

## Лекция № 8

**Тема:** Автоматизированный анализ ДЗЗ

**Цель:** раскрыть сущность автоматизированного анализа ДЗЗ, познакомиться с ПО обработки данных ДЗ.

1. Классификационные методы анализа
2. Обработка данных на основе спектрально-отражательных характеристик объекта
3. Основные типы спектральных признаков
4. Программные средства обработки данных дистанционного зондирования

### **Классификационные методы анализа**

Под *классификацией* следует понимать методы обработки информации при изучении новых объектов и явлений, основанные на отнесении изучаемых объектов к известным классам и, если требуется, образовании новых классов и их упорядочении. Наиболее развитым такой подход является в теории и методах обработки данных дистанционного зондирования. Это обусловлено огромным объемом первичной информации, получаемой с помощью космических снимков, которую невозможно обработать вручную.

Обычно анализу подвергаются растровые изображения. Следует выделить несколько процедур классификации при обработке первичных данных в ГИС-технологиях: *без обучения* (автономная, неконтролируемая), *с обучением и специальная*. Кроме того, в зависимости от поставленной цели обработка может быть многоклассовой или одноклассовой. Большинство подобных методов классификации реализуются с помощью кластерного анализа.

В процессе классификации осуществляется разбиение пикселей, составляющих непрерывное растровое изображение, на несколько категорий на основании их файловых спектральных значений. Каждый пиксель получает новое значение, входящее в **заранее** заданное дискретное множество, исходя из его первоначального значения, которое входило в непрерывное множество. Таким образом, классификация — это преобразование непрерывного растрового изображения в тематическое, которое может содержать такие классы, как, например, типы земельных угодий или ландшафтов. Качество классификации во многом зависит от исходных данных.

*Классификация без обучения* (неконтролируемая, автономная или кластер-анализ) представляет собой автоматический метод нахождения категорий данных. Она позволяет пользователю задать основные руководящие принципы для определения модели классификации в виде некоторых статистических характеристик, но само определение классов и отнесение пикселей изображения к тому или другому из них происходит полностью автоматически.

Автономная классификация обычно используется, когда имеется информация о том, что исходные наборы данных принадлежат к известным классам или подклассам. Неконтролируемая классификация автоматически идентифицирует кластеры подобных данных.

Процедура классификации из общего набора данных выделяет те объекты, которые принадлежат к известным классам. При этом необходимо задавать некоторые параметры или признаки, которые служат основой для анализа и отнесения к известному классу. Для простой классификации определяют только входной и выходной наборы данных. После этого программа автоматически выполняет классификацию, используя заданные параметры класса.

Существует два вида классификации без обучения: параметрическая и непараметрическая.

Параметрическая классификация наиболее широко представлена в ГИС-технологиях. Она требует знания пределов численных значений параметров исследуемых объектов и явлений.

Непараметрическая классификация менее известна, применяется реже и основана на информации о мерах близости между исследуемыми объектами. Именно эта ветвь классификации более открыта для интеллектуализации классификационных процедур, поскольку в ней больше эвристических процедур, чем в параметрической классификации.

*Классификация с обучением* позволяет провести не только выявление объектов, но и определить для них новые классы в отсутствие существующих. Она начинается с определения областей обучения (обучающих выборок, эталонов), выделяемых посредством компьютерной графики, которые хранятся в соответствующем наборе данных.

В процессе классификации затем будут отыскиваться области, содержащие пиксели, соответствующие эталонам. В результате получается набор данных, содержащий набор назначенных классов. Классы будут иметь те же самые имена, что и области обучения. При этом сохраняется возможность редактировать параметры каждого класса.

Результаты любой контролируемой или неконтролируемой классификации могут быть использованы последовательно. Можно выполнить неконтролируемую классификацию данных, затем использовать ее результаты как входные данные для контролируемой классификации, для уменьшения числа классов.

