проведению геоинформационного анализа и умению создавать модели по результатам автоматизированной обработки аэрокосмических данных.

Методика проведения практических занятий и контроль качества усвоения учебного материала в значительной степени определяются сочетаемостью подобного рода занятий с модульной структурой и проводятся с использованием апробированных алгоритмов, реализуемых с использованием современных программных средств. При обучении используются материалы таких открытых источников, как открытые сетевые каталоги материалов дистанционного зондирования Земли и данные, размещенные на геопорталах.

По завершении практического занятия формируются отчетные материалы и выполняется самостоятельное задание, рекомендации к которому приведены в настоящем учебно-методическом пособии. Процедура защиты выполненных заданий включает в себя демонстрацию результатов, навыков решения задач и ответы на теоретические вопросы. О защите работы свидетельствует отметка «зачтено».

Представленные в издании практические задания являются типовыми для отрасли, при необходимости могут выполняться с использованием функционала любой современной ГИС.

Завершает издание перечень необходимой литературы.

Список принятых сокращений

- БД — база данных
БИК — ближний инфракрасный
ГБД — геоинформационная база данных
ГИС — географическая информационная система
ДЗЗ — дистанционное зондирование Земли
ИПД — инфраструктура пространственных данных
ЛКМ — левая клавиша мыши
ПКМ — правая клавиша мыши
ЦМР — цифровая модель рельефа
ЦФС — цифровая фотограмметрическая станция
- BRI — Blue Red Index (вегетационный индекс)
ERP — Enterprise Resource Planning (планирование ресурсов предприятия)
ESRI — Environmental Systems Research Institute (Институт исследования систем окружающей среды)
ETM — Enhanced Thematic Mapper Plus (спутниковый сенсор)
OLI — Operational Land Imager (спутниковый сенсор)
RGB — Red Green Blue (аддитивная цветовая модель)
SDI — Spatial Data Infrastructure (инфраструктура пространственных данных)
SR — Simple Ratio (вегетационный индекс)
UTM — Universal Transverse Mercator (универсальная поперечная проекция Меркатора)
WGS — World Geodetic System (Мировая геодезическая система)

Введение

Геоинформатика как наука находится на стыке двух стремительно развивающихся научных областей: информатики и наук о Земле. Современные исследования в данных областях осуществляются с помощью методов вычислительной математики, цифровой картографии и компьютерной обработки данных дистанционного зондирования Земли. Накопленная информация поступает на обработку в географические информационные системы (ГИС), которые в настоящее время привлекают всеобщее внимание.

В современной научной литературе можно встретить несколько различных определений ГИС:

- компьютерная система, которая используется для формирования, загрузки, хранения, визуализации и анализа пространственных данных;
- информационная система, предназначенная для работы с пространственными, или географическими, координатами;
- система для манипуляций с такими пространственными объектами, как точки, линии и полигоны, извлекающая данные с помощью специальных запросов в целях их анализа;
- система из следующих основных элементов: данных, аппаратных средств, программного обеспечения, процедур и использующих их людей;
- программно-аппаратные комплексы, представляющие собой географический информационный сервис;
- информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространение пространственно-кодированных данных.

Перечисленные определения не являются полными, однако по ним можно выделить некоторые особенности ГИС как отдельного типа информационных систем:

1) наличие основного типа данных, объединяющих любые прикладные материалы, — географических, т. е. прямо или опосредованно (например, по адресам), привязанных к географическим координатам;

2) широкие возможности прикладного анализа материалов во взаимосвязи с пространственным положением и получение на его основе принципиально новой информации — главное достоинство, обуславливающее огромную популярность ГИС;

3) использование интерактивной электронной карты как основного способа отображения пространственно позиционированных данных (поэтому для создания ГИС необходимы специализированные программно-инструментальные пакеты, обеспечивающие корректное картографическое

отображение земной поверхности и содержащие средства манипулирования с картографической информацией);

4) обеспечение сбора, анализа, обработки и распространения пространственно позиционированных данных путем определенной последовательности интерактивных и автоматических процедур с участием соответствующих специалистов, т. е. с помощью геоинформационной технологии.

История развития ГИС хорошо известна, и с ней можно ознакомиться в учебной литературе. Ключевым моментом в истории ГИС стало появление в США в 1990-х годах прикладных ГИС, ориентированных на решение природоохранных задач. В это время были выполнены первые работы по созданию интерактивных электронных карт — так называемых природоохранных ГИС, а также работы по картированию лесов с использованием ГИС-технологий, аэрофотосъемки и космического дистанционного зондирования.

Несмотря на интенсивное развитие геоинформационных технологий, первые общедоступные полнофункциональные ГИС появились с распространением персональных компьютеров, а также в связи с выпуском современного программного продукта ArcView 2.0 Институтом охраны окружающей среды США (ESRI) с разнообразными инструментами совместного анализа пространственных и прикладных данных. Это послужило началом широкого развития ГИС как массовых программно-информационных комплексов для решения различных прикладных задач.

В настоящее время на рынке программного обеспечения ГИС существует более сотни коммерческих систем, а число свободно распространяемых продуктов и утилит превышает три сотни. Таким образом, у инженеров есть возможность при наличии ресурсов и компетенций подобрать оптимальный инструмент для решения поставленных задач, применяя геоинформационные системы.

Активное развитие и использование ГИС для решения широкого круга задач в различных областях знаний, в частности в медицине и обороне, поставили мировое сообщество перед фактом необходимости создания правил и стандартов обработки информации о пространстве. Стандартизация требуется для систематизации геоинформационных ресурсов в целях обеспечения доступности данных о пространстве, информирования пользователей о них, возможности поиска данных нужной тематики на определенную территорию, предоставления данных и их интеграции. Проблема стандартизации решается путем создания инфраструктуры пространственных данных (ИПД, SDI) — систем базовых пространственных данных, метаданных, географических информационных узлов и стандартов для обеспечения доступа, а также обмена географическими информационными ресурсами.

Основной функцией ГИС является работа с картами, т. е. анализ картографической информации, работа со слоями и таблицами, составление запросов к атрибутам данных, визуализация пространственно привязанной информации. Любая актуальная современная ГИС позволяет компилировать и редактировать наборы геоданных и поддерживает полное функциональное

масштабируемое редактирование информации, вплоть до вывода картографического материала на печать в оформленном виде. Все перечисленные операции являются элементами любой геоинформационной технологии.

Значительная часть предлагаемых в пособии практических занятий оформлена в виде небольших тематических задач. При этом процедуры и методы, применяемые при их решении, могут быть элементами различных геоинформационных технологий. Задачи подобраны так, чтобы студент в течение одного семестра мог освоить различные операции, связанные с подготовкой, анализом и обработкой пространственных данных, их представлением в виде конечного картографического продукта.

Практическое занятие № 1

НАЧАЛО РАБОТЫ С ГИС. ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА И КОМПОНОВКА КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Цель занятия: освоение интерфейса и типового геоинформационного программного пакета на примере приложения ArcMap, создание простой компоновки электронной карты для публикации.

В программно-инструментальной среде продуктов ArcGIS данные, обеспечивающие решение одной или нескольких взаимосвязанных задач, объединяются в проект. Все метаданные проекта (ссылки на используемые файлы данных, их взаимосвязи и оформление интерфейса), созданного в среде ArcMap, хранятся в файле с расширением «*.mxd».

Пространственные данные можно отображать в двух режимах: 1) интерактивной карты «Вид данных/Data View»; 2) компоновки «Вид компоновки/Layout View». Переключение между этими режимами осуществляется через меню «Вид/View» или через кнопки в левом нижнем углу окна карты.

Проект может содержать несколько интерактивных карт (фреймов данных). В этом случае в окне карты отображается тот фрейм данных, который в данный момент активен. Название активного фрейма выделяется полужирным шрифтом в окне «Таблица содержания/Table of Contents».

Окно свойств фрейма данных «Свойства фрейма данных/Data Frame Properties» находится во всплывающем меню, которое вызывается щелчком правой кнопкой мыши (ПКМ) внутри области отображения карты. В этом же меню имеется несколько полезных опций для интерактивной работы с картой.

Как и в других программно-инструментальных пакетах для разработки ГИС, в среде ArcMap используется послойный принцип отображения данных. Это означает, что вся информация, которую содержит карта, разделена на несколько слоев. Данные в слое могут быть как векторные, так и растровые.

Растровые слои — это изображения, представленные в наиболее популярных форматах из пакетов обработки изображений и специализированных пакетов обработки данных ДЗЗ (форматы GeoTIFF, ERDASImagine). Для векторных слоев наиболее часто используются покрытия формата SHAPE. Этот формат был разработан институтом ESRI и в настоящее время считается самым популярным из всех используемых в ГИС векторных форматов. Каждое покрытие SHAPE содержит только один тип графических элементов (примитивов): точку, линию, полигон.

Одно покрытие формата SHAPE состоит из трех отдельных файлов с одинаковыми именами, но с разными расширениями:

- 1) «имя.shp» — файл графических примитивов;
- 2) «имя.dbf» — таблица атрибутов этих примитивов в формате DBASE4;
- 3) «имя.shx» — так называемый индексный файл, поддерживающий взаимосвязь между графическими примитивами и записями в таблице.

Любые изменения в одном из этих трех файлов приводят к разрушению соответствующего покрытия, поэтому работа с форматом SHAPE возможна исключительно в программно-инструментальной среде, в которой это предусмотрено.

Важная особенность среды ArcMap: проекции и системы координат фрейма данных устанавливаются «по умолчанию».

При добавлении в пустой фрейм новых пространственных данных в нем устанавливается система координат (и проекция, если она имеется), в которой представлены эти данные. Если данные не спроецированы и представлены в десятичных градусах (широта, долгота), то лучше заранее установить нужную проекцию в свойствах фрейма. Наиболее часто используется поперечная проекция Меркатора (UTM — Universal Transverse Mercator), она почти полностью совпадает с проекцией Гаусса — Крюгера, используемой в отечественной топографии. В проекцию UTM, по орбитальным данным, кладут наиболее популярные, бесплатно распространяемые типы ДЗЗ, например со спутника Landsat. Такие типы ДЗЗ рекомендуется в первую очередь добавлять в новый фрейм. Тогда требующаяся проекция будет установлена по умолчанию.

Следует учитывать, что в любую проекцию наиболее корректно преобразуются векторные данные, представленные в десятичных градусах. Векторные данные, полученные в результате оцифровки карты на бумажном носителе и представленные в метрах, возможно, будут преобразовываться с некоторыми искажениями. Кроме того, их изначально необходимо сопровождать сведениями о проекции, системе координат и единицах измерения, иначе отображение будет некорректным. В среде ArcMap сведения о географической системе координат (референц-эллипсоиде) необходимы даже для данных, представленных в десятичных градусах.

Начало работы с программой ArcMap

Запускаем программу ArcMap через меню «Пуск» или соответствующий ярлык на рабочем столе. В левой части открывшегося диалогового окна «Начало работы/Getting Started» в диалоге «Существующие карты/Existing maps» следует выбрать «Найти/Browse for more» и найти нужный документ с расширением «*.mxd».

Программа осуществляет поиск документов только в подключенных к ней папках. Если папка не подключена к программе, следует открыть окно каталога (через меню «Windows» в верхней строке) и в нем подключить

требующую папку с помощью кнопки «Подключить к папке/Connect to Folder».

Щелчком на нужном файле проекта открывается карта, содержащаяся в проекте, т. е. в примере это проект под названием «word.mxd» — карта мира (рис. 1.1).

Обычно слева располагается таблица содержания проекта «Таблица содержания/Table of Contents». Если ее нет слева, таблицу можно открыть, как и окно каталога, через меню «Окна/Windows».

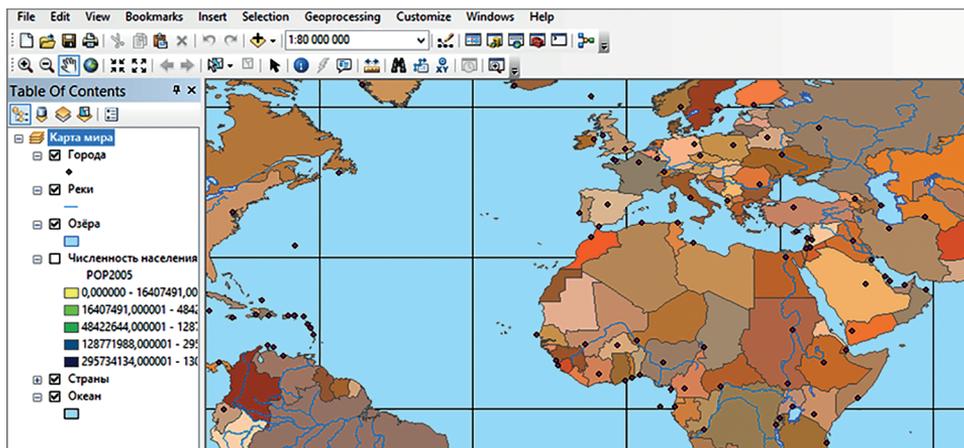


Рис. 1.1. Базовое рабочее окно программы ArcMap с открытым проектом World

Слева в таблице содержания на рис. 1.1 видно, что на карте имеется шесть слоев данных. Их отображение можно регулировать посредством флажка переключателя рядом с названием слоя, причем информация слоя представлена в виде формы с «галочкой». Слой «Численность населения» разделен на пять отдельных классов, каждый со своим способом отображения.

Порядок отображения слоев регламентируется их положением в таблице содержания по принципу «первый — верхний / нижний — последний». Таким образом, верхние слои перекрывают нижние, и для получения требуемого отображения ситуации необходимо управлять слоями. Их можно перемещать зажатой левой кнопкой мыши (ЛКМ) при активном режиме «По отображению/List by Drawing Order». Если переместить слой «Численность населения» выше, чем слой «Страны», не будет виден слой «Страны» (рис. 1.2, а). И наоборот, если переместить вверх слой «Страны», не будет виден слой «Численность населения» (рис. 1.2, б). Для того чтобы увидеть слой, который находится ниже, необходимо отключить верхний слой.

Работы с масштабом осуществляются с помощью пиктограмм на рабочей панели. Пиктограммы с изображением лупы увеличивают или уменьшают масштаб отображения. Их можно использовать, выделяя интересующие области.

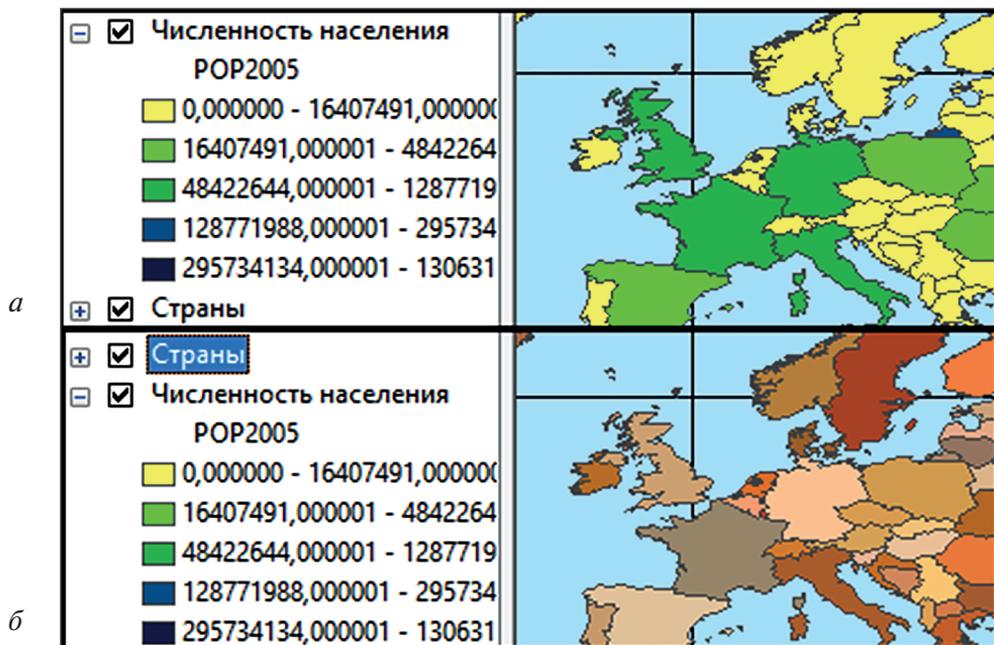


Рис. 1.2. Визуализация слоев, содержащих картографическую информацию:
 а — карта численности населения Европы, 2005 г.; б — политическая карта Европы

Инструмент в виде перчатки позволяет смещать карту в нужном направлении. Кнопка в виде планеты позволяет увидеть всю карту целиком. Для возвращения к предыдущему формату отображения карты используется кнопка со стрелкой.

Масштабирование можно выполнять, прокручивая колесо мыши, однако в этом случае в качестве центра приближения/удаления будет использоваться точка, на которую в момент операции наведен курсор мыши. Также можно масштабировать карту до выбранного слоя. Для этого в таблице содержания следует нажать правую кнопку мыши на имени слоя и выбрать во всплывающем меню команду «Приблизить к слою/Zoom to Layer». Конкретный масштаб отображения устанавливается с помощью окошка «Масштаб карты/Map Scale» на верхней панели кнопочного меню, в которое можно вписать знаменатель масштаба, используя клавиатуру.

Для создания подписи к объектам выбранного слоя в автоматическом режиме открывается его контекстное меню нажатием ПКМ на его имени в таблице содержания и выбором команды «Надписать объекты/Label Features». Например, в настоящем проекте эта операция выполняется со слоем «Города», отображенным вместе со слоем «Страны» (рис. 1.3). При необходимости подписи можно отключить, убрав галочку напротив команды «Надписать объекты/Label Features».

Для идентификации объектов на карте используется инструмент идентификации «Идентифицировать/Identify» или маркирование в виде ярлыка

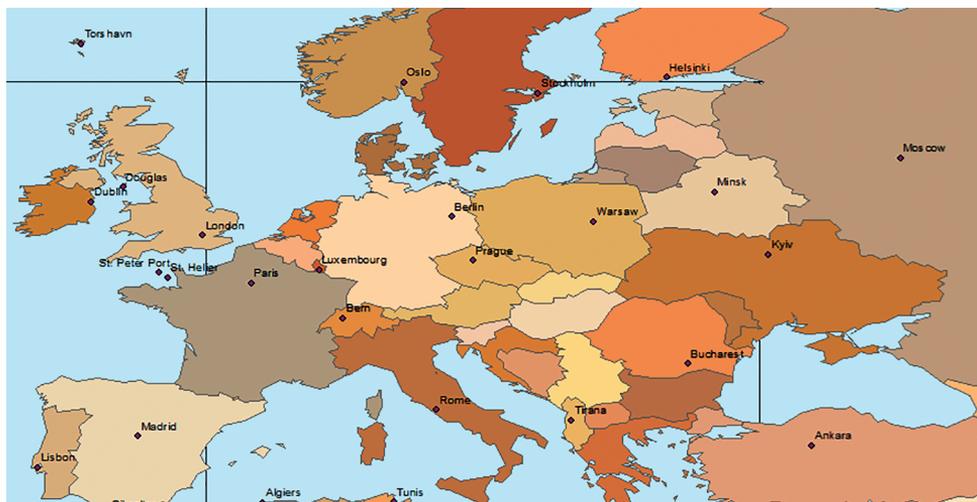


Рис. 1.3. Результаты нанесения надписей городов на политической карте Европы в автоматическом режиме

«Окно HTML/HTML Роруп». Идентификация проводится по активному приоритетному слою. Объект интереса подсвечивается, и его характеристики показываются во всплывающем окне «Идентифицировать/Identify» или ярлыке «Окно HTML/HTML Роруп») (рис. 1.4).

 The screenshot shows a GIS application interface. On the left, the 'Identify' window is open, displaying a list of features under the 'Страны' layer, with 'Belarus' selected. Below the list, the 'Location' is shown as '25,791481 52,775651 Decimal Degrees'. A table lists the attributes for the identified feature:

Field	Value
CNTRY_NAME	Belarus
LOCLNGNAM	Respublika Byelarus'
LOCSHRTNAM	
LONG_NAME	Republic of Belarus
OBJECTID	154
POP2005	10300483
pop_sq	0,019996
Shape	Polygon
Shape_Area	28,030916
Shape_Length	29,162685
SQKM	205963,55
SQMI	79522,51
STATUS	UN Member State

 On the right, a map shows Belarus highlighted in light blue. A popup window titled 'Belarus' is overlaid on the map, displaying the same attribute table as the 'Identify' window. The map also shows other cities like Helsinki, Minsk, Kyiv, Bucharest, Ankara, Moscow, Beirut, Damascus, Baghdad, Jerusalem, Amman, Cairo, Kuwait, and Riyadh.

Рис. 1.4. Информация по Белоруссии, полученная посредством использования режимов «Identify» и «HTML Роруп»

Для определения системы координат и единиц измерения, использованных на представленной карте, открываются свойства фрейма «Карта мира» из меню на ПКМ «Свойства фрейма данных/Data Frame Properties». Откроется большое контекстное меню, в котором выбирается закладка «Системы координат/Coordinate System». В окне этой закладки показано, какая система координат установлена в настоящий момент на активной карте. Здесь можно установить требующуюся систему координат и картографическую проекцию, используя представленные в каталоге варианты. В папке «Системы координат проекции/Projected Coordinate Systems» расположены доступные картографические проекции. Выбрав интересующую проекцию, следует нажать команду «Применить», и электронная карта перестроится в соответствии с проекцией.

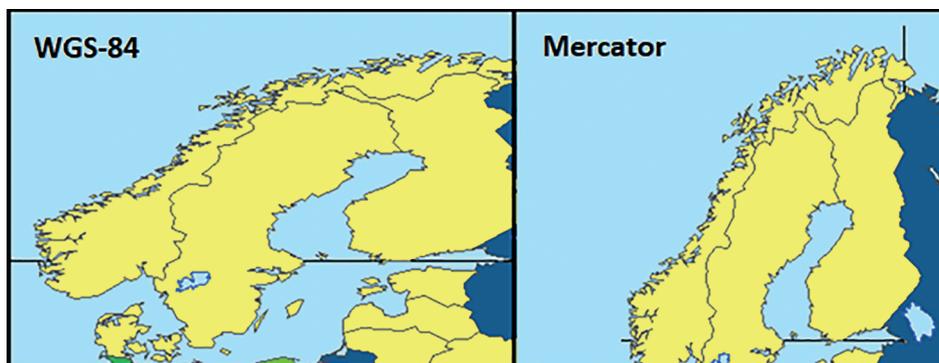


Рис. 1.5. Карты Швеции в системе координат WGS-84 и в проекции «Mercator» (WGS — World Geodetic System — Мировая геодезическая система)

Результат применения проекции «Mercator», расположенной в папке «World», к карте мира представлен на рис. 1.5.

Создание компоновки картографического материала

Компоновка электронной карты позволяет создавать наглядное представление картографической информации в целях включения ее в доклад, презентацию или иную форму демонстрации конечному пользователю. Компоновка обычно включает в себя карту на территорию интереса и набор таких вспомогательных элементов, как заголовок, легенда, стрелка севера и масштаб. Такие элементы служат для повышения читаемости карты. Рассмотрим процесс создания компоновки карты на примере карты Африки в альбомном формате.

В первую очередь следует откорректировать отображение электронной карты на выбранную территорию. Далее следует перейти в режим компоновки «Вид/View—>Вид компоновки/Layout View». Карта будет отображаться в виде шаблона. При этом на панель инструментов добавляются функции компоновки, отображение которых можно регулировать через диалог «Настройка/Customize—>Панели инструментов/Tool Bars—>Компоновка/Layout».

Для упрощения процесса рекомендуется выполнить несколько подготовительных операций. В меню «Настройка/Customize—>Опции Arc Map/Arc Map Options—>Вид компоновки/Layout View» устанавливаются настройки, как показано на рис. 1.6.

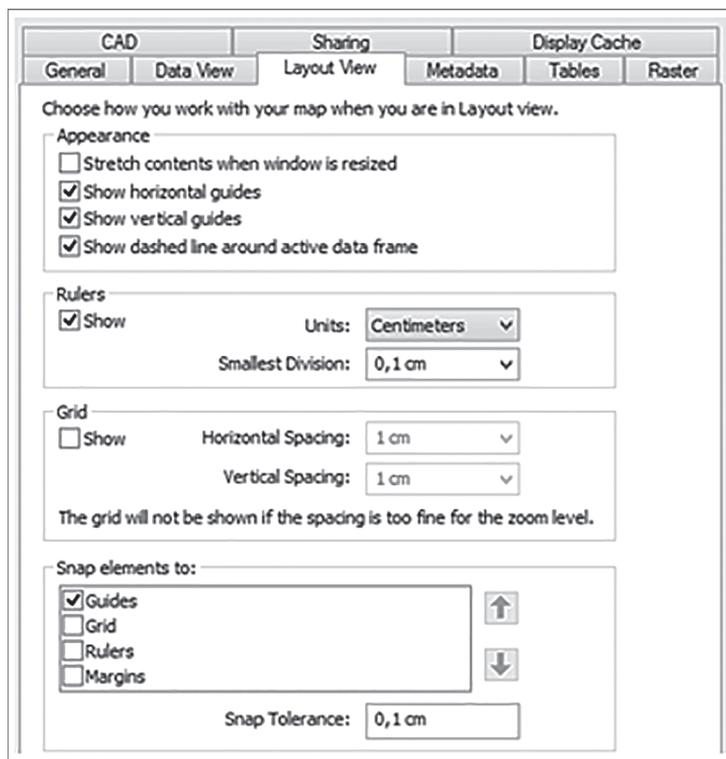


Рис. 1.6. Окно настройки параметров компоновки

В меню «Файл/File—>Параметры страницы и печати/Page and Print Set Up» следует отключить флажок на графе «Использовать страницу принтера/Use Printer Paper Settings» и переключить ориентацию страницы на альбомную («Landscape»). Отображение карты изменилось, и она, скорее всего, выходит за пределы страницы, поэтому необходимо подогнать размер карты под формат А4.

Далее добавляются направляющие, по которым выравнивается карта и устанавливается ее масштаб. На горизонтальной линейке над окном шаблона устанавливаются две направляющие на отметках 1 см и 20 см. Под эти направляющие подгоняется размер самого шаблона и размеры остальной карты под ограниченную направляющими область, как показано на рис. 1.7.

Для компоновки используется панель инструментов, которая открывается автоматически при переключении на режим компоновки. С ее помощью можно редактировать элементы, изменять масштаб и выполнять прочие сопутствующие операции.

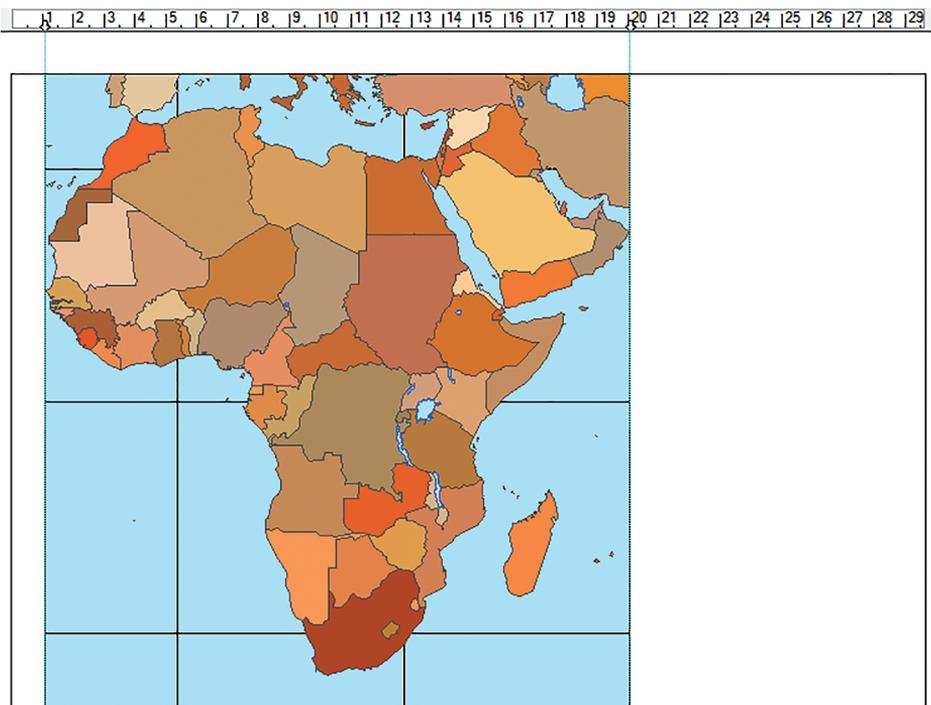


Рис. 1.7. Вид карты населения Африки в соответствии с шаблоном

Заголовок добавляется из меню «Вставка/Insert» посредством опции «Заголовок/Title»: для рассматриваемого примера это будет «Карта Африки». В случае допущения ошибки при создании заголовка ее можно исправить в разделе «Файл/File—>Свойства документа карты/Map Document Properties». Сам заголовок перемещается по шаблону компоновки, его свойства редактируются с помощью соответствующей функции ПКМ и открытия вкладки «Свойства/Properties» из контекстного меню.

Легенда добавляется посредством опции «Вставка/Insert—>Легенда/Legend». В открывшемся окне настраивается внешний вид легенды карты. На левой панели выбираются слои карты, которые будут включены в легенду, на правой — отображаются слои, которые сформируют легенду. Слой «Страны» следует убрать из этого набора посредством нажатия на соответствующую пиктограмму. Стрелками «вверх» / «вниз» при необходимости можно изменять порядок слоев в легенде.

Следующий параметр — заголовок легенды. Его нужно стереть, поскольку в нем нет необходимости. В следующей графе задаются изобразительные параметры легенды, в частности в графе «Граница/Border» задается размер 1.0. На следующей странице задаются размеры и форма условных обозначений для линейных и полигональных символов, далее — расстояние между пунктами легенды. Получившуюся в результате этих действий легенду (рис. 1.8) можно свободно перемещать по шаблону и при необходимости редактировать через свойства.

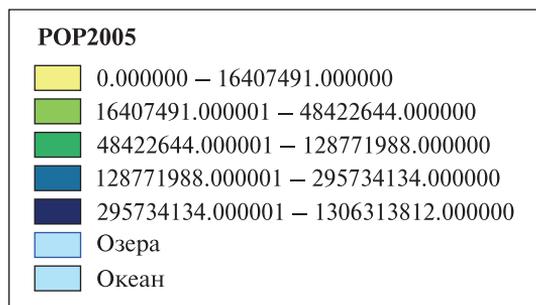


Рис. 1.8. Легенда для карты численности населения

Масштабная линейка добавляется посредством опции «Вставка/Insert—>/ Масштабная линейка/Scale Bar». Ее свойства редактируются в соответствующем разделе контекстного меню. Изменения размеров линейки изменяют и размеры ее делений. Для добавления стрелки севера используется опция «Вставка/Insert—>Стрелка севера/North Arrow». При необходимости можно добавлять динамический текст посредством соответствующей опции из меню «Вставка/Insert». Таким способом добавляется дата создания картографического материала. В результате этих действий карта принимает вид, представленный на рис. 1.9.

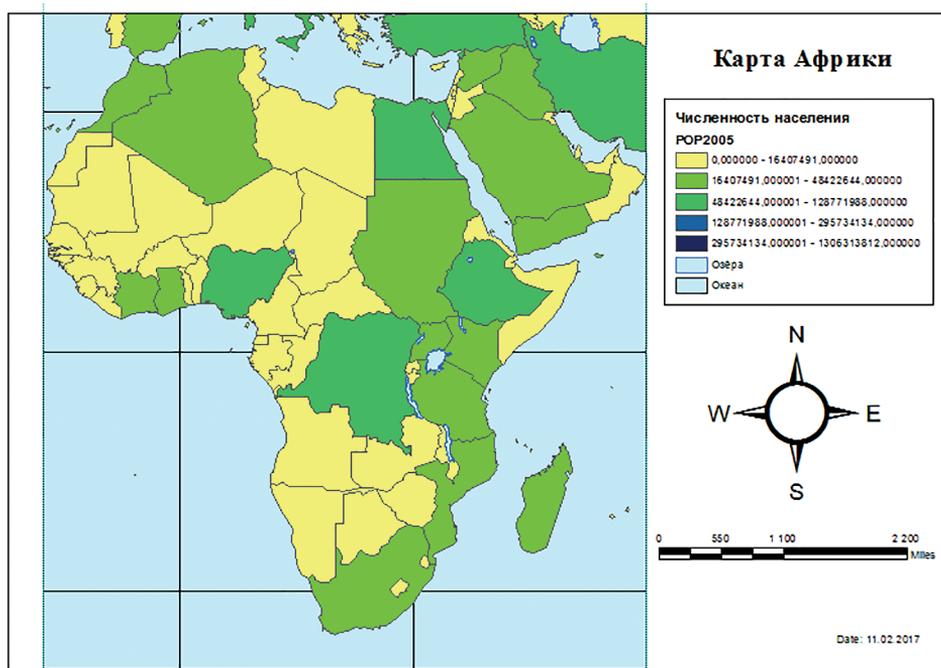


Рис. 1.9. Итоговый вид шаблона электронной карты численности населения Африки (2005)

После удаления направляющих можно приступить к экспорту карты посредством команды «Файл/File»—>«Экспорт карты/Export Map».

Задание

Создать карту численности населения для одной страны и сопредельных с ней государств (вариант соответствует номеру студента в группе).

Вопросы для самопроверки

1. Чем отличается ГИС от других типов информационных систем?
2. Чем обусловлена необходимость разработки ГИС в специализированной программно-инструментальной среде?
3. Какие возможности ГИС обуславливают их высокую популярность в самых разных прикладных областях?
4. Что представляет собой векторный формат SHAPE?
5. Какие два режима имеются в приложении ArcMap для отображения пространственных данных?
6. Какая система координат устанавливается по умолчанию при создании новой интерактивной карты?
7. Какие единицы измерения предпочтительны для выполнения проекционных преобразований?
8. Каким образом в приложении ArcMap можно регулировать последовательность отображения слоев?
9. Каким образом в приложении ArcMap можно узнать информацию об отдельном объекте электронной карты? Чем команда «HTMLPopUp» отличается от команды «Identify»?
10. Какие элементы компоновки карты являются основными?

Практическое занятие № 2

ПРИВЕДЕНИЕ НАБОРОВ РАСТРОВЫХ ДАННЫХ К ЕДИНОЙ СИСТЕМЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ В ГИС

Цель занятия: освоение общих принципов пространственного совмещения наборов растровых данных в ГИС на примере программного пакета ArcMap в различных рабочих ситуациях.

Растровые изображения активно используются в ГИС. Растровые данные можно получить из различных источников: сканирования бумажных экземпляров картографического материала, данных ДДЗ и результатов их обработки, результатов конвертации векторных слоев в растровые слои для выполнения отдельных видов пространственного анализа.

Наборы растровых данных, получаемых посредством сканирования бумажных карт на специальной аппаратуре (фотограмметрические сканеры), обычно не имеют информации об их пространственной привязке, например, старые планы лесных насаждений, активно применяющиеся в производственном процессе современных лесостроительных организаций в качестве подложки.

Иногда информация о местоположении, поставляемая вместе с набором ДДЗ, является неточной или недостаточной для корректного совмещения их с другими имеющимися пространственными данными, результаты обработки снимков на цифровых фотограмметрических станциях (ЦФС), съемки беспилотными авиационными системами мультироторного типа без использования опознавательных знаков, координаты которых определены геодезическими приборами с высокой точностью.

Таким образом, для совместного использования растровых данных, полученных из разных источников, необходимо осуществить их приведение к единой системе координат. Картографическая система координат задается с помощью картографической проекции, т. е. способом проецирования поверхности Земли на плоскость.

При выполнении геометрических преобразований изображение рассматривается как прямоугольная координатная сетка, в узлах которой находятся пиксели изображения. В системе координат самого цифрового изображения координаты пикселя — это номер столбца и номер строки.

Существует два основных вида процедур, связанных с приведением изображений к определенной системе координат.

Географическая привязка — процесс приписывания географических координат пикселям изображения. Географическая привязка заключается

только в прописывании информации о географических координатах в файле изображения. Сетка изображения при этом не изменяется.

Ректификация (трансформирование) — процесс преобразования изображения из одной системы координат в другую. Если изображение уже географически привязано, то преобразование в проекцию выполняется автоматически по известным формулам. В противном случае чаще всего оно выполняется с использованием полиномов n -й степени. Для построения полинома преобразования необходимо определенное количество точек с известными координатами в исходной и требуемой преобразованием системе координат. Такие контрольные (опорные) точки определяются пользователем в интерактивном режиме с помощью специально предусмотренной для этого процесса процедуры. Положение точек должно надежно определяться визуально на обоих растрах. При работе со снимками важно учитывать сезонную изменчивость границ некоторых объектов и выбирать такие точки, положение которых не зависит от времени съемки.

Если изображения путем трансформирования приводятся к географической системе координат или плановой системе координат определенной проекции, то этот процесс также можно рассматривать как географическую привязку. Однако по опорным точкам изображения можно привести к единой системе координат и при отсутствии у них географической привязки, например, для повышения пространственного разрешения мультиспектрального изображения с использованием панхроматического снимка более высокого разрешения или для составления мозаики из нескольких изображений.

Поскольку значение каждого пикселя на изображении строго привязано к определенному узлу прямоугольной координатной сетки в одной системе координат, при преобразовании изображения в другую систему координат эти узлы не обязательно совпадут с узлами новой прямоугольной сетки в связи с трансформацией исходной сетки в процессе преобразования. Поэтому значения пикселей в новой сетке должны быть пересчитаны (иногда этот процесс называют «перевыборкой пикселей»). Наиболее часто применяется пересчет по принципу ближайшего соседа: пикселю — узлу новой сетки — присваивается значение ближайшего пикселя из старой сетки.

Рассмотрим три наиболее распространенных способа преобразования растровых изображений в программе ArcMap в заданной системе координат: растра к растру по опорным точкам, растра к векторному слою по опорным точкам и через привязку растрового изображения по точкам с известными координатами.

Пространственное совмещение двух растровых изображений

Запускаем программу ArcMap через меню «Пуск» или соответствующий ярлык на рабочем столе. Активируем команду главного меню «Файл/ File—>Новый/New» для создания новой карты и, используя команду «Добавить Данные/Add Data», загружаем имеющий географическую привязку

растровый файл. В нашем примере это будет изображение «Shelkovsky2.png» на территорию Щёлковского учебно-опытного лесхоза МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал) — фрагмент спутникового изображения (рис. 2.1). Важно обратить внимание на координаты положения курсора, отображающиеся в правом нижнем углу. Обычно сначала добавляются данные, имеющие пространственную привязку, поскольку в этом случае не придется задавать систему координат фрейма данных.

