

КИЕВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

УТВЕРЖДЕНО:

Ученый совет геологического факультета,
протокол №__ от « _____ » 2013 г.
Председатель Ученого совета, декан факультета,

_____ проф. В.А. Михайлов

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ
В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ
ПРИ РЕШЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

для студентов геологических специальностей

СОГЛАСОВАНО:

Научно-методическая комиссия геологического
факультета
протокол №__ от « _____ » 2013 г.
Председатель НМК

_____ доц. Г.Г. Павлов

ОДОБРЕНО:

кафедра гидрогеологии и инженерной геологии,
протокол №__ от « _____ » 2013 г.
Зав. кафедрой

_____ доц. А.Е. Кошляков

Составитель: д.г.н., доц. А.Е. Кошляков _____

КИЕВ – 2013

Рабочая учебная программа дисциплины
«Пространственный анализ и моделирование в геоинформационных системах при решении
геологических задач»

Составитель: доктор геологических наук, доцент Кошляков Алексей Евгеньевич

Лектор: доктор геологических наук, доцент Кошляков Алексей Евгеньевич

Преподаватель: доктор геологических наук, доцент Кошляков Алексей Евгеньевич

Согласовано
с научно-методической комиссией

«___» _____ 2013 г.

Подпись председателя НМК факультета

ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Пространственный анализ и моделирование в геоинформационных системах при решении геологических задач» ориентирована на подготовку аспирантов (докторантов) направления «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых». Дисциплина излагается в объеме **70 академических часов** (из них **лекции** - 30 часов, **практические занятия** – 40 часов), персональные консультации (по необходимости) - до 15 часов. Форма итогового контроля - экзамен.

Целью изучения дисциплины «Пространственный анализ и моделирование в геоинформационных системах при решении геологических задач» является ознакомления аспирантов (докторантов) направления «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых» с основами практического использования географических информационных систем (ГИС), в первую очередь с пространственным анализом и моделированием в ГИС, при геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и эколого-геологических исследованиях.

Задача изучения дисциплины состоит в овладении теоретическими представлениями о возможностях современных ГИС, уровнем и перспективами их применения в геологии, а также навыками практической реализации геоинформационных технологий (ГИС-технологий) при решении геологических задач.

Предметом изучения дисциплины являются геологические объекты и процессы с точки зрения их фактографического описания, сохранения информации, представления, моделирования и анализа с помощью ГИС-технологий, а также вопросы методики применения ГИС при решении научных и практических хозяйственных задач (оценка изменений эколого-геологических условий, исследование процесса подтопления территории, выбор оптимального варианта размещения инженерного сооружения, и т.п.).

Требования к знаниям и умениям – после изучения дисциплины «Пространственный анализ и моделирование в геоинформационных системах при решении геологических задач» аспиранты (докторанты) должны:

знать:

- общие положения современной теории географических информационных систем;
- основы методики создания геоинформационных баз данных;
- основы методики моделирования с помощью ГИС;
- основы методики ГИС-анализа (пространственного анализа в ГИС);
- уровень и перспективы применения геоинформационных технологий (ГИС-технологий) в геологии.

уметь:

- создавать геоинформационные базы данных;
- моделировать геологические объекты с помощью ГИС;
- применять ГИС-анализ в геологических исследованиях.

Система контроля знаний и условия сдачи экзамена. Учебная дисциплина «Пространственный анализ и моделирование в геоинформационных системах при решении геологических задач» оценивается по модульно-рейтинговой системе. Она состоит из 2 модулей, результаты учебной деятельности оцениваются по 100-балльной шкале.

Формы текущего контроля: модульные контрольные работы в виде электронных отчетов по результатам лабораторных работ (2 контрольные работы по 40 баллов) - 80 баллов;

Итоговый контроль: экзамен – 20 баллов.

По результатам контроля аспирант (докторант) получает итоговую оценку, которая рассчитывается по следующей схеме:

	модуль 1	модуль 2	Экзамен	Итоговая сумма баллов
Баллы	40	40	20	100 (40 + 40 + 20)

При этом количество баллов соответствует оценке:

ШКАЛА СООТВЕТСТВИЯ

По 100-бальной шкале	Оценка по четырехступенчатой шкале	
90 – 100	5	отлично
75 -89	4	хорошо
60 – 74	3	удовлетворительно
0 – 59	2	неудовлетворительно

УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЗАНЯТИЙ

№ темы	Название темы	Количество часов	
		лекции	Практические занятия
Модуль 1: «Общие представления и функции ГИС. Моделирование и пространственный анализ в ГИС»			
1	Общие представления о ГИС, геоинформационной базе данных, геоинформатике и геоинформационной технологии.	2	0
2	Функции ГИС. Организация пространственных данных, основные типы объектов в ГИС. Типы атрибутивной информации, обработка атрибутивной информации.	6	4
3	Моделирование в ГИС: классификация, интерполяция и аппроксимация поверхностей, 3D-визуализация, цифровые модели поверхностей.	6	4
4	Пространственный анализ в ГИС: анализ расстояний, анализ сетей, оверлейный анализ.	6	4
Всего		20	12
Модуль 2: «Использование ГИС при решении геологических задач»			
5	Использование ГИС при решении задач управления в геологии.	2	0
6	Использование ГИС при решении научно-производственных задач в геологии.	2	16
7	Использование ГИС при решении эколого-геологических задач.	2	12
8	Примеры использования ГИС при решении геологических задач в Российской Федерации и в Украине.	4	0
Всего		10	28
Всего		30	40

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

МОДУЛЬ 1. ОБЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ФУНКЦИИ ГИС. МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ В ГИС

Тема 1. Общие представления о ГИС, геоинформационной базе данных, геоинформатике и геоинформационной технологии (2 часа)

Географическая информационная система (геоинформационная система, ГИС) - это информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку и отображение пространственных данных (пространственно-координированных данных).

Геоинформационная база данных отличается от обычной системы управления базой данных (СУБД) тем, что вся находящаяся в ней вся фактическая информация имеет географическую привязку (является пространственно-координированной).

Существуют два подхода к определению понятия **геоинформатики**: первый исходит из эволюционного развития геологии как науки (является более содержательным и широким с научно-философской точки зрения), второй базируется на понятиях «география» и «информатика» (является технологическим).

Первый подход предложен А.Е. Кулинковичем и Н.А. Якимчуком. По определению А.Е. Кулинковича и Н.А. Якимчука, геоинформатика - это наука о геологических полиценозах, о геотехноценозах (об ансамблях технических информационных приборов), о программценозах (алгоритмоценозах), об информценозах - в сложном взаимодействии элементов этих ансамблей.

