

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Геоинформационные системы в лесном деле**

**Направление подготовки (специальность) 35.03.01 Лесное дело  
Профиль образовательной программы Лесное хозяйство  
Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1. Конспект лекций .....</b>	3
<b>1.1 Лекция № 1 Геоинформационные системы: история и современное состояние.....</b>	3
<b>1.2 Лекция № 2,3 Данные, информация и их модели.....</b>	6
<b>1.3 Лекция № 4Организация данных в ГИС .....</b>	10
<b>1.4 Лекция № 5,6Создание проекта электронной карты.....</b>	15
<b>1.5 Лекция № 7,8ГИС в лесоустройстве и в лесном деле. ....</b>	20
<b>2. Методические указания по выполнению лабораторных работ .....</b>	24
<b>2.1 Лабораторная работа № ЛР-1 Составление фотоплана на основе контурного и таксационного дешифрирования АФС .....</b>	24
<b>2.2 Лабораторная работа № ЛР-2,3 Обзор инструментальных средств ГИС.....</b>	24
<b>2.3 Лабораторная работа № ЛР-4,5 Создание растрового изображения квартальной сети объекта .....</b>	25
<b>2.4 Лабораторная работа № ЛР-6,7. Создание проекта электронной карты в среде MapInfo на основе преобразования растрового изображения, изучение свойств графических объектов.....</b>	26
<b>2.5 Лабораторная работа № ЛР-8,9. Разработка и ведение базы данных лесного фонда объекта картографирования. ....</b>	26
<b>2.6 Лабораторная работа № 10,11 Создание тематических слоев карты.....</b>	26
<b>2.7 Лабораторная работа № ЛР-12 Создание отчета и печать карты.....</b>	27
<b>2.8 Лабораторная работа № ЛР-13,14. Разработка условных знаков для визуализации лесных цифровых карт. 27</b>	
<b>2.9 Лабораторная работа № ЛР-15,16 ГИС в лесохозяйственных исследованиях.....</b>	28

# 1. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

## 1.1 Лекция № 1 (2 часа)

Тема: «Геоинформационные системы: история и современное состояние».

### 1.1.1 Вопросы лекции:

1. Содержание и определение предмета.
2. Краткая история развития и перспективы применения аэрокосмических методов в лесном хозяйстве.
3. Виды аэрофотоснимков и их использование.

### 1.1.2 Краткое содержание вопросов:

#### 1. Общие сведения.

**ГИС** - это интегрированная автоматизированная информационная система, предназначенная для сбора, хранения, обработки и представления пространственно-временных данных, основой интеграции которых служит географическая информация.

**Планово-картографические материалы лесоустройства.** Из года в год средства современных ГИС позволяют автоматизировать методы построения цифровых лесных карт с использованием стереофотограмметрического дешифрирования аэрокосмических изображений и геодезических измерений, совмещать их с любыми картографическими материалами, резко увеличивать производительность геодезических работ с использованием методов геопозиционирования и электронной тахеометрии, вводящих данные непосредственно в ГИС, и т.д.

#### Актуализация данных лесоустройства.

Наличие специальных программных комплексов позволяет использовать ГИС-технологии для решения ряда задач по актуализации базы данных лесного фонда по направлениям:

- а) учет текущих изменений в лесном фонде по категориям земель;
- б) корректировка данных учета лесного фонда районного лесничества (лесопарка);
- в) обновление таксационной характеристики выделов под влиянием естественного роста леса и с учетом проведенных лесохозяйственных мероприятий;
- г) текущее и перспективное планирование мероприятий по лесовосстановлению, рубкам ухода, охране и защите леса, лесопользованию;
- д) актуализация лесоучетных данных по передаваемым в аренду и концессии территориям лесного фонда и контроль за выполнением арендаторами условий договора.

В зоне интенсивного ведения лесного хозяйства и лесопользования отмеченная выше работа должна проводиться ежегодно. Учет текущих изменений в лесном фонде в зоне экстенсивных форм ведения хозяйства должна осуществляться на основе дистанционного зондирования через 5- 10 лет.