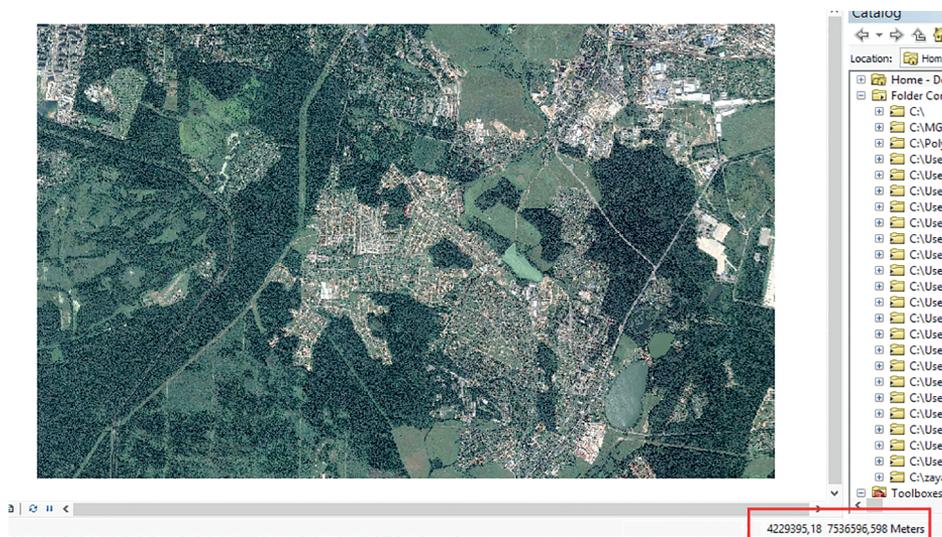


Рис. 2.1. Пространственно привязанное спутниковое изображение лесничества Щёлковского учебно-опытного лесхоза МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал)

Аналогично загружаем растровое изображение плана лесных насаждений. В данном случае это будет изображение «План_лесонасаждений_Щёлковский_1.png». При его добавлении в рабочий набор программа ArcMap сделает предупреждение об отсутствии геопривязки. Используя команду «Приблизить к слою/Zoom to Layer» контекстного меню операций со слоями в «Таблице содержания/Table of Content», можно убедиться, что загруженное изображение отображается без дефектов (рис. 2.2).

Привязка планов лесных насаждений и лесоустроительных планшетов в целях их последующего использования в качестве информативной подложки является типичной задачей для инженеров лесоустроительных организаций. Если панель инструментов пространственной привязки отсутствует, то ее можно отобразить через панель инструментов «Пространственная привязка/Georeferencing»: щелкнуть на меню «Настройка/Customize» и выбрать «Панели инструментов/Tool Bars—>Пространственная привязка/Georeferencing».

Отобразим в рабочем окне слой с космическим снимком «Приблизить к слою/Zoom to Layer». На панели инструментов пространственной привязки

точки/Add Control Points» и переходим в режим определения контрольных точек, связывающих координаты двух снимков. Для добавления очередной связи необходимо выбрать надежно определяющуюся точку в окне «Вьюер/Viewer», отображающем привязываемое изображение, а затем выбрать эту же точку на привязанном растре в рабочем окне ArcMap (рис. 2.4).

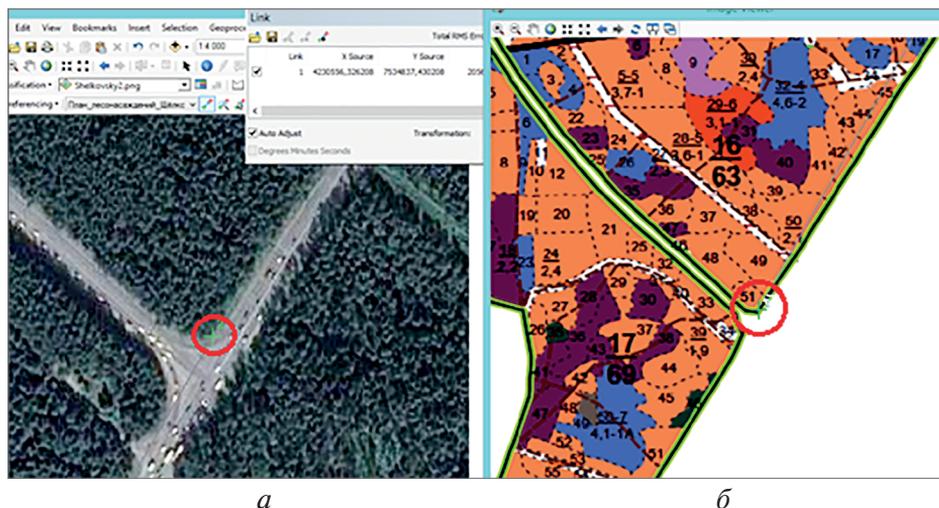


Рис. 2.4. Выбор связующей точки на растровых изображениях:

а — референтное изображение; *б* — привязываемое

Для каждого типа преобразования необходимо задать определенное (как минимум) количество связей. Для преобразования с нулевым сдвигом требуется одна связь, для полиномов первого порядка или небольшой подгонки — не менее трех связей, для трансформации в проекцию — четыре, для преобразования с использованием полинома второго порядка — шесть, а для преобразования с использованием полиномов третьего порядка или метода на основе сплайнов — 10 связей.

Для равномерного распределения точек применяется популярный среди специалистов подход мысленного деления площади изображения на шесть секторов, в каждом из которых проставляется примерно равное число точек (рис. 2.5).

После расстановки связующих точек нажимают команду «Просмотр таблицы связей/View Link Table» для оценки ошибки модели по каждой связующей точке. Если результат регистрации подходит, не следует добавлять дополнительные связи. Для удаления ненужной связи используется диалоговое окно «Таблица связей/Link Table».

После завершения нанесения связующих точек в ниспадающем списке «Пространственная привязка/Georeferencing» выбирают команду «Обновить пространственную привязку/Update Georeferencing» или «Трансформировать/Rectify».



Рис. 2.5. Условное разделение растрового изображения на шесть зон контроля для удобства расстановки связующих точек

Результат привязки оценивается оператором визуально в обязательном порядке. Для этого нужно открыть контекстное меню слоя и зайти в раздел «Свойства/Properties».

В закладке свойств отображения «Отображение/Display» устанавливается параметр «Прозрачность/Transparency» на 50 % и визуально оценивается качество выполненной привязки (рис. 2.6).

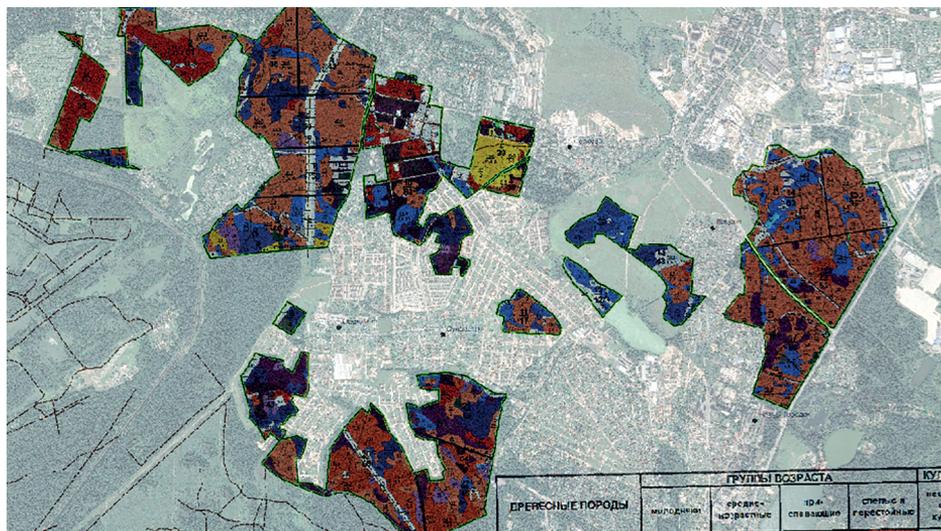


Рис. 2.6. Визуальная оценка качества привязки растровых изображений планшета

Пространственное совмещение растра с векторным слоем

Рассмотрим процесс совмещения отсканированного лесоустroительного планшета с тематической информацией и существующим векторным слоем в ГИС. Добавим в новую карту данные векторной карты. Таким будет слой «Dan_pl.shp», содержащий таксационное описание по кварталам и выделам Даньковского лесничества (рис. 2.7). Подобные электронные картографические материалы служат основой для ГИС-анализа и ГИС-моделирования при решении задач, связанных с эффективным лесоустройством. Однако без подложки в виде данных ДЗЗ или растровых карт они утрачивают репрезентативность при визуальном анализе специалиста, особенно с учетом отображения на лесных электронных и аналоговых картах очень ограниченного числа объектов, даже в подробном и информативном виде.

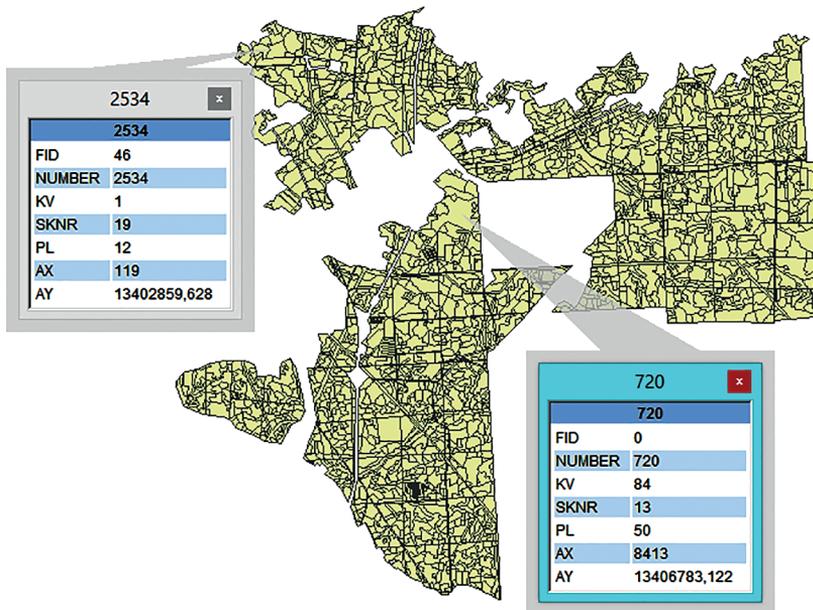


Рис. 2.7. Электронная карта с данными лесной таксации по выделам

В качестве подложки могут выступать абрисы и схематические карты, заполняющиеся в процессе полевых исследований. Используется растровое изображение «Scan.tiff» (рис. 2.8), которое загружается в рабочий набор программы ArcMap.

Общие принципы совмещения растрового изображения с векторной картой такие же, как и при привязке одного растрового изображения к другому. Выставим название регистрируемого изображения в панели инструментов «Пространственная привязка/Georeferencing». Затем перейдем в режим



Рис. 2.8. Фрагмент растрового изображения материалов полевых исследований

«Вьюер/Viewer» и настроим отображение слоев рабочего набора для удобства нанесения контрольных точек (рис. 2.9).

При этом рекомендуется отмечать точки на растровом изображении без включенной функции «Snapping», а на векторном, наоборот, при активации данного режима.

После завершения процесса нанесения связующих точек в ниспадающем списке «Пространственная привязка/Georeferencing» выбирается

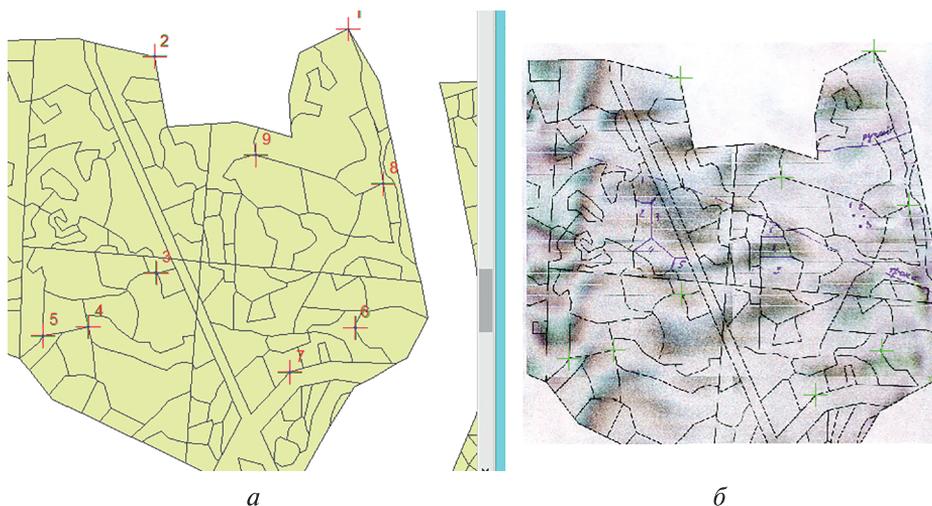


Рис. 2.9. Результат расстановки соответствующих точек в процессе привязки растра к векторной карте:

а — референтное изображение; *б* — привязываемое



Рис. 2.10. Визуальная оценка качества привязки растрового изображения к векторной карте

команда «Обновить пространственную привязку/UpdateGeoreferencing» или «Трансформировать/Rectify» и визуально оценивается полученный результат (рис. 2.10). Для удобства оценки нужно отредактировать свойства отображения векторного слоя. Перейдем через таблицу содержания в раздел «SymbolSelector» слоя электронной карты «Dan-pl» и отменим заливку полигональных объектов, увеличим толщину линий и придадим им яркую окраску.

Пространственное преобразование растра по заданным координатам

Способ преобразования применяется в случаях наличия на растровом изображении точек с известными координатами или координатной сетки. Примером такой сетки служит километровая сетка на топографических картах. Добавим в новую карту данные растрового изображения топографической карты (рис. 2.11).

В качестве точек с известными координатами будут выступать точки пересечения километровой сетки. Активируем пиктограмму «Просмотр таблицы связей/View Link Table» на панели инструментов «Пространственная привязка/Georeferencing». Выбираем инструмент расстановки опорных точек «Добавить контрольные точки/Add Control Points» и точку с известными координатами.

Для данного примера подойдет любое пересечение километровой сетки на юго-западе растровой карты. Поставим метку на точку, нажмем на ПКМ и в открывшемся контекстном меню выберем опцию «Входные X и Y/ Input X and Y», введем координаты (рис. 2.12).

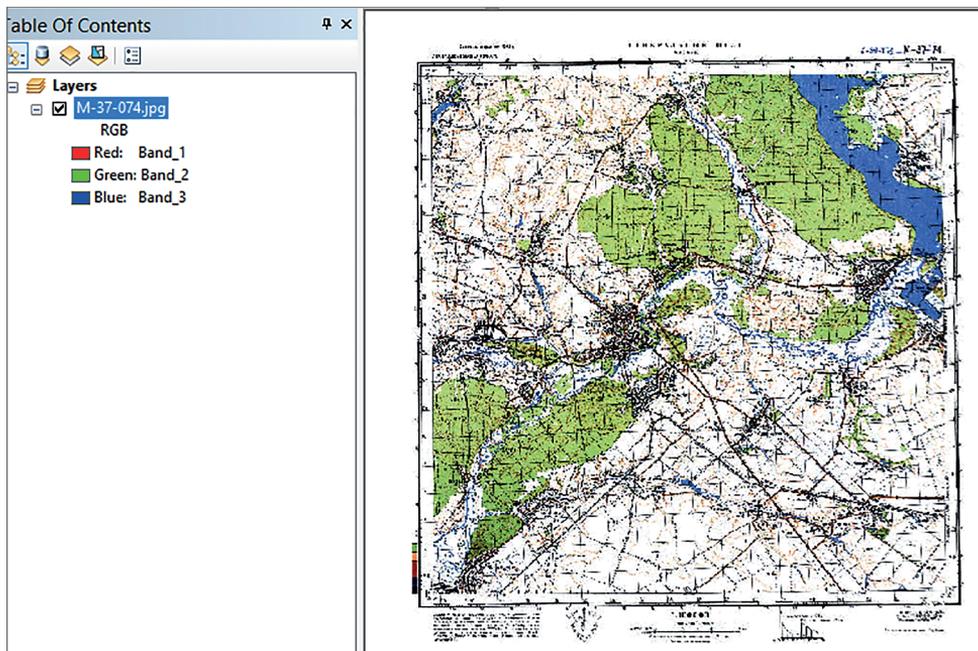


Рис. 2.11. Растровое изображение топографической карты масштаба 1:100 000



Рис. 2.12. Координаты контрольной точки, введенные в процессе привязки

Для качественного выполнения привязки необходимо измерить несколько точек. Их должно быть не менее шести. В результате выполнения этой операции растровое изображение будет успешно привязано.

Задание

Проведите пространственную привязку растрового изображения топографической карты по контрольным пересечениям координатной сетки (вариант соответствует номеру студента в группе).

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой процедура географической привязки изображения?
2. Чем отличается процедура географической привязки от ректификации?
3. В каких случаях трансформирование изображения в нужную систему координат выполняется по опорным точкам?
4. Чем обусловлена необходимость пересчета значений пикселей при трансформировании изображения?
5. Какое минимальное количество связующих опорных точек требуется для расчета полинома трансформирования второго порядка?
6. Какие требования предъявляются к расположению опорных точек для обеспечения высокой точности трансформирования?
7. Как проверить качество полинома трансформирования перед его применением?
8. Какие типы растровых данных могут потребовать географической привязки средствами ГИС?
9. Существуют ли задачи, в которых может потребоваться приведение изображений к единой системе координат без географической привязки?
10. Какое преимущество имеет трансформирование изображения в систему координат географически привязанного слоя?

Практическое занятие № 3

МАСШТАБЫ, СЛОИ И ЗАПРОСЫ ПРИ РАБОТЕ С ЦИФРОВЫМИ КАРТАМИ

Цель занятия: освоение принципов работы со слоями и масштабами в ГИС для представления объектов из слоев электронной карты в удобном для визуального восприятия виде.

Развитие наук о Земле невозможно без картографической информации. Физическая и социально-экономическая география, геология, геофизика и геохимия, океанология и планетология — все эти научные направления переносят результаты проведенных исследований на карты, обобщают и анализируют их с помощью карт, формулируют новые гипотезы, составляют и проверяют прогнозы.

Становление многих отраслей знания активно опирается на картографический метод. Например, структурная геоморфология черпает основные сведения о рельефе из топографических и гипсометрических карт, медицинская география изучает возможные ареалы возникновения болезней и эпидемий по природным и социально-экономическим картам. Сравнительная планетология изучает общие закономерности строения поверхности небесных тел, которые устанавливаются исключительно по снимкам и картам.

Картография дает наукам о Земле общий язык, единый метод, основу. Карты содержат информацию, необходимую для функционирования общества. Развитие экономики, культуры, науки, обеспечение обороноспособности, контроль экологической обстановки, ликвидация чрезвычайных ситуаций невозможны без применения картографических материалов. Отсутствие информации ведет к просчетам и ошибкам при принятии оперативных и долгосрочных решений. Разнообразная по тематике и точная картографическая информация стала в наши дни ценнейшим продуктом и товаром. Именно этим вызвано обращение к новым цифровым технологиям картографирования.

Традиционные методы составления карт предполагают проведение полевых съемок, их согласование, последовательный перевод крупномасштабных источников в мелкомасштабные, выполнение генерализации, подбор изобразительных средств, вычерчивание оригиналов карт, изготовление печатных форм и, наконец, издание карт. Данный процесс — комплексный и долгий, поэтому создание новых картографических материалов растягивается на годы.

Переход к цифровым методам и электронным картам кардинально изменил всю систему картографирования. Современная электронная карта — это аналог обычной карты, но существующий в компьютерной среде и содержащий всю информацию, необходимую для автоматического воспроизведения карты. Ее основу составляет цифровая запись пространственных координат всех элементов карты и их закодированных качественных и количественных характеристик. По содержанию, математической основе, уровню обобщения, точности и иным параметрам цифровые карты соответствуют бумажным картам того же масштаба и назначения. Очень часто электронные карты создаются посредством оцифровки растровых оригиналов уже изданных карт.

Однако цифровая карта имеет и преимущества перед своим бумажным аналогом. Прежде всего это возможность управления слоями, которая была рассмотрена в практическом занятии № 1. Кроме того, можно изменять масштаб отображения объектов и получать информацию о них путем запросов к семантической (атрибутивной) базе данных.

В основе цифровых технологий лежит формирование картографических баз данных — совокупностей взаимосвязанных пространственных данных, относящихся к какой-либо предметной (тематической) области. Данные в базах представлены в единых цифровых форматах, т. е. с указанием их координат, количественных и качественных атрибутов. Они предназначены для многих пользователей, занимающихся составлением карт, и не зависят от характера используемых при этом прикладных программ.

Цифровая карта представляет собой двумерное графическое отображение пространственных данных в виде композиции тематических слоев с помощью определенной системы условных обозначений. Тематические слои цифровой карты могут быть как растровыми, так и векторными.

В растровых форматах представляют следующие типы данных:

- авиационные и космические снимки (ДЗЗ);
- результаты тематической классификации снимков (значение пикселя — номер класса);
- геопотенциалы — непрерывные функции пространственных координат (например, метеорологические данные или цифровая модель рельефа — ЦМР);
- маски для выделения областей интереса на снимках.

Точность отображения объектов в растровых слоях ограничена размером пикселя на местности. Это существенно ограничивает возможности использования такого типа данных при изменении масштаба цифровой карты. Для крупномасштабного отображения территории требуются растровые изображения очень больших размеров, что затрудняет работу с картой. Существенным недостатком растровых форматов является также сложность организации взаимосвязи с прикладными данными. В большинстве случаев основным атрибутом является само значение пикселя и способ его отображения (цвет или оттенок серого). Однако при пространственном сочетании

этих характеристик можно получить много информации о внутренней структуре объектов и их взаимосвязях.

Векторными слоями могут быть представлены объекты, имеющие четкую локализацию на земной поверхности. Положение и границы таких объектов определяются с любой заданной точностью.

Дополнительным достоинством векторного представления является простота организации взаимосвязи с любым количеством атрибутов. Однако извлечь какую-либо информацию о внутренней структуре объектов слоя путем визуального анализа карты в этом случае невозможно.

Средства работы с цифровой картой в программе ArcMap позволяют задавать для каждого слоя диапазоны масштабов, в которых слой можно отобразить. Это обеспечивает информативность карты при любом масштабе без перегрузки ее деталями. Таким способом можно моделировать генерализацию тематического слоя при переходе от крупного масштаба к мелкому.

Анализ исходного набора слоев и запросы по атрибутам

Предварительный анализ исходного набора слоев электронной карты обычно включает в себя просмотр информации из базы данных, изучение метаданных по каждому слою и визуальную оценку информативности векторных объектов.

Для анализа исходного набора слоев используют проект Florida.mxd, содержащий в своем каталоге слои дорожной сети, озер и административных округов (рис. 3.1). Откроем этот проект и визуально оценим

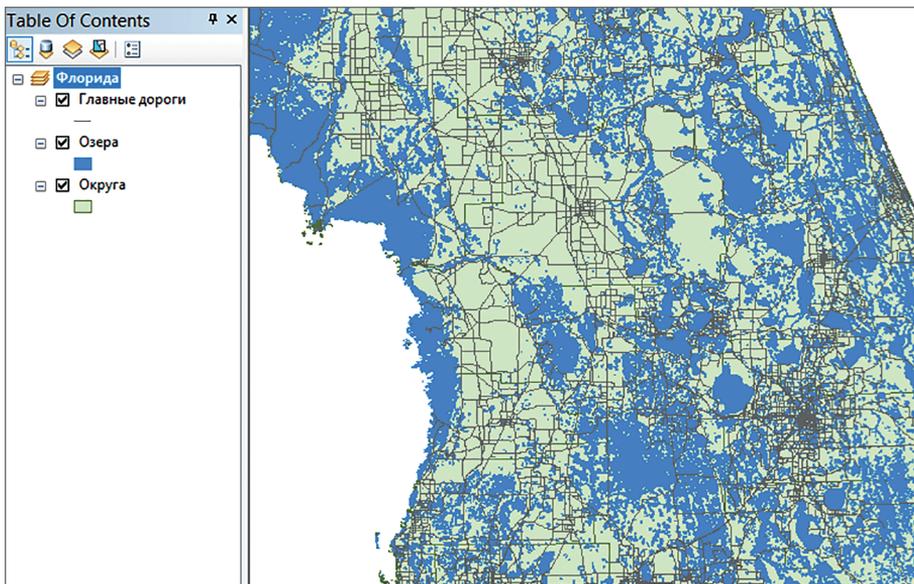


Рис. 3.1. Исходный набор слоев электронной карты из проекта Florida.mxd

информативность слоев электронной карты в различных масштабах, выбираемых произвольно.

Для просмотра информации об интересующем слое его выбирают в таблице и нажимают ПКМ. В контекстном меню «Данные/Data» выбирают команду «Просмотр описания элемента/View Item Description».

Следует обратить внимание на строку в окне Summary «This Data Was Compiled From 1:24 000 Scale Maps». Она означает, что данные для слоя были получены с карт масштаба 1:24 000. Данная информация определяет самый крупный масштаб картографической информации, которую можно создавать на основе данных из этого слоя.

Для построения атрибутивного запроса слой отображается в рабочем окне целиком (к примеру, через команду «Полный экстенс/Full Extent»). Поскольку создается запрос на дороги, относящиеся к классу «Автостреды», то информация в слое «Озера» будет бесполезной, поэтому этот слой следует отключить из отображения. Таблица атрибутов выбранного слоя открывается из контекстного меню — «Открыть таблицу атрибутов/Open Attribute Table». В таблице атрибутов слоя «Главные дороги» есть специальная графа класса дорог. По этому полю можно выполнить выделение автостред из всего множества дорог.

В меню «Окна таблицы» в разделе «Опции таблицы/Table Options» можно выполнить выбор объектов по атрибуту «Выбрать по атрибуту/Selectby Attributes». В рабочем окне этой функции в графе «Метод/Method» должна быть команда «Создать новую выборку/Create New Selection». Поскольку за класс дорог в таблице атрибутов отвечает поле «Class», то выражение для формирования выборки для объектов, относящихся к категории автостред, принимает вид «Class = Highway». Атрибут «Class» и функцию «=» можно выбрать из списка операций, а для получения значений «Highway» можно воспользоваться кнопкой «Получить уникальные значения /Get Unique Value». Кнопка «Верифицировать/Verify» позволит проверить правильность составленного выражения. В результате выполнения этих операций (рис. 3.2) на карте будут выделены все участки дорожной сети, классифицированные как автостреды.

В процессе обработки данных слоев электронных карт удобно создавать вспомогательные слои, содержащие наборы объектов, полученные в результате выборок. Для создания нового слоя на основе выборки нужно в «Таблице содержания/Table Of Content» нажать ПКМ на слое «Главные дороги» и использовать опцию «Выборка/Selection»—>«Создать новый слой из выборки/Create Layer From Selection». В результате будет создан слой с базовым названием «Главные дороги selection». Отменить выборку можно нажатием кнопки «Очистить выбранные объекты/Clear Selected Features» на главной панели управления. Полученный слой следует переименовать в «Автостреды» и цвет отображения изменить на ярко красный (рис. 3.3).

Далее необходимо настроить масштабы отображения объектов, относящихся к категории дорожной сети.

Select by Attributes

Enter a WHERE clause to select records in the table window.

Method:

"NAME"
"USROUTE"
"STROUTE"
"CLASS"
"DESCRIPTION"

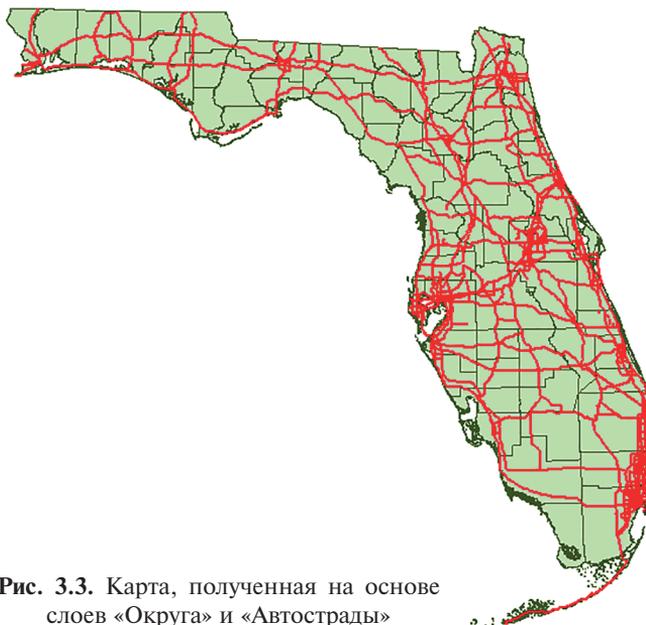
Major_Roads
"Highway"

SELECT * FROM Major_Roads WHERE:
"CLASS" = 'Highway'

Главные дороги					
	NAME	US_ROUTE	ST_ROUTE	CLASS	DESCRIPTION
	TAMIAMI TRAIL	US 41	SR 45	Highway	URBAN: Other Principal Arterial
▶	S SUNCOAST BLVD	US 19	SR 55	Highway	RURAL: Principal Arterial—Other
	N SUNCOAST BLVD	US 19	SR 55	Highway	RURAL: Principal Arterial—Other
	TAMIAMI TRAIL	US 41	SR 45	Highway	RURAL: Principal Arterial—Other
	SUNCOAST BLVD	US 19	SR 55	Highway	RURAL: Principal Arterial—Other
	S SUNCOAST BLVD	US 19	SR 55	Highway	RURAL: Principal Arterial—Other
	S SUNCOAST BLVD	US 19	SR 55	Highway	URBAN: Other Principal Arterial
	OLYMPIA				Other Principal Arterial
	NO LOCAL				Principal Arterial—Other
	E GULF T				Principal Arterial—Other
	SR 93A-7				Principal Arterial—Inter
	NO LOCAL				Other Principal Arterial
	SR 93A-7				Principal Arterial—Inter
	SR 93A-7				Principal Arterial—Inter
	NO LOCAL				Principal Arterial—Other

a *б* *в*

Рис. 3.2. Выборка автострад посредством запроса по атрибуту:
a — запрос; *б* — выбранные объекты в таблице атрибутов; *в* — визуализация выбора



Работа с масштабами отображения в программе ArcMap и выборка объектов через функцию определяющего запроса

Редактирование предельных масштабов отображения объектов слоя электронной карты при правильном применении улучшает ее восприятие и упрощает навигацию со стороны пользователя. Объекты слоя «Главные дороги» хорошо различимы при масштабе около 1:100 000, в свойствах в общей графе «Общие/General» флажок переключается в положение «Не показывать слой в диапазоне масштабов/Don't Show Layer When Zoomed», и задается минимальный масштаб отображения. При масштабе мельче заданного этот слой не будет отображаться. Проверить можно, изменяя масштаб на произвольное значение (рис. 3.4).

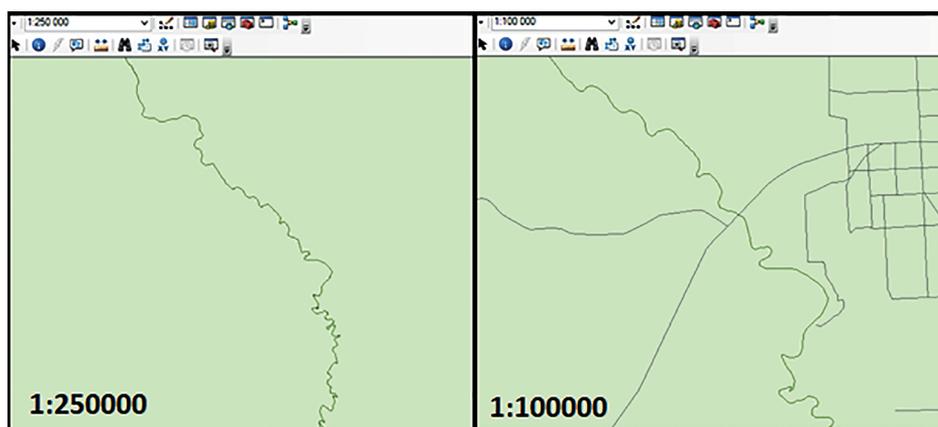


Рис. 3.4. Слой «Главные дороги» в масштабе 1:250 000 и 1:100 000

В программе ArcMap некоторые операции, в том числе копирование слоев, можно выполнять, используя базовый инструментарий. Слои копируются и вставляются в таблицу содержания посредством команд «Копировать/Сору» (контекстное меню слоя) и «Вставить слой/Paste Layer (s)» (контекстное меню группы слоев). В рамках задания необходимо скопировать слой «Озера» и переименовать его в «Крупные озера». В свойствах этого слоя следует перейти в закладку определяющего запроса «Определяющий запрос/Definition Query» и войти в редактор запросов «Конструктор запросов/Query Builder»). В открывшемся окне задаются условия отображения объектов. Соответственно, если стоит задача отображения озер и прудов, то форма запроса будет иметь вид «TYPE = LAKE/POND» (рис. 3.5). По аналогии с предыдущей операцией запрос можно проверить кнопкой «Проверить/Verify».

Слой «Озера» тогда будет отображать только озера и пруды. Электронная карта при этом не слишком перегружена (рис. 3.6), хотя отображается

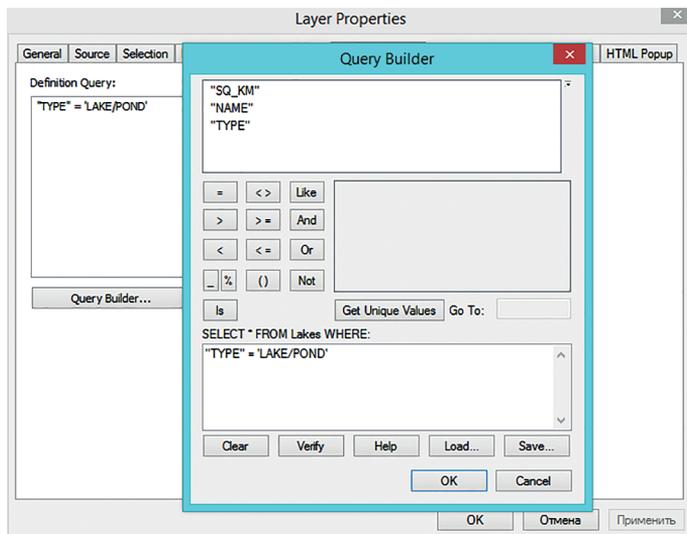


Рис. 3.5. Рабочее окно редактора запросов

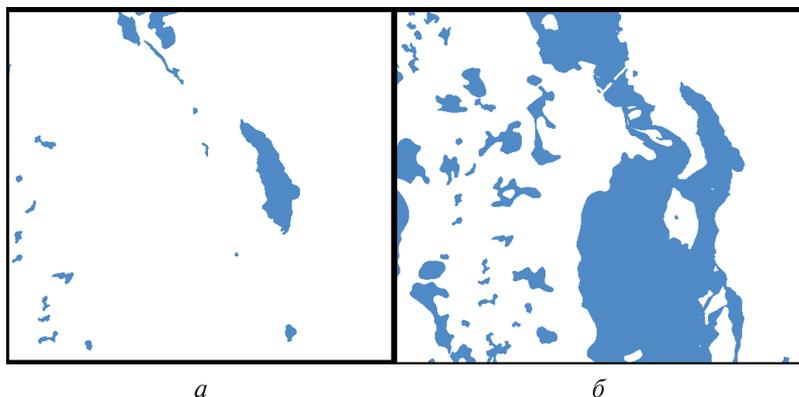


Рис. 3.6. Слои «Крупные озера» (а) и «Озера» (б)

большое количество мелких озер, загромождающих общий вид и трудноразличимых в мелком масштабе.

Следующий шаг — определение предельных площадей для отображения озер и отключение отображения не соответствующих им водоемов на карте. За основу принимается примерный размер озера «Blue Cypress Lake», которое можно найти в атрибутивной таблице слоя (рис. 3.7). По информации из таблицы (см. рис. 3.7) он будет равен 25 км^2 («SQ_KM»).

В редакторе запросов слоя «Крупные озера» следует обновить ранее написанное выражение путем ввода команды: «TYPE = LAKE/POND AND SQ_KM > 25». В результате выполнения этой операции на электронной карте будут отображены только крупные озера и пруды больше установленной

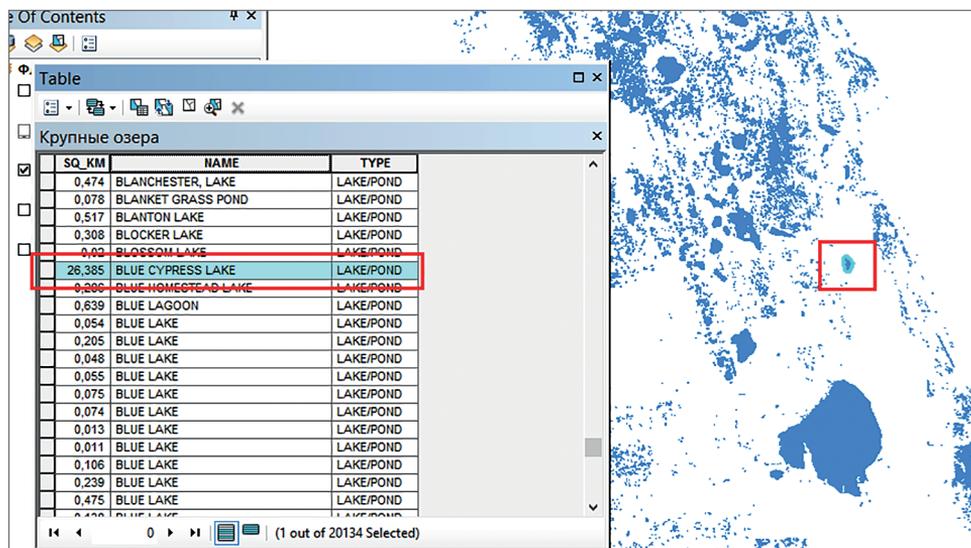


Рис. 3.7. Поиск целевого объекта через таблицу атрибутов

площади (рис. 3.8). Число этих объектов можно посмотреть в таблице атрибутов. По аналогии со слоем «Главные дороги» при необходимости можно настроить диапазон масштабов отображения.