Согласно первому подходу, *геоинформатика представляет собой использование математического аппарата, программного обеспечения и вычислительной техники для сбора, обработки, хранения геологической*

информации, построения геологических моделей и процессов, процессов образования месторождений полезных ископаемых, структурно-тектонических процессов планеты Земля. Иначе говоря, геоинформатика – это геологическая информатика. Она возникла как естественная реакция геологов на развитие ряда фундаментальных научных направлений XX ст., в частности кибернетики, теории информации, общей теории систем и т.п.

Второй подход предложен В.С. Тикуновим и др. Согласно второму подходу, термин *«геоинформатика»* *происходит от термина «информатика»* (научное направление, изучающее теорию, методы и способы накопления, обработки и передачи данных, информации и знаний с помощью ЭВМ и других технических средств; группа дисциплин, занимающаяся различными аспектами применения и разработки ЭВМ). Специфические аспекты информатизации различных областей научной и производственной деятельности породили ряд частных «информатик». Например, так появился термин «экоинформатика» для обозначения дисциплины, связанной с обработкой данных, информации и знаний об окружающей среде. Этимологически термин «геоинформатика» образовался под влиянием двух параллельных процессов: редукции «географической информатики» к краткой форме «геоинформатика» и прямого происхождения от родового понятия «информатика». Именно так термин «географические информационные системы» (ГИС) превратился в «геоинформационные системы». Иначе говоря, *геоинформатика рассматривается как интегратор многих наук и технологий, оперирующих пространственно-координированными данными.*

Существует похожий термин *«геоматика»*. Под геоматикой (англ. *geomatics* от GEO + InfoMATICS, франко-канадский оригинал *geomatique*) обычно понимают область деятельности, которая связана с использованием системного подхода к выбору средств сбора, интеграции, обработки и представления пространственных данных в континууме потоков цифровой информации. Одними исследователями геоматика рассматривается как

синоним геоинформатики, другие считают, что геоинформатика входит составной частью в геоматику (более распространенная точка зрения).

С теоретической точки зрения геоинформатика представляет собой учение о географических информационных системах (ГИС). С технологической и практической точек зрения геоинформатика – это особая информационная технология (геоинформационная технология), являющаяся технологической основой создания и эксплуатации ГИС. Суть геоинформационной технологии (по В.С. Тикунову и др.) состоит во вводе, обработке и выводе пространственно-координированных (пространственных) данных.

В.С. Тикунов и др. выделяет *три аспекта геоинформатики* (наука, технология, производственная деятельность) и ее *главные направления (задачи)*:

- научное обоснование, проектирование, создание и использования географических информационных систем (ГИС);
- разработка геоинформационных технологий;
- применение ГИС для практических или научных целей.

Согласно второму подходу, *геоинформатика может быть определена как наука, технология и производственная деятельность по научному обоснованию, проектированию, созданию и использованию географических информационных систем, по разработке геоинформационных технологий и применению ГИС для практических или научных целей.*

Литература [1,2]

Тема 2. Функции ГИС. Организация пространственных данных, основные типы объектов в ГИС. Типы атрибутивной информации, обработка атрибутивной информации (6 часов)

ГИС выполняет **шесть главных функций**: ввод данных, хранение данных, запрос, анализ данных, представление данных, вывод результатов.

Ввод данных происходит:

- путем ввода информации с известными географическими координатами вручную;
- с бумажных носителей;
- с цифровых носителей;
- с помощью GPS.

Хранение данных осуществляется:

- в векторном виде (дискретное представление объекта);
- в растровом виде (использование клеточек для представления объекта).

Запрос бывает двух видов:

- выбор (определение) конкретных объектов («где» - «что»);
- выбор (определение) объектов, отвечающих конкретным условиям («что» - «где»).

Виды анализа в ГИС:

- анализ расстояний (близость);
- оверлейный анализ (наложение);
- анализ сетей.

Виды представления данных в ГИС:

- карты;
- графики;
- отчеты.

Вывод результатов в ГИС происходит в виде:

- изображения (рисунок, схема);
- напечатанной карты;
- обычного документа;
- Internet-информации.

Особенность организации пространственных данных в ГИС состоит в том, что *ГИС работает с тематическими (информационными) слоями пространственных данных.*

Существует *три основных информационных элемента пространственных данных*:

- атрибуты;
- геометрия;
- образ (правила).

В ГИС выделяют *три вида объектов согласно их геометрии*:

- точечные;
- линейные;
- полигональные.

Согласно типизации Ендри Митчелла (1999), выделяют такие **основные типы объектов в ГИС** (основные типы географических объектов):

- дискретные;
- непрерывные;
- обобщенные по площади.

Дискретные объекты всегда занимают точно определенную часть пространства (в любой точке пространства данный объект может либо присутствовать, либо отсутствовать). Геометрически они могут быть точечными, линейными или полигональными.

Примеры дискретных объектов:

- точечные дискретные объекты - точки расположения буровых скважин,
- линейные дискретные объекты - улицы,
- полигональные дискретные объекты - промышленные зоны.

Характерные признаки дискретных объектов:

- 1) наличие изучаемого признака только в пределах объекта;
- 2) неизменность значения данного признака в точке, на линейном отрезке или в пределах площади полигона.

Непрерывные объекты находятся во всех точках пространства и непрерывно изменяются от точки к точке (могут быть измерены в любой точке).

Примеры непрерывных объектов:

- поверхность уровней грунтовых вод,
- рельеф местности,
- атмосферные осадки,
- температура воздуха.

Характерный признак: объекты (явления) непрерывно изменяются в пространстве, т.е. не имеют промежутков.

Непрерывные явления могут быть представлены в виде точек, линий, полигонов.

Обобщенные за площадью явления характеризуют общее количество объектов в пределах данной площади или их обобщенные показатели.

Примеры:

- количество предприятий в пределах административного района,
- общая длина водотоков в пределах бассейна водосбора.

Характерный признак непрерывных объектов: они характеризуют площадь целиком, а не каждую ее точку в отдельности.

Главные типы атрибутивной информации в ГИС:

- 1) количественные показатели;
- 2) категории;
- 3) ранги;
- 4) относительные (удельные) показатели.

Количественные показатели – это количественные характеристики объектов (например, площадь, абсолютная отметка гидродинамического напора, содержание кальция) или фактическое количество объектов заданного типа на карте.

Способы отображения количественных показателей:

- цифровые подписи;
- средства деловой графики;
- изолинии;
- цветная или тоновая градация;
- трехмерные изображения.

Категории объединяют группы подобных объектов. Критерием сходства являются качественные или условные показатели, которые указывают на принадлежность объекта к определенному типу. Например, категория «Водные объекты» включает: ручьи, каналы, реки, ставки, водохранилища, моря.

