

– *мультимедійність* (поєднання звукового супроводу з переглядом карт-фільмів);

– *інтерактивна керованість* (можливість змінювати швидкість демонстрації та послідовність кадрів, деталізуючи або узагальнюючи певну динамічну ситуацію, уповільнюючи або прискорюючи рух);

– *часова генералізація* (оптимальне поєднання просторової і часової розрізненості);

– *динамічні умовні позначення* (застосування специфічних позначень для відображення якісних і кількісних змін об'єктів дослідження та їх рух у просторі відображення, тенденцій розвитку якісно-кількісних просторово-часових змін);

– *виразна наочність* (особливості візуального сприйняття рухливих зображень).

Зазначені особливості прояву, вираження динамічності/статичності дозволяють розробити, завдяки застосуванню лінгвістичної змінної, оцінку ступеня інтенсивності прояву властивості на геозображеннях (табл.). Лінгвістичною називають змінну, значеннями якої є слова або речення природної або штучної мови [2]. Виділено 9 ступенів інтенсивності

прояву із поступовим збільшенням значущості властивості - від 1-го (відсутність прояву ознаки) до 9-го (граничний прояв ознаки).

Висновки. Динамічні геозображення є ефективним засобом візуалізації інформації. У результаті дослідження динамічності виділено два рівні прояву властивості (традиційне картографічне відображення динаміки та геоінформаційне відображення) і дев'ять ступенів інтенсивності прояву, що відображені вербально у вигляді значень лінгвістичної змінної. Окреслено специфічні властивості динамічних геозображень: часовий масштаб; мультимедійність; інтерактивна керованість; часова генералізація; динамічні умовні позначення; виразна наочність. Дослідження та оцінювання основних модельних властивостей геозображень дозволить отримати результати поширити за аналогією на інші специфічні властивості окремих видів таких зображень та оцінити їх завдяки проявам динамічності.

**Рецензент – кандидат географічних наук,
професор А.М. Молочко**

Література:

1. Берлянт А.М. Теория геоизображений / А.М. Берлянт. – М.: Геос, 2006. – 262 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
3. Курач Т.М. Картографічне дослідження динаміки демографічних процесів в Україні / Т.М. Курач. – К.: Ін-т передових технологій, 2004. – 70 с.

УДК 911 : 528.855

В.Б. Мальшев

Институт географии Российской АН, г. Москва

И.К. Жемерова

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина



РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ И ПРЕДМЕТНО-СПЕЦИФИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В статье рассмотрен мировой опыт по созданию баз данных спектральных и предметно-специфических характеристик объектов земной поверхности. Предложен оригинальный подход к созданию таких баз данных для хранения, интерпретации данных дистанционного зондирования Земли и характеристик наземных объектов.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, база данных, спектральные сигнатуры, предметно-специфические характеристики наземных объектов.

В.Б. Малишев, І.К. Жемерова

РОЗРОБКА ТА СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ СПЕКТРАЛЬНИХ І ПРЕДМЕТНО-СПЕЦИФІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ

У статті розглянуто світовий досвід зі створення баз даних спектральних і предметно-специфічних характеристик об'єктів земної поверхні. Запропоновано оригінальний підхід до створення таких баз даних для зберігання, інтерпретації даних дистанційного зондування Землі та характеристик наземних об'єктів.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, база даних, спектральні сигнатури, предметно-специфічні характеристики наземних об'єктів.

V. Malyshev, I. Zhemerova

DATABASE DEVELOPMENT AND CREATION OF SPECTRAL AND SUBJECT-SPECIFIC CHARACTERISTICS OF OBJECTS ON THE EARTH'S SURFACE

The article considers the international experience on database creation of spectral and subject-specific characteristics of objects on the Earth's surface. An original approach to the creation of such databases for storage, interpretation of Earth remote sensing data and characteristics of terrestrial objects has been proposed.

Keywords: Earth remote sensing, database, spectral signatures, subject-specific characteristics of terrestrial objects.