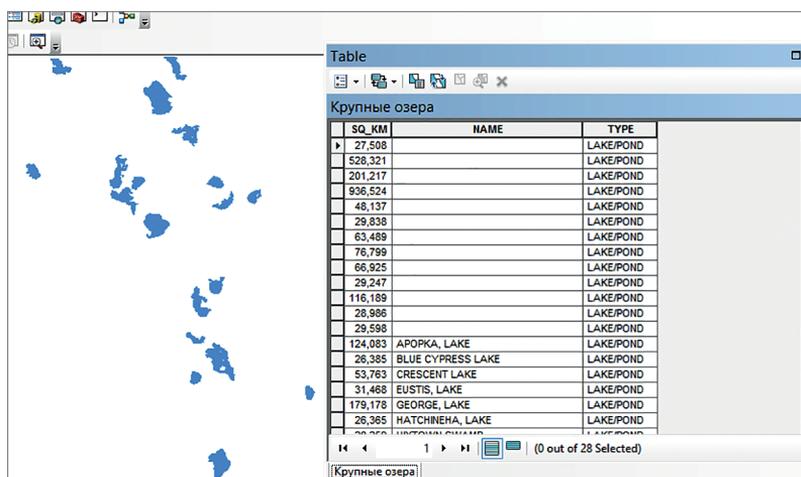


Рис. 3.8. Итоговый вид слоя «Крупные озера» и его таблица атрибутов

Манипуляции по включению, отключению и изменению свойств объектов каждого слоя можно выполнять как индивидуально, так и по группам. Для того чтобы объединить слои «Автострады» и «Главные дороги», требуется выбрать один из этих слоев, зажать клавишу Shift и выбрать

другой слой, далее перейти в контекстное меню слоев и выбрать опцию «Группировка/Group». Полученной группе можно присвоить название, к примеру «Транспорт».

Задание

На основе слоев проекта «Florida.mxd» нужно создать группу слоев «Транспорт и гидрография», включающую в себя слои, содержащие объекты слоев «Автострады» и «Крупные озера», с характеристиками и легендой отображения (вариант соответствует номеру студента в группе).

Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой цифровая карта?
2. Приведите примеры использования картографической информации в различных областях знаний.
3. Какие преимущества имеют цифровые методы перед традиционной системой картографирования?
4. Какие преимущества имеет цифровая карта перед бумажным аналогом?
5. Какие пространственные данные могут быть представлены растровыми слоями, а какие — векторными?
6. Какие преимущества и недостатки имеет растровое представление пространственных данных?
7. Какие преимущества и недостатки имеет векторное представление пространственных данных?
8. Как узнать предельный масштаб, при котором можно использовать данные из слоя электронной карты?
9. Будет ли отображаться дорожная сеть при установленном параметре «минимальный масштаб отображения» = 1:10 000, если текущий масштаб отображения карты в рабочем окне 1:9000?
10. По каким параметрам можно создавать выборки объектов из слоя дорожной сети? Для каких задач или на каких предприятиях использование подобных наборов данных приносит пользу?

Практическое занятие № 4

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕСТА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРНОГО ОБЪЕКТА СРЕДСТВАМИ ГИС

Цель занятия: освоение функциональных возможностей ГИС для решения задач выбора оптимального места размещения объекта целевого использования на примере программного пакета ArcMap.

Довольно продолжительное время ГИС считались узкоспециализированным инструментом, предназначенным прежде всего для создания и публикации картографического материала. Подобный подход определял круг прикладных задач, вокруг которого строился функционал каждого отдельного программного пакета или решения. Содержанием таких задач являются зонирование и картографирование территорий, геологические исследования, связанные с добычей полезных ископаемых, и др. Соответствующими функциональными возможностями служат инструменты векторизации, пересчета проекций, компоновки электронной карты для последующего представления/печати и некоторые другие.

Однако в 1990-е годы ситуация начала кардинально изменяться. Пользователи и потребители продукции ГИС стали переходить к новой концепции, при которой разнородные данные и объекты имели бы общую компоненту — географическую привязку, что позволило бы не только отображать их на карте в целях дальнейшей обработки, но и проводить их анализ с использованием программных средств. Таким образом, пространственная составляющая стала связующим звеном при работе с информацией. Поэтому в настоящее время ГИС — это системы, позволяющие соотносить различные процессы и события на пространственно-временной основе с учетом дополнительных факторов (финансовых, социально-экономических, природных и т. п.).

Начиная от создания ГИС динамически развивались в направлении решений современных и актуальных задач, возникающих перед теми или иными специалистами. Со временем расширялся программный инструментарий ГИС, добавлялись новые функции, позволяющие выполнять пространственный анализ, визуализировать в удобном для пользователя виде его результаты и интегрировать их в различные корпоративные системы. Это открыло совершенно новые возможности использования ГИС для управления производственными предприятиями, инженерными и транспортными сетями и множеством других объектов в промышленности, энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве.

Ныне ГИС можно рассматривать как платформу, объединяющую различные процессы проектирования, управления имуществом, диспетчеризации, управления техническим обслуживанием и ремонтом, работы с клиентами и т. п.

Корпоративная ГИС, работающая с единой базой геоданных, интегрированная с другими информационными системами и доступная всем работникам, обеспечивает обмен информацией, координацию и совместную работу подразделений на разных этапах производственного цикла. В научной литературе на примере коммунального инфраструктурного предприятия выделяется восемь этапов этого цикла.

1. *Прогнозирование потребления.* Потребление в зоне обслуживания коммунального предприятия, как правило, увеличивается неоднородно, и усреднение этих темпов может привести к нарушению производственной цепочки, невозможности подключения и даже к сбою процесса на отдельных участках. Без ГИС достаточно сложно и дорого вести локальное прогнозирование, поскольку требуется учитывать множество разнородных данных (планы по застройке, открытие предприятий, строительство транспортной инфраструктуры и др.). Эти данные, как и связанные с ними расчеты, ГИС автоматизирует, переводя изменения на данной территории в прогноз уровня потребления.

2. *Планирование.* На основе прогноза потребления и с учетом имеющихся ресурсов строятся целевая пространственная модель и карта инженерной сети, оценивается потребность в том или ином оборудовании на протяжении определенного периода времени. На этом этапе ГИС позволяет быстро и эффективно выполнять сетевой, топологический и другие виды пространственного анализа, оценивать стоимость развития сети, находить возможности экономии и оптимизации.

3. *Инженерное проектирование.* Проектировщики используют ГИС для определения, каким именно образом должна быть модернизирована коммунальная сеть, т. е. где конкретно проложить трубопровод с учетом реальной обстановки, где и какой поставить трансформатор и т. д. Основным инструментом при этом выступает сетевой анализ.

4. *Управление имуществом.* В процессе эксплуатации инженерной сети ключевая задача — построение эффективного процесса технического обслуживания и ремонта. Инвентаризацию имущества обеспечивает ГИС с указанием точного местоположения каждого объекта, а также объектов, находящихся поблизости, ведет базы данных объектов и контролирует их состояние. На этом основании определяются необходимые действия, например, формируется оптимальный график обслуживания, выбирается тип действия — ремонт или замена и т. д.

5. *Геодезические изыскания, оформление прав и разрешительной документации.* Рабочим инструментом геодезиста является ГИС. С их помощью проводится съемка и составляются документы для предоставления в местные органы власти при оформлении участков, землеотводов, при получении лицензий и разрешений на проведение работ и т. п. Кроме того, ГИС позволяет в ходе работ по проектированию и в спорных ситуациях обращаться к кадастровым данным, которые также хранятся в единой корпоративной базе.

6. *Строительное проектирование.* Этот этап заключается в подготовке конструкторской документации для подрядчика, который будет осуществлять

строительство и монтаж объектов и сооружений. Традиционно для этого использовались системы автоматизированного проектирования, куда загружались данные из ГИС.

Однако в начале 2020-х годов все чаще проектирование ведется непосредственно в ГИС, где уже имеются соответствующие инструменты. Это позволяет избежать дублирование систем, версий документов, гарантированно учитывать все изменения, вносимые в проект на различных этапах. Кроме того, все чаще применяются интегрированные решения ГИС и «Enterprise Resource Planning» (ERP) — планирование ресурсов предприятия, что позволяет сразу получать готовую сметную документацию по проекту.

7. *Строительство.* Особенно полезными на данном этапе являются мобильные ГИС-решения, с помощью которых можно непосредственно на месте оперативно внести в базу данных информацию обо всех изменениях, произошедших в ходе проекта, возникающих сложностях и нестыковках.

8. *Документирование новых объектов.* Ведение и своевременное обновление данных об объектах и их состоянии также находятся в компетенции ГИС, что дает инструменты работникам для удобного внесения изменений в базу. С помощью ГИС строятся регламенты работы с информацией для поддержания ее в актуальном состоянии. Например, ГИС-инструменты позволяют заносить полевые данные непосредственно через картографический интерфейс, вместо того чтобы постфактум расшифровывать заметки полевых бригад.

Типичным примером решения задачи планирования с использованием геоинформационного анализа является выбор местоположения для нового инфраструктурного объекта с учетом самых разнообразных данных из различных источников. В качестве практического примера воспользуемся условиями, когда некоторая компания выбирает города с численностью населения более 100 000 чел., в пределах которых можно разместить, в частности, новый выставочный зал в рамках увеличения числа продаж. Необходимым условием служит получение оформившим заказ покупателем товара не позднее следующего дня. Соответственно, место расположения центра должно быть на расстоянии однодневной поездки грузовика (400 км) от регионального центра распределения. К тому же выставочный зал следует расположить в месте, где прошлогодние продажи были сравнительно низкими.

Загрузка исходных данных и установка связи между таблицами

Исходные данные размещены в проекте «Russia.mxd», содержащем электронную карту Российской Федерации. В него необходимо добавить данные по продажам, используя пиктограмму из стандартного набора операций, отвечающую за добавление данных: «Добавить данные/Add Data». В нашем случае это будет таблица «Sales» из базы данных (БД)

«Russia.gbd». Эта таблица будет добавлена в список содержания (рис. 4.1) и в дальнейшем использована при выборе оптимального места размещения выставочного зала.

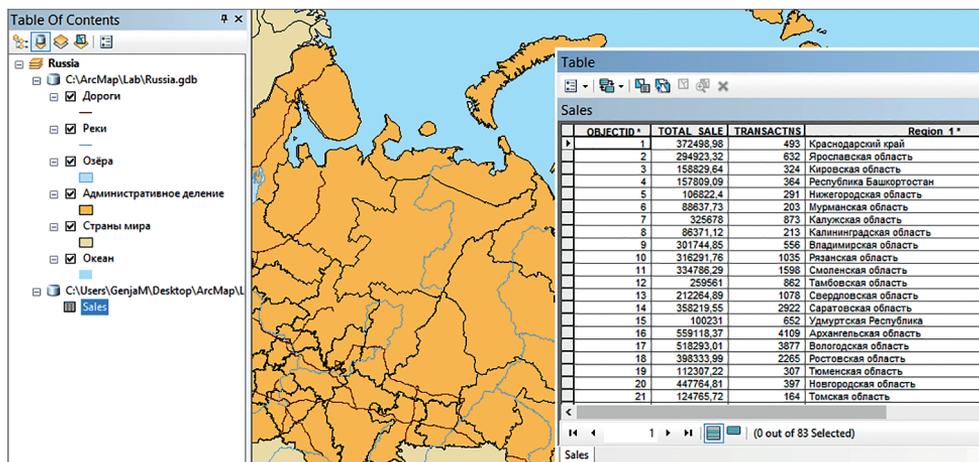


Рис. 4.1. Карта Российской Федерации с данными о продажах продукции некоторых предприятий

Таблицы атрибутов слоев открываются из контекстного меню слоя командой «Открыть таблицу атрибутов/Open Attribute Table». В таблице слоя «Административное деление» содержатся записи — по одной для каждого из субъектов Российской Федерации*. Если параллельно открыть таблицу «Sales», то в нижней части окна отображения появятся соответствующие закладки, которые позволят переключаться между подключенными таблицами. Иногда с их помощью удобно просматривать две таблицы параллельно, для чего нужно «вытянуть» ЛКМ закладку с интересующей таблицей на всплывающую четырехстороннюю стрелку (рис. 4.2).

В обеих открытых таблицах имеется атрибут, в котором указано название субъектов Российской Федерации. В слое «Административное деление» это атрибут «NAME», в таблице «Sales» — «Region_1». На основе общего атрибута можно соединить таблицы. Для того чтобы начать операцию объединения таблиц, из контекстного меню слоя «Административное деление» выбирается операция «Соединения и Связи /Joins and Relates» → «Соединение/Join», открывается диалоговое окно, поля в котором следует заполнить так, как показано на рис. 4.3.

Данные таблицы «Sales» будут присоединены к таблице атрибутов слоя «Административное деление». Убедиться в этом можно, открыв таблицу атрибутов слоя «Административное деление» (рис. 4.4).

* В таблице слоя «Административное деление» содержатся записи для 83 субъектов РФ из 89.

OBJECTID	TOTAL SALE	TRANSACTIONS	Region_1
1	372496.96	493	Краснодарский край
2	294923.32	632	Ярославская область
3	158029.64	324	Кировская область
4	157809.09	364	Республика Башкортостан
5	106022.4	291	Нижегородская область
6	88637.73	203	Мукомлиевская область
7	325678	873	Кабульская область
8	86371.12	213	Калининградская область
9	301744.85	556	Владимирская область
10	316291.76	1035	Рязанская область
11	334786.29	1598	Смоленская область
12	259561	862	Тамбовская область
13	21284.89	1078	Саратовская область
14	38819.65	2922	Самарская область
15	100231	652	Удмуртская Республика
16	55918.37	4109	Архангельская область
17	518293.01	3877	Вологодская область
18	398333.99	2265	Ростовская область
19	112307.22	397	Томская область
20	447764.81	397	Новосибирская область
21	124765.72	164	Томская область
22	275369.09	187	Ивановская область
23	696523.93	5729	Московская область
24	488345.11	612	Костромская область

OBJECTID	Shape	NAME	OBJECTID	TOTAL SALE	TRANSACTIONS
1	Район	Калининградская область	1	372496.96	493
2	Район	Ярославская область	2	294923.32	632
3	Район	Нижегородская область	3	158029.64	324
4	Район	Самарская область	4	157809.09	364
5	Район	Тверская область	5	106022.4	291
6	Район	Брянская область	6	88637.73	203
7	Район	Удмуртская область	7	325678	873
8	Район	Кабардинская область	8	86371.12	213
9	Район	Курская область	9	301744.85	556
10	Район	Вологодская область	10	316291.76	1035
11	Район	Орловская область	11	334786.29	1598
12	Район	Московская область	12	259561	862
13	Район	Венгровская область	13	21284.89	1078
14	Район	Тульская область	14	38819.65	2922
15	Район	Кованьский край	15	100231	652
16	Район	г. Москва	16	55918.37	4109
17	Район	Рязанская область	17	518293.01	3877
18	Район	Липецкая область	18	398333.99	2265
19	Район	Воронежская область	19	112307.22	397
20	Район	Ростовская область	20	447764.81	397
21	Район	Владимирская область	21	124765.72	164

Рис. 4.2. Пример таблицы в программе ArcMap

JOIN DATA

Join lets you append additional data to this layer's attribute table so you can, for example, symbolize the layer's features using this data.

What do you want to join to this layer?

Join attributes from a table

- Choose the field in this layer that the join will be based on:

NAME
- Choose the table to join to this layer, or load the table from disk:

Sales

 Show the attribute tables of layers in this list
- Choose the field in the table to base the join on:

Region_1

Join Options

Keep all records
All records in the target table are shown in the resulting table. Unmatched records will contain null values for all fields being appended into the target table from the join table.

Keep only matching records
If a record in the target table doesn't have a match in the join table, that record is removed from the resulting target table.

Validate Join

[About joining data](#) OK Cancel

Рис. 4.3. Диалоговое окно связывания таблиц

OBJECTID*	Shape *	NAME	Pop_tot	Area	Den	Shape_Length	Shape_Area	OBJECTID*	TOTAL SALE	TRANSACTS
1	Polygon	Калининградская область	941873	18181	51,805346	8,895324	2,549161	8	86371,12	213
2	Polygon	Псковская область	673423	54991	12,246058	24,875021	8,218413	44	112091,75	96
3	Polygon	Новгородская область	634111	54813	11,658624	27,248216	8,537459	20	447764,81	397
4	Polygon	Смоленская область	985537	49613	19,964491	22,074117	6,988387	11	334788,29	1598
5	Polygon	Тверская область	1353392	84070	16,096394	33,218734	12,5159	33	491050,07	1490
6	Polygon	Брянская область	1278217	34783	36,743044	18,087837	4,665598	36	278244,15	692
7	Polygon	Ульяновская область	1292799	37000	34,805129	23,404666	5,038976	32	135633,68	412
8	Polygon	Калужская область	1010930	29668	34,074761	18,605544	4,119628	7	325678	873
9	Polygon	Курская область	1127081	29882	37,717723	16,620668	3,896282	29	243002,41	379
10	Polygon	Вологодская область	1202444	144664	8,311978	45,549183	23,400878	17	518293,01	3877
11	Polygon	Одесская область	768935	24550	32,654379	14,04038	3,326834	38	268944,74	93
12	Polygon	Московская область	7095120	44276	169,247538	30,747352	6,34984	23	898923,83	5798
13	Polygon	Белгородская область	1532526	27052	56,651116	15,74343	3,45224	39	219420,35	327
14	Polygon	Тульская область	1553925	25604	60,690712	15,463288	3,51379	27	277045,23	307
15	Polygon	Краснодарский край	5226647	90550	57,721115	33,644726	10,403346	1	372498,98	493
16	Polygon	г. Москва	11603501	2509	4584,694779	7,83352	0,358839	79	177723,41	0
17	Polygon	Ярославская область	1272468	35991	35,355172	18,799826	5,472228	2	294923,32	632
18	Polygon	Липецкая область	1173513	23970	48,957872	14,743146	3,195113	46	268587,93	357
19	Polygon	Воронежская область	2335380	52074	44,847333	20,03952	6,688013	34	338211,12	235
20	Polygon	Ростовская область	4273706	102598	41,735908	23,43401	12,327259	18	393333,99	2285
21	Polygon	Владимирская область	1443893	29008	49,77222	18,548414	4,196858	9	301744,85	558
22	Polygon	Рязанская область	1154114	39542	29,187042	19,563876	5,485104	10	316291,78	1035
23	Polygon	Республика Адыгея	439996	7821	56,258279	12,449704	0,88835	60	70398,9	0

Рис. 4.4. Обновленная таблица «Административное деление»

Встроенные объекты электронной карты получили в свою базу данных информацию из присоединенных таблиц.

Поиск населенного пункта по заданным пространственно-семантическим критериям

После присоединения таблицы продаж к таблице атрибутов регионов можно отображать на карте данные по объему продаж в каждом регионе

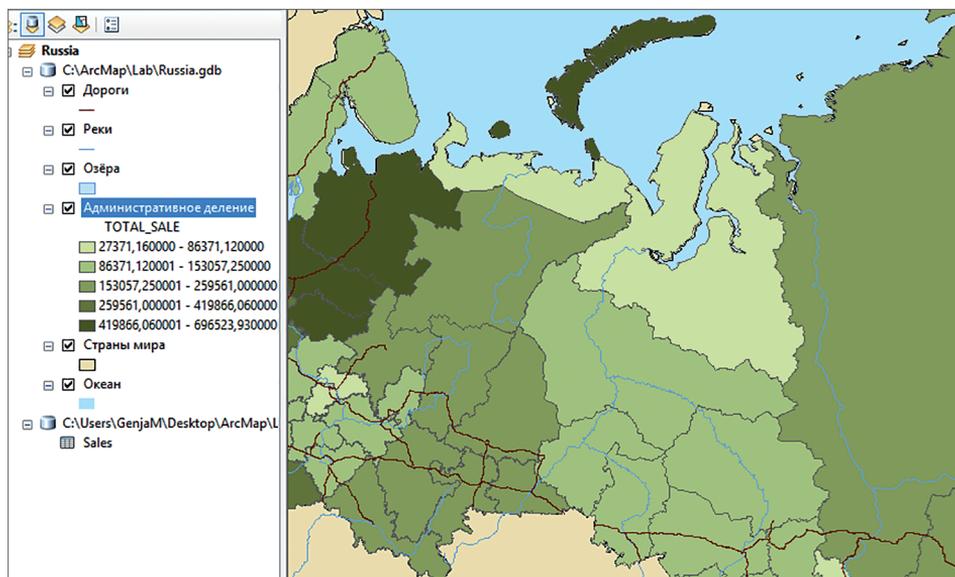


Рис. 4.5. Отображение на карте РФ информации о продажах продукции некоторых предприятий

Российской Федерации. Для этого открывают свойства слоя «Административное деление» и переходят в категорию «Символы/Symbology». Слева в специальном окне есть пункт «Количество /Quantities», а в нем подпункт градуированных цветов «Градуированные цвета/Graduated Colors». В качестве поля значений выбирают атрибут «TOTAL_SALE». Субъекты РФ будут разделены на пять классов по объему продаж. Самому светлому цвету будут соответствовать субъекты с наиболее низкими объемами продаж, самому темному — с наиболее высокими (рис. 4.5).

Города на карту можно добавить через каталог геоинформационной базы данных. Информация о городах размещена в слое «Russian_cities», находящемся в базе данных «Russia.gbd». Способ отображения для этого слоя, выбранный программой «по умолчанию», при необходимости можно изменить.

Выставочный зал следует расположить в городе с населением не менее 100 000 чел., поэтому необходимо выделить в соответствующем слое только крупные города, соответствующие указанному критерию. Для этого можно использовать конструктор определяющего запроса «Определяющий запрос/Definition Query».

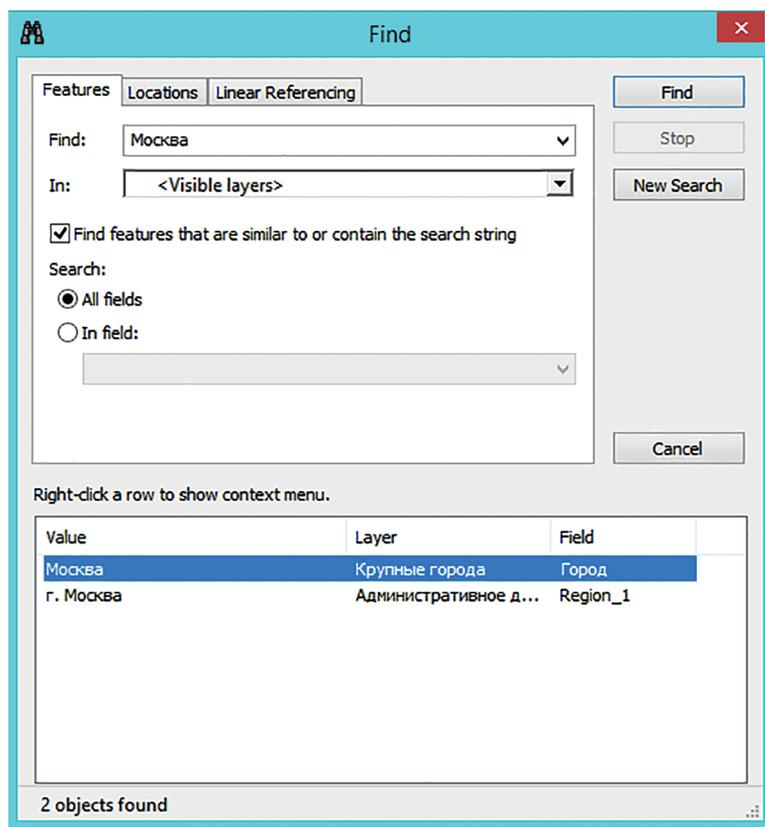


Рис. 4.6. Поиск объектов по наименованию

Формула запроса: «Численность населения 2010» \geq 100 000.

Поскольку из данного слоя будут отображаться только крупные города, целесообразно изменить его название на «Крупные города».

Для поиска объектов на карте используется инструмент «Найти/Find». В графе пространственных объектов «Пространственные объекты/Feature» нужно выбрать в поле «Найти/Find» город Москва и запустить процесс поиска. В нижней части всплывет список найденных совпадений (рис. 4.6).

Находим Москву в слое «Крупные города», выделяем в списке и нажимаем кнопку выбора «Найти/Find». На карте он будет выделен голубым цветом. Функция «Приблизить/Zoom To» позволит изменить перспективу так,

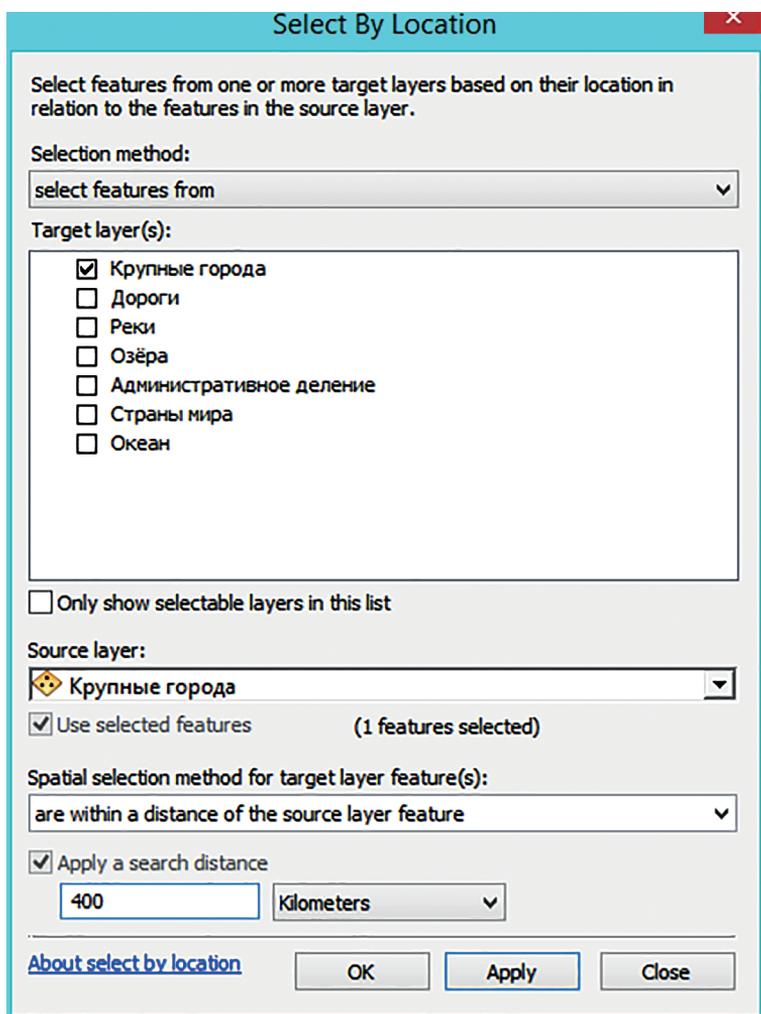


Рис. 4.7. Условия выбора объектов по расположению

что искомым объектом окажется в центре рабочего окна. После этого окно поиска закрывается.

Для поиска крупных городов, находящихся на расстоянии 400 км (длина однодневного пути грузовика) от Москвы, в меню выборки «Выборка/Selection», расположенной на главной панели, выбирается пункт поиска по расположению «Выбрать по расположению/Select By Location». Исходным и целевым слоем будет слой «Крупные города». Метод пространственной выборки заключается в анализе дистанции от объектов исходного слоя «Легат в пределах расстояния от объектов исходного слоя/Are Within A Distance Of The Source Layer Feature»). Расстояние принимается равным 400 км (рис. 4.7).

В результате этой операции на карте будут выбраны все города, находящиеся на расстоянии не далее 400 км от Москвы (рис. 4.8). Для того чтобы подписать отобранные города, создается специальный слой посредством его контекстного меню, в котором нужно выбрать команды «Выборка/Selection»—»«Создать слой из выбранных объектов/Create Layer From Selected Feature».

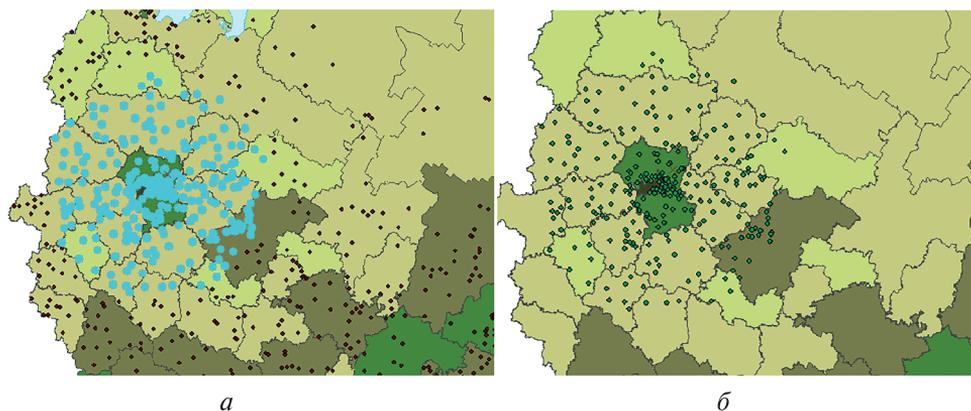


Рис. 4.8. Выборка подходящих городов и создание слоя на ее основе:

a — выбранные объекты; *б* — создание слоя по выбранным объектам

Полученный слой можно переименовать. Проанализировав этот слой в комбинации со слоем продаж, можно сделать вывод о том, какие именно города подходят для размещения в них нового выставочного зала.

В итоге проведена визуализация результата геоинформационного анализа, следовательно, данный слой электронной карты будет использован при информационном моделировании.

Задание

Выполнить поиск оптимального положения инфраструктурного объекта.

Вопросы для самопроверки

1. Чем обосновано применение ГИС в прикладных системах различного рода и назначения?
2. Какие задачи может решать корпоративная ГИС на различных уровнях функционирования компании?
3. Каким образом можно усовершенствовать мероприятия по управлению имуществом через ГИС?
4. Если в процессе геодезических изысканий возникают спорные ситуации, как их оперативно решить с помощью ГИС?
5. Какое преимущество дает применение ГИС в процессе полевых работ по сравнению с традиционными методами записи и учета информации?
6. Каким необходимым условиям должны отвечать табличные данные, для того чтобы их можно было связать с векторными слоями электронной карты?
7. В чем заключается метод пространственной выборки, основанный на анализе расстояния от определенного(ых) объекта(ов)? Какое условие должно быть выполнено для корректной работы этой операции?
8. Какие методы выборки по пространственным отношениям можно использовать на объектах одного слоя, а какие — только на объектах разных слоев?
9. Какие схемы графического отображения регионов на электронной карте по количественному параметру будут для оператора и пользователя карты наиболее информативными?
10. За счет чего достигается решение задачи отображения и совместной обработки разносторонних данных из различных источников программно-аппаратными средствами ГИС?

Практическое занятие № 5 СОЗДАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ВЕКТОРНЫХ СЛОЕВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ КОСМОСА

Цель занятия: освоение общих принципов и правил векторизации объектов местности в ГИС по данным дистанционного зондирования Земли, обучение созданию и редактированию векторных слоев в процессе дешифрирования космических снимков.

Дешифрирование снимков представляет собой процесс распознавания объектов на снимках, определение их количественных и качественных характеристик, выявление взаимосвязей между объектами, установление смыслового значения объектов, не изобразившихся на снимке, и закрепление результатов дешифрирования.

При анализе изображения местности по различным данным ДЗЗ всегда предполагается, что природные объекты и явления тесно связаны между собой и взаимодействуют друг с другом. Это определяет географический или комплексный подход к процессу дешифрирования. На практике это означает, что дешифрируемые объекты или явления рассматриваются в связи с географической средой, в которой они находятся.

Географические основы дешифрирования — это выявление взаимосвязей и взаимодействий между объектами топографического или тематического дешифрирования, установление особенностей развития природы картографируемой территории, которое исключает формальное содержание карт, отражает географическое единство объектов и явлений. Географические закономерности здесь должны выполнять функцию основы, на которой полнее выполняются задачи дешифрирования: установление прямых и косвенных дешифровочных признаков, выбор географически обоснованных сочетаний элементов электронной карты, установление границ объектов и т. д.

В рамках данного практического занятия решается прикладная задача создания карты объектов земной поверхности по материалам космических снимков. В качестве основы, по которой проводится оцифровка, будет использоваться растровый слой — RGB-композиция (Red Green Blue) трех каналов архивного мультиспектрального изображения высокого разрешения с космического аппарата «Ресурс-ДК». Эта аппаратура функционировала до 2010 г., и у нее не было голубого канала, поэтому здесь «RED» = «ближний», «GREEN» = «дальний красный», «BLUE» = «зеленый». В такой RGB-композиции растительность будет красно-оранжевого цвета различных

оттенков, а почвы и искусственные объекты — голубого, бирюзового, серого и белого. Чистая глубокая вода — обычно черная, мутная и на мелководье может иметь различные оттенки в зависимости от состава взвесей и донных почв.

Создание и редактирование векторных слоев-основ

Для начала работы в рабочее окно следует добавить растровое изображение, на основе которого будет проводиться векторизация при выполнении практического задания (рис. 5.1).

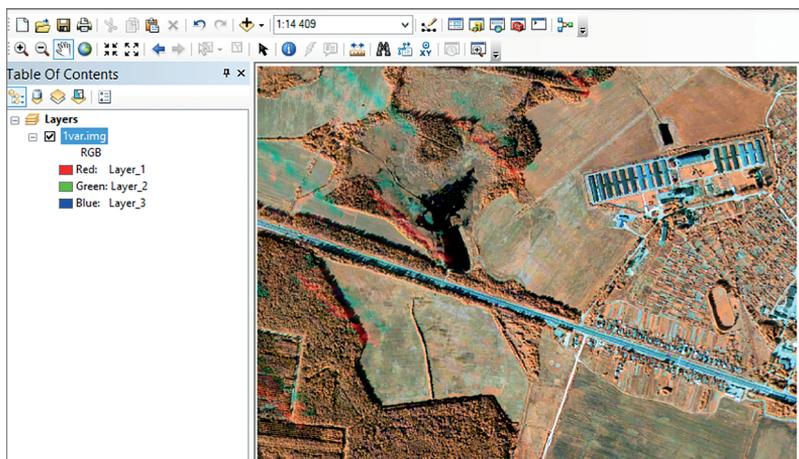


Рис. 5.1. Рабочее окно программы ArcMap с подгруженной растровой подложкой

Создадим три типовых векторных слоя:

- 1) лесная растительность (площадные объекты);
- 2) лесополосы (линейные объекты);
- 3) отдельно стоящие деревья (точечные объекты), которые будут содержать создаваемые оператором векторные объекты.

Для этого можно вызвать меню каталога «Каталог/Catalog» и, выбрав папку с проектом, нажать ПКМ и задействовать функцию создания share-файла «Новый/New—>Шейп-файл/Shape File». Откроется форма для создания нового векторного слоя.

Создадим последовательно три слоя разных типов — точечный, линейный и площадной, выбрав название, тип объектов и проекцию для каждого.

При создании нового слоя можно либо оставить для него проекцию и систему координат растровой подложки, либо определить их самостоятельно. Однако если для создаваемого слоя задать проекцию и, соответственно, плановую систему координат растра-основы, то для представления данных в другой проекции потребуются математически более сложные процедуры

преобразований. Проще всего выполнять переход к любой проекции из геодезической системы координат, т. е. «широта—долгота». Поэтому создавать новый слой всегда предпочтительнее в десятичных градусах. Можно взять данные о системе координат (референц-эллипсоиде) из привязанного растра. Для этого нужно нажать на пиктограмму «Изменить/Add Coordinate System» и выбрать «Импортировать/Import». В открывшемся окне выбрать систему координат растра-основы.

Если есть необходимость расположить в новом слое площадные объекты, относящиеся к категории лесопокрытых территорий, то в графе «Тип объектов/Feature Type» выставляется тип объекта «Полигон/Polygon». В результате создается shape-файл для площадных лесных объектов, который сразу откроется в рабочем окне и в таблице содержания.

Аналогично создается слой для линейных растительных объектов (лесополосы), только в графе «Тип объекта/Feature Type» выбирается тип «Линейный/Line». Для создания слоя, который будет содержать точечные объекты, в графе «Тип объекта/Feature Type» задается тип «Точечный/Point».

В результате этих операций в рабочем окне и в таблице содержания должны быть отображены растровая подложка и три векторных слоя (рис. 5.2). При выполнении упражнения эти слои будут наполняться векторными объектами, обрисованными оператором ГИС вручную.

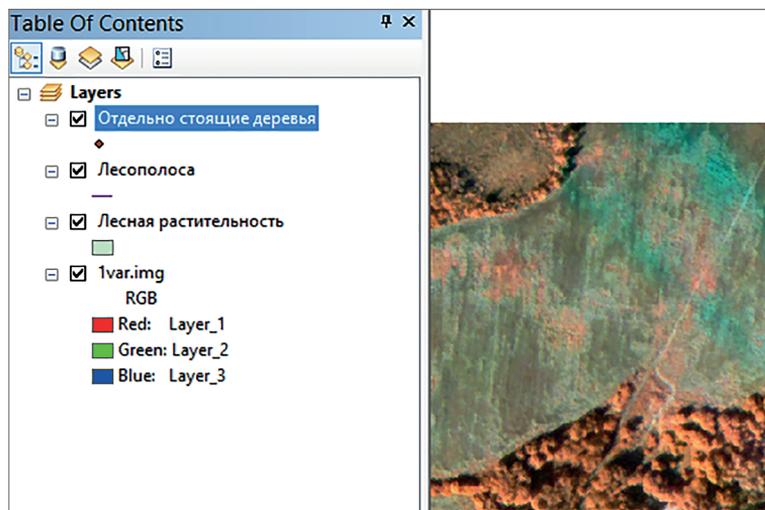


Рис. 5.2. Подложка и векторные слои

Для начала процесса векторизации (оцифровки) в ГИС обычно требуется сделать слой редактируемым (изменяемым). Для этого в интерфейс программы ArcMap необходимо подгрузить панель инструментов «Редактор/Editor» либо через функцию «Настройка/Customize—>Панели инструментов/Tool Bars», либо из меню на ПКМ для выбранного слоя в таблице содержания. Для запуска процесса редактирования выберем команду «Начать

редактирование/Start Editing». Поскольку на карте присутствуют несколько слоев, посредством соответствующей пиктограммы редактора открывается панель «Создать объекты/CreateFeatures», через которую определяется тип создаваемых объектов.

Способ отображения создаваемых полигональных объектов можно задать, дважды щелкнув ЛКМ на значке легенды под интересующим слоем в таблице содержания. Откроется окно, в котором можно задать способ отображения объектов в слое. Можно выбрать любую раскраску полигонов, однако при оцифровке, для наиболее точного расположения границы объекта удобнее всего без заливки и с утолщенной шириной контура.

Аналогично можно редактировать свойства отображаемых объектов в слоях других типов. В процессе векторизации линейных объектов настраивается их представление в виде тонкой линии. Для точечных объектов подходят любые простые компактные фигуры, предпочтительно круглой формы.