**Управление лесным хозяйством.** Регулярная работа с бумажными картами и пространственный анализ лесного фонда в лесничестве затруднены не только вследствие ограниченности информации, находящейся на планшетах и планах лесонасаждений, но и их физического старения. Обычная карта отступает на второй план перед познавательной и конструктивно-аналитической деятельностью в компьютерной системе, в которой пространственная визуализация данных (тем или иным способом отобранных в базе данных в результате запросов) служит посредником в диалоге между пользователем и ЭВМ. ЭВМ-карты сохраняют заложенную при их создании информативность, точность и могут многократно репродуцироваться (в том числе и на бумажные носители) без потери качества, отличаются от традиционных картографических произведений отсутствием избыточности, неопределенности, наличием возможности корректного перехода к другим планово-картографическим материалам, а также аэрофотоснимкам, другим изображениям

и т.п.

## **2. ГИС и другие автоматизированные системы**

ГИС как наука развивалась и продолжает совершенствоваться в среде и окружении различных наук, используя при этом различные технологии, методики существующих автоматизированных систем. К родственным предметным областям необходимо отнести картографию, дистанционное зондирование земли. Характер связи трех наук и технологий сегодня можно представить в виде модели тройного взаимодействия (рис. 1.2). Эти науки можно считать равноправными, параллельно развивающимися и открытыми для интеграции. Анализ их взаимоотношений опирается на близость сходства их технологий и исходных данных. Массовыми данными для них являются карты, данные дистанционного зондирования земли и другие картографические материалы, а для ГИС еще и форма представления в виде *электронных карт*.

### **АСНИ**

По формам организации АСНИ делятся на три группы: специальные, локальные и глобальные. Специальные АСНИ решают узкий класс задач на заданном наборе параметров. Их основная задача - контроль протекания процессов и предотвращение нежелательных ситуаций. Данная группа АСНИ широко использует измерительно-вычислительные комплексы и относится к классу контрольно-измерительных. Эта группа не имеет аналогов в среде ГИС. Локальные АСНИ функционируют в рамках лабораторий. Их развитие связано с появлением персональных компьютеров, персональных баз данных и т.п. По организации эта группа наиболее близка ГИС, функционирующем на уровне города, области.

*Глобальные* АСНИ создаются в рамках университета, института, КБ, НПО и т.п. ГИС аналогичного класса обслуживают страну или большой регион. Одним из направлений развития систем этой группы является создание распределенных систем (АСНИ, ГИС), в том числе и на основе локальных вычислительных сетей (ЛВС).

По функциям можно также выделить три группы АСНИ: информационно-поисковые, подсказывающие и обучающие; расчетные на основе модельного машинного эксперимента; экспериментальных исследований.

Возможности АСНИ во многом определяются уровнем вычислительных средств и набором периферийных устройств к ним.

В настоящее время характерен рост интегрированных систем, которые включают технологии АСНИ на уровнях сбора и первичной обработки разнородных данных.

### **Системы автоматизированного проектирования**

Технологии САПР служат основой интеграции всех прочих технологий в ГИС. Основное назначение САПР - получение оптимальных проектных решений - отвечает требованиям ГИС на уровне моделирования, хранения и проектирования карт на основе уже собранной унифицированной информации.

**Проектирование.** Анализ технологических процессов в САПР позволяет дать простую классификацию типов проектных работ по степени интеграции процессов, вполне подходящую для решения задач ГИС.

Одна из основных технологических групп задач - разработка и автоматизация типовых проектных процедур, включающих декомпозицию, симплексификацию, унификацию, композицию и синтез, взаимосвязана с группой задач оптимальной классификации и кодирования входной информации.

В процессе проектирования наиважнейшими остаются задачи оптимизации, например задача оптимального выбора структуры процесса проектирования или оптимизации самого проектного решения. Оптимальные решения можно выбирать разными путями, используя метод имитационного моделирования, векторные критерии оценки качества и т.п.

В большинстве САПР проект создается на основе типовых проектных процедур,

типовых проектных решений, типовых элементов проекта. Этот подход полностью приемлем для ГИС, но при наличии хорошо организованной базы данных и интегрированной информационной основы.

Таким образом, эффективность применения технологий САПР в ГИС определяется, прежде всего, степенью интеграции информационной основы ГИС.

Отметим различие между ГИС и САПР. В ГИС графическая информация значительно сложнее и больше по объему по сравнению с аналогами в САПР. Кроме того, в ГИС возможно наличие видеобаз данных для хранения видеинформации, а в САПР такие базы отсутствуют. Следовательно, разработка и эксплуатация БД в ГИС должны проводиться более углубленно по сравнению с САПР.