Вступлення, исходные предпосылки. База даних (БД) спектральних сигнатур і предметно-специфічних характеристик (ПСХ) об'єктів земної поверхності – необхідний елемент інформаційної системи, призначеної для структурованого зберігання і використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Для задач ДЗЗ необхідно зберігати в БД описання земних об'єктів не тільки в формі їх властивостей (атрибутів), являються ПСХ, але також їх спектральних характеристик, або спектральних сигнатур. Також для багатьох видів зондуваних об'єктів необхідно включати в атрибути і географічні координати, описуючі місце збору даних, т. к., наприклад, одна і та ж рослинність (особливо низкоросла з малою біомасою) на різних географічних площах може мати значні варіації спектральних сигнатур в залежності від складу мікроелементів ґрунту регіону і вологості. Крім того, слід вибрати зручну структуру для заповнення сховища даних спектральних сигнатур, ефективні методи доступу і фільтри для отримання спектральних сигнатур і ПСХ з БД.

Нижче розглядаються бази даних спектральних сигнатур (БДСС) як спеціалізована різновидність БД для роботи зі спектральними сигнатурами і ПСХ, а в якості системи управління – система управління базою даних (СУБД) для БДСС.

Необхідно також відзначити відміння БДСС від географічних інформаційних систем (ГІС).

ГІС включає в себе сховище геопросторових даних в формі гео баз даних, СУБД, спеціалізовані методи для доступу, управління і обробки гео даних, програмне забезпечення для візуалізації і редагування гео даних на картах і графіках, засоби обробки і аналізу даних, математичні алгоритми. Найбільш розвинені варіанти ГІС включають також програмні модулі і моделі для рішення конкретних галузевих задач з використанням геопросторових даних, включаючи підсистеми моделювання.

Однак ГІС не містить спеціальних готових модулів для зберігання і обробки спектральних сигнатур і ПСХ, а використовувани в них СУБД являються стандартними, використовуваними в промисловості: MS SQL Server, Oracle, DB2 (IBM) і персональні файлові гео бази даних.

Іменно тому нецелесообразно використовувати дорогі і складні системи ГІС для значно простіших БДСС і ПСХ. Це пов'язано з тим, що ГІС не мають для них готових модулів, а наявний в ГІС функціонал надлишковий для задач підтримки БД. Бази даних являються відносно невеликими, містять невеликий набір функціональних методів з класичного арсеналу БД і можуть використовувати будь-яку промислову СУБД без підключення до ГІС.

Цілью статті являється освітлення світового досвіду по створенню БД спектральних сигнатур і ПСХ об'єктів земної поверхності і запропонованого авторами оригінального підходу до створення таких БД для зберігання, інтерпретації даних ДЗЗ і характеристик наземних об'єктів.

Изложение основного материала. Розробка і створення нами ескізної проєкції функціональної структури БДСС і ПСХ методологічно включає в себе відбір необхідних об'єктів і їх інформативних властивостей, які формують «модель даних» для задач дистанційного зондування. Після цього необхідно вибрати найбільш підходящі структури даних для зберігання спектральних сигнатур і ПСХ в БД для розглянутих задач ДЗЗ і визначитися з необхідним набором функцій для заповнення БД і отримання даних.

Спектральні характеристики об'єктів (сигнатури) в БД повинні включати такий набір атрибутів, описуючих спектральні властивості об'єктів з таким рівнем інформативності і деталізації, який дозволяє відокремити один об'єкт від іншого за його спектральними властивостями. Щоб прийняти правильне рішення, які інформативні атрибути для сигнатур необхідно відібрати з великої кількості всіх можливих властивостей об'єктів,

кратко рассмотрим, почему именно спектральные сигнатуры объектов выбраны для наполнения БД.