Для того чтобы векторизовать объект, при активном режиме редактирования слоев выбирается инструмент создания объекта из панели инструментов режима «Редактирование/Edit»: «Прямой сегмент/Straight Segment» для линейных и площадных объектов или «Точка/Point» (рис. 5.3).

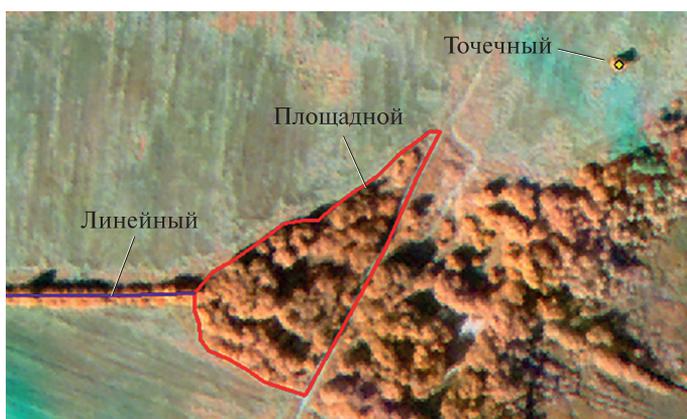


Рис. 5.3. Пример векторизации площадных, линейных и точечных растительных объектов

При векторизации специалисты сталкиваются с простыми задачами по коррекции своих ошибок и неточностей, такими как редактирование формы созданного векторного объекта или отмена последнего нарисованного сегмента создаваемого объекта.

Для отмены последнего действия в процессе создания векторного объекта используется комбинация горячих клавиш «Ctrl+Z». Для редактирования формы уже созданного объекта используется инструмент «Редактировать вершины/Edit Vertices». В данном режиме можно как изменять положение уже имеющихся узлов (пользуясь ЛКМ), так и создавать новые — «Добавить

вершину/Add Vertex» или удалять старые — «Удалить вершину/Delete Vertex»). Эти функции вызываются кнопками из кнопочного меню редактора, их пиктограммы можно определить с помощью подсказок.

Типовые задачи оцифровки объектов местности по данным дистанционного зондирования

Рассмотрим на конкретных примерах некоторые типовые задачи, возникающие перед специалистом по дешифрированию и векторизации при создании и редактировании векторных слоев по материалам космической съемки.

Дополнительно в процессе выполнения упражнений необходимо пользоваться командами панели инструментов «Расширенное редактирование/Advanced Editing». По умолчанию в интерфейсе программы ArcMap она не присутствует, и ее следует добавить, нажав на ПКМ в верхней части рабочего окна программы, в котором располагаются остальные панели инструментов, и выбрать ее из раскрывающегося списка.

Добавление точечного объекта на конечную точку линейного объекта. В процессе работы с графами различных сетей часто возникает необходимость создать точечные объекты на концах линейных объектов. К примеру, для электрических сетей это могут быть трансформаторы или счетчики.

Для выполнения этой задачи важно убедиться, что на панели «Snapping» активна пиктограмма «Замыкание на конечные точки/End Snapping». Расстановка точечных объектов выполняется командой «Точка/Point» на панели инструментов «Редактировать/Edit», и при данном активном методе захвата («снейпинга») он будет точно помещен на конечную точку линейного объекта другого слоя (рис. 5.4).

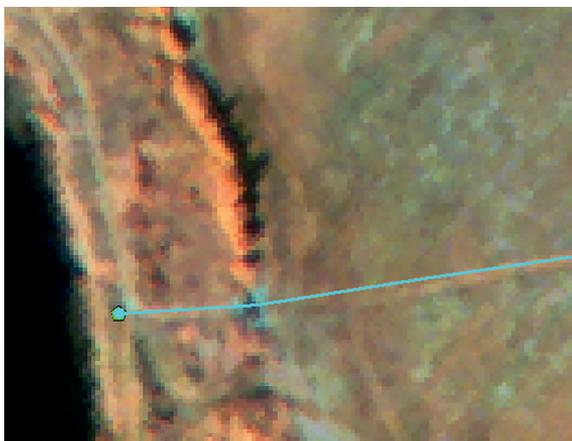


Рис. 5.4. Создание точечного объекта на завершающем узле линейного объекта

Создание точки или вершины посередине между двумя заданными местоположениями. Для размещения точки или вершины между двумя заданными положениями в редакторе ArcMap используется инструмент «Середина/Midpoint». Для того чтобы создать подобную вершину, указывают первую точку, нажав ЛКМ. Вторую точку помещают так, чтобы функция «Середина/Midpoint» спроецировала положение вершины в нужном для оператора месте (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Применение функции Midpoint

Создание точечных объектов вдоль линейных объектов. Инструмент построения точек создает новые точечные объекты на определенных интервалах вдоль выбранной линии. Например, этот инструмент можно применить для размещения столбов вдоль линии электропередачи. Можно создать определенное количество точек, размещенных равномерно, или поместить точки через указанный интервал, заданный с помощью расстояния или числа значений.

Прежде всего инструментом редактирования «Редактировать/Edit» следует выбрать интересующий линейный объект. Далее в меню редактора «Редактор/Editor» нужно выбрать операцию построения точек «Построить точки/Construct Points». Откроется окно, в котором можно задать способ отображения построенных точек и правила их построения, в частности, 1) построение по числу точек; 2) по дистанции; 3) по интервалу (рис. 5.6).

Перемещение точечного объекта на местоположение с точно указанными абсолютными координатами. Оператор может перемещать вершину (или точечный объект), указав для нее новые значения координат. Это необходимо при работе с информацией, имеющей четкую пространственную привязку, полученную в результате наземной GPS-съемки. Примером такой информации могут служить материалы земельного кадастра.

Для начала редактирования положения вершины в исходном положении режима редактирования «Редактировать/Edit» (пиктограмма с черной



Рис. 5.6. Результат построения точек по интервалу

стрелкой на панели редактора) дважды щелкнуть ЛКМ на объекте, положение которого требует корректировки. Курсор изменит свой вид на четырехсторонний указатель. При необходимости можно выбрать несколько объектов, обведя их рамкой. Поместив курсор над одной из вершин выделенного объекта, нажать ЛКМ и в открывшемся списке выбрать раздел «Переместить/Move To». Откроется форма, в которой можно выбрать координаты местоположения объекта и тип их представления (рис. 5.7).

Иногда необходимо переместить объект на заданное расстояние относительно его прежнего положения. Если использовать такой способ определения координат, то введенные данные следует рассматривать относительно

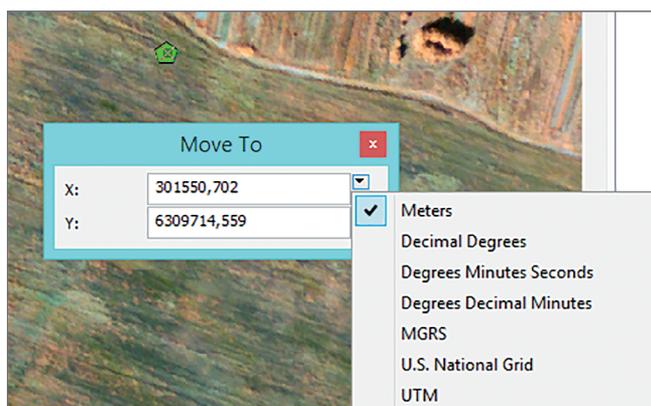


Рис. 5.7. Результат перемещения точечного объекта по заданным координатам

текущего местоположения пространственного объекта в единицах измерений карты. Для начала редактирования положения вершины выбрать в меню редактора опцию перемещения «Переместить/Move», в открывшейся форме задать смещение в единицах измерений карты (рис. 5.8).



Рис. 5.8. Результат перемещения точечного объекта на заданное относительное расстояние

Соответственно, положительные значения будут перемещать объект на условные север и восток, отрицательные — на юг и запад.

Редактирование значения высоты вершины. Помимо координат X и Y вершины могут хранить и другую дополнительную информацию, в частности Z-значения, которые несут в себе данные о высоте объекта. Эти атрибуты можно добавлять и изменять с помощью окна свойств редактируемого скетча «Свойства редактируемого скетча/Edit Sketch Properties». Оно расположено в контекстном меню действий с выбранным векторным объектом, вызываемом нажатием ПКМ. Свойства редактируемого скетча откроют специальную форму, в которую можно внести требуемое значение Z (рис. 5.9).

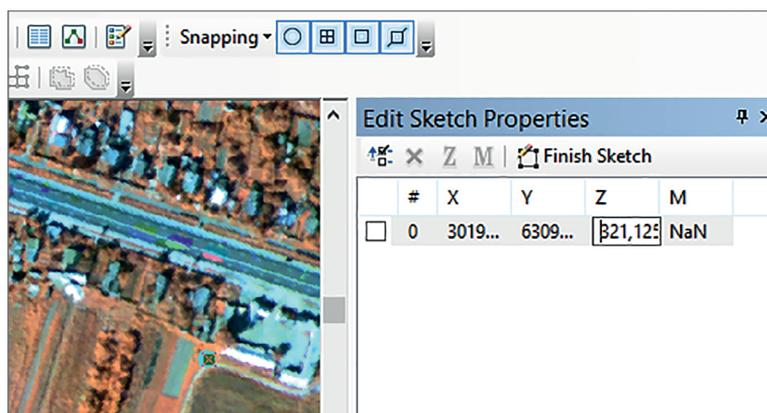


Рис. 5.9. Результат перемещения точечного объекта на заданную высоту

Важно: возможность редактировать Z и M («M values» — маршрутная информация) активна, если созданный shape-файл ее поддерживает (указывается при создании).

Создание замыкающихся линейных объектов. При создании новых линейных объектов необходимо внимательно следить за соблюдением топологии. Для этого используются различные инструменты замыкания, позволяющие точно размещать конечные точки. Примером такой задачи может служить картографирование транспортной сети: улицы должны соединяться одна с другой (не быть тупиками).

Простейшими функциями для выполнения этой задачи являются операции сокращения «Сократить линию /Trim» и растягивания «Растянуть линию/Extend», расположенные на панели расширенного редактирования («Расширенное Редактирование/Advanced Edit»). Первая позволяет сокращать и согласовывать топологию одного объекта относительно другого объекта-основы. Вторая функция достраивает объект до выбранного объекта-основы. Для применения этих приемов следует выделить объект-основу в исходном режиме «Редактировать/Edit», а дальше выбрать конкретный метод в зависимости от положения линии, которую необходимо замкнуть (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Создание замыкающихся линейных объектов посредством функций Trim Extend

Изменение формы линейного объекта скетчем. Инструмент изменения формы объекта с помощью команды «Изменить форму объекта/Reshape Feature» позволяет корректировать границы по скетчу. Объект принимает форму скетча от первой точки его пересечения с вектором до последней точки. Для применения этой функции следует выделить объект-основу в исходном режиме «Редактировать/Edit» и нарисовать скетч опцией «Изменить форму объекта/Reshape Feature» (рис. 5.11).

Изменение формы линии для согласования с другим объектом. Форму линейного объекта можно изменять для отображения изменений, произошедших с другой линией или полигоном, или для сопоставления линии с объектом на снимке. Например, линию, представляющую тротуар, можно

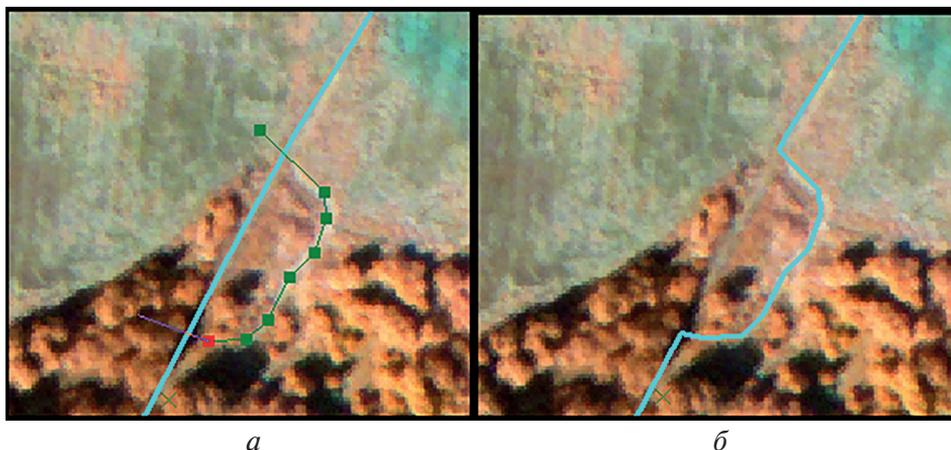


Рис. 5.11. Изменение формы линейного объекта по скетчу:
а — создание скетча; *б* — исправление формы объекта по скетчу

обновить, для того чтобы она примыкала к ребрам полотна расширенной дороги. Для применения этой функции выделяют объект-основу посредством черной стрелки редактора и переходят в режим рисования скетчей «Изменить форму объекта/Reshape Feature». Метод обрисовки выставляется как «Трассировка/Trace». Теперь следует указать стартовую точку коррекции и обрисовать вручную требующую коррекции линию до завершающей точки (рис. 5.12). В результате форма редактируемого объекта изменится по форме базового объекта и топология будет соблюдена.

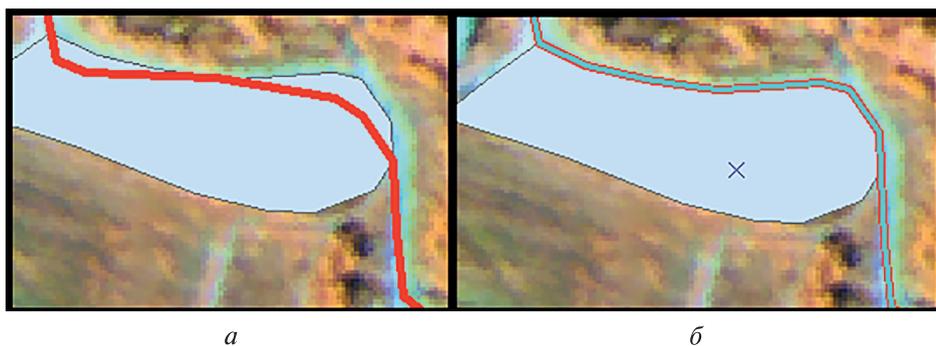


Рис. 5.12. Изменение формы линии согласования топологии методом трассировки:
а — рассогласование топологии; *б* — топология, согласованная методом трассировки

Разбиение линейных объектов в ручном режиме. Инструмент «Разбиение/Split» используется для разбиения вручную одной линии на две в заданной точке в режиме редактирования. Например, можно использовать этот инструмент для деления центральной линии улицы на два объекта с появлением новой, пересекающей ее дороги. Если две дороги пересекаются,

то можно использовать пересечение, для того чтобы с помощью замыкания точно указать точку для разбиения линий. При операции разбиения форма существующего объекта обновляется и появляется новый пространственный объект, использующий атрибутивные значения данного класса объектов по умолчанию.

Инвертирование направления линии. Команда переворота «Перевернуть/Flip» инвертирует направление выбранной линии, и последняя вершина скетча становится первой, что изменяет направление объекта. Изменять направление линий приходится, если, например, линия показывает направление потока или при оцифровке горизонталей заданы четкие правила.

Для применения этой функции нужно выделить объект-основу и, щелкнув на любом узле редактируемой фигуры ПКМ, выбрать в контекстном меню опцию «Перевернуть/Flip».

Создание смежных полигонов. При создании полигональных объектов для слоев землепользования, почв, районов, границ участков специалисты часто сталкиваются с необходимостью создания смежных полигонов. У них должны быть общие границы, однако следует избегать повторной оцифровки границ, чтобы между ними не было наложений или зазоров. Для этого используются инструменты построения с автозавершением при создании новых полигонов для уверенности в том, что они формируют единое покрытие. Новый полигон может иметь общую границу с одним или несколькими существующими полигонами, при этом все полигоны должны находиться в том же слое, что и новый полигон.

Для того чтобы изменить способ обрисовки полигонов, в окне создания объектов «Создаваемые объекты/Create Features» раскрывают свойства редактируемого полигонального слоя в графе базового инструмента «Инструмент по умолчанию/Default Tool» и выставляют автозавершение полигона «Автозавершение полигона/Auto-Complete Polygon». Все полигоны этого слоя можно быстро создавать как смежные с другими полигональными объектами.

Создание и редактирование составных полигонов. Составные объекты включают в себя несколько физических частей, связанных только с одним набором атрибутов. Например, отдельные острова любого архипелага можно представить как составной полигональный объект. Составные объекты можно создавать, редактировать и использовать с помощью инструментов редактирования или инструментов геообработки.

Составные объекты создаются как обыкновенные, но через функцию завершения части «Завершить часть/Finish Part» контекстного меню отрисовки примитива, т. е., обрисовав один полигон, входящий в составной объект, можно приступить к созданию другого. Если требуется создать составной объект на базе уже существующих примитивов, то используется команда раздела «Редактировать/Edit—>Объединить/Merge».

При необходимости можно удалять части составного объекта стандартными методами.

Разбиение полигона с помощью наложенного объекта. При наличии объекта, пересекающего полигон, его можно использовать для разбиения полигона, например, если нужно провести границу леса по дороге или реке. Для этого выбирается объект, по которому будет проведена операция разделения, и используется команда разбиения полигонов «Разбить полигон/Split Polygons» из панели расширенного редактирования.

Изменение формы полигона в соответствии с другим объектом. Можно изменить форму полигона, чтобы она пришла в соответствие с границей района, подогнать ее под форму другой линии или полигона либо привести в соответствие объекту на изображении. Например, полигон, представляющий границу лесного квартала, можно обновить и согласовать с линейными объектами дорожной сети после обновления данных.

Для применения этой функции выделяют редактируемый полигон посредством команды «Редактировать/Edit» и, активировав режим изменения формы объекта, переходят в режим построения сегмента и достраивают полигон до объекта, по которому будет проводиться коррекция. Далее, перейдя в режим трассировки «Трассировка/Trace», можно легко согласовать будущую границу полигона и завершить редактирование фигуры.

Удаление перекрытий существующих полигонов. Если необходимо сделать перекрывающие друг друга полигоны прилегающими или смежными, то есть возможность вырезать перекрывающуюся часть. При использовании этого метода будут вырезаны все редактируемые объекты в пределах объекта, используемого для вырезания.

Для этого выбирается объект («Редактировать/Edit»), граница которого останется без изменений. Далее используется функция «Вырезать/Cut» контекстного меню редактирования.

Также этой функцией можно пользоваться, если необходимо вырезать фрагменты в уже существующих полигонах, для того чтобы, к примеру, векторизовать острова, расположенные в озере.

Создание замкнутого линейного объекта (горизонтали). Для создания замкнутых линейных объектов нужно выставить в подменю «Замыкание/Snapping—>Замкнуть на скетч/Snap To Sketch». Когда эта функция включена, можно привязывать вершины создаваемого объекта к уже имеющимся вершинам скетча. В результате выполнения этой операции начальная точка линейного объекта будет совпадать с его же конечной точкой, и топология не будет нарушена.

Создание табличной основы для ввода семантической информации

Оцифрованные векторные объекты теперь необходимо дополнить табличной семантической (атрибутивной) информацией. Рассмотрим эту процедуру для слоя «Forest». Ограничимся параметрами «Породный состав», «Возраст» и «Бонитет». В таблице содержания открыть контекстное меню

слоя «Forest» и вызвать опцию «Открыть таблицу атрибутов/Open Attribute Table». Из меню окна редактора таблицы с помощью функции «Добавить поле/Add Field» добавляем выбранные поля (рис. 5.13).

Важно: добавлять поля в таблицу атрибутов можно только в том случае, когда они не находятся в режиме редактирования «Завершить редактирование/Stop Editing» в меню редактора.

Table					
Forest					
FID	Shape *	Id	Порода	Возраст	Бонитет
0	Polygon	0		0	0

Рис. 5.13. Шаблон таблицы атрибутов слоя «Forest»

Аналогичным образом настраиваются остальные слои для создания векторных объектов, относящихся к категории лесной растительности, и векторизуются (рис. 5.14).

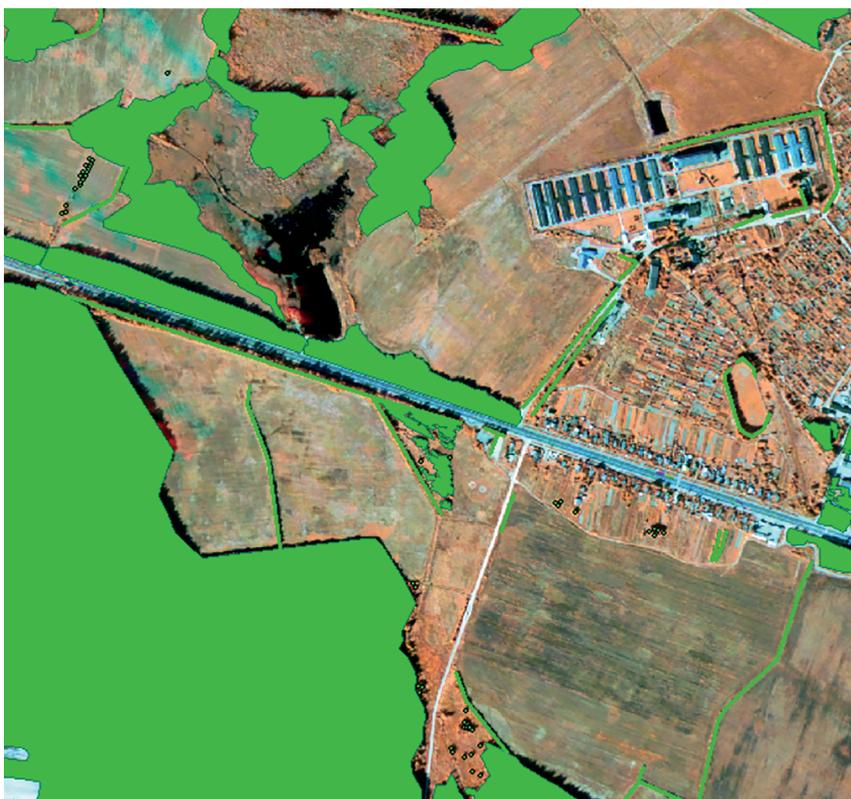


Рис. 5.14. Результат векторизации растительных объектов на заданном снимке

Выполнение данной работы позволяет создать векторные слои электронной карты с присоединенной табличной базой данных.

Задание

Провести оцифровку космических данных (вариант соответствует номеру студента в группе). Выполнить векторизацию всех объектов на растре, относящихся к категориям «лесопокрытые земли», «дорожная сеть» и «водные объекты».

Вопросы для самопроверки

1. Что означает понятие «дешифрирование аэрокосмических снимков»?
2. Что означает понятие «географические основы дешифрирования»?
3. Какими операциями можно согласовать границы двух полигонов в программе ArcGIS?
4. В каких случаях используют команду «Flip»?
5. Какую функцию используют при решении задачи по разграничению таких объектов гидрографии, как площадные реки и острова?
6. При решении каких задач, связанных с созданием векторных объектов, можно эффективно применять функцию разделения полигона линией?
7. Какие задачи решают с использованием функции замыкания («Snapping»)? Назовите типы замыкания в программном пакете ArcMap.
8. Каким образом в программном пакете ArcMap создается табличная основа для ввода сематической информации?
9. Какие задачи решают с использованием функции трассировки в программе ArcMap? В каких случаях ее применение в процессе векторизации будет оправданно?
10. Как регулируется визуальное отображение векторных объектов в программном пакете ArcMap? Как настраивается отображение векторных объектов для удобства выполнения векторизации в ручном режиме?

Практическое занятие № 6

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НЕКОТОРЫХ ТЕРРИТОРИЙ МЕГАПОЛИСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕГРАЛЬНОГО МУЛЬТИПЛИКАТИВНОГО КРИТЕРИЯ

Цель занятия: освоение геоинформационного моделирования в ГИС для решения экологических и ресурсных задач на примере решения задачи оценки экологической ситуации в программном пакете ArcMap.

Под геоинформационным моделированием (геообработкой) подразумевается процесс преобразования пространственных данных, результатом которого является качественно новая пространственная информация.

Иногда геоинформационное моделирование относят к задачам ГИС-анализа, поскольку в этом процессе задействованы разнообразные запросы к электронной карте. Однако ГИС-анализ — это извлечение информации из электронных карт без какого-либо преобразования пространственных данных. К ГИС-анализу относятся следующие операции:

- 1) выполнение измерений по карте;
- 2) поиск объекта по уникальному значению его атрибута;
- 3) получение пространственной выборки путем запроса к таблице атрибутов;
- 4) получение пространственной выборки путем наложения графических слоев;
- 5) получение информации по отдельному объекту или по пространственной выборке объектов;
- 6) подсчет статистических характеристик по группе объектов.

Некоторые из перечисленных операций неоднократно применяются и в процессе геоинформационного моделирования, однако итог их применения принципиально иной.

К процедурам геоинформационного моделирования можно отнести следующие типы операций:

- 1) преобразование графической информации, которое приводит к изменению графических объектов и их атрибутов;
- 2) преобразование табличных данных (атрибутов графических объектов), которое приводит к изменению графических и табличных данных;
- 3) преобразование графических объектов из одного типа в другой;
- 4) построение, редактирование или модификация графических объектов на основе отношений между пространственными объектами без использования интерактивных графических редакторов;
- 5) построение цифровых моделей процессов и явлений.

Таким образом, процесс геоинформационного моделирования отличается от обычных процедур редактирования графической информации комплексным использованием как пространственных, так и атрибутивных (табличных) данных. Тем же он отличается и от обычных запросов к таблицам атрибутов графических объектов. Это основное достоинство геоинформационных технологий и одна из основных причин их возрастающей популярности.

Программно-инструментальные пакеты, предназначенные для разработки ГИС-проектов, в большей степени ориентированы на обработку и анализ пространственных данных, представленных в векторных форматах. Аэрокосмические изображения используются либо как «подложка» для обновления (актуализации) уже существующих векторных слоев или получения новых, либо для повышения общей репрезентативности тематической карты.

Однако наиболее современные профессиональные ГИС, в том числе программные продукты линейки ArcGIS института ESRI, включают в себя (при наличии соответствующей лицензии) и инструменты пространственного анализа растровых тематических карт, т. е. конечного продукта тематической обработки аэрокосмических изображений.

При решении многих прикладных задач результат тематической классификации является только «полуфабрикатом», основой для получения конечного картографического продукта. Например, на основе карты классификации почвенно-растительного покрова можно получить ландшафтно-экологическую, геоботаническую, почвенную, природно-ресурсную и хозяйственную карты территории и многие другие. Но для получения этих картографических продуктов требуется совместный анализ пространственных и прикладных данных и в большинстве случаев средства геоинформационного моделирования.

Создание слоя административного деления мегаполиса

Рассмотрим геоинформационное моделирование на примере оценок экологической ситуации по административным единицам мегаполиса. Воспользуемся картой г. Москвы и векторным слоем экологической напряженности (в баллах) на данную территорию. Целью такого моделирования является оценка общей экологической ситуации по административным округам города (на примере некоторых территорий г. Москвы) и создание соответствующей экологической карты (рис. 6.1). Используемые для этого операции часто применяют для составления и генерализации карт различного содержания.

Дополним этими данными новый проект. В контекстном меню слоя (нажатием на ПКМ на наименование слоя в таблице содержания «Таблица содержания/Table Of Contents») выбираем раздел «Свойства/Properties». Далее во вкладке общих параметров «Общие/General» присваиваем этому слою более подходящее название, например «Загрязнение в баллах». Для того чтобы сделать общее отображение слоя более удобным для визуального анализа,

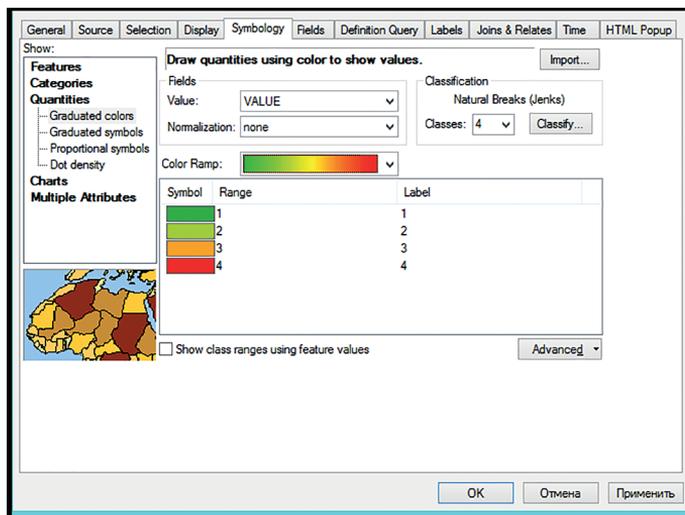


Рис. 6.1. Окно настройки для отображения слоя загрязнений по количественному критерию (в баллах)

в закладке символов «Символы/Symbology» в разделе количества «Количество/Quantities» в поле классификации «VALUE» выбираем подходящую шкалу градаций цвета в соответствии с уровнями загрязнения (см. рис. 6.1).

Следующим действием — добавление слоя административного деления г. Москвы на районы — файл «MSADM.shp» (рис. 6.2).

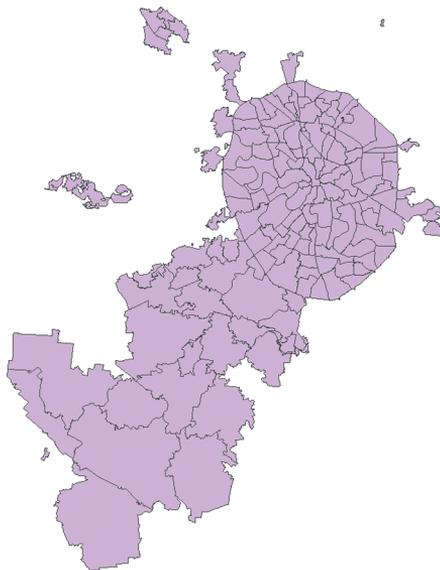


Рис. 6.2. Векторная административная карта г. Москвы

Полной информации о загрязнении территории г. Москвы на начало 2023 г. не имеется, поэтому для районов, где отсутствуют надежные полевые данные о загрязнении, геоинформационное моделирование не выполнено, а также не проведен расчет интегрального критерия загрязненности.

Включим режим редактирования слоя командой «Editor — Start Editing» из набора инструментов «Editor» и удалим вручную все векторные объекты из слоя MSADM.shp.

Особенность применяемых инструментов (Пересечение/Intersect) такова, что по объектам, не имеющим информации, пригодной для моделирования (часть районов г. Москвы), рассчитанные контуры создать нельзя.

Назовем отредактированный слой «Районы» и выберем репрезентативный способ отображения, увеличив толщину контуров полигонов и убрав заливку. В результате электронная карта и набор слоев в активном окне примет новый вид (рис. 6.3).

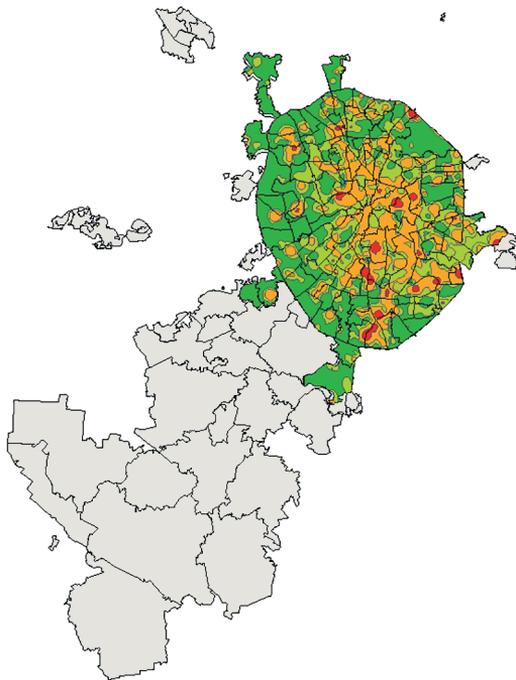


Рис. 6.3. Слой «Районы» с загрязнениями некоторых территорий в пределах мегаполиса — г. Москвы

Таким образом, сформирован набор исходных слоев для дальнейшего процесса обработки.

Для выполнения оценки экологической напряженности в пределах округов необходимо сначала получить карту административного деления по округам. Для этого выполняется слияние контуров слоя «Районы» по полю

«Округ» в таблице атрибутов, значение которого будет одинаковым для всех входящих в отдельный округ районов.

Вызываем из главного меню функцию «Геообработка/Geoprocessing—>Слияние по атрибуту/Dissolve». Открывается форма, в которой в графе «Входной объект/Input Feature» задается исходный файл, в графе «Выходные наборы данных/Output Feature» — папка, в которую помещается результирующий файл и его название «Округ». В дальнейшем, для удобства, его следует переименовать в «Округ». В окне «Поле(я) слияния/Dissolve_Field(s)» выделяем поле «Округ», по которому проводится слияние. Для получения нового атрибута в таблицу атрибутов результирующего слоя, например «Количество районов в каждом отдельном округе», выбирают дополнительно поле статистики «Поле(я) статистики/StatisticFiel(s)», переменную «FID» и присваивают ей тип статистики «COUNT» (рис. 6.4).

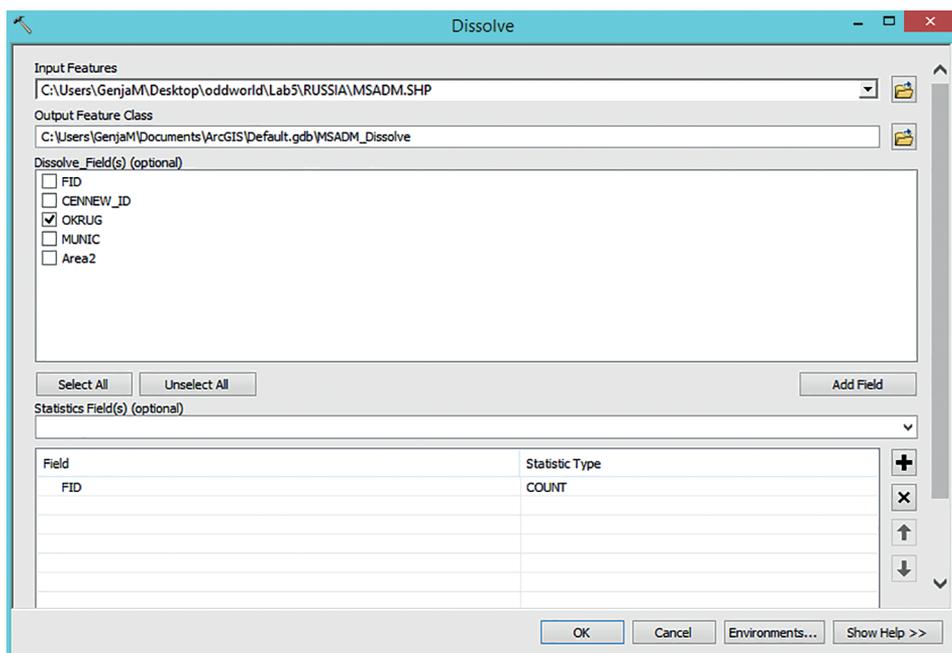


Рис. 6.4. Параметры функции слияния по атрибуту.

Полученный в результате работы функции «Слияние по атрибуту/Dissolve» слой автоматически добавляется в таблицу содержания. Для удобства дальнейшей работы свойства его отображения зададим так же, как для слоя «Районы» (рис. 6.5). Таблица атрибутов этого слоя содержит в себе информацию по округам, а именно их названия и число входящих в них районов.

Для выполнения следующих этапов работы понадобятся площади округов, которые, исходя из единиц измерения карты, рассчитываются в квадратных метрах.

Открываем таблицу атрибутов слоя «Округа» и из ниспадающего меню выбираем опцию «Добавить поле/Add Field». В открывшемся окне зададим имя поля — «Okrug_Area» и тип данных — «Float».

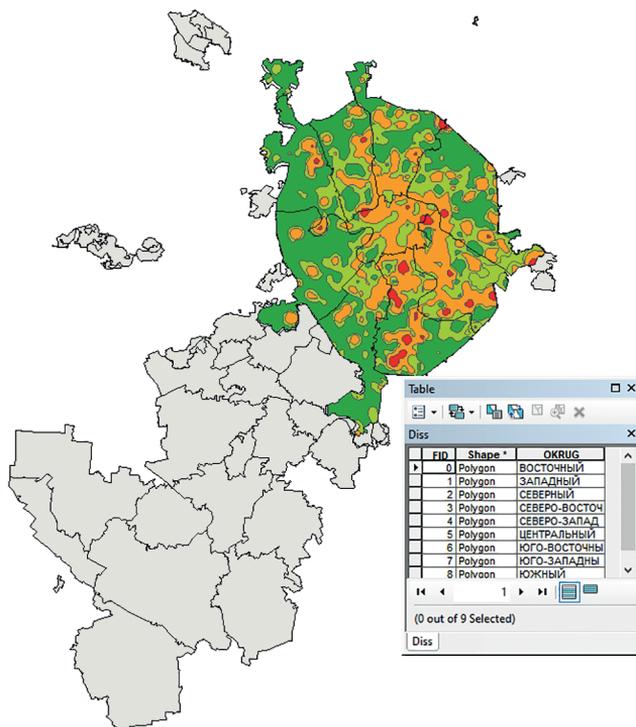


Рис. 6.5. Комбинированное представление слоев «Округа» и «Категории загрязнения» в рабочем окне

Для расчета площадей, выделив новый столбец, нажмем ПКМ на его заголовке и в открывшемся ниспадающем меню выберем опцию расчета геометрии «Вычислить геометрию/Calculate Geometry». В открывшемся окне по умолчанию установлен режим расчета площади полигонов, который при необходимости можно заменить вычислением периметров или координат центров масс.

В результате созданное поле заполняется автоматически рассчитанной информацией о площадях округов в единицах измерения карты.

Имея информацию о площадях округов, можно приступить к созданию условий для расчета относительного уровня загрязнений на основе слоев электронной карты. Относительный уровень загрязнений по каждому округу рассчитывается как средневзвешенное значение попавших в него контуров уровней загрязнения B :

$$B = \sum_i \frac{B_i S_i}{S}, \quad (6.1)$$

где B_i — соответствующий i -му контуру балл загрязнения; S_i — площадь i -го контура в пределах округа; S — общая площадь округа.

Значения загрязнения B содержатся в колонке «VALUE» таблицы атрибутов слоя загрязнений.