Наиболее целесообразно применять контролируемую классификацию, если известны классы, в которые входят исследуемые объекты.

К *специальным видам классификации* относится одноклассовая. Данный способ классификации применяется когда нужно выделить одну группу объектов или ограниченное число классов. Этот подход широко применяется при исследовании природных ресурсов.

Существуют различные способы создания одного класса. Например, используют диаграмму рассеивания для обозначения спектральной области класса выделяемых объектов. Такой подход целесообразен, когда класс можно легко выделить в спектральном пространстве (водная поверхность).

Специальная классификация может осуществляться на основе задания параметров или соотношения между параметрами. При этом исследователю неизвестно, чему в действительности может соответствовать такое соотношение параметров. Такие совокупности называют виртуальным набором данных.

К данному способу классификации относится и классификация с наложением маски. Математически это соответствует введению неких ограничений, но визуально это решают, выделяя оптические характеристики некой пространственной области — «маски» и тем самым исключая ее пространственное определение. Например, при выполнении классификации только областей с растительностью маскируют все, «что не растительность». Затем проводят классификацию выделенных районов. Можно использовать маскирование не для исключения, а для включения классифицируемых регионов. Эти процедуры реализуются методами геоинформационного моделирования.

Одним из эффективных методов применения классификации как интеллектуальной технологии в ГИС является векторизация данных. Классификация в этом случае служит для выделения изображений, которые впоследствии будут векторизоваться. Особенно эффективно эта процедура может использоваться для векторизации сканированных картографических изображений.

Другой подход к применению классификации — анализ и улучшение качества изображения. Эти методы создают локальные области классов, состоящие из небольшого числа ячеек. Можно сглаживать или выборочно фильтровать эти данные, уменьшая число локальных областей.

Результаты классификации используются для интерпретации и идентификации областей, объектов и явлений. Ячейки или их совокупности в наборе данных сопоставляют с конкретными числовыми значениями, определяющими классы или характеристики класса. Классы могут идентифицировать растительность, полезные ископаемые, экологическую ситуацию и т.д.

### **Обработка данных на основе спектрально-отражательных характеристик объекта**

Солнечное электромагнитное излучение, достигая земной поверхности, частично поглощается, а частично отражается от нее. Все объекты земной поверхности испускают электромагнитное излучение, которое содержит как собственное, так и отраженное от них солнечное излучение. Характер электромагнитного излучения зависит от вида и

состояния объекта, на этом базируется их изучение дистанционными методами.

Изображение в видимой части спектра формируется в основном за счет отраженного излучения, величину которого характеризуют несколькими параметрами. Для исследования ландшафтов используются коэффициенты интегральной и спектральной яркости [73].

*Коэффициент интегральной (ахроматической) яркости (R)*, или просто *коэффициент яркости* (альбе до) — это отношение интегральной яркости объекта в данном направлении  $B$  к яркости идеально рассеивающей, полностью отражающей радиацию поверхности в том же направлении  $B^0$  при одинаковых условиях их освещения.

$$R = \frac{B}{B^0}$$

Значение  $R$  может быть от 1 до 0, при этом максимальное значение  $R$  соответствует свежевыпавшему снегу, минимальные коэффициенты имеют черноземные почвы, асфальт и др.

Однако объекты земной поверхности отражают световой поток по-разному в разных зонах спектра, это зависит от спектральной отражательной способностью объектов, которая характеризуется через *коэффициент спектральной яркости КСЯ* (определяется аналогично коэффициенту яркости по отношению монохроматических яркостей):

$$R\lambda = \frac{B\lambda}{B^0\lambda}$$

Коэффициент яркости представляется в табличной форме, коэффициент спектральной яркости — в табличной и графической (*спектральные кривые отражения*). Очевидно, что коэффициент спектральной яркости содержит больше информации, чем интегральный. Он часто позволяет выявлять существенные различия свойств объектов, коэффициенты яркости которых примерно одинаковы. Характер спектральных кривых отражения является одним из дешифровочных признаков природных и антропогенных объектов, а метод дешифрирования, основанный на анализе спектральных кривых объектов, называют спектрометрическим.