Категории обозначаются в атрибутивной таблице символьным выражением (кодом). Например, в электронной карте Украины масштаба 1:500000 районные центры в атрибутивной таблице слоя «Населенные пункты» имеют общий код «41100000».

Ранги позволяют упорядочить объекты одного типа по признаку уменьшения или увеличения определенного показателя. Они используются, когда непосредственная количественная оценка объектов сложна или связана с использованием комбинации факторов. Например, по скорости движения водотоки можно ранжировать следующим образом: очень быстрый, быстрый, умеренный, медленный, очень медленный. Существуют также ранги, которые основываются на нескольких характеристиках объекта (например, типизация участков земли по комплексу показателей для оценки ее пригодности для строительства). *Способ оценки с помощью рангов является относительным.*

Относительные (удельные) показатели отражают соотношение между двумя параметрами. Они определяются путем деления одного результата измерения на другой. Выделяют два типа отношений – пропорции и плотность. *Пропорции* показывают, какую часть от общего количества составляет отдельная категория; их часто представляют в процентах. *Плотность* – это количество объектов, приходящееся на единицу площади.

Обработка атрибутивной информации - важная составная часть работы в ГИС. *Основные операции при работе с атрибутивной информацией:*

- 1) выборка;
- 2) вычисление;
- 3) статистическая обработка.

Выборка нужна для того, чтобы:

- работать только с необходимой частью информации, содержащейся в таблице атрибутивных данных;
- присваивать новые атрибутивные характеристики лишь определенным объектам.

Осуществить выборку означает выбрать лишь те строки в атрибутивной таблице определенного слоя данных, которые отвечают заданным условиям. Выбор данных проводится с использованием запроса, который обычно имеет форму логического выражения.

Вычисление проводят, если необходимо определить новую атрибутивную характеристику на основе уже существующих в атрибутивной таблице. При вычислении сначала создается новое поле в атрибутивной таблице, потом задается выражение (правило) вычисления.

Статистическая обработка – это расчет статистических характеристик на основе атрибутивных данных.

Литература [1, 2, 8]

Тема 3. Моделирование в ГИС: классификация, интерполяция и аппроксимация поверхностей, 3D-визуализация, цифровые модели поверхностей (6 часов).

Классификация в ГИС – одна из основных аналитических операций при работе с географическими объектами. Если каждый объект нанести на карту с помощью уникального символа, то выявить закономерности можно лишь при

небольшом количестве таких символов. При большом количестве объектов они группируются в классы по своим числовым значениям.

Процесс объединения объектов в классы называется классификацией. Классы объединяют объекты с подобными значениями, при этом им присваивается одинаковый символ на карте. *Классификация* - это определенное искусственное упорядочение данных по одному или нескольким параметрам. Поэтому *классификация всегда содержит элемент субъективизма.*

Технология классификации объектов в ГИС предусматривает перекодировку атрибутов в таблицах или значений клеток раstra для создания новых слоев. Наиболее простой случай классификации - переименование полигонов на основе значений их собственных атрибутов. Более сложные случаи классификации предусматривают изменение границ полигонов или определение нового класса путем интеграции свойств многих слоев информации. Довольно часто основой для определения классов является анализ поверхностей.

Важной *проблемой классификации является объективное определение категорий классификации.* Например, при определении категории «переувлажненные территории» возможны такие варианты:

- болота;
- подтопленные территории (следует установить допустимую глубину до уровня грунтовых вод);
- сезонно подтопляемые территории (следует также установить допустимое время нахождения уровня грунтовых вод на упомянутой глубине).

Определение классов в ГИС можно выполнить или вручную, или путем использования *стандартных схем классификации.*

Ручную классификацию обычно применяют тогда, когда необходимо сгруппировать объекты, отвечающие специфическим критериям, или сравнить значение их атрибутов с конкретной характерной величиной.

Стандартные схемы учитывают характер распределения выборки; при этом автоматически определяются интервал разбивки и количество интервалов. Наиболее распространенные *стандартные схемы классификации*:

- естественная разбивка,
- квантиль,
- равные интервалы,
- стандартное отклонение.

Естественная разбивка выделяет классы таким образом, что в один класс попадают близкие по величине значения, а разница между классами значительна. В таком случае естественно существующие группы значений размещаются в одном классе, а границы классов определяются там, где есть резкий перепад между группами значений. Естественная разбивка наиболее эффективна, если данные имеют неравномерное распределение (помещает разбросанные по карте близкие значения в один класс).

Технология естественной разбивки. ГИС автоматически определяет максимальное и минимальное значения для каждого класса, используя математическую процедуру, анализирующую резкие изменения в данных.

Недостатки схемы естественной разбивки: трудности сопоставления классов на разных картах, поскольку интервалы разбивки характерны лишь для данной выборки. Использование метода не рекомендуется в случае равномерного распределения данных.

Квантили имеют равное количество объектов в каждом классе.

Технология схемы квантиля. ГИС упорядочивает объекты по значению их атрибута в интервале от максимального до минимального значения и определяет общее количество объектов, потом делит общее количество объектов на заданное число классов, чтобы получить количество объектов в каждом классе. После этого ГИС присваивает первым по порядку объектам значения наиболее низкого класса, пока этот класс не будет заполнен, потом переходит к следующему классу, заполняет его и т.д.

Преимущества схемы квантиля: наглядное сопоставление областей, размеры которых приблизительно равны; возможность эффективного отображения на карте объектов, значение которых равномерно распределены; возможность оценить относительное положение объекта среди объектов окружения.

Недостатки схемы квантиля: объекты с близкими значениями могут попасть в разные классы, особенно, если значения расположены плотно; наоборот, несколько сильно отличающихся значений могут оказаться в одном классе; классификация может изменять реальные закономерности распределения, если области имеют большую разницу в размерах.

Равные интервалы предусматривают, что каждый класс имеет одинаковый диапазон значений (разность между максимальным и минимальным значениями одинакова для всех классов).

Технология схемы равных интервалов. ГИС отнимает минимальное значение в наборе данных от максимального, а полученное значение делит на количество классов. Максимальное значение для первого класса получают путем добавления результата деления к наименьшему значению выборки, таким же способом устанавливаются интервалы для других классов.

Преимущества схемы равных интервалов: равные интервалы более простые для понимания, так как диапазон значений для каждого класса одинаковый; схема очень удобна для представления информации «нетехнической» аудитории.

Недостаток схемы равных интервалов: эффективность схемы существенным образом снижается при оценке неравномерных распределений, когда допускается возможность сосредоточения большого количества объектов в одном или двух классах при полном их отсутствии в других.

Стандартное отклонение предусматривает, что каждый класс определяется величиной стандартного отклонения от среднего арифметического выборки.

Технология схемы стандартного отклонения. ГИС вычисляет среднее арифметическое и стандартное (среднеквадратичное) отклонение выборки; границы классов определяются величиной стандартного отклонения от среднего арифметического.