Получение слоя рассеченных контуров загрязнений по округам

Как видно из формулы (6.1), перед оператором стоит задача по созданию условий для расчета формулы относительного уровня загрязнения по каждому округу г. Москвы. Для того чтобы получить значения, стоящие в числителе, необходимо определить площади всех контуров загрязнений в границах округа, что, в свою очередь, требует создания нового слоя, в котором контуры слоя загрязнений будут разбиты по границам округов из полученного выше слоя. Автоматизировать эту процедуру можно с помощью функции «Пересечение/Intersect» в меню «Геообработка/Geoprocessing».

В окне этой функции в графу «Входные объекты/Input Feature» добавляются слои «Загрязнение в баллах» и «Округа». После добавления в окне «Объекты/Features» слою округов следует присвоить ранг 1, а слою загрязнений ранг 2, вписав эти величины в колонку «Ранги/Ranks». В графе «Выходной класс пространственных объектов/Output File» открываем файл на запись результата пересечения в папке, куда он будет записан (условно назовем его «Zagr Cut»).

Предупреждения программы при выполнении можно игнорировать. Визуальное представление полученного слоя рассеченных контуров желательно оформить так же, как и исходный слой загрязнений.

Далее следует открыть таблицу атрибутов нового слоя рассеченных контуров «Z Cut», добавить в нее поле «Cut Area» типа «Float» и рассчитать площади новых контуров так же, как это было сделано для слоя «Округа».

Расчет относительного уровня загрязнения в округах г. Москвы

Для наглядности и простоты операция расчета по формуле (6.1) относительного уровня загрязнения будет выполняться в несколько этапов.

1. В таблице атрибутов слоя рассеченных контуров «Z Cut» создается поле «VxS» типа Float и с помощью калькулятора поля («Калькулятор поля/Field Calculator»), который вызывается из того же меню, что и расчет площади, вычисляются значения загрязненности участка B_i и его площади S_i . Для корректного расчета значение площади задается первым, т. е. в окне, где набирается выражение для произведения значений B и S , должна быть

конструкция «[CutArea]*VALUE». Результаты заполняют созданную колонку (рис. 6.6) и каждое полученное значение для i -го участка будет произведением категории загрязненности B_i этого участка и площади участка S_i .

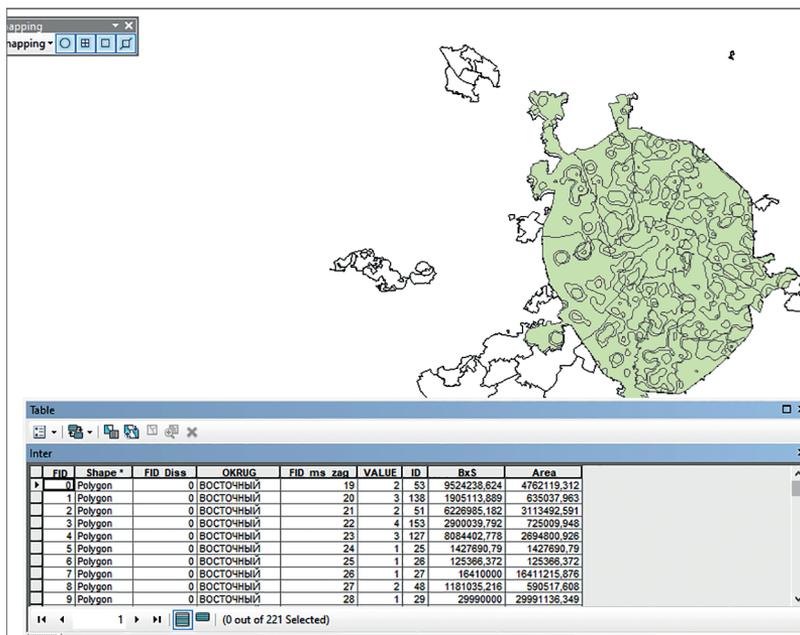


Рис. 6.6. Результат работы калькулятора для полей таблицы атрибутов

2. Далее после выполнения слияния слоя рассеченных контуров загрязнений из слоя «Z Cut» по атрибуту «OKRUG» суммируются результаты с помощью уже известной функции «Слияние по атрибуту/Dissolve» из меню «Геообработка/Geoprocessing».

Итоговый векторный слой назовем «Result». В качестве полей статистики в процедуре слияния добавляется поле «Area» с типом статистики «MEAN» и поля «Area1» и «bs» с типом статистики «SUM».

Поля «Area» и «Area1» можно не добавлять, поскольку площадь новых контуров после слияния рассчитывается автоматически и добавляется в виде отдельного поля. Однако это целесообразно сделать для сопоставления точности расчетов. После выполнения операции ненужные поля удаляются с помощью соответствующей опции всплывающего меню на ПКМ.

3. Последнее действие представляет собой расчет окончательного средневзвешенного балла по округам. Для этого создается поле «Result» типа «Float» и рассчитываются его значения посредством деления «sum_BxS» на «Shape_area» с помощью калькулятора поля. Создается легенда по полю «Result» аналогично градиенту от зеленого к красному по мере увеличения

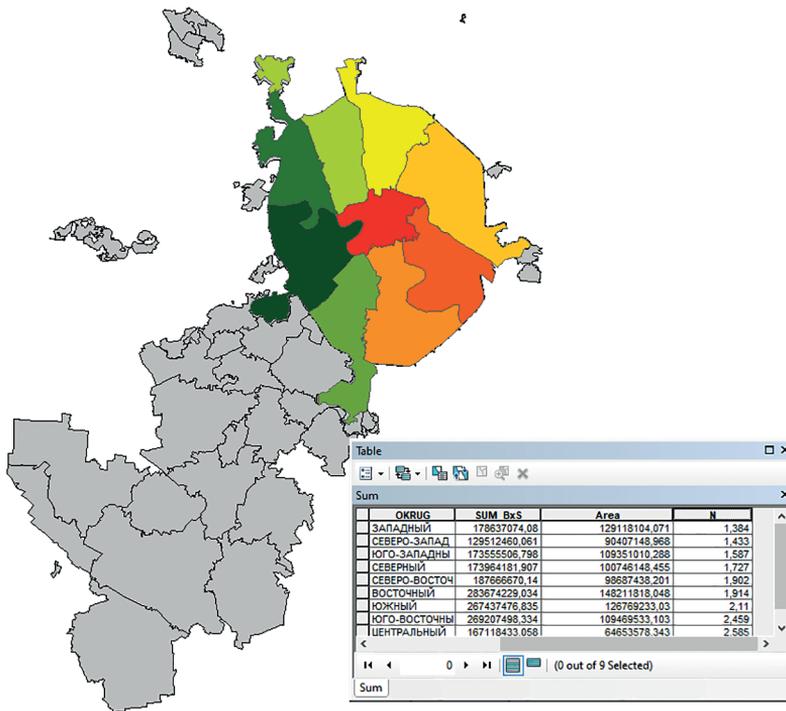


Рис. 6.7. Электронная карта оценки общей экологической ситуации по некоторым административным округам г. Москвы

балла загрязнения. Округам, для которых нет информации по загрязнению в баллах, назначьте балл = 0 и серый цвет легенды. Результат должен выглядеть, как показано на рис. 6.7.

Альтернативное решение поставленной задачи с использованием преобразований пространственных данных и зональной статистики

Геоинформационное программное обеспечение является гибким инструментом и позволяет решать задачи с применением различных алгоритмов и подходов, если это входит в компетенции его эксплуатанта. Решим аналогичную задачу с использованием преобразования векторного слоя в растр, но рассчитаем средний балл непосредственно по районам.

Вызываем каталог инструментов «Toolbox» и активируем в нем в группе «Конвертация/ConversionTools» функцию «В растр/To Raster→Полигон в растр/Polygon To Raster».

Задаем на вход векторный слой «ms-zagp», устанавливаем поле значений «value», на запись задаем файл «ms-zagp.img» в своей папке.

Когда преобразование выполнится, новый слой появится в таблице содержания. Далее в инструментарии «Пространственный анализ/Spatial Analyst» находим группу инструментов «Зональные/Zonal» и вызываем инструментарий «Зональная статистика в таблицу/Zonal Statistics To Table». В самой верхней строке окна функции задаем (выбираем в ниспадающем списке) слой «MSADM», затем поле зоны «FID», входной растр значений «ms-zagr.img», на выход в своей папке открываем таблицу с именем «zagr».

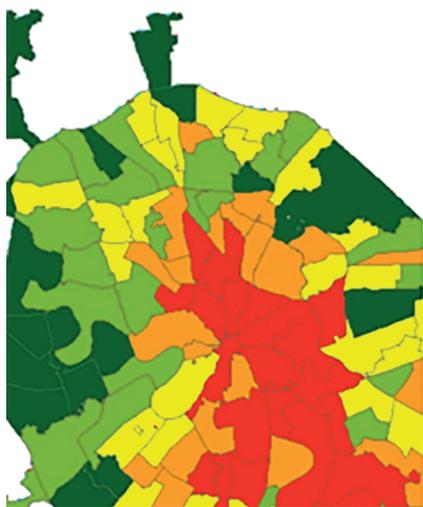


Рис. 6.8. Фрагмент электронной карты общей экологической ситуации по отдельным районам мегаполиса, полученной с использованием зональной статистики

Из ниспадающего списка статистик выбираем тип статистики «MEAN». Запускаем процедуру.

Используя известные операции (контекстное меню операций со слоем «Соединения и связи/Joints And Relates→Соединение/Join», поле объединения «FID»), присоединяем полученную таблицу «zagr» к таблице атрибутов «MSADM». Настраиваем легенду слоя с обновленной таблицей атрибутов таким образом, чтобы каждый район получил окраску по значению поля «MEAN» градуированным символом по цветовой шкале от зеленого к красному (рис. 6.8).

На этом примере можно убедиться, что в некоторых случаях растрово-векторное преобразование в комбинации с расчетом зональной статистики позволяет решать поставленные задачи проще и эффективнее.

Задание

В рамках самостоятельной работы создать такую же карту экологической обстановки (по методу, предполагающему работу с табличной базой данных, без векторно-растровых преобразований) по районам, входящим в заданные округа, определяемые условием самостоятельного задания.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое ГИС-анализ? Что такое ГИС-моделирование? В чем принципиальное отличие этих двух процессов?
2. Почему в процессе выполнения учебного задания необходим переход от карты районов к карте округов? Какие операции для этого используются?
3. Что означает параметр «SUM» в поле записи статистики в процессе выполнения операции слияния? Для чего используется именно этот параметр?

4. Какое выражение описывает относительный уровень загрязнений? Какие переменные входят в это выражение?

5. Каким образом можно рассчитать площади полигональных векторных объектов через таблицу атрибутов?

6. Как изменится последовательность действий при решении задач, если карту экологической обстановки следует создавать не по округам, а по районам?

7. Является ли подсчет статистических характеристик по группе объектов задачей, относящейся к сфере геоинформационного моделирования? Если да, то почему?

8. Каким способом можно автоматически рассчитать геометрию векторных объектов в отдельном слое приложения ArcMap? Для чего это необходимо?

9. Какие средства оптимально визуализируют полученную в результате выполнения работы электронную карту? Какие элементы оформления следует добавить в процессе ее компоновки?

10. При решении каких задач применяют функцию «Слияние по атрибуту/Dissolve»? К каким результатам приводит ее применение? Каково ее значение в выполняемой работе?

Практическое занятие № 7

РАСЧЕТ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ВОДООХРАННЫХ ЗОН ДЛЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ ОТКРЫТЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПО КОСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Цель занятия: решение задачи автоматизированного построения буферных зон для различных типов пространственных объектов на примере создания водоохраных зон в программном пакете ArcMap.

Водоохранная зона — территория, примыкающая к береговой линии водного объекта, на которой устанавливается специальный режим осуществления хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения загрязнения, засорения, заиления водного объекта и истощения его вод, а также сохранения среды обитания водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира. Отображение на карте водоохраных зон рек, озер и водохранилищ требуется при решении задач экологии, землеустройства, проектирования и строительства.

Водоохранным законодательством установлены следующие размеры водоохраных зон:

для рек:

- длиной менее 10 км — 50 м от объекта;
- длиной от 10 до 50 км — 100 м от объекта;
- длиной более 50 км — 200 м от объекта;

для озер и водохранилищ:

- в размере вокруг объекта 50 м.

Таким образом, для того чтобы правильно рассчитать размер водоохранной зоны для реки, необходимо предварительно определить ее длину.

Рассмотрим гидрографические объекты Московской области. В таблице атрибутов слоя «Реки» требующихся данных нет. Реки в векторных слоях, как и другие сети линейных объектов, хранятся в виде полилиний «от узла до узла», где узел — это либо точка слияния двух рек, либо изменение какого-либо атрибута объекта (например, средней ширины русла или названия реки). Такой способ представления называется топологической моделью; на ней можно решать разнообразные задачи дискретной оптимизации методами теории графов (например, поиска кратчайшего маршрута).

Для определения длины реки следует перейти от «топологической» модели к «нетопологической» путем объединения ее отрезков в единое целое

по полю названий рек с использованием функции «Слияние по атрибуту/Dissolve» в меню «Геообработка/Geoprocessing».

Подготовка данных к обработке

Как и при решении большинства задач с пространственной информацией в ГИС, набор исходных данных требуется предварительно подготовить для дальнейшей обработки. В программе ArcMap открывается пустой проект и загружается файл «MOREGION.shp» для обозначения административных границ области (рис. 7.1).

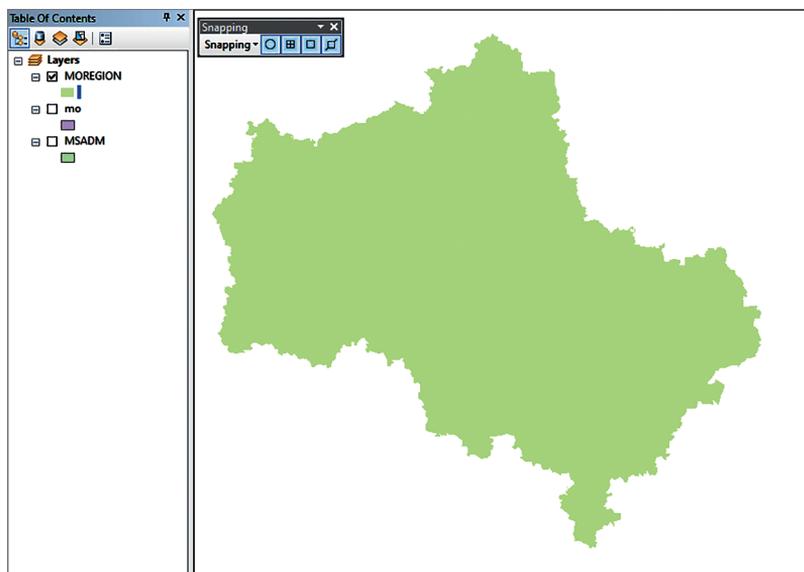


Рис. 7.1. Карта административных границ районов Московской области

В слое с речной сетью длина реки представлена в десятичных градусах. Поскольку следует рассчитать длины реки, устанавливается определенная картографическая проекция с единицами длины в метрах. Далее нужно нажать ПКМ в поле карты и выбрать в открывшемся меню «Свойства фрейма данных/Data Frame Properties» вкладку «Системы координат/Coordinate System». В каталоге «Системы координат проекции/Projected Coordinate Systems» устанавливается система координат «UTM — WGS 1984 — Северное полушарие — Zone 37». Следующее действие — добавление слоев рек («MORIVERS.shp») и озер («MOLAKES.shp») (рис. 7.2).

Возможно, в слое «MOLAKES.shp» будут находиться объекты, не относящиеся к классу озер и водохранилищ (например, зоны подтопления), их удаляют из процесса обработки функциями из раздела главного меню

«Выборка/Selection» — «Выбрать по атрибуту/Select By Attribute», через составление запроса по коду объектов в редакторе запросов или через поиск в таблице — «Таблица атрибутов/Attribute Table».

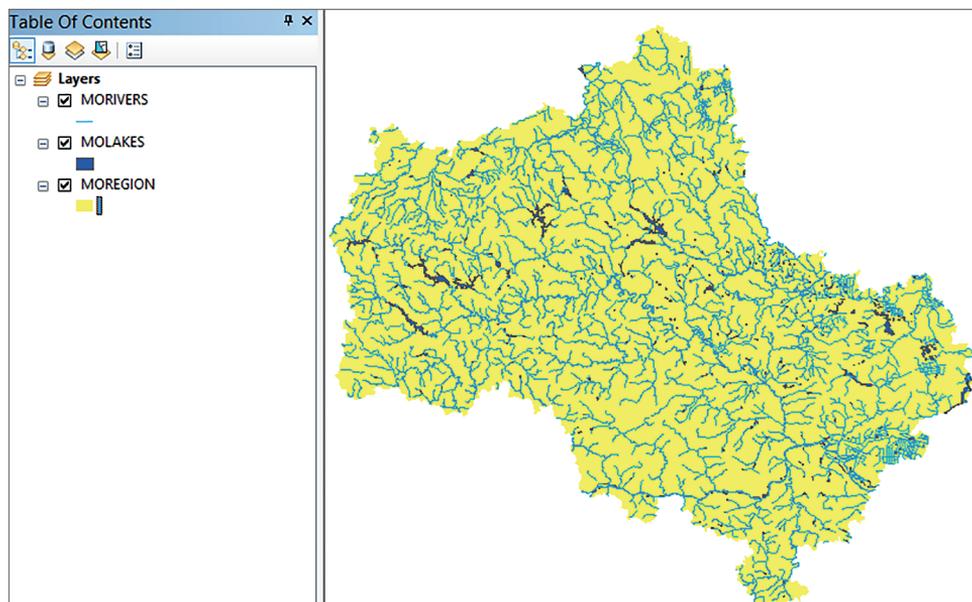


Рис. 7.2. Набор слоев, содержащих информацию о реках, озерах и административном делении Московской области

Операция удаления осуществляется только при включенном режиме «Редактирования/Editor» одноименной панели инструментов, который по завершении удаления объектов отключается. Альтернативное решение этой задачи — выполнение выборки объектов по коду озер «оз» и водохранилищ «вдх» и на ее основе создание нового слоя и дальнейшая работа с ним как новым основным слоем, содержащим информацию о водоемах.

Несмотря на то что длина участка реки изначально присутствует в таблице атрибутов слоя, анализ информации в таблице атрибутов объектов слоя реки показывает, что длина полилиний задана в десятичных градусах, поэтому ее переводят в метры. Для этого нужно открыть таблицу атрибутов слоя реки, добавить поле «Length_met» типа «float». Далее, нажав ПКМ на заголовке созданной колонки, переходят в режим «Вычислить геометрию/Calculate Geometry» — откроется окно вычисления, в котором параметры, необходимые для выполнения операции, заданы по умолчанию. В результате получаем информацию о длине участков речной сети в метрах (рис. 7.3).

Выполнение описанных операций позволяет подготовить набор слоев для дальнейшей обработки.

MORIVERS											
FID	Shape *	FNODE	TNODE	LPOLY	RPOLY	LENGTH	MSRIVDD	MSRIVDD_ID	CODE	NAME	Lenght_met
0	Polyline	3	4	3	1	0,004002	2	2	р	Хотча	418,2
1	Polyline	4	5	3	1	0,05488	3	3	р	Хотча	5189,49
2	Polyline	3	6	1	3	0,045964	4	4	р	Хотча	4751,32
3	Polyline	5	7	3	1	0,014112	5	5	р	Хотча	1190,74
4	Polyline	8	6	3	1	0,00403	6	6	р	Хотча	306,73
5	Polyline	7	8	3	1	0,003861	7	7	р	Хотча	237,647
6	Polyline	10	2	1	1	0,084106	8	8	р		8004,24
7	Polyline	10	6	1	1	0,205264	9	9	р	Хотча	13217,8
8	Polyline	11	9	1	1	0,024896	10	10	р	Вьюлка	2419,61
9	Polyline	11	12	1	1	0,021813	11	11	р	Мольха	1527,73
10	Polyline	13	8	1	1	0,055208	12	13	р	Шухорма	5567,21
11	Polyline	14	11	1	1	0,026986	13	12	р	Вьюлка	2863,56
12	Polyline	16	13	1	1	0,019187	15	15	р		1579,4
13	Polyline	17	16	1	1	0,044061	16	16	р		3049,51
14	Polyline	18	10	1	1	0,074622	17	17	р	Хотча	7218,31

Рис. 7.3. Результат перевода длины (в метрах) участка речной сети в таблице атрибутов слоя

Предварительные операции с рабочим набором слоев

Прежде всего проводится слияние участков рек и крупных каналов. В слое с объектами речной сети хранятся также контуры площадных объектов (водохранилищ, озер), с которыми будет проведена отдельная работа, каналы дренажных сетей, являющиеся по условию задачи избыточной информацией.

С помощью раздела «Выборка/Selection» по атрибуту выбирают объекты со значением «CODE=р» (реки) и «CODE=к» (каналы). Требующийся запрос представляет собой конструкцию вида:

("CODE" = 'р' OR "CODE" = 'к') AND "NAME" <> ' '

Рекомендуется не набирать запрос вручную, а пользоваться для этого кнопками калькулятора.

Компонента запроса «"NAME"<>'» позволяет выбрать только объекты, имеющие название. Безымянные реки, как правило, невелики и состоят из одной полилинии, поэтому для них буферные зоны рассчитываются непосредственно из слоя с объектами речной сети в последнюю очередь.

В программе ArcMap знак «<>» несет в себе смысловую нагрузку «не равно», т. е. он дает изымать из выборки набор объектов, имеющих определенную характеристику.

По этой выборке посредством функции контекстного меню слоя в разделе «Выборка/Selection» Создание слоя на основе выборки/Create Layer From Selected Features» создается отдельный слой — «based_named_rivers».

На основе базового слоя поименованных рек «based_named_rivers» посредством функции «Слияния по атрибуту/Dissolve» раздела главного меню «Геообработка/Geoprocessing» создается слой речной сети, в котором объекты объединятся по одинаковому имени.

В открывшемся окне функции в графе «Input Feature» следует задать исходный файл («based_named_rivers»), в графе «Выходные наборы данных Output Feature» — папку, в которую будет помещен результирующий файл и его название «riv_named». В окне «Dissolve_Field(s)» выделяют поле

«NAME», по которому проводится слияние. Далее добавляют поля статистики «CODE» с типом статистики «First» и поле «Length_met» с типом статистики «Sum» (рис. 7.4).

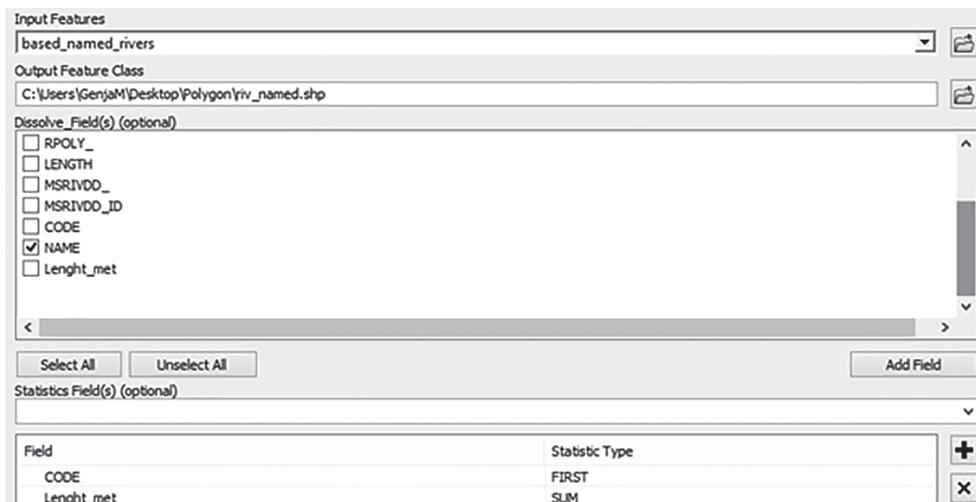


Рис. 7.4. Входные данные для слияния объектов из слоя рек по названию

В результате будет создан файл, на основе которого можно проводить построение водоохранных зон.

Построение водоохранных зон

Буферные зоны будут создаваться последовательно для каждой группы рек определенной длины, с использованием операторов запроса к базе данных.

Вначале будут обработаны реки длиной менее 10 км. Откроем таблицу атрибутов слоя «riv_named» и из кнопочного меню вызовем функцию создания выборки по атрибуту. Здесь нужно набрать запрос на выборку из файла рек, соответствующих заданному критерию длины. Задача выполняется самостоятельно по приобретенным ранее навыкам.

На основе выборки создается слой «rivers_less_10000».

Из меню «Геообработка/Geoprocessing» выберем функцию построения буферных зон «Buffer». Входным будет файл «river_less_10000», на запись задается файл в собственной папке с именем «r_buf1».

Ширина буфера устанавливается в соответствующей графе «Distance» — значение 50 м. В результате будет построена водоохранная зона для рек с длиной менее 10 км.

Аналогично выполняется создание слоев, содержащих речные объекты длиной 10–50 км и речные объекты длиной свыше 50 км.

Для этих слоев также следует создать буферные зоны с размерами, указанными во вводной части практического занятия. Для рек длиной 10–50 км это будет зона размером 100 м от объекта, длиной более 50 км — зона размером 200 м. В результате получаем два слоя с водоохранными зонами: «r_buff_2» и «r_buff_3» (рис. 7.5).

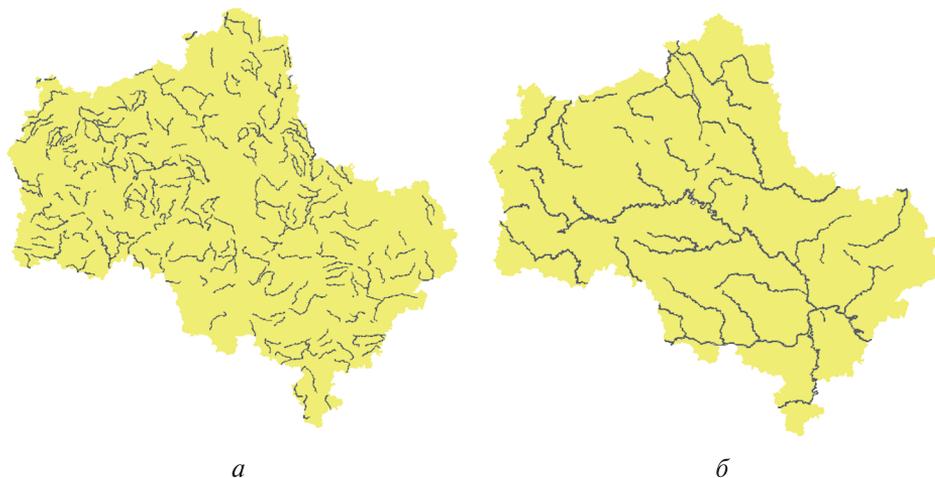


Рис. 7.5. Водоохранные зоны для рек из слоев «r_buff_2» (а) и «r_buff_3» (б)

В файле «r_buff3» будут созданы также буферные зоны для контуров участков рек, которые представляют собой площадные объекты. Если бы ширина этих участков на данной территории была более 400 м, то их следовало бы исключить из рассмотрения и строить для них буферные зоны по отдельным настройкам, однако в данном случае в этом нет необходимости.

Остаются только безымянные реки, для которых ширина водоохранной зоны составляет 50 м от них. Эти реки выбирают непосредственно из слоя «MORIVERS» с помощью запроса («Name = ''») and (CODE = 'r'»), на основе чего создается соответствующий слой, по которому строятся буферные зоны.

Далее построим буферные зоны для слоя озер и водохранилищ, предварительно сделав выборку объектов с соответствующими значениями поля «CODE» (рис. 7.6), создав на основе выборки слой и выполнив построение буферных зон для его объектов.

После построения всех буферных зон можно объединить результаты в один слой. Для этого в меню используются команда «Геообработка/Geoprocessing», функция «Слияние/Merge» и последовательно добавляются все пять построенных буферных слоев.

Поскольку даже максимальные водоохранные зоны составляют 200 м вокруг объектов, их отображение как пространственных объектов возможно только в масштабах крупнее 1: 500 000. Для того чтобы отображать их в более

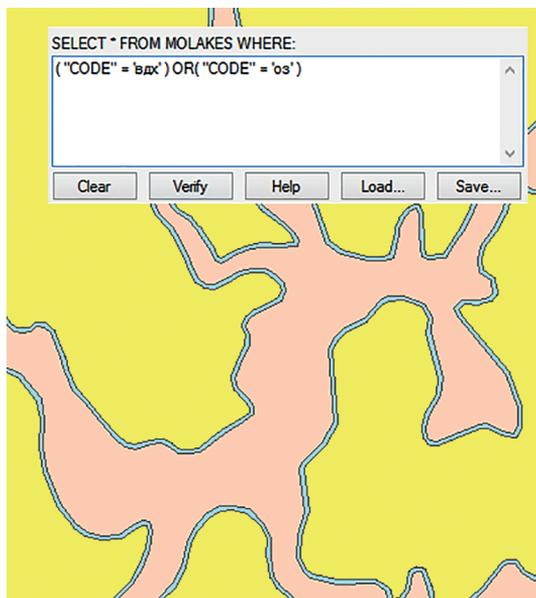


Рис. 7.6. Создание буферных зон с заданными параметрами для озер и водохранилищ

мелких масштабах, создается наглядная легенда, которая цветом показывает конкретную ширину водоохранной зоны. Для этого в таблице атрибутов слоя «buff_all» есть поле «BUFF_DIST», которое автоматически создается при построении буферных зон. В нем записано соответствующее расстояние от объекта. Поэтому для темы «Водоохранные зоны» создается легенда по количественным значениям с присвоением разных цветов значениям 50, 100 и 200 м (рис. 7.7).

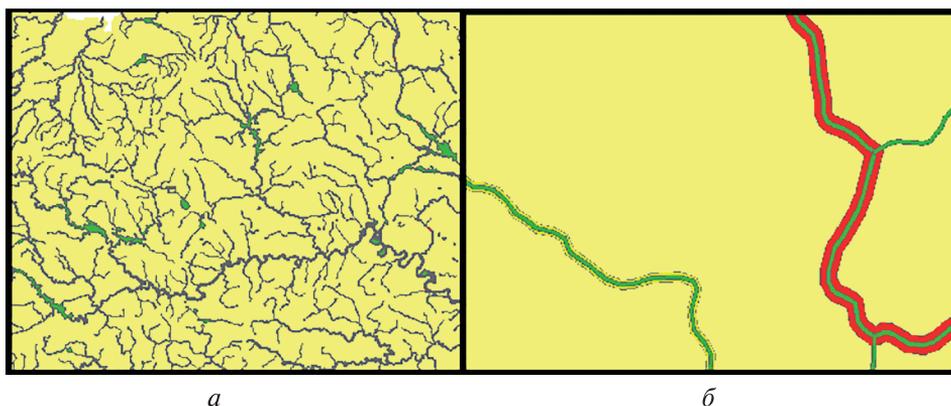


Рис. 7.7. Итоговая карта водоохранной зоны:
а — общий вид; б — приближенный вид

В процессе картографического дизайна выполнять слияние слоев не обязательно — достаточно расположить их в правильном порядке отображения.

Задание

Создать карту водоохранных зон в соответствии с техническим заданием.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимают под термином «водоохранная зона»?
2. От чего зависит ширина водоохраной зоны для рек?
3. Какая ширина водоохраной зоны установлена для озер и водохранилищ?
4. Из каких этапов состоит процедура построения водоохранных зон?
5. Каково назначение оператора «<>» в редакторе запросов программы ArcMap?
6. Какой результат можно получить, применяя функцию «Слияние/ Merge» при обработке данных по речной сети, представленных в векторной форме?
7. По какой причине при выполнении задания потребовалось переводить длину рек из градусов в метры? Можно ли было обойтись без этого?
8. Какой результат можно получить, применяя функцию «Buffer»? Какие параметры задаются при ее выполнении?
9. Каким образом можно представить буферные зоны на электронной карте для удобства визуального анализа?
10. Если бы число градаций буферных зон в зависимости от длины рек было не 3, а 5, то какое конечное число слоев с буферными зонами пришлось бы создать до момента их объединения в единый массив?

Практическое занятие № 8

НЕКОНТРОЛИРУЕМАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ, ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТА КЛАССИФИКАЦИИ И ОСНОВЫ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА В ГИС

Цель занятия: освоение базовых принципов картографического дизайна и создание составительских оригиналов карт для последующего представления конечному пользователю в ГИС.

Традиционно выработка требований к оформлению карт была прерогативой картографов. Бумажные карты составлялись на десятки, а иногда и сотни лет и были в значительной степени не только основой для проведения географического анализа, но и произведением искусства. Эта тенденция сохраняется до сих пор в описательных науках, так или иначе связанных с географией, поэтому специалисты в данных предметных областях большое значение придают цветовой гамме карты и ее эстетическому восприятию. Компьютерному картографическому дизайну до последних лет уделялось мало внимания. Тем не менее за последние годы были сформулированы некоторые общие требования в этой сфере, поскольку подготовка электронных карт и изготовление их бумажных и иных копий имеет свои особенности. Наиболее доступным способом приобретения хороших навыков компьютерного картографического дизайна может быть критический анализ электронных карт (из Интернета, выставок и презентаций) с точки зрения некоторых общих принципов их построения.

Прежде всего карта должна быть читаемой, анализируемой и интерпретируемой. Следует помнить, что карта, перегруженная информацией, трудночитаемая. Обилие информации, которую предоставляют современные средства ГИС и пакеты обработки изображений, неизбежно провоцирует эту тенденцию. Даже обилие цветов на синтезированных (композиционных) космических изображениях, эстетически радуя глаз, часто не позволяет извлечь из этой художественной «картинки» необходимое количество действительно полезной информации.

Существует несколько так называемых внешних факторов картографического дизайна, которые следует учитывать при подготовке своего электронного картографического продукта.

Назначение карты. Анализ карты с точки зрения ее назначения включает в себя две задачи: 1) предметную (выявление конкретного предмета отображения); 2) эргономическую (определение способа отображения).

Предметная задача требует максимальной простоты отображения объектов, процессов и явлений, которые относятся к данной области. Широкие

возможности тиражирования электронных карт позволяют размещать на макете отдельные элементы тематической пространственной информации на различных картах. На плакате можно размещать несколько карт, относящихся к конкретной задаче, на одном листе, объединяя их общей аннотацией и даже легендой. Для выделения отдельных деталей можно использовать врезки, представленные в более крупном масштабе.

Основным требованием эргономической задачи является адекватный способ отображения значимости объектов, процессов и явлений в рамках тематики карты. Это требование реализуется в иерархической организованности элементов карты. Применяется несколько способов реализации: стереограммный метод, расширительный и метод подразделительной иерархии.

Стереограммный метод заключается в моделировании трехмерного восприятия карты за счет использования трехмерных объектов, различия в ширине линий, цвете и яркости. Целью такого моделирования является выделение наиболее значимых объектов и исключение менее значимых деталей.

Расширительный метод — наиболее простой и известный метод, особенно для пользователей туристических, автомобильных и других подобных карт. Он заключается в расширении линейных объектов и границ площадных объектов по мере увеличения их значимости.

Метод подразделительной иерархии применяется для показа различий во внутреннем устройстве объекта. Например, на сельскохозяйственной карте объекты могут быть отображены одновременно по типу и интенсивности использования. В этом случае однотипные объекты отображаются одинаковым цветом, а градации интенсивности использования разделяются различными типами штриховки.

Реализм карты. Каждая предметная область, к которой относится тематическая карта, имеет собственные характеристики объектов и свои требования к их отображению. Решить эту проблему могут только предварительное ознакомление с техническим заданием и консультации со специалистами-предметниками. Иногда такие консультации приводят к введению новой системы обозначений, которая более соответствует возможностям (и ограничениям) современных геоинформационных технологий.

Целевая аудитория. При создании карты следует учитывать, для кого она предназначена. Если у потребителя отсутствуют знания в области геодезии и картографии, следует максимально упростить представление данных и легенду карты, не использовать мелкие шрифты, если картой будут пользоваться дети или пожилые люди. Цветовая гамма карты должна быть хорошо различима в любых случаях. Если основой карты служит растровый результат тематической классификации, то хороший эффект дает представление этого результата в палитре цветов, близкой к естественным цветам выделенных классов объектов в видимом диапазоне. Если предполагается, что карта будет использоваться для определения положения объектов, то обязательно наличие некоторой системы координат. Координатная сетка обязательна в тех случаях, когда основой карты является космическое изображение,

представленное в псевдоцветах. Она также позволяет оценить протяженность и площадь объекта. Этим же целям служит масштабная линейка, необходимая для нестандартных масштабов, в которых довольно часто представляются результаты тематической обработки в иллюстративных целях.

Условия использования. Важно учитывать условия, в которых предполагается использовать полученный картографический продукт. Во-первых, следует учесть основной тип носителя картографической информации. Цветовая палитра электронной карты должна быть несколько иной, чем для изготовления бумажных копий, особенно если их будут использовать в условиях плохого освещения. Для этого требуется больший контраст и хорошая различимость объектов по цветовой гамме.

Технические ограничения оборудования. При работе на конкретных технических средствах необходимо учитывать разрешение устройств вывода и возможности цветовой передачи.

Изобразительные свойства. Дополнительно к перечисленным внешним факторам учитываются и чисто изобразительные свойства карты. Например, одинаковая ширина линий и однообразная штриховка затрудняют восприятие карты, особенно у непрофессиональной аудитории. Улучшает восприятие карты правильный подбор цветовых отношений между объектом и фоном, а также продуманное расположение объектов компоновки. Хороший стиль картографического дизайна — предварительный эскиз компоновки карты на бумаге. Если карта предназначена для тиражирования на бумажном носителе, рекомендуется пробная печать. Это позволит избежать непредвиденный выход объектов карты за границы формата печати или неудачное наложение текстовых комментариев.

Хранение и распространение электронных карт часто осуществляется в виде отдельных файлов, хотя в таких пакетах, как ArcGIS и некоторые другие, они могут храниться непосредственно в файле проекта. В пакетах обработки данных ДЗЗ карты преимущественно хранятся в форматах растровых изображений или экспортируются в обменные растровые и растрово-векторные форматы. При выборе формата для хранения или передачи по сети электронной карты важно учитывать следующие факторы:

- целевое назначение карты (для полиграфической печати, использования в сети Интернет, использования в отчетной документации, для других целей);
- объем передаваемой информации и технические ресурсы ГИС;
- требования к качеству воспроизведения карты.

Наиболее популярными растровыми графическими форматами для хранения и передачи электронных карт являются GIF, TIFF, EPS. Формат TIFF наиболее популярен в картографических системах, поскольку он совместим с большей частью операционных платформ. Несмотря на свою сложность, он обеспечивает наиболее точную передачу цветовых и графических деталей изображения. Для распространения по сетям до последнего времени наибольшей популярностью пользовался формат GIF, однако он имеет ограничения по передаче цветовых характеристик карты и наиболее удобен для

распространения серых полутоновых изображений или карт, созданных на такой основе. В настоящее время GIF постепенно вытесняется форматом EPS, который, собственно, и создавался для его замены.