По спектральной отражательной способности в видимой области спектра все многообразие объектов на Земле делят на 4 класса [49] (рис. 4.2).

1 класс (горные породы и почвы) характеризуется низким коэффициентом спектральной яркости в коротковолновой части спектра. По мере движения от коротковолновой части к ближней ИК-зоне они постепенно повышаются;

2 класс (растительный покров) имеет резко различающиеся ПО зонам коэффициенты спектральной яркости — низкий в коротковолновой (сине-

фиолетовой) и в красной частях спектра и высокий в зеленой (0,55 мкм) и ближней ИК-зонах;

3 класс {водные поверхности) — при общем низком коэффициенте спектральной яркости во всех зонах,  $R$  уменьшается от КОРОТКОВОЛНОВОЙ к ближней ИК части спектра:

4 класс (снежные поверхности) — при общем высоком коэффициенте спектральной яркости слабое понижение наблюдается в ближней ИК зоне.

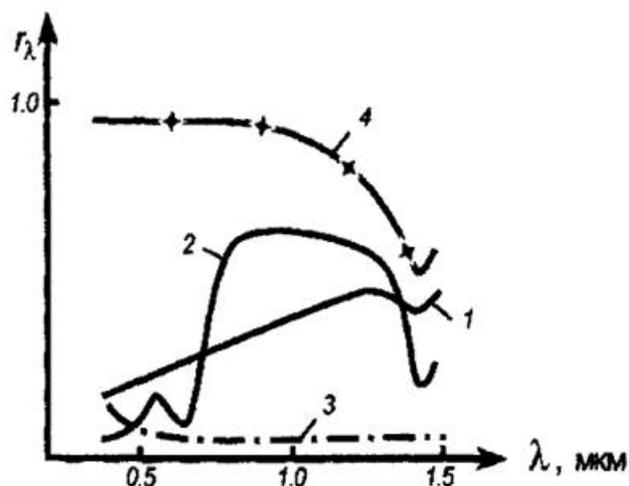


Рис. 4.2. Спектральные кривые отражения природных объектов

Внутри каждого класса также существуют различия. Например, на отражательную способность снега СИЛЬНО влияет его влажность, которая снижает коэффициент спектральной яркости. Благодаря различиям в отражательной способности различных видов деревьев, главным образом лиственных и хвойных, можно опознать их на космических снимках.

### Основные типы спектральных признаков

В настоящее время используется несколько основных типов спектральных признаков.

**Характерные длины волн в спектральном распределении КСЯ.** Дешифрирование объектов осуществляется путем определения длин волн, на которые приходятся минимумы или максимумы КСЯ. Например, известняк отражает падающий на него световой поток в зоне 0,45 — 0,5 мкм намного сильнее, чем красный алевролит, а отражение в зоне 0,65 — 0,7 мкм для красного алевролита намного больше, чем известняка, в то же время в зоне 0,575 — 0,6 мкм отражательная способность обеих пород одинакова, здесь их спектральные кривые пересекаются.

**Признаки, характеризующие спектральный контраст.** Эти признаки являются количественными характеристиками спектрального контраста между двумя спектральными зонами  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  позволяют отделить

влияние факторов, определяющих форму спектрального распределения КСЯ, от факторов, приводящих к его равномерному изменению.