Излучение, восходящее от зондируемых объектов и поступающее во входную апертуру сенсоров ДЗЗ, имеет нормальное распределение мгновенных значений электромагнитного поля. В связи с этим, исчерпывающей характеристикой этого процесса является его корреляционная функция, или энергетический спектр, т. е. спектральная сигнатура. Справедливости ради надо сказать, что некоторая доля информации содержится и в поляризационных характеристиках принимаемого излучения [1, 2]. Но обычно ею пренебрегают, хотя, в принципе, она может быть учтена при проведении съёмочных работ на тестовых полигонах либо предусмотрена в моделях связи спектральных сигнатур с ПСХ, т. е. при использовании векторного подхода. Очевидно, что установление функций связи спектральных сигнатур с ПСХ необходимо для корректного решения обратных задач ДЗЗ, т. е. определения типа и состояния зондируемых объектов или территории. Важно также, чтобы эти функции обладали свойствами инвариантности.

Следует сказать, что в области создания БД функций связи спектральных сигнатур и ПСХ и СУБД для ДЗЗ имеет место достаточно высокая степень неопределённости. Это связано со многими объективными и субъективными причинами: отсутствием строгого методологического подхода к разработке алгоритмов обработки данных ДЗЗ, в том числе и оптимальных; трудоёмкости корректной процедуры сбора сопряжённых данных спектральных сигнатур и ПСХ; множеством мешающих факторов (атмосфера, гидрометеоры, ветер, осадки, светотеневая обстановка); отсутствием корректных теоретических моделей связи спектральных сигнатур и ПСХ и др. Это обстоятельство характерно не только для отечественных разработок, но и для зарубежных.

Исторически создание БДСС начиналось с накопления библиотек спектральных сигнатур, которые хранились просто в виде текстовых файлов табличной структуры и публиковались в виде атласов, содержащих набор спектров различных природных и антропогенных объектов. Они не являлись базой данных. В качестве примера можно привести библиотеку спектральных сигнатур SpecLib (<http://speclib.jpl.nasa.gov/>), разработанную в США. Её аналогом, ещё в СССР, служил атлас спектральных характеристик Кринова [4].

По мере развития средств электронной коммуникации, особенно Интернета, появилась возможность поместить таблицы спектральных сигнатур в БД, написать программные модули загрузки данных и их извлечения с помощью predetermined наборов фильтров по заданным атрибутам и предоставить пользователям веб-доступ к таким БД, что было чрезвычайно удобно для различных пользователей.

В России достаточно простая библиотека спектральных сигнатур с веб-доступом имеется на сайте

ГИС Ассоциации (www.gis-lab.info) – «неформального сообщества специалистов в области ГИС и ДЗЗ». В библиотеке можно выбрать спектры растительности и минералов с использованием только трёх атрибутов: тип, подтип, зона (климатическая и географическая). База спектров составлена по многочисленным литературным источникам, включая атлас Кринова [4]. Для каждого вида имеется ссылка на источник и спектральный график, полученный путём оцифровки графиков коэффициентов спектральной яркости. Недостатками данной БДСС являются небольшое число атрибутов и отсутствие информации об условиях измерения спектральных сигнатур. Эти недостатки являются существенными при использовании более точных методов ДЗЗ, т. к. в таких географически протяжённых регионах, как Россия, Белоруссия, Украина, имеется огромная вариативность в составе почв при одной и той же растительности, что необходимо учитывать при мониторинге и распознавании разных видов растительности в различное время года и в разных регионах. Данные по разным проектам и регионам необходимо хранить отдельно с указанием дополнительных атрибутов: географических координат измерительных полигонов, времени года, характеристик влажности почвы и пр., т. к. отражательные свойства биомассы растительности значительно меняются в зависимости от состава почв, влажности и фазы вегетации растительности.

В качестве более развитого варианта приведём примеры зарубежных библиотек спектральных сигнатур, находящихся в свободном доступе.

Библиотека Геологической службы США USGS Digital Spectral Library (сайт: <http://speclab.cr.usgs.gov/spectral-lib.html>) содержит данные о спектральной отражательной способности минералов, горных пород, грунтов, жидкостей, летучих соединений, замороженных летучих соединений, растительности, искусственных материалов в диапазоне от 0,2 до 150 микрометров. Всего более 1300 спектральных кривых.