Формат EPS представляет собой описание изображения на языке PostScript, предпочтительном для полиграфических целей. В рамках данного формата возможно хранение векторной и растровой графики, шрифтов, контуров обтравки, кривых калибровок и т. д. Как и сам язык PostScript, формат EPS является универсальным форматом описания не только растровых и векторных изображений, но и текстовой информации.

Популярный в WEB-технологиях формат JPEG не слишком удобен для хранения и распространения картографических продуктов, так как плохо сохраняет тонкие линии и границы, что для карт является очень важным изобразительным элементом. Тем не менее при передаче карт в целях подготовки иллюстративных материалов для отчетов и других подобных материалов этот формат может использоваться, особенно если карта не содержит мелких деталей и особенно точной графики.

Язык карты как средство передачи информации о земной поверхности разрабатывался столетиями. Именно использование общепринятых условных обозначений для отображения тех либо иных объектов или явлений на карте делает ее доступной для широкого круга пользователей, поэтому создатели любой тематической карты должны придерживаться систем условных обозначений, принятых в картографии.

Условные обозначения, применяемые в картографии, делятся на три основные группы:

- 1) внемасштабные или точечные;
- 2) линейные;
- 3) площадные.

Эта классификация тесно связана со способом распределения информации по слоям в электронной карте. Каждому из основных типов графических примитивов соответствует своя система условных обозначений, что очень удобно при создании легенд.

Для отображения точечных объектов, т. е. не выраженных в масштабе карты, используются разнообразные значки. Различают следующие виды значков: абстрактные, или геометрические; буквенные; наглядные (пиктограммы); изолинии.

Абстрактные или *геометрические значки* — это геометрические фигуры различной формы, заштрихованные или залитые цветом различными способами. Размер знака отражает количественную характеристику объекта, структура знака обычно соответствует структуре объекта. Для отображения качественных различий используются значки различной формы, а также различные способы их штриховки или заливки.

Буквенные значки — буквы славянского или латинского алфавитов. Размер букв отражает количественные соотношения.

Наглядные значки (пиктограммы) — по форме напоминают отображаемый объект. Применяются обычно для карт рекламного характера.

Особенностью линейных объектов является их немасштабность по ширине, поэтому линейные условные знаки могут иметь различную структуру и ширину. Однако положение средней линии линейного условного знака всегда совпадает с истинным положением линейного объекта на карте. Рисунок и цвет линейных знаков передают качественные и количественные характеристики объектов.

Изолинии — наиболее удобный способ отображения различных физических явлений: магнитной напряженности, давления, температуры атмосферного воздуха, рельефа земной поверхности и т. п. Каждой изолинии соответствует определенное фиксированное значение отображаемой характеристики. Как правило, изолинии строятся через заданные интервалы в соответствии со значениями показателя, имеющего свой интервал сечения, путем интерполяции значений, полученных в точках наблюдения. Расстояние между изолиниями на карте, характеризующее градиент поля изображения, называют заложением изолиний. С помощью изолиний отображают такие количественные изменения показателей во времени, как перемещение явлений, их повторяемость. Для повышения наглядности промежутки между изолиниями часто закрашивают, пользуясь шкалой послойной окраски, согласно которой интенсивность цвета отражает возрастание или убывание показателя.

Изолиниями иногда отображают распределение дискретных объектов, наиболее часто связанных с частотой встречаемости того или иного явления на заданной территории. В этом случае их называют псевдоизолиниями и строят по значениям в ячейках регулярной или нерегулярной сетки.

Наибольшее количество средств отображения содержат площадные условные знаки (1–7).

1. *Качественный фон* применяется для отображения качественных различий явлений сплошного распространения. Обычно заливка фоном проводится в пределах некоторых территориальных единиц. Для отображения качественных различий по нескольким показателям используются одновременно цвет и штриховка.

2. *Количественный фон* применяют для передачи количественных различий сплошного распространения явления в пределах заданных территориальных единиц. Интенсивность заливки в этом случае передает изменение показателя по количественному признаку.

3. *Локализованные диаграммы* характеризуют явления сплошного или полосного распространения с помощью графиков либо диаграмм, помещаемых в пунктах наблюдений. Графические средства могут быть самыми разнообразными.

4. *Точечный способ* применяют для показа явлений массового, но не сплошного распространения. Каждая точка обозначает «вес», т. е. число единиц данного явления. Можно пользоваться точечными условными знаками различного размера при ограниченных возможностях размещения необходимого числа знаков.

5. *Ареалами* выделяют на карте области распространения того или иного явления. Абсолютными называют ареалы, за пределами которых явление

вообще отсутствует, относительные ареалы показывают районы наибольшего сосредоточения явления.

6. *Знаки движения* используются для отображения пространственных перемещений объектов и явлений. Различают два вида таких знаков. Векторы движения — стрелки разного цвета, формы и толщины. Полосы (ленты) движения — полосы разной толщины, внутренней структуры и цвета. Например, при отображении транспортных потоков полоса (лента) может состоять из нескольких полос, отображающих интенсивность и структуру этих потоков.

В любой профессиональной или настольной ГИС имеется определенный набор типовых условных знаков для наиболее распространенных приложений. В некоторых пакетах существует возможность создания собственных условных знаков (пиктограмм) в виде также картинок и добавления их в окно легенды.

7. *Надписи*. Размещение надписей имеет большое значение для читаемости карты. Иногда надписи могут носить характер условных обозначений. Для этого используются различные размеры, цвета и оттенки шрифта.

Традиционно надписи водных объектов дают голубым цветом, рельефа — коричневым, административных единиц и населенных пунктов — черным. Значимость тех или иных объектов (например, населенных пунктов, рек, озер) подчеркивают либо размером шрифта, либо оттенками цвета. Надписи не должны «наползать» одна на другую, но должны быть четко привязаны к объектам, к которым они относятся.

На учебном примере рассмотрим процесс создания компоновки картографических материалов на основе результата неконтролируемой классификации.

Подготовка компонент карты

Для создания компоновки требуются два фрейма данных: 1) с результатами обработки космического снимка аппаратом OLI («Landsat-8»); 2) с картой Московской области, отображающей положение обработанного участка. Откроем новый проект и добавим в пустой фрейм изображение «Landsat-8» из папки с исходными данными. В свойствах фрейма (опция находится в меню, которое открывается в пределах фрейма правой кнопкой) зададим имя фрейма «Landsat-8» (закладка «General/Общие»). Там же определим принцип создания подписей «Maplex» (рис. 8.1).

Функцию неконтролируемой классификации можно найти через функцию поиска, нажав кнопку «Поиск/Search». Далее в поисковике набирается слово «Неконтролируемая классификация/Unsupervised» и выбирается самая верхняя функция из списка (рис. 8.2).

В окне функции вверху нужно выбрать исходный файл, установить требуемое количество классов (в данном случае их будет 20) и задать название

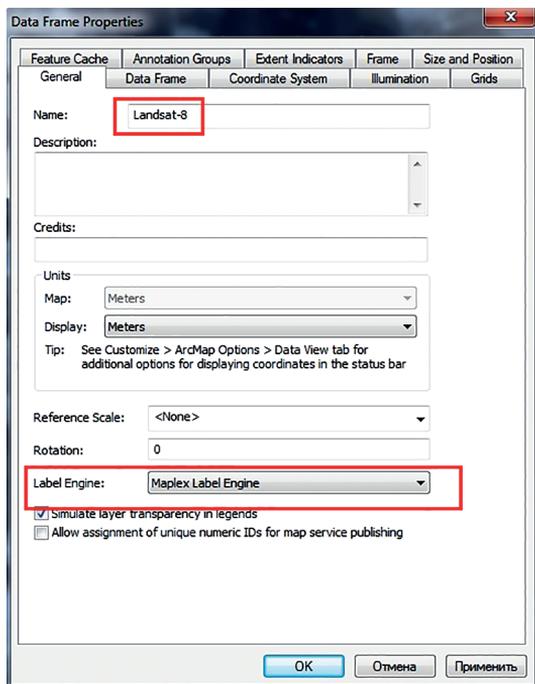


Рис. 8.1. Редактирование свойств фрейма карты

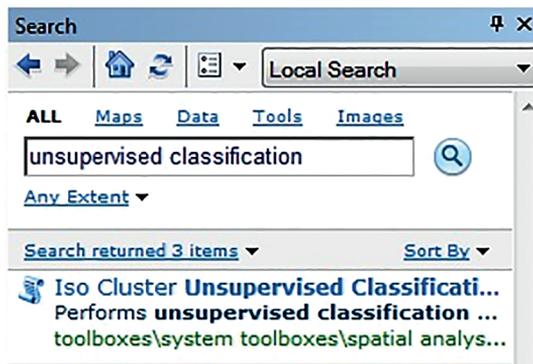


Рис. 8.2. Функция Unsupervised в поисковике приложения ArcMap

и положение результирующего файла «uns20c» (рис. 8.3). Нижнюю строчку можно оставить без изменений.

После появления результата классификации в таблице содержания исходное изображение можно удалить из фрейма или отключить его видимость. Оно больше не понадобится. Для удобства изменяется легенда отображения этого слоя из «градаций серого» на «цветовые градации» в зависимости от

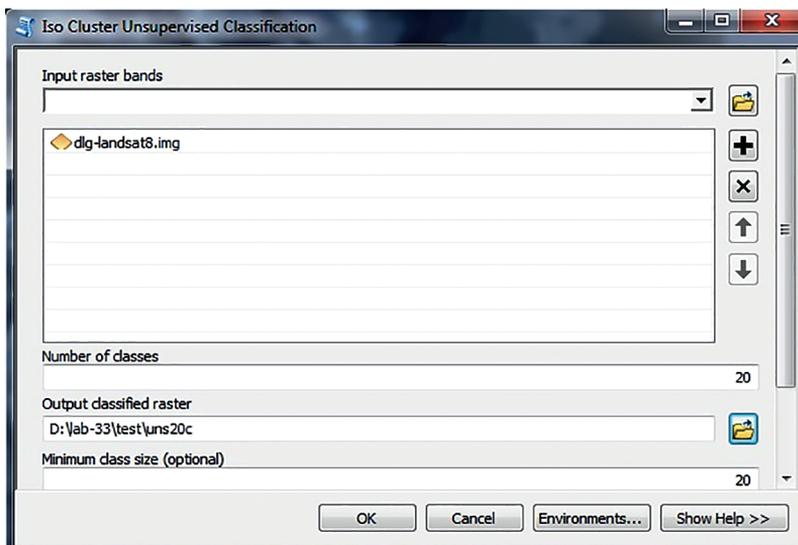


Рис. 8.3. Вводные параметры неконтролируемой классификации

класса объекта и используются настройки раздела «Символы/Symbology» в свойствах слоя.

Для интерпретации классов создадим в таблице атрибутов полученного слоя новое поле с именем «Name» типа «текст String».

Переведем слой в режим редактирования (можно с помощью опций на правой кнопке) и внесем в поле «Name» названия классов (номера классов указаны в поле «VALUE») (рис. 8.4):

- вода — 1;
- лес — 2–5;
- озелененная застройка — 6, 9–13, 15;
- зеленые насаждения — 8;
- травянистая растительность — 14, 18;
- искусственные объекты/почвы — 7, 16, 17, 19, 20.

Далее редактирование завершается нажатием ПКМ и вызываются свойства слоя. В закладке «General/Общие» зададим имя «Классы». В закладке «Символы/Symbology» — легенду «Уникальное значение/UniqueValue» по полю «Name». Подберем подходящий по содержанию цвет для каждого класса (рис. 8.5). В поле «Labels» вместо «NAME» нужно набрать несколько пробелов, чтобы оно не отображалось в легенде компоновки.

Сделаем ориентировочные надписи на классифицированном изображении.

Добавим из папки «RUSSIA» слой «MOCITIES» («города»). В свойствах слоя зададим название «Города» и перейдем в закладку «Надписи» («Labels»).

В верхнем ниспадающем меню «Метод» («Define Classes») выберем режим подписывания по выбранным классам объектов. Создадим два класса надписей: «Москва» и «Города».

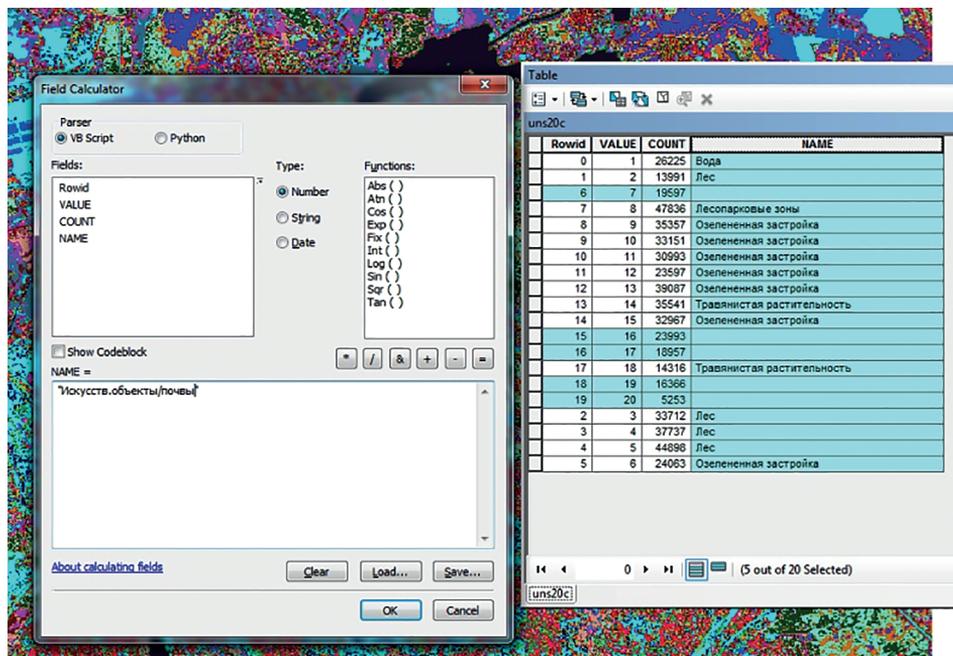


Рис. 8.4. Интерпретация классов через таблицу атрибутов слоя

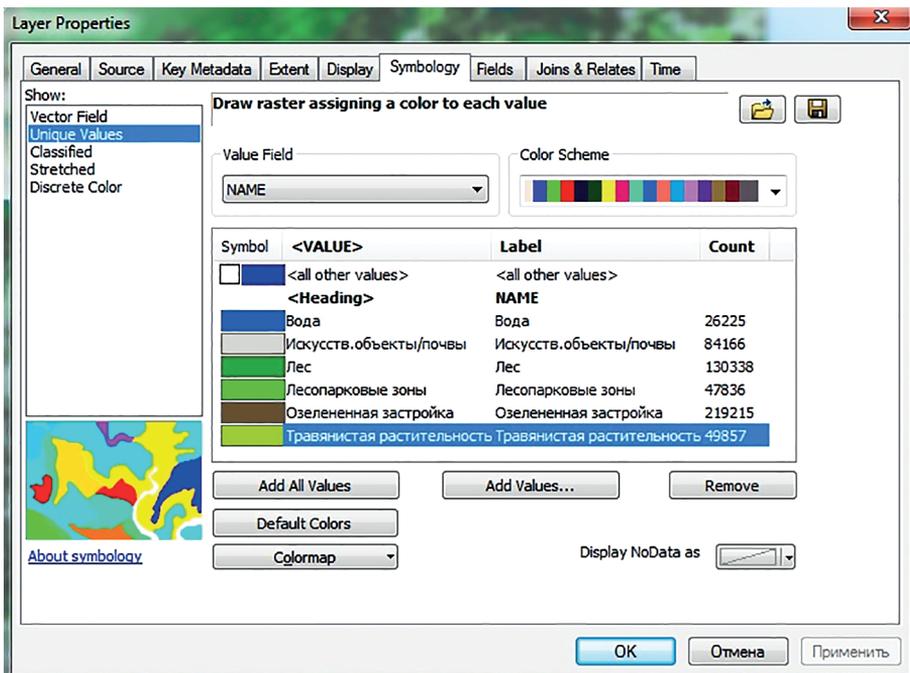


Рис. 8.5. Подбор цветовой схемы для каждого класса объектов

Для класса «Москва» определим SQL-запрос (кнопка «SQL Query» на панели вкладки «Labels») «"REGION"="».

Выберем тип шрифта «Times New Roman», размер 36 или 48, полужирный. В свойствах размещения («Свойства размещения/Placement Properties») установим режим «Удалять повторяющиеся надписи/Remove Duplicate Labels» (рис. 8.6).

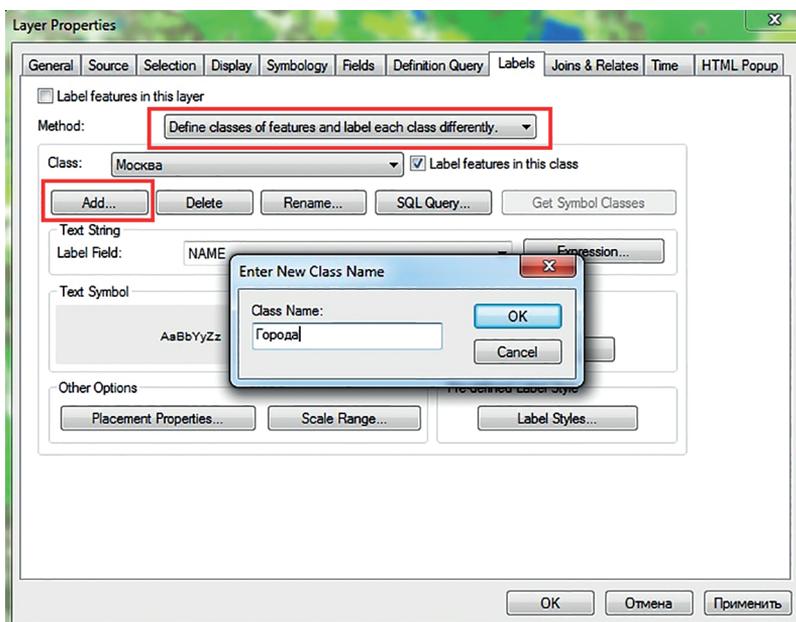


Рис. 8.6. Создание классов надписей

Для класса «Города» определим SQL-запрос «"TYPE"='город'AND" REGION"<>». Выберем тип шрифта «Times New Roman», размер 14, полужирный.

В свойствах размещения установим режим «Удалить дубликаты/Remove Duplicate Labels» (рис. 8.7).

Класс «По умолчанию/Default» нужно удалить из списка классов, иначе повторно подпишутся все объекты. Сохраним установки и включим опцию «Надписать объекты/Label Features» из того же всплывающего меню, что и опция «Свойства». Если ее отключить, надписи исчезнут.

Создадим для слоя «Города» пустую легенду, т. е. и для заливки, и для контура режим «нет цвета».

Для удобства создания компоновки в свойствах фрейма (закладка «Фрейм данных/Data Frame») выберем в верхнем окне режим «фиксированный экстен-тент» и зададим его границы в соответствии с границами снимка (рис. 8.8):

«Запад 398775, Восток 422985, Север 6211395, Юг 6190665».

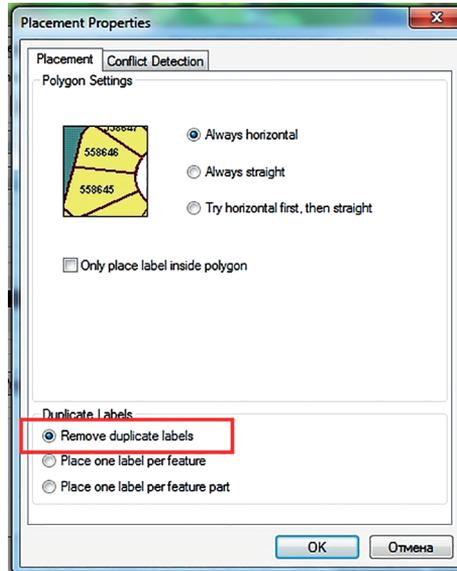


Рис. 8.7. Удаление дубликатов



Рис. 8.8. Фрейм с картой тематической классификации

Создание фрейма «Московская область» с положением снимка (обзорной карты)

Из меню «Вставка/Insert» вставим новый фрейм и введем в него исходное изображение «Landsat-8». В свойствах нового фрейма присвоим ему имя «Московская область».

Для создания слоя «Положение снимка» щелкнем правой кнопкой в каталоге на своей рабочей папке и выберем «Новый/New→Шейп-файл/Shapefile». Зададим для него имя «Image» и тип «полигон/polygon». В окне выбора шаблонов подтвердим выбор шаблона «polygon» и внизу выберем объект для рисования — «Прямоугольник/Rectangle». Нарисуем прямоугольник, точно совпадающий с исходным снимком «Landsat-8». После этого завершим редактирование слоя и удалим (или отключим) слой-изображение. Новому слою присвоим имя «Положение снимка» и выберем для него символ прозрачной черной штриховки из набора основных символов.

Из папки «RUSSIA» добавим все слои, начинающиеся на «МО», кроме «MOREG» и «MOGRID», в следующем порядке (снизу вверх в порядке наложения).

«MOLUS» — имя «Использование земель», тип легенды — категории по полю «TYPE». Добавим все категории и отключим символ для прочих объектов. Оформим таблицу легенды следующим образом — вместо «TYPE» подставим «Тип земель»:

- цвет светло-желтый, подпись «Селитебные земли»;
- цвет светло-оливковый, подпись «Кустарники»;
- цвет светло-зеленый, подпись «Леса».

«MORIVERS» — имя «Реки», тип легенды — стандартный символ для рек.

«MOLAKES» — имя «Озера, водохранилища, крупные реки», тип легенды — стандартный символ для озер.

«MOROADS» — имя «Автодороги», тип легенды — символ для автомагистралей (ширину линии уменьшить до 1,0).

«MORWAYS» — имя «Железные дороги», тип легенды — черная линия шириной 1.

«MOCITIES» — имя «Города», тип легенды — светло-коричневая заливка.

«MOVIL» — имя «Населенные пункты», установить в свойствах (закладка «Определяющий запрос») с помощью конструктора запросов условие «“POP_96”>1000».

Установим масштаб фрейма «1:200 000» и разместим заштрихованный прямоугольник посередине. Фрейм должен принять следующий вид (рис. 8.9).

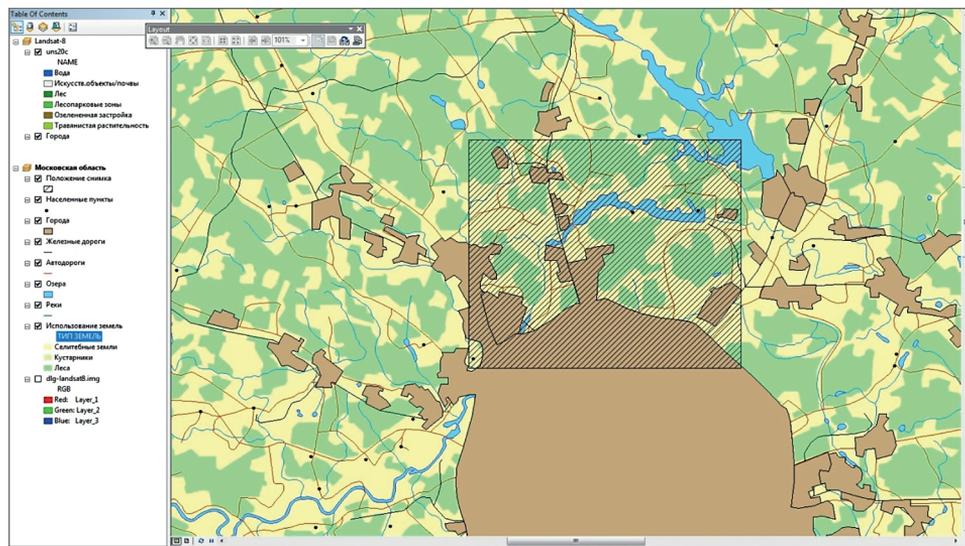


Рис. 8.9. Вид фрейма обзорной карты с положением снимка

Создание компоновки

Для создания компоновки из режима просмотра двух фреймов (карт) перейдем через меню «Вид/View» в режим «Компоновка/Layout View». В этом режиме меню «Вставка/Insert» содержит все основные элементы компоновки: карты, легенды, стрелки севера, масштабные линейки, текстовые и графические элементы. В кнопочном меню (или с ПКМ внутри окна) можно выбрать основные шаблоны компоновки (размер и ориентацию печатного листа — «Параметры страницы и печати /Page and Print Setup»). Можно двигать элементы и изменять их размер, а также порядок (через меню на правой кнопке).

Требуемый масштаб устанавливается для активного фрейма. Опция активизации фрейма находится в меню на ПКМ. Заголовок активного фрейма выделяется полужирным шрифтом.

Установим альбомную ориентацию листа через опцию «Параметры страницы и печати /Page and Print Setup» и разместим два вида так, как показано на рис. 8.10.

Для создания легенды используется функция главного меню «Insert→Legend». Рассмотрим добавление легенды при активном фрейме «Московская область». Ее удобно разместить в две колонки внизу слева. Число колонок указывается сразу при добавлении легенды (рис. 8.11).

Назовем легенду «Условные обозначения», выберем для нее рамку и подходящие шрифты (рис. 8.12).

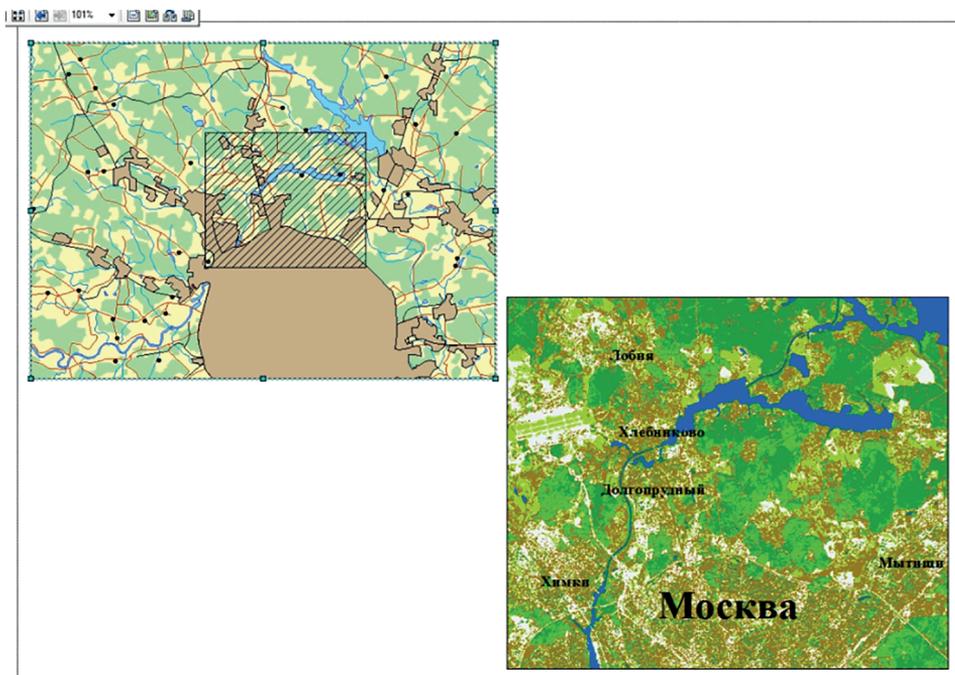


Рис. 8.10. Размещение фреймов карт в окне компоновки

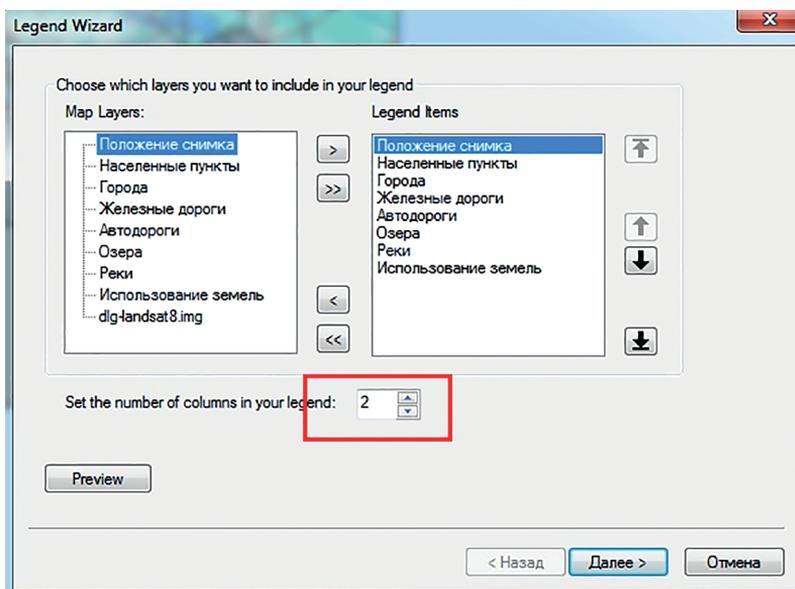


Рис. 8.11. Редактор легенды для карты Московской области

Добавим название компоновки, стрелку севера, указание масштаба и масштабную линейку.

Для создания названия карты используется функция главного меню «Вставка/Insert→Заголовок/Title». Для редактирования базовых элементов текста (размер и тип шрифта) нужно дважды нажать ЛКМ на фрейм с буквами и выбрать опцию «Изменить символ/Change Symbol». Функционал данного меню будет понятен любому пользователю MSWord.

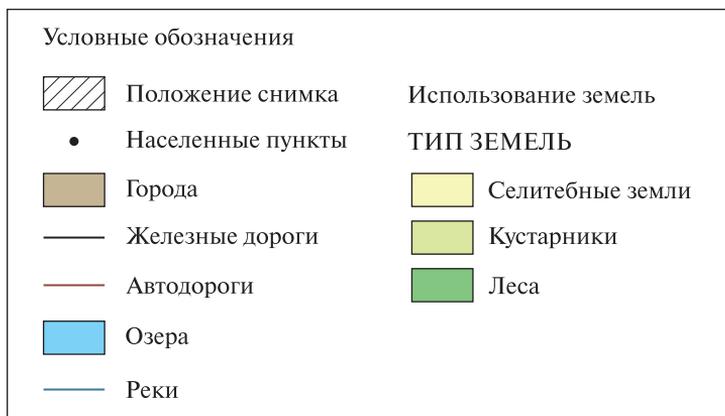


Рис. 8.12. Легенда для обзорной карты использования земель

Для создания стрелки севера используется функция главного меню «Вставка/Insert→Стрелка севера/North Arrow». Нужно просто выбрать подходящую стрелку из всплывающего списка, добавить ее во фрейм карты и отредактировать параметры отображения.

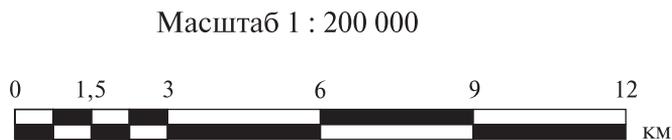


Рис. 8.13. Масштабная линейка с указанием масштаба

Масштабная линейка добавляется командой «Вставка/Insert→Масштабная линейка/Scale Bar». Для того чтобы перевести мили в километры, можно преобразовать масштабную линейку в графический объект, затем ее разгруппировать, изменить текст и снова сгруппировать. Иногда так приходится редактировать и некоторые легенды к картам. Над масштабной линейкой обычно указывают масштаб (рис. 8.13).

Создадим окончательный вид компоновки (рис. 8.14).

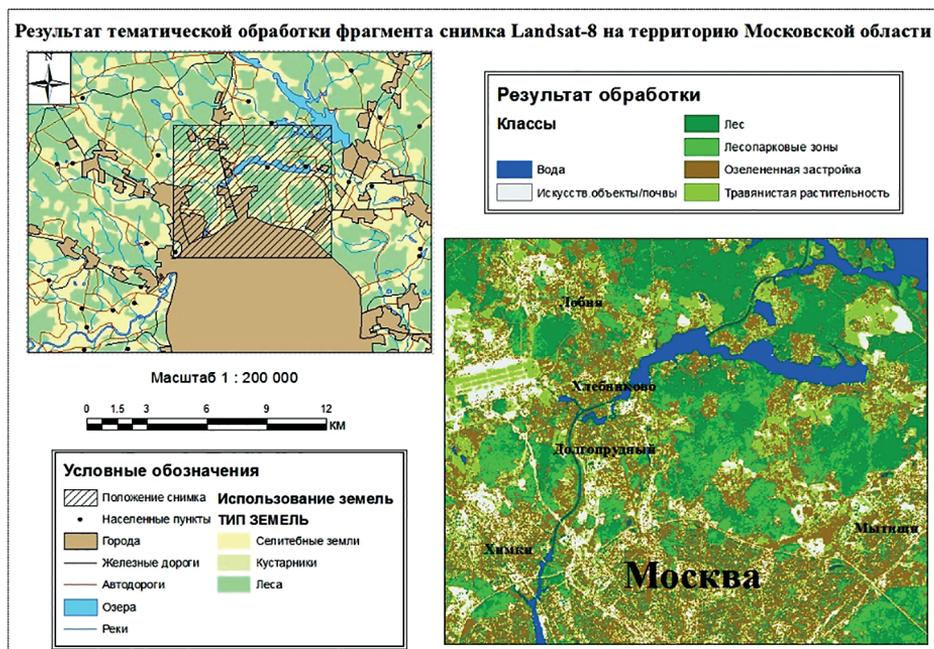


Рис. 8.14. Итоговый вид компоновки картографического материала

Вид компоновки активируется с результатом обработки и вверху справа создается легенда «Результат обработки», добавляется заголовок, — название компоновки.

Задание

Создать компоновку картографического материала.

Вопросы для самопроверки

1. Каким критериям должна соответствовать карта с точки зрения ее интерпретации пользователем?
2. Какие внешние факторы картографического дизайна необходимо учитывать при подготовке электронного картографического продукта?
3. Какой смысл вкладывают в понятие «целевая аудитория» при создании электронных карт?
4. Какие форматы хранения растровых графических данных наиболее популярны? Какие из этих форматов можно использовать в повседневной жизни?
5. Из каких этапов состоит процедура неконтролируемой классификации в комплексе геоинформационных программных продуктов ArcGIS?

6. Из каких этапов состоит процедура создания легенды электронной карты в ArcGis?

7. На какие основные группы делятся условные обозначения, применяемые в картографии?

8. Каким образом отображают объекты, не выраженные в масштабе карты? Приведите пример подобного рода объектов.

9. Каким образом в приложении ArcMap можно задать границы фрейма с картой посредством ввода координат?

10. Какие известные объекты или явления отображаются условными знаками из категории «Знаки движения»?

Практическое занятие № 9 СОЗДАНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ОЦЕНОК ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ КОСМИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Цель занятия: освоение подхода к интерпретации результата автоматизированной классификации космических мультиспектральных данных для создания тематической карты с помощью таксономической контурной основы.

Выполнение оценки экологического состояния территории предусматривает создание таксономической контурной основы, т. е. разработку контуров экосистем, отличающихся по своим характеристикам. Требования к детализации определяются охватом территории и масштабом моделирования.

Для крупных по площади экологических регионов таксономической контурной основой могут служить два основных типа экосистем (биоценозов), определяемых способом землепользования: природные и полуприродные.

Природные экосистемы подразделяются на наземные (биогеоценозы) и водные экосистемы (гидробиоценозы). Наземные экосистемы по особенностям функционирования подразделяются на лесные, травяные и болотные. В лесостепной и степной зонах основным типом наземных природных экосистем являются лесные экосистемы, при этом преобладают травяные экосистемы, а в зонах вечной мерзлоты — болотные.

Полуприродные экосистемы включают агроэкосистемы (пахотные земли, сенокосы, пастбища), а также населенные пункты и дачные поселки. При небольшой площади населенных пунктов относительно размеров обследуемой территории их можно включить в агроэкосистемы, а площадь застройки учитывать как процент нарушенности земель. Точно так же можно учитывать постройки и дороги в границах лесных экосистем.

При создании таксономической контурной основы для выполнения экологических оценок и прогнозов необходимо учитывать следующие характеристики экосистемы:

- тип почвы;
- тип и возраст растительности;
- тип экосистемы по способу землепользования.

Тип почвы — наиболее устойчивая характеристика экосистемы, поэтому базовые границы природных экосистем определяются по границам

почвенных контуров. Для естественных лесных ландшафтов обычно каждому типу почв соответствует определенный тип коренных лесов, который включает в себя несколько характерных пород, сменяющихся в ходе естественных процессов развития экосистемы (сукцессии). Однако под воздействием антропогенной деятельности породный состав, как и естественные процессы сукцессии, может видоизменяться.

Космические мультиспектральные данные позволяют выделить актуальные на момент обследования основные типы землепользования, а также, при небогатом породном составе лесов, преобладающие лесные породы верхнего яруса. Возможно также разделение лесов на молодые и зрелые, хотя для более точного определения возрастной категории необходимо использование архивных снимков с интервалом не менее 15–20 лет.

Таким образом, по результатам тематической обработки мультиспектрального космического снимка в пределах каждого почвенного контура можно выполнить разбиение на подсистемы в соответствии с введенной выше классификацией экосистем.

Технология подготовки таксономической контурной основы для выполнения такого разбиения включает в себя кроме классификации изображения и группировки выделенных по спектральным признакам классов процедуры растрового ГИС-анализа, который выполняется средствами пакетов обработки аэрокосмической информации, вплоть до растрово-векторного преобразования. К таким относятся следующие процедуры:

- получение однородных по классу областей путем «сглаживания» по преобладающему классу в окрестности каждого пикселя;
- сегментация по индексу класса;
- устранение мелких областей;
- переиндексация классов для получения зональных атрибутов.

Некоторые операции приходится применять многократно в зависимости от содержания фрагмента. Выполнение полного цикла такой обработки выходит за рамки одного практического занятия и требует предварительного изучения соответствующих программных средств. Часть этих операций доступна и в полнофункциональной версии комплекса ArcGIS. Рассмотрим некоторые доступные в учебной версии операции для более широкого ознакомления с программным инструментарием комплекса ArcGIS.

Растрово-векторное преобразование результата классификации

Обычно результат классификации аэрокосмических данных, полученных посредством обработки в специальном программном обеспечении, представляет собой растровый файл. Для удобства дальнейшей обработки в ГИС его следует перевести в векторную форму.