Существует большой набор различного рода признаков (зональных отношений). В качестве примеров, приведем некоторые из них:

— простая зональность:

$$D(\lambda_1\lambda_2) = r(\lambda_1) - r(\lambda_2)$$

— простое зональное отношение:

$$Q(\lambda_1\lambda_2) = \frac{r(\lambda_1)}{r(\lambda_2)}$$

— корень квадратный простого деления:

$$SQ(\lambda_1\lambda_2) = \sqrt{\frac{r(\lambda_1)}{r(\lambda_2)}}$$

— сложное деление:

$$D_1 = \frac{r(\lambda_1)}{r(\lambda_1) + r(\lambda_2)}$$

— сложное деление:

$$D_2 = \frac{r(\lambda_1) - r(\lambda_2)}{r(\lambda_1)}$$

$$\square 2 = \square \lambda_1 - \square \lambda_2 \square \lambda_1$$

— сложное зональное отношение (вегетационный индекс):

$$V = \frac{r(\lambda_1) - r(\lambda_2)}{r(\lambda_1) + r(\lambda_2)}$$

Названные признаки широко используются в различных исследованиях. Так, признак  $D$  (0,65 — 0,45) линейно зависит от содержания в почве окиси железа, для которой характерно значительное увеличение КСЯ при переходе от сине-зеленого к красному участку видимого диапазона. Использование зональных отношений в двух участках спектра значительно уточняет и упрощает дистанционные измерения фитомассы, так как при изменении высоты Солнца, состояния атмосферы, влажности почвы, вида ее обработки, угла наклона объекта и эталона зональное отношение меняется незначительно. При этом выбираются такие участки спектра, в которых земная вегетирующая растительность имеет различную отражательную способность. Используются простые зональные отношения различных длин волн с максимумами чувствительности 0,75 и 0,67 мкм, 0,78 и 0,66 мкм, 0,800 и 0,675 мкм.

**Программные средства обработки данных дистанционного зондирования**

Интегрированные ГИС имеют достаточно большие пакеты программ для обработки изображений с целью их совместного анализа с картографической и другой пространственной информацией. К ним можно отнести: ER Mapper, Erdas, MGE Base Image, IDRISI и др.

Они выполняют следующие операции.

Радиометрическая коррекция: радиометрическая калибровка, солнечная и атмосферные коррекции, коррекции за угол визирования.

Геометрическая коррекция: инверсия и вращение изображения, генерация сетки на изображение, коррекция за кривизну Земли.

Преобразования: манипуляция с таблицами перекодировки, алгебраические и логические операции, метод главных компонент, трансформация цветного пространства, быстрое преобразование Фурье.

Фильтрация: низких и высоких частот, подчеркивание границ, медианная фильтрация, фильтрационные статистики.

Текстурный анализ: характеристики Харлика, К. Сана, измерения вариации.

Генерация спектральных образов: составление массивов ключевой информации, статистический анализ.

Классификация изображения и оценка точности: метод максимального правдоподобия, минимального евклидова расстояния, критерия Х-квадрат, параллелепипедов, оценка точности на основе классификационных таблиц и тематического сравнения.

Сервисные операции: ввод— вывод, редактирование и др.

Обработка изображений для получения географического результата представляет собой определенную для каждой задачи последовательность стандартных процедур, в которую входит трансформирование снимка по контрольным точкам, классификация, определение классов по ключевой информации, экстраполяция классов на большую территорию.

Системы обработки изображения совместимые с ГИС, имеют программное обеспечение, составляющее основные три группы: коррекция изображения, улучшение и анализ. Операции по обработке изображений — необязательный элемент технологии ГИС, только некоторые программы содержат полный набор, аналогичный по своим функциональным возможностям специализированным средствам обработки изображений типа ГИС ERDAS (ERDAS, Inc) или EASI/PAC.

Профессиональное программное обеспечение (ПО) для обработки ДДЗ отличается от систем обработки изображений общего назначения, таких как Photoshop и др., тесная связь с ПО ГИС. В ДДЗ часто числовое, абсолютное или нормированное каким-либо образом значение пикселя (кроме элемента изображения) оказывается важным. В обычных системах обработки изображений точными значениями каждого конкретного пикселя можно пренебречь из-за отсутствия задачи восстановления каких-либо характеристик снятого объекта по значениям соответствующих

пикселей изображения. Важным свойством ПО по обработке ЛАЗ является возможность быстрого перехода от результатов тематического дешифрирования к выполнению операций моделирования и пространственного анализа силами ГИС.