Преимущества схемы стандартного отклонения: схема дает возможность представить направление отклонения параметра объекта от среднего значения в большую или меньшую сторону и обратить внимание на данные, которые в общей массе имеют небольшие отклонения от среднего (нормальный или логарифмически нормальный законы распределения).

Недостатки схемы стандартного отклонения: применение схемы правомерно, если закон распределения величины является нормальным или логарифмически нормальным; карта, которая получена путем использования схемы стандартного отклонения, может не выявить реальные характеристики объекта.

Интерполяция и аппроксимация поверхностей - это процедуры построения поверхностей непрерывных географических объектов по дискретным данным. *Автоматизированная процедура построения поверхности в ГИС включает два последовательных этапа.*

Первый этап – это этап построения сетки (Gridding Overview). По имеющейся сети точек, в которых известны значения поверхности (обычно координаты этих точек распределены на карте неравномерно), с помощью специальных методов создается сеть (массив) значений поверхности путем интерполяции или аппроксимации их значений на узлы достаточно плотной регулярной прямоугольной сетки (так называемой Grid-сетки, в результате чего формируется Grid-файл). *Упомянутые специальные методы условно разделяют на два класса – точные (интерполяционные) и сглаживающие (аппроксимирующие).* В действительности большинство методов можно отнести к тому или иному классу в зависимости от того, какие параметры метода построения задает пользователь в конкретном случае.

Точные методы включают исходные точки для построения поверхности в Grid-файл лишь тогда, когда эта точка точно совпадает с узлом Grid-сетки. Эти методы целесообразно использовать тогда, когда значения в исходных точках определены с несущественной погрешностью. *Сглаживающие методы* используются в случаях, когда значения в исходных точках содержат погрешность, которой нельзя пренебречь (в таком случае условия включения исходных значений в Grid-файл не рассматривается).

На *втором этапе* полученные в узлах Grid-сетки значения поверхности используются для воспроизведения (генерации) поверхности в виде карты изолиний или трехмерного графического изображения (**3D-визуализация**).

Определяющим с точки зрения достоверности построения поверхности является первый этап автоматизации.

Наиболее распространенные *методы интерполяции и аппроксимации* на узлы Grid-сетки, которые используются в ГИС:

- 1) триангуляция с линейной интерполяцией,
- 2) метод обратных взвешенных расстояний,
- 3) метод Шепарда,
- 4) метод поверхности тренда,
- 5) метод сплайна (метод минимальной кривизны),
- 6) метод кригинга (крайгинга),
- 7) метод радиальных базисных функций.

Метод триангуляции с линейной интерполяцией близок к ручной линейной интерполяции. Исходные точки соединяются так, что результирующая поверхность покрывается треугольниками, причем ни одна из сторон треугольника не пересекается сторонами других треугольников. Значение поверхности в точках Grid-сетки, находящиеся внутри треугольника, рассчитываются исходя из того, что они принадлежат плоскости, которая проходит через вершины упомянутого треугольника. Метод является точным в том понимании, что полученная таким образом поверхность обязательно проходит через все исходные точки, в которых значение поверхности

определены экспериментально. Считается, что метод дает хороший результат при условии, что исходные точки расположены на карте равномерно, а их количество превышает 200. Применение метода при недостаточном количестве исходных точек приводит к появлению на карте изолиний больших прямолинейных сегментов, что явно не соответствует действительности.

Метод обратных взвешенных расстояний базируется на вычислении весовых коэффициентов, которые используются для построения аппроксимирующей (интерполяционной) функции. Построенная функция применяется в дальнейшем для расчета значений поверхности в узлах Grid-сетки. Весовые коэффициенты определяются для исходных точек, они пропорциональны степени обратного расстояния от исходной точки до расчетного узла Grid-сетки. Степень обратного расстояния и критическое расстояние (или количество исходных точек), при превышении которого взаимное влияние точек при построении поверхности становится несущественным, задаются пользователем. При приближении степени обратного расстояния к нулю расчетная поверхность приближается к горизонтальной плоскости, проходящей через среднее значение величин во всех исходных точках. При приближении степени к бесконечности расчетная поверхность становится многогранной: каждой вершине этой поверхности приписывается значение величины в исходной точке, более близкой к вершине. Для аппроксимирующей (интерполяционной) функции сумма всех весовых коэффициентов исходных точек, которые используются для построения, равняется единице, а весовой коэффициент каждой исходной точки является долей этого общего единичного веса. Если исходная точка совпадает с узлом Grid-сетки, то весовой коэффициент этой исходной точки принимается равным единице, а для всех других исходных точек - нулю. В таком случае значения в узле Grid-сетки полностью совпадают со значением поверхности в исходной точке, т.е. метод работает как точный интерполятор. Недостатком метода обратных взвешенных расстояний является генерация структуры изолиний типа «бычий глаз» вокруг точек с большими или малыми значениями

величины поверхности. Для уменьшения влияния упомянутых точек при реализации метода можно задать значение параметра, который сглаживает интерполяционную функцию. Тем не менее, если этот параметр больше нуля, то расчетные значения поверхности ни в одном узле Grid-сетки не будут совпадать со значениями в исходных точках, даже когда исходная точка совпадает с узлом. Чем больше сглаживающий параметр, тем меньшее влияние оказывает каждая исходная точка на расчетное значение в узле Grid-сетки.

Метод Шепарда похож на метод обратных взвешенных расстояний. Он также использует обратные расстояния для расчета весовых коэффициентов. Отличие заключается в том, что при построении аппроксимирующей функции в локальных областях используется метод наименьших квадратов. Последнее уменьшает вероятность появления на карте изолиний структур изолиний типа «бычий глаз».

Метод поверхности тренда предназначен по своей сути для выявления общих тенденций изменений поверхности в разных направлениях, а не ее точного моделирования. Иначе говоря, он служит для аппроксимации поверхностей, упрощенного (приближенного) описания реальных сложных конфигураций более простыми с помощью известных функций.

Любая поверхность, которая изображена на карте и удовлетворяет уравнению

$$Z = F(x, y)$$

может быть аппроксимирована, т.е. приближенно представлена с помощью известной функции $f(x, y)$:

$$Z = f(x, y) + \varepsilon$$

где ε - остаток, который нельзя аппроксимировать; x, y - координаты точек на плоскости.

Обычно функцию $f(x, y)$ раскладывают в ряд, получая уравнение поверхности в виде

$$Z = f_1(x, y) + f_2(x, y) + \dots + f_n(x, y) + \varepsilon$$

$f_i(x, y)$ - компоненты разложения, которые описывают аппроксимирующую поверхность. Они неизвестны и должны быть определены. Определение числовых значений $f_i(x, y)$ выполняется при условии минимума квадратов отклонений аппроксимирующей поверхности от исходной (т.е. применяется метод наименьших квадратов).