Откроем пустую карту и добавим в нее растровое изображение результата тематической обработки «luse-f-elim.img». Для упрощения идентификации

пространственного местоположения изучаемой локации добавим в проект слой с границами районов Московской области «MOREGION.shp» (рис. 9.1). Для уточнения наименования региона можно использовать команды «Идентифицировать/Identify» или «HTML-окно/HTML-popup».

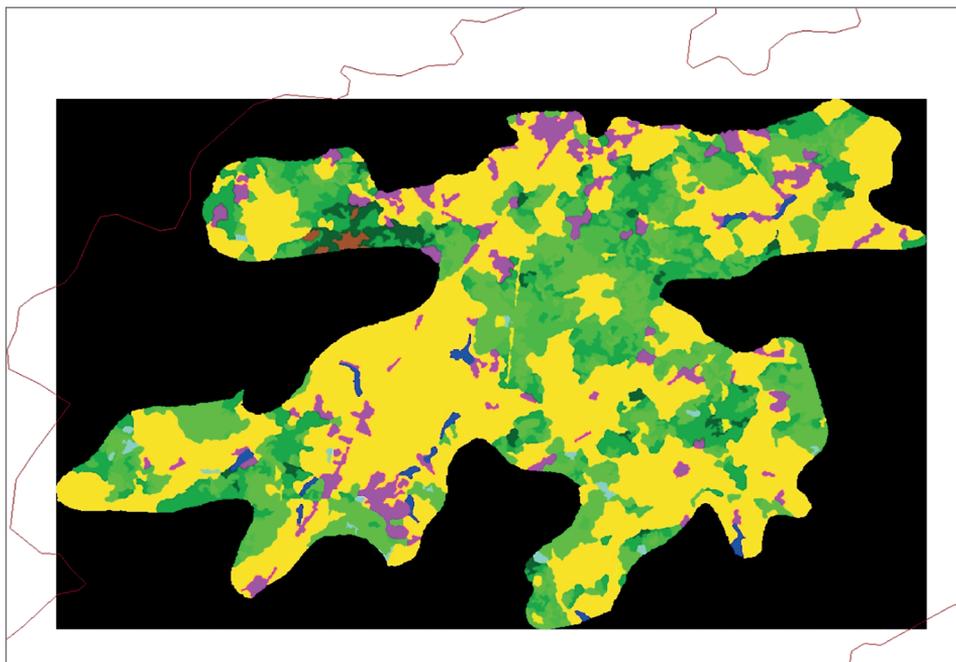


Рис. 9.1. Результат классификации аэрокосмических данных, полученных в специальной программе перевода растрового файла в векторную форму (подложка — район Московской обл.)

Растровое изображение с результатом классификации аэрокосмических данных имеет свою таблицу атрибутов, содержащую информацию по классам объектов; его отображения в рабочем окне проекта создаются произвольно. Откорректируем легенду по полю «Name» для упрощения интерпретации представленных на изображении классов (рис. 9.2).

Для конвертации следует использовать набор инструментов «ArcGIS ArcToolbox». Для этого в списке нужно найти конвертер «Растр в полигоны/Raster to Polygon», расположенный в разделе «Конвертация/Conversion Tools—>Из растра/From Raster», выполнить конвертацию изображения «lusef-elim.img» из растровой формы представления в растровую с настройками по умолчанию и добавить получившийся результат на карту. Слой с границами Московской области переводится в режим редактирования, и удаляются полигоны, соответствующие пустой (черной) части изображения. Редактирование завершается.

Далее необходимо открыть таблицу атрибутов. В свойствах таблицы «Table Options» осуществляется выбор атрибута «Join and Related—>Join»,

и эта таблица атрибутов соединяется с таблицей атрибутов растрового файла по полю номеров классов: «Value» в растровом слое, «GRIDCODE» — в векторном слое. Проверка корректности соединения проводится с помощью опций «HTML-popup». В окошке информации после такого присоединения таблицы должны появиться названия классов.



Рис. 9.2. Оптимальная легенда для карты, отображающей результат классификации аэрокосмических данных

Из видимости отключаются все поля «Turn field off» с ПКМ на названии поля, кроме полей «GRIDCODE» и «Class Name». Создается легенда «Categories—>Uniquevalue» по полю «Class Name», соответствующая легенде слоя «luse-f-elim.img». Для того чтобы отобразить все значения, следует нажать в опции «Symbology» кнопку «Add All values» и отключить галочку «<all other values>».

Создание карты основных экотипов

При проведении оценки экологического состояния территорий на мелкомасштабных картах основными таксономическими экотипами являются следующие: «Водные экосистемы», «Лесные экосистемы» и «Агроэкосистемы». Преобладающая порода в каждом контуре экотипа, а также процент нарушенности можно рассчитать с помощью инструментов растрового анализа, хотя достаточно создать карту экотипов путем слияния таблиц атрибутов.

Далее необходимо открыть таблицу атрибутов новой темы «classes» и добавить поле «ECOTYPE» («Short Integer»), вызвать из контекстного меню слоя «classes» функцию «Выборка—>Выбрать по атрибутам». Поскольку общий запрос получится очень сложным и длинным, в выборку последовательно добавляются все классы лесов (включая сухостой и нарушенные леса) (рис. 9.3).

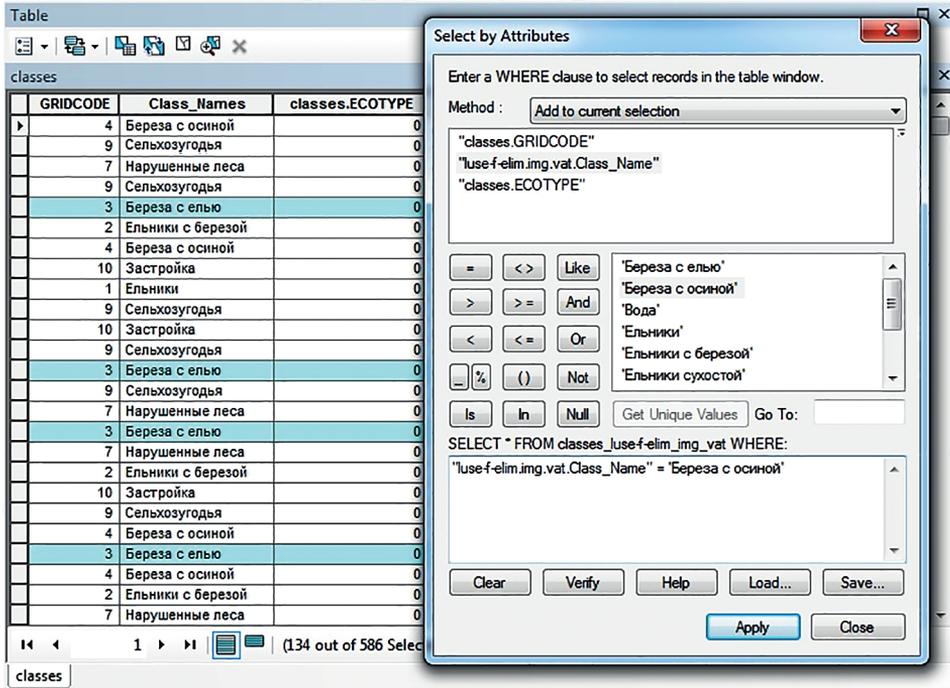


Рис. 9.3. Пример последовательного формирования выборки объектов заданного экотипа

Для выбора будет служить новая выборка. Вместо кнопки «ОК» нажимается кнопка «Применить». Далее необходимо установить команду «Добавить к текущей выборке» (см. рис. 9.3).

Далее открывается таблица атрибутов темы, для того чтобы убедиться, что выбраны все леса. Если что-то пропущено, нужно открыть окно запросов и добавить этот класс к текущей выборке. После этого в поле «ECOTYPE» с помощью калькулятора поля выбранным объектам присваивается значение «1».

Затем аналогичным способом выбирают объекты классов «Сельхозугодья» и «Застройка»; этой группе объектов присваивается значение «ECOTYPE=2».

Группе объектов класса «Вода» присваивается значение «ECOTYPE=3».

Из меню «Geoprocessing» нужно вызвать функцию «Dissolve» и выполнить слияние с настройками по умолчанию по полю с атрибутом «ECOTYPE».

Результат следует записать в папку и добавить на карту в качестве нового слоя.

После этого необходимо открыть таблицу атрибутов и создать текстовое поле «TYPE_NAME». С помощью выборки и калькулятора поля первому типу «ECOTYPE=1» присваивается имя «Лесные экосистемы», «ECOTYPE=2» — «Агроэкосистемы», «ECOTYPE=3» — «Водные экосистемы». Легенда слоя оформляется так, чтобы отдельные экотипы мог легко прочитать и интерпретировать специалист (рис. 9.4).

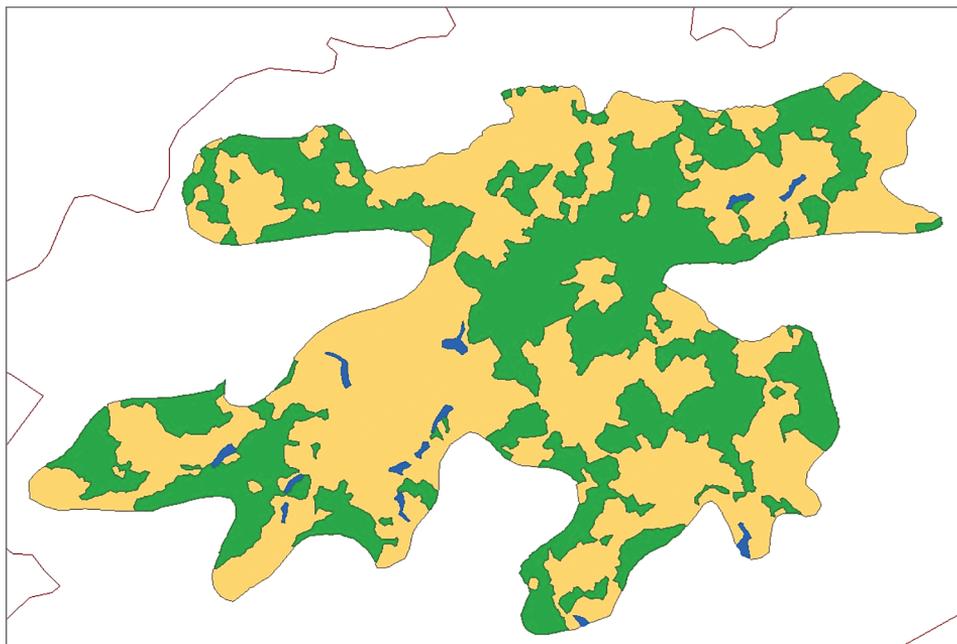


Рис. 9.4. Пример электронной карты основных экотипов

Таким образом, оформленные в легенде три типа экосистем легко читаются, что обеспечивает четкую интерпретацию электронной карты.

Задание

Сформировать электронную карту основных экотипов (вариант соответствует номеру студента в группе).

Вопросы для самопроверки

1. Что означает понятие «таксономическая основа»?
2. Каковы требования к детализации таксономической контурной основы для конкретного района?
3. Какие бывают природные экосистемы?
4. Какие бывают полуприродные экосистемы?
5. Какие характеристики следует учитывать при построении таксономической контурной основы?
6. Почему применение космических мультиспектральных данных оправданно для определения основных типов землепользования?
7. Какова технология подготовки таксономической контурной основы для разбиения на подсистемы согласно способу землепользования?
8. Что такое растрово-векторное преобразование, где оно применяется при решении задач в ГИС?
9. Каким образом в ГИС можно быстро редактировать легенду электронной карты?
10. Какова роль функции слияния по атрибуту в процессе подготовки таксономической контурной основы?

Практическое занятие № 10

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ И СОЗДАНИЕ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КЛАССИФИКАЦИИ РАЗНОВРЕМЕННЫХ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СНИМКОВ

Цель занятия: освоение принципов анализа пространственных данных и создания тематического картографического материала на основе результатов классификации разновременных мультиспектральных снимков на заданную территорию.

При решении различного рода ресурсных задач часто используются результаты классификации мультиспектральных снимков с различных систем космического базирования. Рассмотрим некоторые возможности подготовки картографических продуктов различного содержания по результатам классификации двух разновременных мультиспектральных снимков: со спутниковых сенсоров ETM+ («Landsat-7») за 1999 г. и OLI («Landsat-8») за 2014 г.

Тематическая обработка разновременных снимков предоставляет больше возможности для анализа динамических изменений объектов земной поверхности. Даже при классификации на небольшое количество наиболее точно разделяющихся тематических категорий сравнительный анализ результатов позволяет оценить характер изменений основных типов экосистем (биоценозов) и использовать эти данные для прогнозирования изменений экологической ситуации в последующие годы. При этом на основе одного результата классификации современные геоинформационные технологии позволяют получить серию карт различного содержания.

Постановка задачи и исходные данные

Пространственный анализ разновременных данных ДДЗ в процессе выполнения учебного задания будет выполняться в несколько этапов. Результатом выполнения каждого этапа будет создание отдельной тематической карты (компоновки), отражающей те или иные изменения по представленным на территории объектам землепользования и природным экосистемам. Населенные пункты с промышленными объектами и сельскохозяйственные земли обычно называют полуприродными экосистемами. В дальнейшем вместо термина «экосистема» будем использовать термин «экотип», под которым подразумевается конкретная разновидность экосистемы, отличающаяся какими-либо характеристиками.

Исходными данными для рассматриваемого примера будут служить два варианта классификации изображения Северного Подмосковья на восемь классов, разделяющихся на данном фрагменте наиболее точно. Тем не менее идеальной 100%-ной точности по всему снимку, как правило, добиться не удастся. Для получения более «гладкого» результата при переходе от классифицированных пикселей к контурам, принадлежащим определенным классам, обычно применяют сглаживание окном 3×3 или 5×5 по преобладающему в окне классу. В работе используются прошедшие указанную обработку результаты классификации, а также два исходных изображения («etm-1999.img» и «oli-2014.img»).

Создание карты изменений основных экотипов

В начале работы в пустой проект добавляют результаты тематической классификации: «e-8c-elim.img» (ETM+, 1999 г.) и «o-8c-elim.img» (OLI, 2014 г.) (рис. 10.1). На изображении представлены следующие восемь тематических категорий объектов:

-  Водные объекты
-  Хвойные леса
-  Смешанные леса
-  Взрослые лиственные леса
-  Молодые и рудеральные леса
-  Сельскохозяйственные земли
-  Озелененная застройка (старая и малоэтажная)
-  Застройка без зелени (новостройки, промышленные зоны)

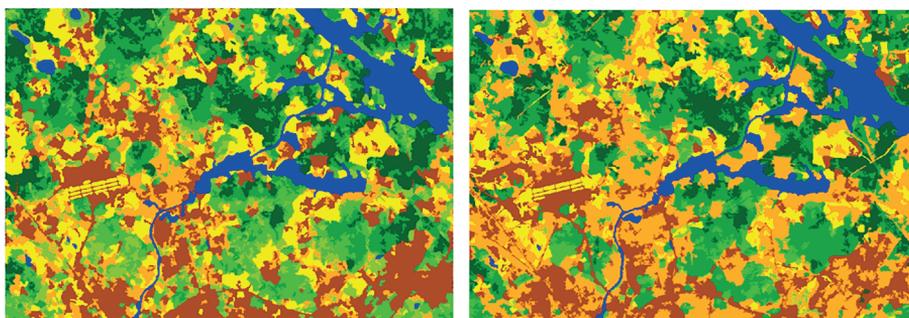


Рис. 10.1. Результаты тематической классификации разновременных космических снимков («e-8c-elim.img» 1999 г. и «o-8c-elim.img» 2014 г.), полученных с платформы OLI на одну территорию

Для работы растровые изображения преобразуются в векторные слои с помощью конвертера из списка инструментов комплекса ArcGIS, вызываемого командой «ArcToolbox». В этом списке находится конвертер «Растр в полигоны/Rasterto Polygon», расположенный в разделе «Конвертация/Conversion

Tools—>Из растра/From Raster». В настройках конвертера задается на входе растровое изображение «e-8c-elim.img», на выходе — шейп-файл «e-8c-elim.shp» с обязательным указанием собственной папки, в которой он будет сохранен. Далее проводится аналогичная операция для изображения «o-8c-elim.img».

Полученный файл «e-8c-elim.shp» добавляется в окно проекта и открывается его таблица атрибутов. Щелкнув ПКМ на заголовке поля «GRIDECODE», отсортируем данные по возрастанию с помощью опции из всплывающего меню. Если в файле есть объекты нулевого класса, их необходимо удалить. Для этого переведем слой в режим редактирования, затем сформируем пространственную выборку по запросу «[GRIDECODE]=0» (функцию запросов можно вызвать из кнопочного меню таблицы) и удалим выделенные объекты. Переведем слой в режим редактирования и удалим выделенные объекты кнопкой «X» в меню таблицы атрибутов.

Далее выйдем из режима редактирования и создадим для слоя легенду, аналогичную растровому результату классификации. Для этого выполняется определенная последовательность операций. В контекстном меню, вызываемом нажатием ПКМ на слое в таблице содержания, выбираем свойства слоя («Properties»). В открывшемся окне переходим на вкладку «Символы/Symbology» и в разделе «Категории/Categories» выбираем тип отображения «Уникальные значения/Unique Values». В графе «Поле значений/Value Field» выбираем поле «GRIDECODE» и нажимаем кнопку «Добавить все/Add All Values». Это активизирует интерфейс задания цветов значений поля в рабочем окне, в котором можно будет без особого труда установить требуемую гамму отображения (рис. 10.2).

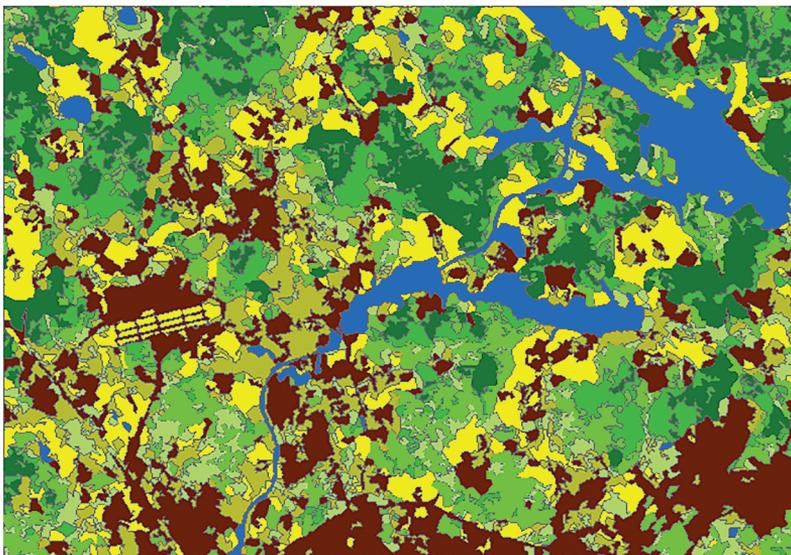


Рис. 10.2. Результирующий векторный «e-8c-elim.shp» слой в соответствии с легендой исходного растрового слоя «e-8c-elim.img»

После этого растровый слой можно удалить из фрейма. Теперь в окне интерфейса построения моделей заменим вход и выход на слоях «o-8c-elim.img» и «o-8c-elim.shp» соответственно. Выполним для второго результата классификации слоя «e-8c-elim.img» все операции, сделанные для предыдущего файла.

Создание слоя локальных изменений

Для того чтобы выделить контуры, в которых изменены экотипы, нужно выполнить пересечение полученных векторных слоев «e-8c-elim.shp» и «o-8c-elim.shp». Для этого будет использоваться функция «Пересечение/Intersect» из меню «Геообработка/Geoprocessing». В графу «Входные объекты/Input Features» внесем растровые слои и присвоим им соответствующие ранги: ранг «1» для слоя «e-8c-elim.shp» и ранг «2» для слоя «o-8c-elim.shp». В графе «Выходные наборы данных/Output Feature Class» задаем расположение и название результирующего файла (рис. 10.3).

В полученном результате имеется большое количество мелких контуров, расположенных преимущественно на границах между классами.

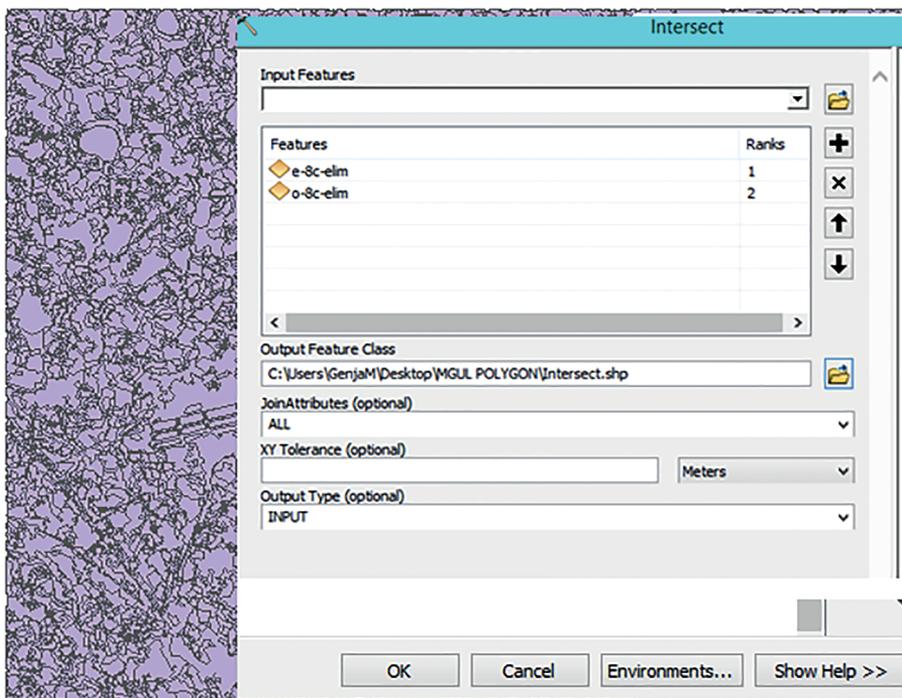


Рис. 10.3. Параметры функции «Intersect» для выделения контуров локальных изменений экотипов и результат ее применения

Частично это обусловлено небольшой разницей в пространственном разрешении снимков, частично — ошибками классификации «переходных» пикселей. Такие контуры в дальнейшей обработке не учитываются, поэтому ограничимся, во-первых, контурами площадью не менее 10 га (100 000 м²), во-вторых, исключим из рассмотрения контуры, близкие по форме к линейным объектам. Для их отбраковки воспользуемся отношением периметра к площади — коэффициентом Риттера. В данном случае это ограничение « $R \leq 0,025$ », т. е. контуры со значениями « $R > 0,025$ » следует удалить.

Для этого откроем таблицу атрибутов слоя выделения контуров локальных измерений и добавим в нее поля «Area», «Perimeter» и «Ritter» с общим для них типом переменной «float». Для полей «Area» и «Perimeter» можно вычислить геометрию через функцию «Вычислить геометрию/Calculate Geometry» в контекстном меню. Поле «Ritter» вычислим как отношение периметра к площади полигона через опцию «Field Calculator» из всплывающего меню, вызываемого щелчком ПКМ на заголовке поля. Формула в калькуляторе значений ячеек этого столбца будет иметь простой вид: «[Perimeter]/[Area]».

Теперь переведем слой «Intersect» в режим редактирования и удалим все контуры, не соответствующие указанным выше ограничениям с помощью кнопки «X» в меню таблицы атрибутов.

Следующим шагом будет удаление всех контуров, которые за 15 лет не изменили своего класса. Для этого через выборку из слоя «Intersect» нужно выделить и убрать все контуры, для которых запрос «GRIDECODE=GRIDECODE1» даст положительный результат. По выполнении этих действий можно выйти из режима редактирования.

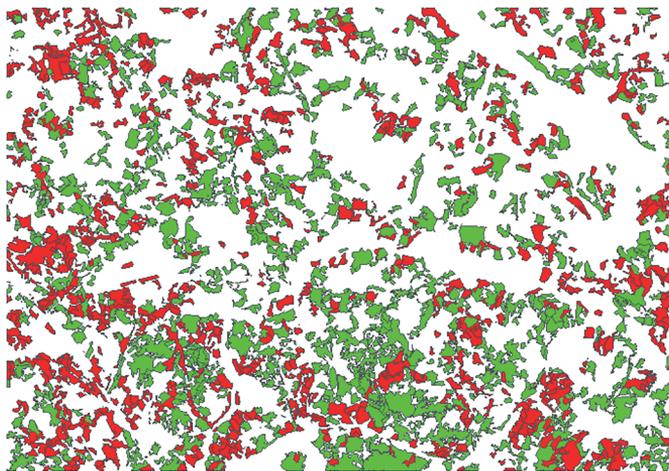


Рис. 10.4. Слой контуров локальных изменений

Следующим шагом будет создание поля, отображающего характер динамики. В соответствии с принятой изначально кодировкой порядковый номер классов в данном случае полностью соответствует «ухудшению» экотипа с увеличением номера класса. Следовательно, условие «GRIDECODE<GRIDECODE1» соответствует ухудшению экотипа, а обратное ему условие «GRIDECODE>GRIDECODE1» — его улучшению.

Добавим в таблицу атрибутов слоя поле «Dynamic» типа «ShortInteger». Сформируем выборку по условию «GRIDECODE<GRIDECODE1» и через калькулятор поля «Dynamic» присвоим выбранным элементам поля значение -1 . Затем переключим выборку с помощью ПКМ и остальным элементам поля (соответствующим условию «GRIDECODE>GRIDECODE1») присвоим значение 1 .

Завершающим действием на данном этапе работы будет создание легенды для итогового слоя электронной карты (рис. 10.4).

На данной карте (см. рис. 10.4) площади с положительной динамикой будут отмечены зеленым цветом, а площади с отрицательной — красным.

Компоновка электронной карты

Для создания наглядной компоновки добавляем в таблицу содержания исходное изображение ETM+ за 1999 г. «etm-1999.img» и помещаем его под созданный слой в качестве подложки. Чтобы приблизить цвета изображения к естественным, заходим из меню на ПКМ в свойства слоя и в закладке «Символы/Symbology» устанавливаем для RGB-композиции следующие слои (каналы): «RED=3, GREEN=2, BLUE=1».

Изменяем легенду поля «dynamic» на непрозрачную штриховку соответствующей раскраски, переходим в режим компоновки — в главном меню «Вид/View — Вид компоновки/Layout View» и оформляем карту, используя знания, полученные в практическом занятии № 9.

При создании легенды в диалоге «Мастер легенды/Legend Wizard» следует внести в графу «Пункты легенды/Legend Items» только интересующий нас слой изменений экологической ситуации. В следующем окне нужно задать размер контура фрейма легенды равный 0.1 point.

Содержание легенды пока не изменяется. Стилистика легенды тоже остается без изменений. Полученная легенда недостаточно эстетична и информативна, поэтому ее оформление отработать следует, дважды нажав на нее ЛКМ.

В открывшемся окне в закладке «Общие/General» изменяется титул легенды, а в графе «Пункты легенды/Items», нажав на кнопку «Стиль/Style», в открывшемся меню выбирается подходящий тип отображения легенды, который не будет отображать ранжирование по полю «dynamic» (рис. 10.5).

Изменение экологической ситуации на территории Северного Подмоскья за 15 лет (1999–2014 гг.)

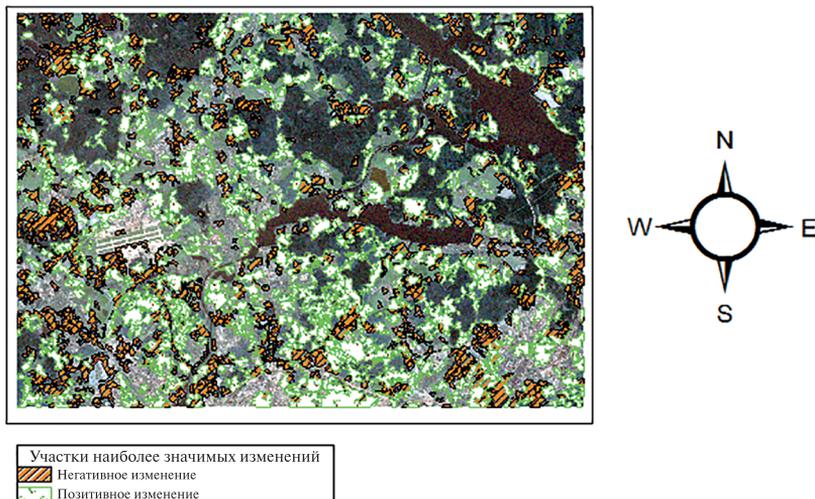


Рис. 10.5. Компоновка итогового картографического материала

Для изменения описания объектов карты в легенде нужно зайти в свойства («Свойства/Properties») из контекстного меню слоя, на основе которой она создается, и в разделе «Символы/Symbology» в графе «Label» вписать нужную информацию.

Анализ характера изменений экологической ситуации и его картографирование

Для выполнения анализа перейдем в режим редактирования уже отредактированного слоя «Intersect» (контуры изменений) по избыточности изменений, и удаляем из него водные объекты («GRIDCODE=1»), не рассматривая их, поскольку изменения могут носить сезонный характер. После этого выходим из режима редактирования.

Для дальнейшего анализа рассмотрим семь категорий изменений: три — в положительную сторону (улучшение качества экотипа) и четыре — в отрицательную (ухудшение качествам экотипа).

Создадим в таблице атрибутов слоя «Intersect» поле «Class_code» (тип «shortinteger») и поле «Class_name» (тип «text», длина 100). Теперь с помощью выборки по атрибуту и калькулятора поля присваиваем последовательно каждой новой выборке объектов коды и наименования соответствующих классов (табл. 10.1).

Создаем новый фрейм данных в таблице содержания. Активизируем его и присваиваем имя «Анализ данных». В новый фрейм данных добавляем

векторный слой «e-8c.shp». Будем использовать его в качестве фона для отображения изменений. Поскольку имеем семь различных типов изменений, лучше использовать в фоновом слое минимальное количество классов. Тогда карта будет нагляднее. Поэтому сначала объединяем восемь классов в четыре основные категории: «вода», «леса и кустарники», «сельхозугодия», «застройка».

Таблица 10.1

Коды и наименования объектов новой выборки

Изменение	Условие отбора
<i>Изменения в лучшую сторону</i>	
Естественный рост лесов	(«GRIDCODE»<6)AND («GRIDCODE_1»<«CRIDCODE»)
Заращение пустошей	(«GRIDCODE»<6)AND («GRIDCODE_1»<«CRIDCODE»)
Увеличение степени озелененности застройки	(«GRIDCODE»>6)AND («GRIDCODE_1»<«CRIDCODE»)
<i>Изменения в худшую сторону</i>	
Убыль коренных пород в результате природных процессов	(«GRIDCODE_1»<5) AND(«GRIDCODE_1»>«CRIDCODE»)
Вырубка леса или расчистка после пожаров	((«GRIDCODE_1»=6)OR(«GRIDCODE_1»=5)) AND(«GRIDCODE_1»>«CRIDCODE»)
Строительство коттеджей, дач и рекреационных объектов	(«GRIDCODE_1»=7) AND(«GRIDCODE_1»>«CRIDCODE»)
Строительство многоэтажных жилых комплексов и торгово-промышленных объектов	(«GRIDCODE_1»=8) AND(«GRIDCODE_1»>«CRIDCODE»)

Для указанных категорий добавляем в таблицу атрибутов этого слоя поле «Main_class» (тип «text», длина 50). Затем формируем выборки по всем перечисленным выше категориям и присваиваем каждой выборке соответствующее название в поле «Main_class». Назовем слой «Основные категории землепользования» и создадим легенду карты, как на рис. 10.6. Все лишние элементы легенды нужно отключить или удалить.

Добавим в этот же фрейм данных слой «intersect», назовем его «Основные типы изменений». Для него создадим легенду по полю «Class_name». Положительные изменения экотипа представим сплошной заливкой соответствующего цвета без контура, отрицательные — различной (точки, линии и т. п.) штриховкой (рис. 10.7).

Основные категории землепользования

- Вода
- Застройка
- Леса и кустарники
- Сельхозугодья

Рис. 10.6. Легенда для карты категорий землепользования



Рис. 10.7. Слой контуров изменений по классам

Таким образом, используемые основные цвета и их оттенки позволяют отразить произошедшие естественные или рукотворные изменения ландшафтов.

Задание

Скомпоновать карту изменений экологической ситуации по классам (вариант соответствует номеру студента в группе).

Вопросы для самопроверки

1. Что такое «экотип»?
2. На основании каких данных создана карта изменений основных экотипов? Как их получили?

3. Какие объекты относят к категории полуприродных экосистем?
4. Какие экотипы наиболее надежно выделяются по мультиспектральным снимкам?
5. Какие данные являются основой для построения карты экотипов?
6. В каких целях в процессе обработки результатов классификации ДДЗ Земли применяют сглаживание скользящим окном определенного размера?
7. Какую подложку для пространственной информации об изменениях экотипов следует выбрать и почему?
8. Какие особенности необходимо учитывать при разработке легенды карты изменений экотипов?
9. Что такое коэффициент Риттера и для чего он используется?
10. Какие этапы включает в себя процедура построения карты характера изменений экотипов за заданный промежуток времени?

Практическое занятие № 11

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕДАКТОРА МОДЕЛЕЙ В ГИС ДЛЯ АЛГОРИТМИЗАЦИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ БАЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

Цель занятия: ознакомление с конструктором моделей в ГИС для автоматизации цепочек простых операций.

Конструктор моделей «Model Builder», или моделлер, — это инструмент, позволяющий создавать полностью автоматизированные элементы технологий с использованием процедур и функций (инструментов), содержащихся в библиотеке программного продукта ArcMap. Модель — это последовательность взаимосвязанных инструментов и данных, причем результаты работы одного инструмента поступают на вход другого. Сохранив модель, ее можно в дальнейшем использовать, в том числе как инструмент, т. е. как отдельное технологическое решение и как элемент другого технологического решения, реализуемого также в автоматическом режиме.

Конструктор моделей можно рассматривать как визуальный язык программирования для построения рабочих процессов. Для разработки новых программно-технических решений редактор моделей не требует знания языка Python, доступен любому пользователю приложения ArcMap, знакомому с инструментарием пакета. Более того, готовые модели сокращают затраты на разработку ГИС-проектов и позволяют расширить круг специалистов, использующих анализ пространственных данных в прикладных областях.

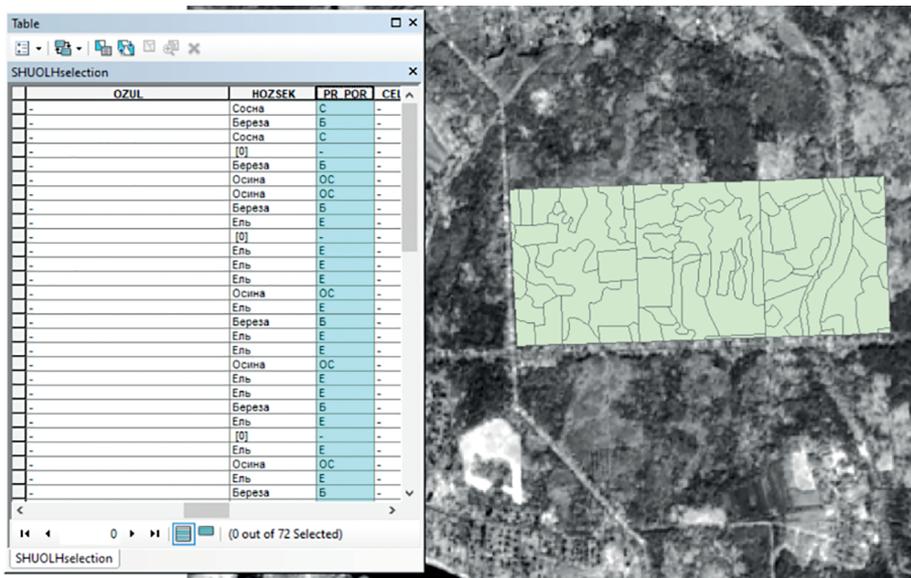
Конструктор моделей можно использовать для интеграции комплекса ArcGIS с другими приложениями*.

Загрузка исходных данных и их предварительный анализ

В проект ГИС загружаются отдельные растровые слои «sent2b_b03.tiff», «sent2b_b04.tiff» и «sent2b_b08.tiff», которые были получены посредством съемки с космического мультиспектрального сенсора, установленного на спутниковой платформе «Sentinel-2b» («зеленый», «красный» и «БИК» (ближний инфракрасный) зоны спектра соответственно).

* Более подробно с возможностями моделлера можно ознакомиться по ссылке <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/analyze/modelbuilder/what-is-modelbuilder.htm>

Кроме того, в проект загружается векторный слой электронной карты «SHUOL Hselection.shp» с выборкой лесных кварталов на территорию Щёлковского учебно-опытного лесхоза МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал). Откроем его таблицу атрибутов (рис. 11.1).



OZUL	HOZSEK	PR	POR	CEI
-	Сосна	С	-	-
-	Береза	Б	-	-
-	Сосна	С	-	-
-	[0]	-	-	-
-	Береза	Б	-	-
-	Осина	ОС	-	-
-	Осина	ОС	-	-
-	Береза	Б	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	[0]	-	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	Осина	ОС	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	Береза	Б	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	Осина	ОС	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	Береза	Б	-	-
-	[0]	-	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	Осина	ОС	-	-
-	Ель	Е	-	-
-	Береза	Б	-	-

Рис. 11.1. Растровые слои каналов космической съемки и векторные слои карты лесных выделов

В колонке «PR_POR» имеется информация о преобладающей породе по выделам этих лесных кварталов.

Создание фрагмента модели, собирающего отдельные растровые слои в единое мультиспектральное изображение

Запустим редактор моделей комплекса ArcGIS, используя команду «Редактор моделей/Model Builder» и набор инструментов «ArcToolbox». За объединение отдельных каналов в гиперкуб в комплексе ArcGIS отвечает команда, расположенная по адресу: «Data Management Tools—>Raster—>Raster Processing—>Объединить каналы/Composite Bands». Перенесем ее в рабочее пространство создаваемой модели мышью. Откроем компонент «Composite Bands» этого элемента (прямоугольный примитив) и настроим его таким образом, чтобы создаваемое изображение было сформировано на основе загруженных в проект трех слоев по каналам космической съемки. Выберем место и название («multiband») для создаваемого в результате работы инструмента растрового изображения (рис. 11.2).