Библиотека ASTER Spectral Library (сайт <http://speclib.jpl.nasa.gov/>), находящаяся в лаборатории Jet Propulsion Laboratory (Калифорнийский технологический институт, США), включает в себя более 2400 кривых спектральной отражательной способности для 160 минералов в диапазоне от 0,4 до 2,5 микрометров. В данной библиотеке имеется больше атрибутов данных: название материала, файл описания, файл спектра, графики в нескольких спектральных диапазонах UV-NIR, NIR, MIR и FIR.

Спектральная библиотека в университете Джона Хопкинса (Johns Hopkins University Spectral Library), штат Балтимор (США), включает в себя кривые спектральной отражательной способности для минералов, горных пород, почв, метеоритов, лунного грунта, искусственных материалов, снега, льда, растительности в диапазоне от 0,4 до 14 микрометров.

В качестве недостатков трёх указанных библиотек можно отметить отсутствие возможности централизованной выборки набора спектров по фильтрам. Кроме того, при ручном отборе спектров возможны ошибки, пропуски отдельных спектров и файлов для скачивания.

Структура БДСС должна предоставлять пользователям удобный и интуитивно понятный визуальный интерфейс для поиска, извлечения и просмотра информации. Пользователи должны иметь возможность искать данные по нескольким критериям, в том числе по ключевым словам (например, тип покрытия земной поверхности, включая классы и подклассы), времени и месту получения экспериментальных данных. Для обеспечения качества данных и эффективного поиска в БДСС спектральные данные должны сопровождаться метаданными и храниться упорядоченным, строго организованным способом.

Отличительной особенностью гиперспектральных наборов спектральных сигнатур в БД являются значительные объёмы данных, которые описывают не только длины волн и измеренный отклик, но и широкий диапазон углов измерения и типов поверхности (например, загрязнение минералов, фитопатология посева и т. д.). Эти атрибуты (не спектральные) могут существенно различаться.

В БДСС каждая группа однородных объектов, например, вид растительности, помещается в отдельную таблицу. Каждая такая таблица содержит колонки, описывающие атрибуты объекта – его характеристики, включая координаты земной поверхности, где проводились измерения. Одна строка таблицы описывает ровно один объект. Объекты могут быть связаны с другими объектами с помощью отношений, описывающих эти связи.

Данные по разным проектам и регионам необходимо хранить с указанием дополнительных атрибутов, присущих конкретной территории: географические координаты измерительных полигонов, время года, характеристики влажности почвы, химические свойства почвы и др., т. к. отражательные свойства биомассы растительности значительно меняются в зависимости от состава почв региона, влажности и фазы вегетации растительности.

Метаданные, сопровождающие спектральную сигнатуру, должны содержать в себе информацию об объекте (т. е. о земной поверхности) и данные об окружающей среде на момент их сбора. Метаданные прилагаются к каждому образцу спектральных сигнатур. Они формируются из данных об окружающей среде, географической информации, сведений об исследуемой поверхности и параметров измерительной аппаратуры.

Метаданные об окружающей среде включают в себя информацию об облачности, температуре воздуха, его относительной влажности и давлении, скорости и направлении ветра. Эти параметры измеряются на близлежащей метеорологической

станции. Если такая станция недоступна, можно получить по Интернету данные с климатических сайтов. Географические метаданные включают в себя точное местоположение «точки» получения образца (спектральной сигнатуры), определённое с помощью данных географической системы глобального позиционирования GPS, передаваемых измерительной аппаратуре.

Метаданные о подстилающей поверхности включают в себя информацию, относящуюся к соответствующим свойствам поверхности. Для сельскохозяйственных посевов эта информация включает дату посева, текущие условия ирригации, сорт культуры (например, пшеница – вид (код)). В случае горных пород информация включает их химическое описание, например, К-поля, ортоклаз, кварц, биотит, окислы железа и минеральная глина. Почвенный анализ также является частью метаданных. Он может включать сведения о содержании тяжёлых металлов, мышьяка, 3,4-бенз(а)пирена, цинка (валовые и подвижные формы), меди, свинца, марганца, нефтепродуктов, щелочных и щелочноземельных металлов, санитарных и агрохимических показателей, величины pH. Метаданные, относящиеся к параметрам измерительных приборов, содержат информацию об угле поля зрения прибора, источнике освещения (солнечная подсветка), линзах объектива, режиме измерения, цифровых значениях яркости пикселей, или значениях спектральных яркостей (отражательной способности), и об условиях работы аппаратуры (например, переносной, или мобильной).