Определенная таким образом функция $f(x, y)$ может быть использована для расчета значений поверхности в узлах Grid-сетки. По сути дела, получается математическая модель поверхности в виде уравнения регрессии в зависимости от координат плоскости x, y .

Существует несколько способов аппроксимации поверхностей в зависимости от конкретных задач исследований и применяемого математического аппарата. Метод аппроксимации с помощью алгебраических полиномов называется тренд-анализом, методом поверхности тренда или методом полиномиальной регрессии. Если используют алгебраический полином первой степени, говорят о линейном тренде, если второго - квадратичный тренд и т.д. Точность аппроксимации увеличивается с увеличением степени полинома. При условии, что степень полинома равняется количеству исходных точек, которые используются для определения функции, поверхность тренда пройдет через все исходные точки.

Метод сплайна (метод минимальной кривизны) генерирует аппроксимирующую поверхность с минимальным количеством изгибов, которая проходит как можно ближе к исходным точкам. В таком случае достигается минимум кривизны поверхности. Термин «сплайн» происходит от английского названия тонкой деревянной рейки, которая применяется для черчения кривых сложной конфигурации. С помощью креплений и грузиков можно добиться, чтобы рейка проходила через заданные точки. Выгнутая таким образом рейка дает плавную кривую, которая обычно удовлетворяет требованиям к этой части чертежа.

Математический сплайн использует разделение кривой на участки, где точки приложения сил делят область определения кривой на отрезки. На

каждом таком отрезке сплайн представляет собой математическую функцию - параболу третьей степени (базисный сплайн). Все параболы вместе (их количество совпадает с количеством отрезков) образуют плавную непрерывную кривую. В особых случаях переходят к базису из сплайнов пятой степени.

При реализации метода сначала путем подбора определяется базисный сплайн. Подбор осуществляется до тех пор, пока расчетные значения поверхности в исходных точках не будут совпадать с действительными с заданной исследователем точностью. Потом с помощью базисного сплайна определяются значения в узлах Grid-сетки. Этот метод лучше применять для поверхностей, которые плавно изменяются.

По сути метод сплайна не является интерполяционным. К недостаткам метода следует отнести то, что в некоторых случаях искусственно появляются резкие пики и впадины на расчетной поверхности, которые приводят к генерации структур изолиний типа «бычий глаз».

Метод кригинга оптимизирует процедуру построения поверхности на основе представлений о ее статистической природе. Кригинг использует идею переменной, изменяющуюся от точки к точке с некоторой известной непрерывностью, но которая не может быть адекватно описана только одним математическим уравнением. Метод обрабатывает исходные данные исходя из предположения, что поверхность состоит из трех независимых составляющих. Первая составляющая - это общая тенденция изменения поверхности в определенных направлениях. Первая составляющая поверхности имеет название общего тренда, дрейфа или структуры. Вторая составляющая - это относительно небольшие отклонения от дрейфа типа пиков и впадин, которые являются случайными, но пространственно коррелированными (связанными одно с другим). Третья составляющая поверхности - это случайный шум, который не связан с общей тенденцией и не имеет пространственной корреляции. Последнюю составную рассматривают как случайную погрешность.

С каждой из трех составляющих оперируют отдельно. Дрейф оценивается с использованием математической функции, которая определяет общие изменения поверхности подобно тренду. Чаще всего здесь используются следующие варианты: тренда нет вообще, есть линейный или квадратичный тренд. Функция, описывающая тренд, дает возможность рассчитать величину дрейфа в узлах Grid-сетки.

Вторая составляющая учитывается следующим образом. Сначала строится вариограмма, на которой по горизонтальной оси откладывается расстояние между исходными точками (так называемый лаг), а по вертикальной - так называемая полудисперсия. Последняя рассчитывается как половина квадрата разности величин расчетной и действительной поверхности в исходных точках. На вариограмме проводится кривая наилучшего приближения, которая позволяет установить критическое значение лага - предельный радиус пространственной корреляции. При превышении предельного радиуса величина упомянутого квадрата разности остается постоянной. Таким образом, определяется радиус, в пределах которого исходные точки имеют существенное взаимное влияние. Потом рассчитывается величина второй составляющей для каждого узла Grid-сетки для исходных точек, находящихся на расстоянии от узла, которое не превышает радиус предельной пространственной корреляции. Весовой коэффициент, который предоставляется каждой исходной точке для расчета значения поверхности в узле Grid-сетки, пропорционален расстоянию от исходной точки до расчетного узла Grid-сетки (как в методе обратных взвешенных расстояний).

Учет третьей составляющей превращает метод кригинга в приближенный (аппроксимирующий). В этом случае расчетное и действительное значения поверхности в исходных точках не будут совпадать точно, но расчетная поверхность в целом будет более плавной.

Метод радиальных базисных функций считается точным интерполяционным методом, но для получения более плавной поверхности обычно применяют соответствующий сглаживающий параметр. Радиальные

базисные функции аналогичны вариограммам в методе кригинга. Эти функции определяют оптимальную сеть весов, с помощью которых «взвешиваются» значения поверхности в исходных точках для построения интерполяционной функции. Некоторые исследователи рассматривают метод радиальных базисных функций как наилучший для точного построения плавных поверхностей.

Цифровая модель поверхности - это наглядное представление в ГИС физического (динамического) поля (поля функции) или геологического поля (поля показателя, поля аргумента). Поля могут быть реально существующими или мысленными.

Поверхность может быть представлена в ГИС двумя способами: векторная модель и растровая модель.

Изображение поверхности для *векторной модели* воспроизводится с помощью модели нерегулярной триангуляционной сети (TIN), являющейся одним из способов представления величины по координате Z. Такие модели могут быть основаны на точках или на линиях, в которых известны значения величины по координате Z. Модели на основе линий - почти графический эквивалент традиционного метода карт изолиний. Они обычно создаются путем оцифровки существующих изолиний. После ввода эти данные рассматриваются в ГИС как линейные объекты или как полигоны. Но чаще всего исходные данные для построения модели поверхности вводятся в виде регулярно или нерегулярно расположенных по площади точек. Обычно плотность этих точек небольшая, поэтому возникает необходимость расчетного определения величины в точках, которые расположены между точками наблюдений. Точки могут быть преобразованы в модель TIN двумя способами. Первый способ заключается в том, что сами точки сетки используются как вершины треугольных граней TIN. Преимуществом такого способа является то, что отсутствует необходимость в введении дополнительных данных. Второй способ - значение величины интерполируются (аппроксимируются) в вершины

регулярной матрицы треугольных граней TIN. При этом повышается количество точек матрицы, но детальность модели не возрастает, поскольку интерполированные (ппроксимированные) значения не такие точные, как измеренные. Поскольку с векторными моделями неудобно проводить большинство математических операций, их обычно преобразуют в растровые.