Из зарубежного ПО по обработке ДДЗ следует выделить ERDAS Imagine, EASI/PACE, VI2STA, Integral ENVI, ER Mapper, TNTmips и др. Из отечественных программных продуктов отметим ANSYS, SHELL, LESSA.

Большинство существующих пакетов программ направлено на решение нескольких конкретных узких задач, связанных с обработкой и анализом данных. Так, редакторы растровой графики позволяют решать задачи по отображению, классификации, улучшению изображения. Задачи по географической привязке, ГИС-анализу и подготовке отчетов могут решаться на основе векторных ГИС. В такой ситуации для осуществления всего цикла работ пользователю необходимо иметь в своем распоряжении как минимум несколько программных продуктов. Лишь немногие пакеты программ обеспечивают осуществление всего комплекса работ данными дистанционного зондирования и к ним относится программный продукт *Erdas Imagine*, позволяющий решать все задачи по обработке и анализу данных дистанционного зондирования от стадии импорта их из обменных форматов различных источников до подготовки качественных отчетов.

Erdas Imagine является полнофункциональным пакетом программ обработки растровой графики и по структуре решаемых задач представляет собой завершенную географическую информационную систему, которая имеет модульную структуру. Следовательно, каждый конкретный пользователь может приобрести

только те модули, которые необходимы для решения, поставленных перед ним задач.

*Обработка и анализ данных* включают несколько этапов.

1. *Отображение*— представление данных, полученных непосредственно из их источника, в удобном для пользователя виде. Это неотъемлемая часть обработки пространственной информации в дистанционном зондировании и всех ГИС. В зависимости от источника получения данные дистанционного зондирования поступают сразу в цифровом формате или переводятся в данный формат для дальнейшей автоматизированной обработки. Но независимо от источников все цифровые данные дистанционного зондирования представляют собой растровые изображения.

Отображение данных в Erdas Imagine выполняется с помощью модуля *Viewer*, который является по сути самостоятельным программным средством с большим набором решаемых задач.

2. *Улучшение* — изменение параметров изображения с целью повышения четкости, уменьшением влияния помех. Улучшение изображения облегчает дальнейший визуальный анализ и

автоматизированную обработку материала. Улучшение достигается различными путями, например, изменением яркости, контрастности, фильтрацией помех, улучшением цветового баланса. В процессе улучшения изображения происходят изменения в исходных данных, которые сводятся к коррекции спектральных характеристик пикселей, составляющих изображение.

3. *Геометрическое трансформирование* — приведение изображения к заданному масштабу и картографической проекции с устранением смещений из-за наклона оси съемки, рельефа местности, кривизны поверхности Земли и геометрических искажений.

4. *Географическая привязка* — идентификация участка земной поверхности, отображенного на изображении, и присвоение каждой точке изображения координат в соответствии с координатами данных точек на местности.

5. *Классификация* — распознавание на изображении участков, соответствующих различным категориям объектов, и построение на этой основе нового (те магического) изображения, на котором объекты, принадлежащие к одной категории, отображаются одинаково (одним цветом).

Качество классификации зависит от исходных данных. Лучшие результаты получаются при использовании мультиспектральных данных с высоким разрешением. Перед началом классификации программное обеспечение должно быть «обучено» распознавать различные категории объектов на изображении.

Классификация растровых объектов применяется при составлении ландшафтных карт, составлении карт структуры землепользования, лесной таксации, в экологическом мониторинге, корректировке топографических карт.

6. *ГИС-анализ* — анализ взаимного пространственного положения различных объектов на изображении и атрибутивной (описательной) информации о них, производимый с целью решения разнообразных прикладных задач, связанных с управлением природными ресурсами, экологическим мониторингом, планированием землепользования и др.

