

Экологическая оценка территорий с использованием ГИС-технологий

А.И. Андрухович, магистрант

Науч. рук. – доктор геолого-минералогических наук, профессор, М. Г. Ясовеев

Под ГИС-технологиями понимается комплекс методов и подходов, основанных на географическом позиционировании различных объектов и данных на участке земной поверхности. При работе с географической информационной системой (ГИС), с одной стороны, мы имеем пространственные данные (топографические карты, аэрофотоснимки и космические снимки), с другой – результаты полевых исследований и другую информацию [4].

Геопозиционирование или точная привязка любого типа данных к пространственным координатам предопределяет точное соответствие массива топографических и аэрокосмических данных результатам полевых исследований. Отмеченная возможность отличает ГИС от других информационных систем и обеспечивает возможности для ее применения в задачах, связанных с изучением, анализом и прогнозом явлений и событий окружающего мира.

В настоящее время существуют и разрабатываются различные методики применения ГИС-технологий в разных областях наук. Для экологических исследований территории применяется следующий алгоритм.

Построение любой модели экосистемы начинается, как правило, со сбора данных экспедиционных исследований.

Компьютерное моделирование, опубликованных и фондовых материалов, предназначенное для поддержки аналитической деятельности любого экологического проекта в самом общем виде состоит из ряда последовательных действий (этапов):

1. Склеивание данных в «кучи» (heaping) с использованием средств, которые обеспечивают хранение разнородной информации, ведение идентификационных справочников и сортировку сведений;

2. Складирование данных (data warehousing, DWH) и их маркирование; результат DWH представляется в виде многомерного куба, каждая точка внутри которого соответствует набору однородных элементарных объектов;

3. Комбинирование данных (combining) – создание многомерного пространства, где каждая координата соответствует элементу набора или точке куба DWH;

4. Визуальный многомерный анализ (visual multidimensional analysis) позволяет конструировать двух- и трехмерные визуальные образы (паттерны) сложных взаимосвязей между рядами данных;

5. «Просеивание» (data mining) информации с целью нахождения в ней особенностей и аномалий, заданных описанием шаблонов или пороговых значений;

6. Прогнозирование (forecasting) по эмпирическим выборкам – математическая обработка многомерных наблюдений (статистический анализ, оценка тренда временных рядов и проч.);

7. Принятие решений, планирование и управление (deciding - computer aided engineering) – отображается специальной сетью «ресурсы-потоки-события» [6].

Пространственно распределенная информация состоит из 2-х блоков. Первый охватывает следующие природные компоненты:

- климат территории (особенности распределения температуры воздуха и количества осадков, а также ветрового режима);
- географо-геологическое описание (орография, дочетвертичный и четвертичный периоды развития региона, основные черты тектоники) и геохимическая обстановка;
- почвы и ландшафты, наличие особо охраняемых природных территорий;

- лесные ресурсы и распределение естественной растительности;
- животный мир (видовое распределение и фаунистические комплексы наземных позвоночных и птиц);
- население (демографическая ситуация и степень урбанизации территории);
- гидрология и гидрохимическое качество вод и водохранилищ.

Перечисленные данные позволяют подробно проанализировать распределение по территории региона природно-климатических факторов, ландшафтной изменчивости и биологических ресурсов.

2-ой блок накопленных данных должен детально описывать распределение по территории техногенной нагрузки и антропогенных воздействий, в том числе:

- загрязнение воздушного и водного бассейна;
- распределение отходов производства и коммунального хозяйства (включая особо опасные вещества для состояния экосистем и здоровья человека);
- радиационную обстановку, места техногенных аварий и природных катастроф;
- транспортную и рекреационную нагрузку;
- сельскохозяйственную нагрузку (включая распределение по территории бассейна минеральных удобрений, распаханности территории, животноводческой и пестицидной нагрузок)[6].

Для математической обработки данных, хранящихся в эколого-информационная система (ЭИС), кроме общепринятых методов многомерного статистического анализа (различные алгоритмы обработки временных рядов, кластерный анализ и т.д.), полезно использовать алгоритмы построения прогнозирующих моделей по методу самоорганизации (метод группового учета аргументов, эволюционное моделирование и т.д.

Анализ экологической информации включает: анализ эффектов воздействия различных факторов на окружающую среду (выявление критических факторов воздействия и наиболее чувствительных элементов биосферы); определение допустимых экологических воздействий и нагрузок на компоненты окружающей среды с учетом комплексного и комбинированного воздействия на экосистему; определение допустимых нагрузок на регион с эколого-экономических позиций.

Анализ экологической информации состоит из ряда последовательных действий:

- сбора информации о состоянии окружающей среды: экспедиционных исследований; стационарных исследований; аэровизуальных наблюдений; дистанционного зондирования; космической и аэрофотосъемки; тематического картографирования; гидрометеорологических наблюдений; системы мониторинга; литературных, фондовых и архивных данных;
- первичной обработки и структуризации: кодирования информации; преобразования в машинную форму; цифрования картографического материала; обработки изображений; структуризации данных; приведения данных к стандартному формату;
- заполнения базы данных и статистического анализа: выбора логической организации данных; заполнения базы данных и редактирования; интерполяции и экстраполяции недостающих данных; статистической обработки данных; анализа закономерностей в поведении данных, выявления трендов и доверительных интервалов;
- моделирования поведения экосистем: использования усложняющихся моделей; варьирование граничными условиями; имитация поведения экосистем при единичных воздействиях; картографическое моделирование; исследование диапазонов отклика при различных воздействиях;
- экспертного оценивания: оценки диапазонов изменения воздействий на экосистемы; оценки поведения экосистем при различных воздействиях по принципу «слабого звена»;
- анализа неопределенности: входных данных; параметров моделей; результатов

моделирования; величин экспертных оценок;

- выявления закономерностей и прогнозирования экологических последствий: разработки возможных сценариев поведения экосистем; прогнозирования поведения экосистем; оценки результатов различных сценариев;
- принятия решений по ограничению воздействий на окружающую природную среду: выработки «щадящих» (сберегающих) стратегий сокращения воздействий на окружающую природную среду; обоснования выбранных решений (экологическое и социально-экономическое) [4].