Растровые модели представляют собой дискретные матрицы величин - каждой клеточке раstra присваивается только одно значение величины. Растр - это фактически дискретизация непрерывной поверхности с помощью клеточек (пикселей, точек), т.е. непрерывное пространственное явление получает дискретное изображение. Нужно учитывать, что пиксель занимает определенную площадь, с увеличением которой в растровой модели снижается точность изображения величины. Важным моментом также является нахождение реального значения величины в пределах пикселя. Оно может быть в центре пикселя или в одном из его четырех углов. При анализе поверхностей выбор этих точек влияет на результаты вычислений. Например, если значение величины принадлежит одному из четырех углов пикселя, то полученные расчетные величины сместятся, по меньшей мере, на половину ширины пикселя.

Литература [1, 2, 5, 4, 8]

Тема 4. Пространственный анализ в ГИС: анализ расстояний, анализ сетей, оверлейный анализ (6 часов).

Существуют **три вида пространственного анализа** в ГИС:

- анализ расстояний (близость);
- оверлейный анализ (наложение);
- анализ сетей.

В геологии наибольшее распространение получил оверлейный анализ (картографическое наложение). Возможность сравнивать картографическое

изображение тематической информации двух и более выбранных информационных слоев карты является наиболее мощной возможностью современных ГИС. Такой *процесс сравнения называют картографическим наложением или оверлейным анализом (оверлеем)*.

История применения картографического наложения. В XVIII ст. применялись полупрозрачные шелковые картографические покрытия для сопоставления проектируемых зданий с ландшафтами территории. Более позднее изобретение - световой стол. К появлению компьютеров модернизация картографического наложения касалась лишь улучшения качества изображения, а основные функции выполнялись вручную. В 70-80-х гг. XX ст. геологи создавали числовые матрицы, в которые заносили данные о свойствах геологической среды. Комплексный анализ поисковых признаков, проведенный путем сопоставления числовых матриц, давал возможность выявить местонахождение месторождений полезных ископаемых. Именно эти пионерные исследования в геологии еще до появления графических мониторов показали, что наложение - это мощный инструмент, но его использование практически невозможно без компьютерной поддержки.

Современные ГИС имеют мощный вычислительный инструментарий. Благодаря этому в процесс оверлейного анализа можно оперативно вовлечь данные разных типов - от табличных значений в точках наблюдений до статистических поверхностей и данных космического зондирования.

Оверлейный анализ может быть *графическим (не автоматизированным)* и *автоматизированным*.

Графическое наложение – простейший метод компьютерного наложения, подобный традиционному методу совмещения прозрачных пленок. Это операция общего отображения объектов разных информационных слоев с целью выявления их пространственных взаимоотношений; символы отображения результатов картографического наложения располагаются на одной поверхности. Метод похож на метод тематического объединения, который используется при создании общегеографических карт.

Реализация графического наложения дает возможность визуально оценить размещение разнообразных элементов и наглядно показать наличие или отсутствие пространственной связи между ними. Для выполнения графического наложения нужно, чтобы все объекты были представлены в одной проекции и системе координат. Результатом графического наложения является изображения на экране. Новый слой при этом не создается, объединение атрибутов объектов не происходит.

Различают такие *виды автоматизированного оверлейного анализа*:

- 1) геометрическое наложение,
- 2) использование логических операторов,
- 3) математическое наложение,
- 4) комбинированное наложение.

Геометрическое наложение является наиболее распространенным и развитым автоматизированным методом наложения. При этом оценивается только пространственное соответствие объектов, расположенных в разных информационных слоях карты. Собственно геометрическое наложение позволяет выделить объекты одного слоя за пределами объектов другого и предоставить созданным таким образом объектам атрибуты обеих исходных слоев. Такое наложение дает возможность реализовать при пространственном анализе элементы булевой алгебры, определяющие такие типы соотношений графических объектов (диаграммы Венна): объединение, пересечение, дополнение.

Использование логических операторов предусматривает применение двух типов логических операторов: OR (ИЛИ) – если присутствие определенного фактора определяет запрет; AND (И) – если факт запрета требует выполнения двух или больше условий одновременно.

Математическое наложение - это усложнение оверлейного анализа путем перехода от бинарных показателей («да» – «нет»; «0» – «1») к более высоким шкалам измерений, назначая большей степени ограничения большее числовое значение, а потом путем сложения (отнимания, умножения, возведение в

степень, выбора большего или меньшего значения, усреднение и т.п.) нахождение суммарного показателя степени запрета.

Комбинированное наложение - это объединение и расширение рассмотренных методов. Оно предусматривает использование исключительной логики, «взвешивания» и математических операций одновременно. Набор таких правил может выглядеть как алгоритм с использованием конструкции «ИНАЧЕ».

Литература [1, 2, 8]

Практическое занятие №1 (4 часа)

Тема: Организация пространственных данных, основные типы объектов в ГИС. Типы атрибутивной информации, обработка атрибутивной информации

План

1. Картографическая привязка носителей геологической информации (карты, космические снимки и т.п.) к существующей картографической ГИС-основе.
2. Создание новых информационных слоев в ГИС. Внесение информации в атрибутивные таблицы слоев.
3. Обработка атрибутивной информации (выборка, вычисление, статистическая обработка).

Практическое занятие №2 (4 часа)

Тема: Классификация, интерполяция и аппроксимация поверхностей, 3D-визуализация, цифровые модели поверхностей в ГИС

План

1. Выполнение процедур аппроксимации и интерполяции поверхности.

2. Создание цифровой векторной и растровой моделей поверхности, ее 3D-визуализация.
3. Выполнение процедур классификации в ГИС.

Практическое занятие №3 (4 часа)

Тема: Оверлейный анализ в ГИС

План

1. Выполнение процедуры геометрического наложения информационных слоев.
2. Выполнение процедуры наложения информационных слоев с использованием логических операторов.
3. Выполнение процедуры математического наложения информационных слоев.

МОДУЛЬ 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ПРИ РЕШЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Тема 5. Использование ГИС при решении задач управления в геологии (2 часа)

Геологическая информация в подавляющем большинстве случаев имеет точную координатную привязку.

Это касается:

- полевых наблюдений (первичной информации);
- результатов обработки и интерпретации всего комплекса исходных данных.

Цель геологоразведочных работ – получение информации о геологическом строении недр и запасах полезных ископаемых.

Результат производственной и научной деятельности в геологии – информация (на ее получение тратятся огромные усилия и средства).