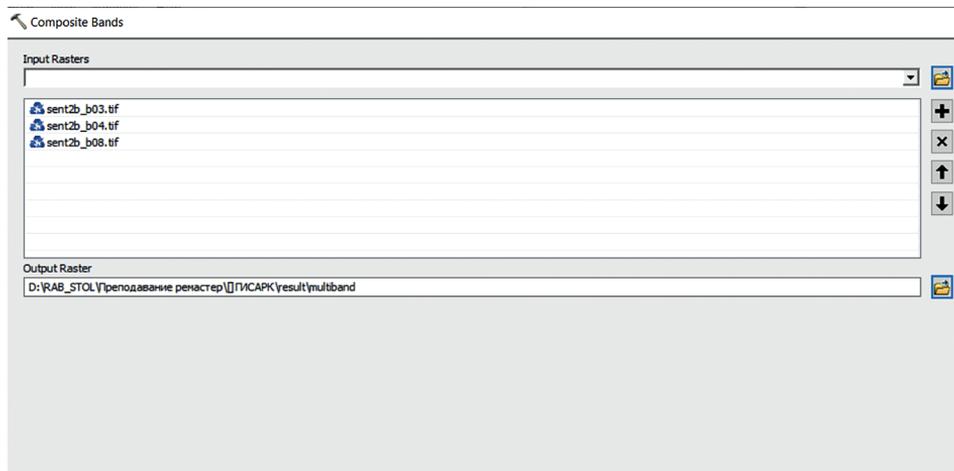


Рис. 11.2. Окно настройки параметров инструмента объединения каналов в единое изображение

Элементы фрагмента модели получают цветовую раскраску, означающую, что данное построение функционально и выполнимо. Запустим фрагмент модели, убедимся в том, что он работает корректно, и откроем в рабочем окне проекта ГИС полученную карту (рис. 11.3).

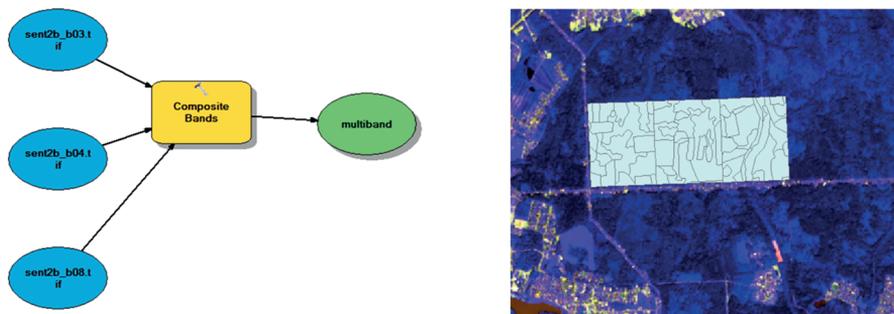


Рис. 11.3. Общий вид фрагмента модели и результат его выполнения

Разработка фрагмента модели с заданным индексным изображением

Конструктор моделей комплекса ArcGIS позволяет интегрировать в создаваемые конструкции алгоритмов контекстные функции. Попробуем автоматизировать создание простого вегетационного индекса «Simple Ratio» (формула: « $SR = NIR/R$ ») на основе имеющихся в проекте слоев космической съемки.

Добавим в модель инструмент калькулятора растров, расположенный в наборе инструментов по адресу «Spatial Analysis—>Map Algebra—>Raster Calculator». В командной строке данной функции сформируем запрос (рис. 11.4) таким образом, чтобы индекс «Simple Ratio» создавался на основе загруженных в проект растровых данных: «sent2b_b08 — как NIR, sent2b_b04 — как RED».

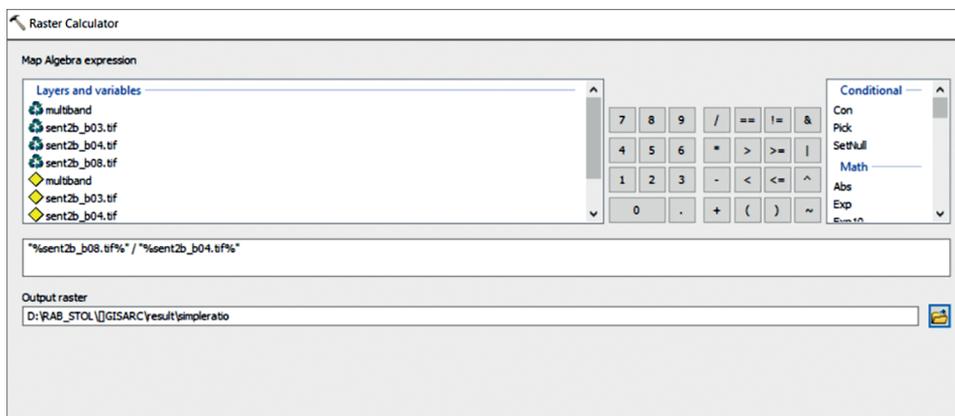


Рис. 11.4. Окно настройки параметров инструмента калькулятора растров

Аналогично предыдущему шагу запустим модель и добавим в проект ГИС (рис. 11.5) изображение вегетационного индекса «Simple Ratio».

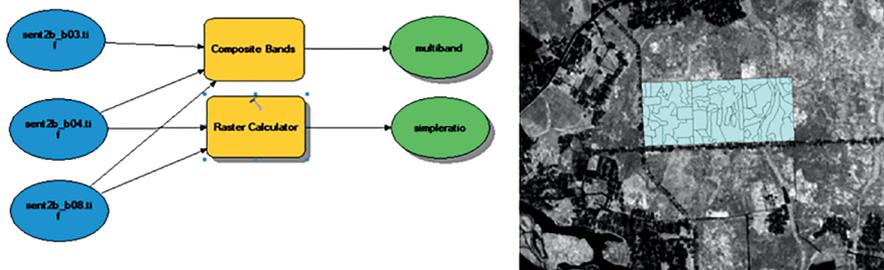


Рис. 11.5. Общий вид фрагмента модели и результат его выполнения

Таким образом, слои космической съемки позволили автоматически сформировать индекс «Simple Ratio».

Создание фрагмента модели, извлекающего по атрибуту заданные объекты из векторного слоя электронной карты

Часто в процессе геоинформационного анализа или моделирования на основе растровых данных приходится модифицировать и обрабатывать векторные слои. Если такая обработка не предполагает сложные логические операции или экспертную оценку со стороны оператора ГИС, то ее можно автоматизировать в качестве еще одного элемента модели.

Создадим фрагмент модели, который будет извлекать в отдельный векторный слой выделы, относящиеся к высокому классу пожарной опасности: «Еловые насаждения», относящиеся по типу лесорастительных условий к группе «С1» (сухие), по возрасту — к «Молодняки второй группы».

Добавим в модель инструмент выбора объектов «Analysis Tools—>Extract—>Select». В его командной строке нужно написать простой SQL-запрос (рис. 11.6), который будет отбирать лесные выделы по перечисленным выше параметрам. Данный запрос будет иметь следующий вид:

«"PR_POR" = 'E' and «TLU» = 'C1' and «AGR» = 'Молодняки второй группы'».

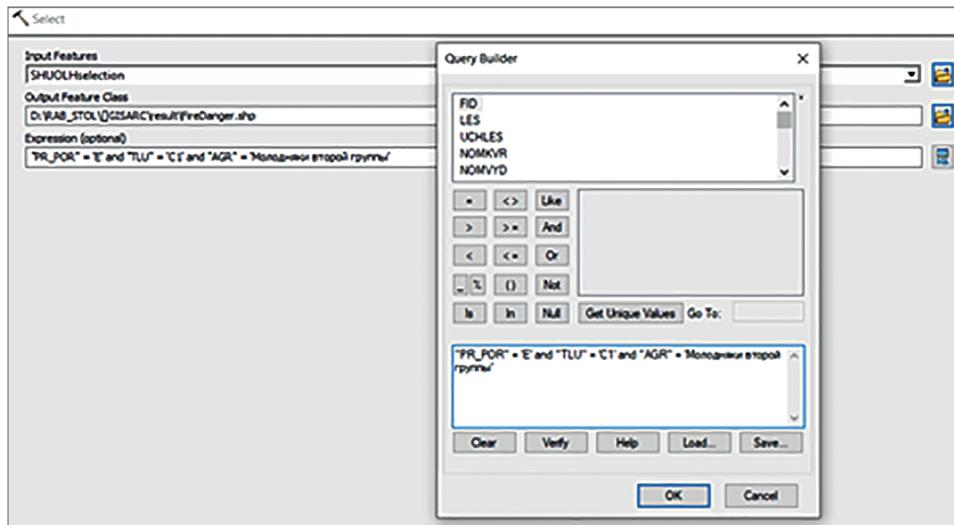


Рис. 11.6. Окно настройки параметров инструмента отбора векторных объектов по заданному критерию

Получен результат в виде отображенных локаций повышенной пожарной опасности (рис. 11.7).

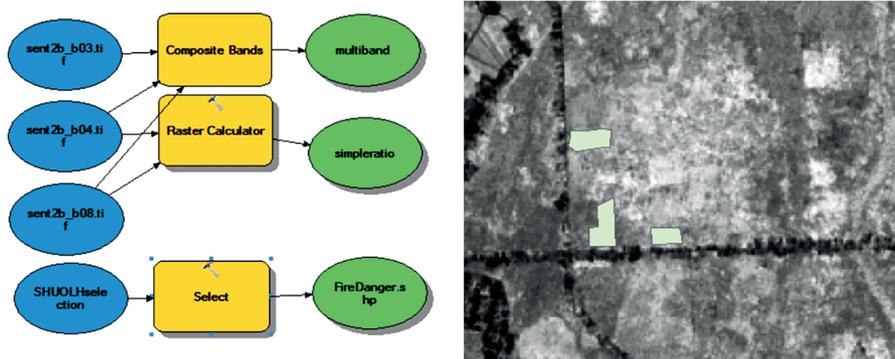


Рис. 11.7. Общий вид фрагмента модели и результат его выполнения

Таким образом, аналогично предыдущему шагу модель запущена и добавлена в проект ГИС.

Создание фрагмента модели, выполняющего расчет среднего значения вегетационного индекса на отобранных локациях

Имея в проекте основу для анализа (растровый слой вегетационного индекса, значение которого коррелирует с общей зеленой биомассой) и выборку зон интереса (потенциально пожароопасные участки), можно провести геоинформационный анализ посредством расчета зональной статистики.

Добавим в модель инструмент расчета зональной статистики с представлением результата в виде таблицы «Spatial Analyst Tools—>Zonal—>Zonal Statistics as Table». Настроим инструмент таким образом (рис. 11.8), чтобы расчет зональной статистики выполнялся на основе создаваемого ранее изображения вегетационного индекса по принципу математической середины («MEAN»), а в графе поля зоны стояло значение «FID».

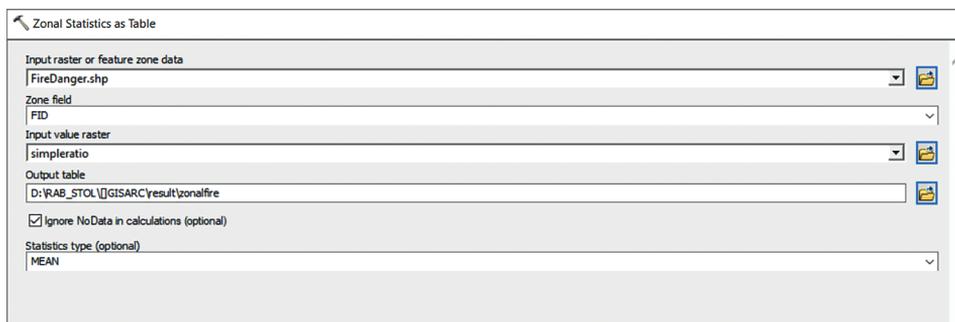


Рис. 11.8. Окно настройки параметров инструмента расчета зональной статистики

Получаем окончательный вариант модели (рис. 11.9).

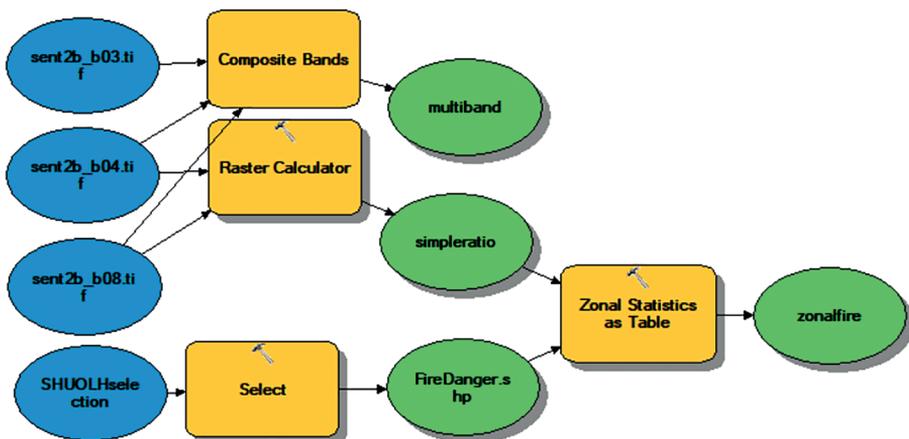


Рис. 11.9. Итоговый вид модели

Аналогично предыдущему шагу запускается модель, и результат ее работы добавляется в виде таблицы в проект ГИС.

Визуализация результата

Результат расчета зональной статистики, имеющий вид таблицы, не всегда удобен для интерпретации, поэтому представленные значения часто присоединяются к векторным объектам электронной карты по ключевому

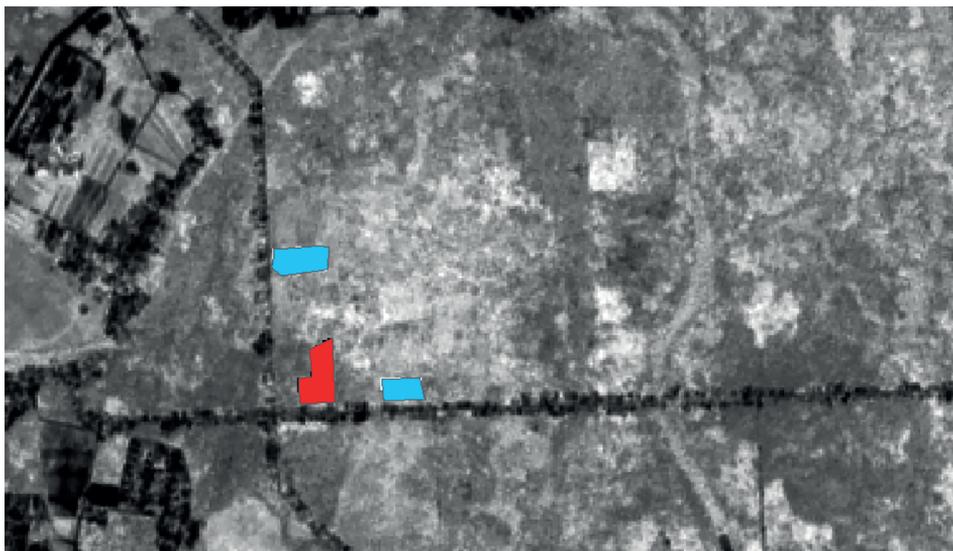


Рис. 11.10. Итоговый вид результата

полю. Присоединим полученную таблицу («Joins and Relates» из контекстного меню операций со слоем) к векторному слою с выделами повышенной пожарной опасности и зададим легенду для карты отображения, как показано на рис. 11.10, чтобы все выделы со средним значением индекса до 12 отображались красным цветом, а все прочие объекты — синим. Выделы, окрашенные в красный цвет, относятся к сравнительно более пожароопасным для своего класса, поэтому при проектировании профилактических противопожарных мероприятий следует уделять им особое внимание.

Задание

Обновите созданную модель дополнительным модулем, который будет выделять древостой заданных пород и категорий возрастов в отдельный векторный слой электронной карты.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое конструктор (редактор) моделей в ГИС?
2. Что означает понятие «модель» в конструкторе моделей в ГИС?
3. Можно ли передавать созданные модели другим пользователям? Обоснуйте ответ.
4. Можно ли рассматривать редактор моделей как язык программирования?
5. Каковы преимущества подхода работы в ГИС, опирающегося на использование моделей?
6. Какая функция в ГИС отвечает за создание многозонального изображения из отдельных каналов съемки? Что служит исходными данными и каков результат?
7. Каким образом в ГИС можно создать вегетационный индекс и автоматизировать эту операцию на уровне модели? Каким образом ее придется редактировать, если целевой индекс для создания изменится?
8. Каким образом можно автоматизировать построение SQL-запросов в создаваемых моделях?
9. Какую зональную статистику можно получать в ГИС в виде таблицы и каким образом можно визуализировать полученный результат?
10. Каким образом можно сохранить полученную модель для дальнейшего использования?

Практическое занятие № 12

ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON И ВЫПОЛНЕНИЕ С ЕГО ПОМОЩЬЮ БАЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ ПО СОЗДАНИЮ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОМУ АНАЛИЗУ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ В ГИС

Цель занятия: освоение прикладного применения среды Python для обработки данных в ГИС на примере решения задачи создания вегетационного индекса в программе ArcMap.

Язык Python является независимым межплатформенным открытым языком программирования, быстрым, мощным и легким в освоении. Он широко используется и активно поддерживается создателями.

Язык Python появился в комплексе ArcGIS версии 9.0. С тех пор он использовался в качестве одного из языков для написания скриптов, содержащих процессы геообработки; область его применения продолжает расширяться. Каждый выпуск расширял возможности Python и делал его использование все более удобным для решения задач, связанных с обработкой геопространственной информации.

Язык Python распространяется на всю систему ArcGIS, превращаясь в язык анализа, преобразования данных, автоматизации картографических процессов, позволяет увеличить производительность этих работ.

Приложения и скрипты системы ArcGIS написаны с использованием библиотеки ArcPy, что позволяет получить доступ к многочисленным модулям языка Python, разработанным пользователями ГИС и программистами, работающими в различных отраслях. Еще одно преимущество использования модулей ArcPy в среде Python заключается в том, что он является универсальным языком программирования, который легко освоить, позволяет работать в режиме интерпретации, что дает возможность быстро моделировать и проверять скрипты в интерактивной среде, а также поддерживает возможность написания больших приложений.

Очень часто во время обработки ДДЗ Земли возникает необходимость выполнять математические операции над растрами в целях создания специальных комбинационных изображений, к которым относятся вегетационные индексы. Подобного рода задачи на больших объемах данных удобно решать с использованием написанных в среде Python скриптов.

Вегетационные индексы — линейные и нелинейные комбинации каналов, связанные с определенными биофизическими и биохимическими показателями состояния растительного покрова. Всего на текущий момент таких

индексов существует более 300. В зависимости от назначения индексы подразделяют на следующие группы:

- общие (мультипликативные);
- предназначенные для анализа пигментного состава растительной клетки;
- предназначенные для анализа биохимического состава растительной клетки;
- водные;
- предназначенные для оценки стрессового состояния растения.

Для анализа состояния растительности и оценки стрессового состояния часто используются группы различных индексов.

В красной области растительного спектра лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области находится область максимального отражения клеточных структур листа. Высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной. Взаимоотношения этих показателей позволяют четко отделять растительные объекты от прочих природных объектов и анализировать их.

Создание комбинации каналов «псевдоцвета»

Многозональные и гиперспектральные данные, полученные с различной аппаратуры авиационного и космического базирования, представляют собой набор каналов, регистрирующих информацию об объектах местности в определенных спектральных зонах с известными характеристиками. Задачу объединения этих отдельных каналов в единый массив данных для удобства обработки часто должны решать инженеры-тематики. Рассмотрим ход ее решения с использованием языка программирования Python.

Воспользуемся тремя фрагментами изображения с аппаратуры Hyperion (спутник EO-1), полученными в зеленом, красном и ближнем инфракрасном (БИК) диапазонах: «forestgreen.img», «forestred.img», «forestnir.img» (рис. 12.1). Откроем эти файлы в новом проекте.

За выполнение объединения каналов в опции «ArcToolBox» отвечает функция «Объединить каналы/Composite bands», расположенная в разделе «Управление данными/Data Management Tools—>Растр/Raster—>Обработка раstra/Raster Processing». Уточнить общий принцип работы этой операции и код иницилирующего ее скрипта можно, нажав на окно функции «Tool Help», а также при необходимости текст скопировать в рабочее окно «Python».

В шаблон функции включены следующие функции и файлы (рис. 12.2): «env.workspace» — функция определяет рабочую папку, из которой берут данные и в которой формируется конечный результат;

«arcpy.Composite Bands_management» — функция библиотеки, которая иницируется при выполнении скрипта;

В результате будет получена стандартная комбинация «псевдоцветов» (рис. 12.4). Растительность отображается в оттенках красного, городская застройка — зелено-голубыми оттенками, а цвет почвы варьирует от темно-до светло-коричневого, лед, снег и облака — белые или светло-голубые, хвойные леса — более темно-красные или даже коричневые по сравнению с лиственными. Эта комбинация очень популярна и используется главным образом для изучения состояния растительного покрова, мониторинга дренажа и почвенной «мозаики», а также для анализа состояния сельскохозяйственных культур.

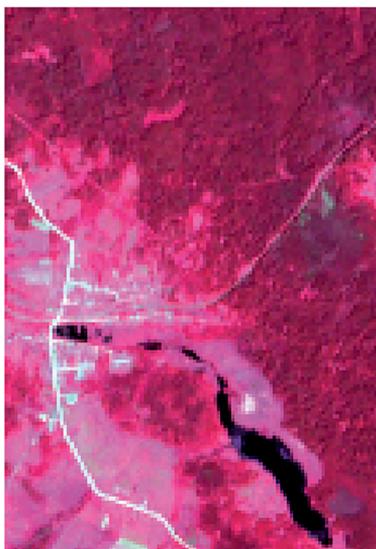


Рис. 12.4. Комбинация каналов
в «псевдоцветах»

Данный скрипт будет полезен при работе с гиперспектральными данными, так как позволяет повысить скорость процесса объединения многих слоев.

Создание рабочей «сцены для заданной территории»

Очень часто при работе с данными ДЗЗ приходится удалять избыточную информацию, вырезая определенные территории интереса. Рассмотрим решение этой задачи.

За выполнение операции в базовом интерфейсе отвечает функция «Вырезать/Clip», расположенная в разделе «Управление данными/Data Management Tools—>Растр/Raster—>Обработка растра/Raster Processing». Уточнить общий принцип работы этой операции и код иницилирующего ее

скрипта можно, нажав на окно функции «Tool Help», и при необходимости скопировать ее в рабочее окно «Python».

Общий вид шаблона функции имеет вид, как показано на рис. 12.5, где цифрами определяют граничные значения, по которым будет вырезаться интересующая оператора «сцена» в системе координат слоя. Последовательность значений имеет вид X_{\min} , Y_{\min} , X_{\max} , Y_{\max} . Вырежем «сцену», ограниченную координатами со следующими значениями: с севера = -230 (Y_{\max}), с юга = -300 (Y_{\min}), с запада = 20 (X_{\min}), с востока = 105 (X_{\max}). Путь «c:/data/clip.gdb/clip01» будет определять имя и положение результирующего файла. Предлагается по умолчанию записывать его в геоинформационную базу данных (ГБД).

```
import arcpy
arcpy.Clip_management("c:/data/image.tif", "1952602 294196 1953546 296176",
                     "c:/data/clip.gdb/clip01", "#", "#", "NONE")
```

Рис. 12.5. Общий вид (шаблон) функции «Clip»

В рассматриваемой задаче частный скрипт будет иметь следующий вид (рис. 12.6).

```
>>> import arcpy
... arcpy.Clip_management("c:/Polygon/pseudocolors.tif", "20 -300 105 -230",
...                       "c:/data/clip04.tif", "#", "#", "NONE")
```

Рис. 12.6. Частный вид функции «Clip»

В результате из исходного изображения будет вырезана «сцена» по заданным координатам (рис. 12.7).

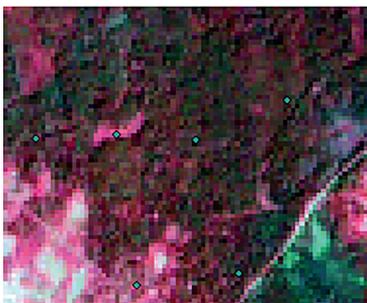


Рис. 12.7. Результат работы функции «Clip»

Таким образом, инструмент «Clip» позволяет осуществить обрезку или вырезать из рабочего слоя интересующую часть, используя входной слой и слой, по которому следует работать.

Расчет вегетационного индекса Simple Ratio

Очень часто при работе с лесопокрытыми территориями приходится прибегать к построению различного рода вегетационных индексов. Создадим простейший вегетационный индекс Simple Ratio (SR), который называют относительным вегетационным индексом (ОВИ). Значения индекса изменяются от 0 до бесконечности. Для зеленой растительности значения $SR > 1$ и возрастают с увеличением зеленой фитомассы или сомкнутости растительности. Данный ОВИ вычисляется по формуле

$$SR = \frac{NIR}{RED},$$

где NIR и RED — вегетационные линии.

Для того чтобы построить индексное изображение, нужно разделить данные канала БИК («forestnir.img») на данные «красного» канала («forestred.img»). За выполнение этой операции в базовом интерфейсе отвечает функция «Разделить/Divide», расположенная в наборе инструментов «Пространственный анализ/Spatial Analyst—>Math/Математические». Уточнить общий принцип работы этой операции и код иницилирующего ее скрипта можно, нажав окно функции «Tool Help», и при необходимости скопировать текст в рабочее окно «Python».

Общий вид шаблона функции имеет вид, как показано на рис. 12.8, где файлы «degs» и «negs» будут определять делимый и делящий растры соответственно. Среда «env.workspace» определяет рабочую папку с исходниками, а среда «outDivide.save» — положение и наименование результирующего файла.

```
import arcpy
from arcpy import env
from arcpy.sa import *
env.workspace = "C:/sapyexamples/data"
outDivide = Divide("degs", "negs")
outDivide.save("C:/sapyexamples/output/outdivide2")
```

Рис. 12.8. Общий вид функции Divide

В рассматриваемом случае частный скрипт будет иметь следующий вид (рис. 12.9).

```
>>> import arcpy
... from arcpy import env
... from arcpy.sa import *
... env.workspace = "C:/Polygon"
... outDivide = Divide("forestnir.img", "forestred.img")
... outDivide.save("C:/Polygon/SR1.tif")
```

Рис. 12.9. Частный вид функции «Divide», посредством которой рассчитывается вегетационный индекс

В результате работы скрипта будет построено изображение вегетационного индекса SR (рис. 12.10).

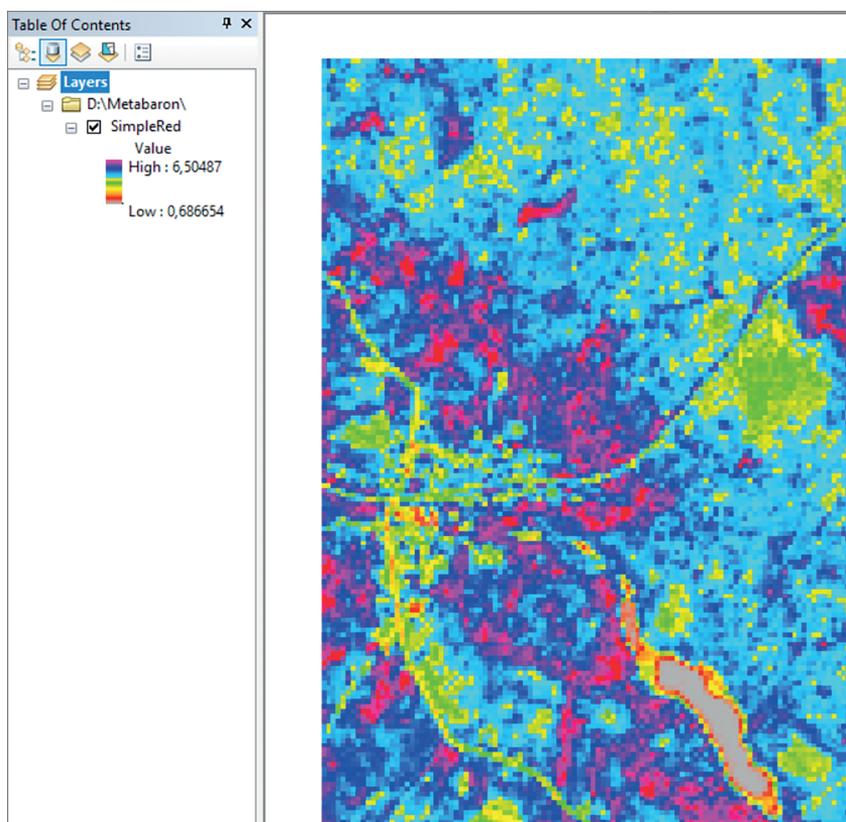


Рис. 12.10. Изображение вегетационного индекса Simple Ratio Vegetation Index

Его свойства отображения можно отредактировать с помощью раздела «Символы/Symbology» контекстного меню слоя для улучшения визуального восприятия и анализа.

Получение значений индекса SR в заданных точках интереса

При работе с вегетационными индексами возникает задача по извлечению их значений в заданных точках пространства в целях проведения дальнейшего анализа (корреляционного, дисперсионного, регрессионного). Подобную задачу удобно решать в автоматическом режиме. За выполнение этой операции в базовом интерфейсе отвечает функция «Извлечь по точкам/Extract Values To Points», расположенная в разделе «Пространственный анализ/Spatial Analyst—>Извлечение/Extraction». Уточнить общий принцип работы этой операции и код иницилирующего ее скрипта можно, нажав окно функции «Tool Help» и при необходимости скопировать текст в рабочее окно «Python».

Общий вид шаблона представлен на рис. 12.11, где среда «env.workspace» определяет рабочую папку, из которой берут исходные данные. «Extract Values To Points» — оператор извлечения значений, среда «rec_sites.shp» — SHAPE-файл с точками интереса, сервис «elevation» — растровое изображение, «C:/sapexamples/output/out Val Points» — положение и наименование результирующего файла, «INTERPOLATE» и «VALUE_ONLY» — параметры извлечения.

```
import arcpy
from arcpy import env
from arcpy.sa import *
env.workspace = "C:/sapexamples/data"
ExtractValuesToPoints("rec_sites.shp", "elevation",
                     "C:/sapexamples/output/outValPnts", "INTERPOLATE",
                     "VALUE_ONLY")
```

Рис. 12.11. Общий вид функции «Извлечь по точкам/Extract Values To Points»

В рассматриваемом случае частный скрипт будет иметь следующий вид (рис. 12.12).

```
>>> import arcpy
... from arcpy import env
... from arcpy.sa import *
... env.workspace = "C:/Polygon"
... ExtractValuesToPoints("New_Shapefile.shp", "SR1.tif",
...                       "C:/Polygon/values", "INTERPOLATE",
...                       "VALUE_ONLY")
```

Рис. 12.12. Частный вид функции «Extract Values To Points»

В результате работы скрипта будет создан SHAPE-файл, в таблице атрибутов которого напротив каждой точки интереса будет стоять соответствующее значение вегетационного индекса SR (рис. 12.13).

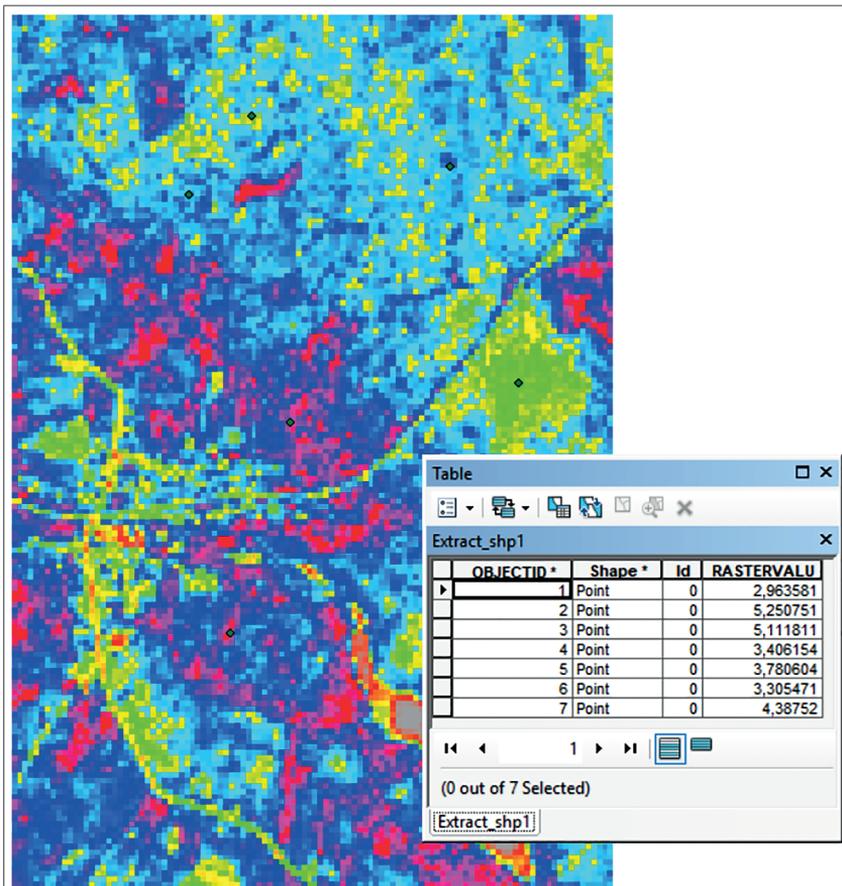


Рис. 12.13. Значения вегетационного индекса SR в заданных точках

Значения индекса SR изменяются от нуля до бесконечности.

Задание

Построить средствами библиотеки ArcPy вегетационный индекс BRI на заданную территорию и получить его значения в точках интереса (вариант соответствует номеру студента в группе). Использовать следующую формулу:

$$BRI = \frac{R_{450}}{R_{690}},$$

где R_{450} и R_{690} — растровые изображения в соответствующих спектральных каналах (нм).

Вопросы для самопроверки

1. При решении какого рода задач применение встроенного языка Python способно повысить эффективность работы?
2. Что такое ArcPy?
3. Что означает понятие «вегетационный индекс»?
4. На какие группы подразделяются вегетационные индексы?
5. Каким образом можно решить задачу построения индекса с известной формулой средствами библиотеки ArcPy?
6. Каким образом задается размер вырезаемой «сцены» при использовании функции «Clip»? Какие координаты при этом используются?
7. Каким образом, используя средства библиотеки ArcPy, получить значения индекса в точках интереса?
8. Зачем каналы многозональной/гиперспектральной съемки объединяют в единый массив? Можно ли не выполнять эту операцию при создании вегетационных индексов?
9. Какое выражение используют для вычисления индекса «Simple Ratio»? Какие переменные оно содержит?
10. В каком виде использование команды «Extract Values To Points» представляет значения растрового файла в точках интереса?

Литература

Гусев С.И. Геоинформатика. Обработка аэрокосмических изображений Земли: учебное пособие / С.И. Гусев [и др.]. М.: КУРС, 2021. 309 с.

Ковальчук А.К., Шайтура С.В. Основы геоинформационных систем: учебник для вузов. М.: Рудомино, 2009. 209 с.

Грузинов В.С. Создание цифровой копии фрагмента топоосновы с применением программного комплекса «Нева»: методические указания для лабораторного практикума по учебным дисциплинам «Геоинформационные системы и технологии», «Проектирование и эксплуатация природно-ресурсных ГИС». М.: Изд-во МИИГАиК, 2010. URL:<http://miigaik.ru/vtiaoai/tutorials/11.pdf> (дата обращения 12.02.2023).

Чабан Л.Н. Методы и алгоритмы распознавания образов в автоматизированном дешифрировании данных дистанционного зондирования Земли: учеб. пособие. М.: Изд-во МИИГАиК, 2017. URL: <http://old.miigaik.ru/vtiaoai.miigaik.ru/posobiya/20180305154704-8634.pdf> (дата обращения 12.02.2023).

Содержание

Предисловие	3
Список принятых сокращений	5
Введение	6
<i>Практическое занятие № 1. Начало работы с ГИС. Интерактивная карта и компоновка картографического материала</i>	9
Задание	18
Вопросы для самопроверки	18
<i>Практическое занятие № 2. Приведение наборов растровых данных к единой системе пространственных координат в ГИС</i>	19
Задание	29
Вопросы для самопроверки	29
<i>Практическое занятие № 3. Масштабы, слои и запросы при работе с цифровыми картами</i>	30
Задание	38
Вопросы для самопроверки	38
<i>Практическое занятие № 4. Выбор оптимального места для размещения инфраструктурного объекта средствами ГИС</i>	39
Задание	47
Вопросы для самопроверки	48
<i>Практическое занятие № 5. Создание и редактирование векторных слоев на основе данных дистанционного зондирования Земли, полученных из космоса. . . .</i>	49
Задание	62
Вопросы для самопроверки	62
<i>Практическое занятие № 6. Оценка экологической ситуации некоторых территорий мегаполиса с использованием интегрального мультипликативного критерия.</i>	63
Задание	72
Вопросы для самопроверки	72
<i>Практическое занятие № 7. Расчет и картографирование водоохранных зон для гидрографических объектов на основе результата автоматизированного дешифрирования открытых водных ресурсов по космическим данным</i>	74
Задание	81
Вопросы для самопроверки	81
<i>Практическое занятие № 8. Неконтролируемая классификация, интерпретация результата классификации и основы картографического дизайна в ГИС</i>	82
Задание	97
Вопросы для самопроверки	97

<i>Практическое занятие № 9. Создание таксономической основы для выполнения оценок экологического состояния на основе результатов тематической классификации космического изображения</i>	99
Задание	104
Вопросы для самопроверки	105
<i>Практическое занятие № 10. Анализ пространственных данных и создание тематических карт по результатам классификации разновременных мультиспектральных снимков</i>	106
Задание	114
Вопросы для самопроверки	114
<i>Практическое занятие № 11. Использование редактора моделей в ГИС для алгоритмизации последовательности базовых операций при обработке космической съемки</i>	116
Задание	123
Вопросы для самопроверки	123
<i>Практическое занятие № 12. Язык программирования Python и выполнение с его помощью базовых операций по созданию и предварительному анализу вегетационных индексов в ГИС</i>	124
Задание	132
Вопросы для самопроверки	133
Литература	133

Учебное издание

Митрофанов Евгений Михайлович
Чабан Людмила Николаевна
Чумаченко Сергей Иванович

Геоинформационные технологии

Редактор *Л.В. Сивай*
Художник *Э.Ш. Мурадова*
Корректор *Ю.Н. Морозова*
Компьютерная графика *Т.К. Сегеды*
Компьютерная верстка *И.Д. Звягинцевой*

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Подписано в печать 22.02.2024. Формат 70×100/16.
Усл. печ. л. 11,54. Тираж 55 экз. Изд. № 1284-2023 (5059).

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1.
press@bmstu.ru
[https:// press.bmstu.ru](https://press.bmstu.ru)

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, стр. 1.
baumanprint@gmail.com