Принципиальное отличие ГИС от экологических баз данных состоит в их пространственной привязки благодаря использованию картографической основы. При этом в качестве основы ГИС используется ландшафтная карта, на базе которой в автоматизированном режиме строится серия частных карт, характеризующих основные компоненты ландшафта. Однако, экологическое картографирование не сводится к покомпонентному картографированию природной организации региона и распределения антропогенной нагрузки. Экологическое картографирование представляет собой не набор карт по величинам ПДК различных загрязняющих веществ, а, прежде всего, это способ визуализации результатов экологической экспертизы, выполненной на качественно новых подходах.

Использование ГИС-технологий в экологии подразумевает широкое применение различного вида моделей (в первую очередь имеющих экологическую направленность). Поскольку экологическое картографирование окружающей природной среды опирается на представление о биогеохимических основах миграции загрязняющих веществ в природных средах, при создании ГИС для этих целей наряду с экологическими моделями требуется построение моделей, реализованных на принципах и подходах географических наук (гидрологии, метеорологии, геохимии ландшафта и др.). Тем самым модельная часть ГИС развивается в направлениях: математического моделирования динамики процессов миграции вещества и создания алгоритмов автоматизированного представления модельных результатов в виде тематических карт.

В качестве примера моделей первой группы выступают модели поверхностного стока и смыва, инфильтрационного питания грунтовых вод, русловых процессов и т.д. Типичными представителями второй группы являются алгоритмы построения контуров загрязнения, исчисления площадей и определения расстояний.

Алгоритмы, встроенные в ГИС, выполняют интерполяцию значений отображаемого показателя по узлам сети с использованием различных математических методов (решение систем линейных уравнений, алгоритм сведения треугольников, метод обратного расстояния и т.д.), в результате чего формируется визуальное отображение фактора в виде изолиний или трехмерных поверхностей распределения. Послойное наложение оригинального расчетного слоя изолиний на слой картографических объектов (дорожную и речную сеть, лесные массивы, постройки) позволяет получить более информативное и наглядное распределение изучаемого показателя по территории.

Задача количественной оценки факторов окружающей природной среды при анализе материалов экологического мониторинга имеет следующие особенности:

- предпочтительна информация, имеющая площадной характер (полигоны и связанные с ними атрибуты). Информация связанная с точечными объектами, используется как вспомогательная;
- необходима оценка погрешностей хранящихся данных. Наряду с относительно точными картографическими данными присутствуют результаты замеров в различных точках (чаще по нерегулярной сетке), значения которых не точны;
- применимы как точные математические модели, позволяющие строить прогнозы на базе решения сеточных уравнений, так и размытые экспертные правила,

построенные на вероятностной основе;

- неизвестно, сколько тематических атрибутов потребуется эксперту-специалисту для проведения оценок факторов. Возможно, не понадобится вся хранимая в базе информация, но взамен предпочтительно увеличить скорость выполнения запросов;

- запросы к базе данных в основном двух типов (дать список атрибутов, характеризующих данную точку на карте; высветить области на карте, обладающие необходимыми свойствами) [4].

Исходя из этих особенностей, разрабатывается модульная система, ядром которой является картографическая база данных.

Необходимость решения разнообразных задач экологического нормирования и почвенно-экологического прогнозирования, включая изучение миграции загрязняющих веществ во всех природных средах, требует сбора и ввода в банк данных информации по всем компонентам природной среды. Это и есть путь построения современных ГИС, где вся информация хранится в виде отдельных слоев (каждый слой представляет отдельный компонент окружающей среды или его элемент). Основу таких ГИС составляет, например, карта рельефа, над которой надстраивается система карт отдельных компонентов (почва, растительность и т.д.). Вместе с тем отдельные компоненты не могут дать полного представления о природе региона. Простое совмещение различных покомпонентных карт не дает знаний о ландшафтной структуре региона. Поэтому для формирования банков данных в структуре ГИС, где разнообразие экосистем и ландшафтов играет решающую роль в изучении динамики природных, экологических процессов и явлений, целесообразно в качестве основы формирования ГИС выбрать ландшафтную модель территории, которая включает в себя блоки для отдельных компонентов экосистем и ландшафтов (почва, растительность и т.д.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Иконников, В.Ф. Научные основы оценки, моделирования и прогнозирования состояния лимнических систем Беларуси/ В.Ф. Иконников. - Минск: Донарит. - 2004. - 202с.;

2. Карпик, А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий/ А.П. Карпик. - Новосибирск: СГГА, 2004. - 260 с.;

3. Методика геоэкологических исследований: учеб. пособие для студентов вузов / М.Г. Ясовеев [и др.]; под ред. М.Г. Ясовеева, - Минск: БГПУ. - 2007. - 248 с.;

4. Основы геоинформатики: в 2 кн. : учеб. пособие для студентов вузов / Е. Г. Капралов. [и др.]; под ред. В. С. Тикунова. — М.: Изд. центр – Академия, 2004. – 460 с.;

5. Трифонова, Т.А. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях/ Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощеков А.Н. – М.: УМО РФ, 2005. - 349с.;

6. Шитиков, В.К. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения: в 2 кн./В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко; отв. ред. Е.А. Криксунов. – М.: Наука, 2005. – Кн.1. – 281 с.