Геологическая информация обобщается в соответствующих отчетах с приложениями к ним в виде карт, разрезов, схем и других графических материалов. Тот факт, что результаты геологических исследований, как правило, представлены в картографической форме с описательными дополнениями, приводит к мысли об эффективности применения здесь геоинформационных технологий.

Можно выделить группу пользователей геологической информацией, которая осуществляет административное руководство всеми процессами, связанными с использованием недр (Министерства охраны окружающей природной среды, Государственные геологические службы и т.п.). Основными задачами тут являются:

- 1) прогнозирование развития минерально-сырьевой базы;
- 2) планирование геологоразведочных работ и анализ их результатов;
- 3) лицензирование использования недр и контроль над выполнением лицензионных соглашений.

При решении этих задач необходимо использовать всю ранее накопленную информацию, но сами пользователи этой группы не занимаются получением первичной информации и ее обработкой. Исключением является анализ, в результате которого получают новые интегральные геолого-экономические данные, связанные с оценками участков территории при лицензировании, обоснованием планов геологоразведочных работ и др.

Например, для управления территориальным фондом недр необходимы такие основные информационные блоки:

- 1) изученность (карты сетей, схем и других первичных наблюдений, паспорта изученности, ссылки на отчеты в фондах);
- 2) результаты геологоразведочных работ и их планирования (модели геологического строения территории и отдельных объектов, паспорта объектов, комплекты информации к перспективным и ежегодным планам геологоразведочных работ);

- 3) минерально-сырьевая база территории (карты месторождений полезных ископаемых и их проявлений, кадастры месторождений и проявлений, балансовые запасы и их динамика);
- 4) использование недр (карты использования недр, реестр использования недр, лицензионные соглашения и пакеты информации для лицензирования);
- 5) контроль над соблюдением соглашений (учет добычи и потерь, учет платежей, предоставление обязательной отчетной документации).

Дополнительный информационный блок - общая информация о территории (топографическая основа, инфраструктура, данные об устойчивости ландшафта, климатические данные, заповедные территории).

Таким образом, на сегодня ГИС могут быть адекватным средством поддержки деятельности специалистов-геологов по выполнению функций фактографического обеспечения и справочного обслуживания. Для решения задач, связанных с комплексным районированием, ранжированием объектов по степени экономической целесообразности их разведки и оценки, оптимизации предложенных к лицензированию участков и т.п., системы должны быть дополнены соответствующими специальными программными модулями.

Тема 6. Использование ГИС при решении научно-производственных задач в геологии (2 часа)

В геологии информационные технологии применяются довольно продолжительный период. Геологи используют почти сто видов тематических карт. Средства вычислительной техники и специализированные программные системы начали здесь применяться в производственном режиме больше 50 лет назад (обработка данных геофизических исследований, математическое моделирование геофильтрационных процессов и т.п.).

Производственные и научные организации, которые получают первичную геологическую информацию, интерпретируют ее, обрабатывают и обобщают, т.е. получают новые геологические знания. Для этого они используют

специализированные средства обработки и интерпретации данных (со специализацией относительно методов, стадий и этапов работ). Визуализация данных при этом имеет решающее значение, но это, как правило, специфическая (растровая) графика. Здесь фактор координатной привязки не имеет принципиального значения. Поэтому эффективность интеграции в геоинформационную среду существующих специализированных программных средств сомнительна. Необходимым и достаточным условием является согласование форматов входных-выходных данных (в первую очередь, картографических).

Собственно ГИС в этом случае должна обеспечить:

- работу с наборами карт для интегрированного системного анализа (количественная и качественная интерпретация информации разных уровней, выделение и распознавание объектов по набору диагностических признаков и построение их многофакторных моделей);
- долгосрочное хранение результирующих карт;
- геологическую съемку, упорядочение и издание государственных геологических карт.

Отдельно среди пользователей нужно выделить крупные компании, которые за собственные средства ведут работы по разведке месторождений, добыче минерального сырья, транспортировке и сбыту или переработке и сбыту. Такие компании вынуждены разрабатывать вопросы стратегического планирования своей деятельности. Для таких компаний ГИС могут быть:

- средством информационной поддержки стратегического планирования и контроля над его выполнением;
- удобным средством информационного обмена между компаниями и органами управления использования недр на территории, а также органами охраны природы.

Тема 7. Использование ГИС при решении эколого-геологических задач

(2 часа)

В эколого-геологической сфере ГИС в большинстве случаев используется при моделировании и прогнозе развития экологических ситуаций, а также исследовании природных ресурсов. Сегодня наиболее эффективным подходом считается применения ГИС совместно с методами дистанционного исследования Земли (ДЗЗ), что обеспечивает актуальность и оперативность аналитического процесса.

Современные ГИС и методы ДЗЗ являются мощными инструментами, помогающими оперативно решать сложные задачи мониторинга и прогноза развития чрезвычайных экологических ситуаций и катастроф естественного и техногенного характера, а также исследования природных ресурсов. Возможность интеграции ГИС с проблемно-ориентированными моделирующими комплексами существенно расширяет диапазон их применения. Сегодня таким путем в мире идет разработка моделей миграции загрязнителей в атмосфере и гидросфере, геологической среде; оценивается развития карста, оползневых процессов, подтопления и т.п. Впрочем, нужно всегда помнить, что ГИС и ДЗЗ - это лишь инструменты, которые обеспечивают эффективность аналитических исследований за счет повышения оперативности и наглядности результатов аналитических операций. Очень важно четко представлять физическую природу конкретной эколого-геологической проблемы и набор параметров, сбор и обработка сведений о которых могут быть основой для создания прогнозной модели развития ситуации.

По оценкам экспертов, свыше 90% экологических информационных ресурсов связаны с пространственно-временным распределением их показателей на конкретной территории. Преодоление информационного барьера, связанного с несоответствием между объемом необходимой информации для принятия решений и возможностями ее упорядочения, усвоения и использования, является ключевой проблемой эффективности управления. Именно эту проблему можно решить с помощью ГИС и ДЗЗ.

Тема 8. Примеры использования ГИС при решении геологических задач в Российской Федерации и в Украине (4 часа)

В бывшем СССР геологи начали использовать ГИС одними из первых.

Довольно быстро геологическая отрасль в лице Главного научно-исследовательского вычислительного центра (ГлавНИВЦ) и его региональных центров превратилась в крупнейшего коллективного пользователя программных продуктов ESRI и ERDAS. Выбор программного обеспечения этих компаний как отраслевого стандарта основывался на опыте геологических служб США, Канады, Австралии и других стран мира. В упомянутых странах как базовые технологии и форматы представления цифровых карт приняты технологии и стандарты семейства программных продуктов ESRI.

При создании Федеральной и региональной систем мониторинга геологической среды Российской Федерации как базовое программное обеспечение также применяется ГИС GeoLink компании Геолинк.