Основными этапами ГИС-анализа являются:

- поиски и идентификация объектов;
- измерение пространственных характеристик объектов;
- анализ пространственной и атрибутивной информации;

выполнение различных действий над объектами (создание, выделение, перемещение, слияние).

В зависимости от сложности решаемых задач ГИС-анализ осуществляется на двух уровнях: простом и комплексном.

Простой ГИС-анализ предполагает проведение простых одноступенчатых преобразований данных (в основном из одного файла), в результате которых выполняется какое-либо одно действие из описанных выше.

Комплексный ГИС-анализ — предполагает выполнение сложного многошагового анализа данных с использованием нескольких источников информации, сложных преобразований и алгоритмов. Такой анализ производится на основе построения графических моделей (алгоритмов) с помощью специального инструмента, предоставляемого Erdas Imagine. При моделировании могут быть использованы растровые, векторные данные, а также их комбинации. Созданные модели обычно используются многократно.

Прикладной ГИС-анализ является одним из наиболее динамично развивающихся направлений ГИС и дистанционного зондирования. Круг решаемых с его использованием задач постоянно расширяется, а методы и алгоритмы совершенствуются.

7. *Подготовка отчета* — создание качественных отчетных информационных материалов, содержащих результаты обработки и анализа данных и сопровождающихся необходимыми иллюстрациями, пояснениями и т. д. Подготовка отчета обычно завершает обработку и анализ данных.

При создании отчета обрабатываемые материалы дистанционного зондирования приобретают тот окончательный вид, в котором они выводятся на печать или используются в электронном виде. Данный процесс включает несколько этапов:

предварительная компоновка композиции; подготовка всех необходимых изображений; задание размеров формата вывода; создание и размещение на формате областей вывода изображения; • добавление и размещение на формате таких объектов, как легенды, координатные сетки, метки, масштабные линейки, заголовки, подписи, стрелки, указывающие направление на север. Для решения задач, стоящих на каждом из перечисленных этапов обработки данных, в настоящее время разработано большое количество методов и алгоритмов, которые реализованы в Erdas Imagine. Таким образом, Erdas Imagine является полнофункциональным пакетом программ обработки растровой графики и представляет собой завершенную геоинформационную систему, использующую удобный графический интерфейс.

#### **Вопросы:**

1. Охарактеризуйте классификационные методы анализа.
2. Какие вы знаете программные средства обработки дистанционных данных?
3. Обработка данных на основе спектрально-отражательных характеристик объекта.
4. Признаки, характеризующие спектральный контраст.

#### **Литература:**

1. Трифонова Т. А., Мищенко Н. В., Краснощеков А. Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в

- экологических исследованиях. — Академический Проект, 2005. — 352 с.
2. Краснощёков А.Н., Трифонова Т.А., Мищенко Н.В. Геоинформационные системы в экологии: Учеб. пособие / Владим. гос. ун-т. Владимир, 2004. – 152с.
  3. Токарева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие / О.С. Токарева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во ТПУ, 2010. - 148 с.
  4. А. Н. Шихов, А. П. Герасимов, А. И. Пономарчук, Е. С. Перминова Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения. Пермь, 2020. – 191 б. ([http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie\\_posobiya/shikhov-gerasimov-ponomarchuk-perminaeva-tematicheskoe-dezhifirovaniye-i-intepretatsiya-kosmicheskikh-snimkov.pdf](http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie_posobiya/shikhov-gerasimov-ponomarchuk-perminaeva-tematicheskoe-dezhifirovaniye-i-intepretatsiya-kosmicheskikh-snimkov.pdf).)
  5. Савиных В.П., Малинников, В.А., Сладкопечев С.А., Цыпина Э.М. География из космоса. – М.:, Изд-во Моск. гос. ун-та геодезии и картографии', 2000. – 224 с.