Наличие метаданных позволяет лучше идентифицировать данные гиперспектральной сигнатуры. Они также способствуют сравнению данных различных массивов с целью подтверждения подобия условий, при которых эти данные были собраны. Отсутствие метаданных может сделать ранее собранные гиперспектральные данные бесполезными для различных приложений.

Большинство БД являются иерархически структурируемыми, т. к. именно такая схема наилучшим образом поддерживает различные уровни информации. Первый уровень является наиболее широким, затем он подразделяется на более детализированные подуровни. Такая схема содержит также возможность включения необязательных атрибутов, которые можно добавить при необходимости на завершающем нижнем уровне. Например, в один из любых нижних уровней можно включить атрибуты ирригационной системы для культивируемых и обрабатываемых земель.

БДСС должна иметь реляционную модель данных. Она хранит экспериментальные метаданные с классификацией атрибутов по видам растительности и минералов (первый уровень), площадкам измерения (второй уровень), дате (третий уровень). На каждую дату сигнатура содержит несколько образцов, и для каждого образца включено несколько

наборов собственно спектральных данных при повторяющихся измерениях.

Выводы. Таким образом, становится очевидным, что одним из основных вопросов на современном уровне стационарных и полигонных исследований является вопрос разработки и создания БД, позволяющих системно организовать и представить в до-

ступной форме для проведения анализа данные, полученные при измерениях в процессе проведения полевых натурных исследований.

**Рецензент – кандидат геологических наук,
доцент И.В. Удалов**

Литература:

1. Физические основы, методы и средства исследований Земли из космоса / Под. ред. Я.Л. Зимана // Итоги науки и техники. Сер. Исследование Земли из космоса. - М.: ВИНТИ, 1987. – Т. 1. – 196 с.
2. Егоров В.В. Анализ информативности поляриметрического метода дистанционного зондирования / В.В. Егоров, В.С. Жуков // Многозональные аэрокосмические съемки Земли. – М.: Наука, 1981. – С. 203-210.
3. Малышев В.Б. Возможности оценки состояния агросистем по данным спектральной и спектрополяризационной съемки / В.Б. Малышев, В.А. Зайцева, П.В. Комар и др. // Геосистемный мониторинг. Строение и функционирование геосистем: Сб. – М.: ИГ АН СССР, 1986. – С. 233-241.
4. Кринов Е.Л. Спектральная отражательная способность природных образований / Е.Л. Кринов. – М.-Л.: АН СССР, 1947. – 274 с.

УДК 551.510

В.В. Машкіна

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна



ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У МЕЖАХ ВЕЛИКОГО МІСТА

У статті проведено аналіз факторів, які впливають на забруднення атмосферного повітря у великих містах. Особливу увагу приділено метеорологічним факторам. Розглянуто визначення поняття «забруднення атмосферного повітря» та охарактеризовано статистичний метод прогнозу забруднення атмосферного повітря.

Ключові слова: забруднення атмосферного повітря, велике місто, статистичний метод.

В.В. Машкіна

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ПРЕДЕЛАХ БОЛЬШОГО ГОРОДА

В статье проведён анализ факторов, которые влияют на загрязнение атмосферного воздуха в больших городах. Особенное внимание уделено метеорологическим факторам. Рассмотрено определение понятия «загрязнение атмосферного воздуха» и охарактеризован статистический метод прогноза загрязнения атмосферного воздуха.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, большой город, статистический метод.

V. Mashkina

THEORETICAL ASPECTS OF AIR POLLUTION ASSESSMENT WITHIN A BIG CITY

The paper analyzes the factors which influence on air pollution in big cities. Special attention is paid to the meteorological factors. The definition of «air pollution» concept has been examined and a statistical method of air pollution forecast has been characterized.

Keywords: air pollution, a big city, statistical method.