В России выполняются работы по наполнению Государственного Банка данных цифровой геологической информации (ГБЦГИ) цифровыми геологическими картами масштаба 1:200000, а также по редактированию и сохранению карт, которые поступают в оцифрованном виде из региональных центров. На сегодня архив карт превышает 1200. Выполняются также тематические работы, сбор и проверка цифровых атласов и информационных пакетов, которые сопровождаются гипертекстовым описанием в виде HELP - файлов.

Большое значение для развития ГИС-технологий в геологической отрасли Российской Федерации имело принятие решения о массовом обучении специалистов. С этой целью на базе ГлавНИВЦ был создан первый в России учебный центр « ГИС-Проект», 15 специалистов которого прошли стажировку в учебном центре ESRI в США. На протяжении первых шести лет в « ГИС-Проекте» прошли обучение свыше 700 специалистов отрасли по 15 разным направлениям использования программных продуктов фирмы ESRI. С самого

начала внедрение ГИС-технологий было сориентировано на использование готовых решений и технологий для обработки цифрового материала, а также на создание программных интерфейсов для пользователей. При этом первичные локальные (территориальные) ГИС должны интегрироваться на федеральном уровне.

В настоящее время реализуется концепция создания Государственного Банка цифровой геологической информации для интегрирования всех ресурсов: цифровых топографических карт, карт геологического содержания разных масштабов, карт изученности, структурных карт, карт месторождений полезных ископаемых, карт лицензирования и др. Создана и функционирует сеть региональных компьютерных центров по всей территории России, а также ряд специализированных центров и их филиалов по конкретной тематике: региональной геологии, полевой геофизике, гидрогеологии и др. Все они централизованно оснащены аппаратным и программным обеспечением. Актуальной задачей является создание и обновление топографических основ для обеспечения геологических работ.

В Государственной геологической службе Украины ГИС применяются преимущественно при реализации проекта «Геолкарта 200» для создания (актуализации) комплекта тематических геологических карт масштаба 1:200000. При этом используется программное средство MapInfo Professional. В геологической отрасли Украины использование ГИС пока не носит системного характера. Имеют место лишь отдельные научно-практические работы, включающие так называемые ГИС-проекты.

Например, ГИС используется при создании прогнозной модели подтопления юга Украины. При этом создаются такие слои информации: рельеф; гидрология; геологическое строение (распространение лессовых пород, их мощность и др.); жилищная застройка; распределение земель по целевому назначению; гидротехнические сооружения (водохранилища, плотины, каналы, дренажные системы и др.); промышленные объекты; заповедные территории;

орошаемые земли и объемы водоснабжения для их полива; гидродинамические напоры подземных вод, и т.п.

Средствами пространственного анализа ГИС в Украине были выполнены исследования оползней в Правобережной части Киевской городской агломерации. Установлены факторы, которые влияют на оползневую активность. Средствами ГИС показано, как влияет сочетание некоторых неблагоприятных факторов на оползневую опасность участка исследований. При создании общей концептуальной модели в ГИС была решена серия обратных задач для определения факторов, которые активизируют оползни.

Практическое занятие №4 (16 часов)

Тема: *Использование ГИС при решении научно-производственных задач в геологии*

План

1. Создания информационной фактографической основы ГИС-проекта для решения научно-производственной задачи в геологии.
2. Выполнение моделирования и пространственного анализа на базе созданной информационной основы.

Практическое занятие №5 (14 часов)

Тема: *Использование ГИС при решении эколого-геологических задач*

План

1. Создания информационной фактографической основы ГИС-проекта для решения эколого-геологических задач.
2. Выполнение моделирования и пространственного анализа на базе созданной информационной основы.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ

1. Понятия географической информационной системы и геоинформационной базы данных.
2. Существующие подходы к определению понятия «геоинформатика».
3. Понятие геоинформационной технологии.
4. Главные функции ГИС.
5. Каким путем происходит ввод данных в ГИС?
6. Виды анализа в ГИС.
7. В каком виде происходит вывод результатов в ГИС?
8. Основные элементы пространственных данных в ГИС.
9. Виды объектов в ГИС согласно их геометрии.
10. Основные типы объектов в ГИС.
11. Главные типы атрибутивной информации в ГИС.
12. Основные операции при работе с атрибутивной информацией.
13. Технология классификации объектов в ГИС.
14. Стандартные схемы классификации в ГИС.
15. Этапы автоматизированной процедуры построения поверхностей в ГИС.
16. Методы интерполяции и аппроксимации поверхностей, используемые в ГИС.
17. Способы представления цифровой модели поверхности в ГИС.
18. Виды пространственного анализа в ГИС.
19. Виды автоматизированного оверлейного анализа в ГИС.
20. Использование ГИС при решении задач управления в геологии.
21. Использование ГИС при решении научно-производственных задач в геологии.
22. Использование ГИС при решении эколого-геологических задач.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ

а) Основная литература

1. *Основы геоинформатики* : В 2 кн. Кн..1: Учеб. Пособие для студентов вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др.; Под ред. В. С. Тикунова. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 352 с.
2. *Ищук О. О., Коржнев М. М., Кошляков О. Є.* Просторовий аналіз і моделювання в ГІС : Навчальний посібник. - К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2003. – 200 с.

б) Дополнительная литература

1. *Дэвис Дж. С.* Статистический анализ данных в геологии : Пер. с англ. В 2 кн. / Под ред. Д. А. Родионова, Кн.1. – Москва : Недра, 1990. – 319 с.
2. *Дэвис Дж. С.* Статистический анализ данных в геологии : Пер. с англ. В 2 кн. / Под ред. Д. А. Родионова Кн.2. – Москва : Недра, 1990. – 427 с.
3. *Информационные технологии в геологии* : Учебное пособие / М. В. Коротаев, Н. В. Правикова, А. В. Алепталлин. – М. : КДУ, 2012. - 298 с.
4. *Лебедев С. В.* Цифровая модель карты эколого-геологического содержания в ГИС ArcGIS : Учебное пособие. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. Ун-та, 2008. – 197 с.
5. *Митчел Э.* Руководство по ГИС-анализу. Часть 1 : Модели пространственного распределения и взаимосвязи / Пер. с англ. - Киев: ЗАО ЕСОММ Со, 2000. – 179 с.
6. *Основы геоинформатики*: В 2 кн. Кн..2: Учеб. пособие для студентов вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др.; Под ред. В. С. Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
7. *Самойленко В.М.* Географічні інформаційні системи та технології : Підручник. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 448 с.

8. *Светличный А. А., Андерсон В. Н., Плотницкий С. В.* Географические информационные системы: технология и приложения. – Одесса: Астропринт, 1997. – 196 с.