**Моделирование.** Выбор методов моделирования определяется главным образом предметной областью объекта моделирования. Построение моделей основано на их представлении в виде совокупностей декларативных, процедурных, семантических, метрических информационных массивов.

Моделирование с использованием аналитических моделей находит широкое применение для тех классов объектов, которые легко описываются аналитическими выражениями.

Для моделирования проектируемого объекта используют двухкомпонентную модель, включающую структурно-иерархическую и функционально-геометрическую части. Такой же подход применяется в некоторых ГИС.

#### **Автоматизированные справочно-информационные системы**

Автоматизированная справочно-информационная система использует ПК на этапах ввода, обработки и выдачи справочных данных по различным запросам потребителей. Она представляет собой развитие информационно-поисковых систем, обеспечивавших ранее выполнение функций автоматизации архивов и информационного поиска.

Существует ряд специфических ГИС, рассматриваемых как архивы. Подобно архиву, каждая ГИС хранит какую-либо информацию. Поэтому технологии АСИС интересны для использования в ГИС именно с целью организации хранения архивных данных.

Технологическая совместимость АСИС и ГИС проявляется на этапах хранения, обновления информации и выдачи разного рода справок, отчетов, графических отображений.

### **3. Классификация ГИС**

Техническое развитие геоинформационных систем позволяет выделить среди них несколько функционально различных классов:

- инструментальные ГИС;
- ГИС – вьюверы;
- справочные картографические системы
- ГИС пользователя;
- специализированные средства пространственного моделирования.

Инструментальные ГИС предназначены для организации ввода информации (картографической и атрибутивной), ее хранения (в том числе и распределенного), обработки с помощью сложных информационных запросов и решения пространственных аналитических задач, построения произвольных карт и схем и вывода на носитель оригинальных

К таким ГИС относятся: PC Arc/Info, PC ArcCAD, MapInfo, Geograph for Windows, Wingis, «Карта 2003».

**ГИС-вьюверы** - системы, лишенные возможности редактирования топологических покрытий, используются для просмотра созданных инструментальными системами топологических покрытий и для создания и редактирования не топологических векторных данных. Представители: PC ArcView, GisVkw и т.д.

**Справочные картографические системы** - системы, не поддерживающие

изменение как графической информации, так и структуры тематической информации. Представители: BY-Sell, ИНТЭК-2, WireMap.

**Векторизаторы** растрового изображения - программные системы, предназначенные для конвертирования растровых данных в векторные. Этот класс очень полезен как инструментарий по подготовке графических данных (Easy Trace, MapEdit, TRACK, AUDRE, CorelDraw, профессиональный векторизатор «Панорама-редактора и т.д.»).

**ГИС отраслевого пользователя** - системы, которые передаются конечному пользователю после создания картографической и атрибутивной баз данных в конкретной предметной области. Системы обладают возможностью редактирования топологических покрытий и атрибутов, а также имеют модуль тематического картографирования. Например, к такой системе можно отнести ГИС «Лесфонд».

## 1.2 Лекция № 2,3 (4 часа)

Тема: «Данные, информация и их модели»

### 1.2.1 Вопросы лекции:

- 1.1 Оптические свойства атмосферы.
- 1.2 Освещенность земной поверхности.
- 1.3 Оптические характеристики природных объектов.
- 1.4 Электромагнитный спектр.
- 1.5 Отражательная способность лесной растительности.
- 1.6 Метеорологические условия и сроки проведения съемок.

### Краткое содержание вопросов:

#### 1. Инфологическая модель

*Динамический характер информации.* Информация не является статичным объектом - она динамически меняется и существует только в момент взаимодействия данных и методов. Все прочее время она пребывает в состоянии данных. Таким образом, информация существует только в момент протекания *информационного процесса*. Все остальное время она содержится в виде данных.

*Требование адекватности методов.* Одни и те же данные могут в момент потребления поставлять разную информацию в зависимости от степени адекватности взаимодействующих с ними методов. Например, для человека, не владеющего китайским языком, письмо, полученное из Пекина, дает только ту информацию, которую можно получить методом наблюдения (количество страниц, цвет и сорт бумаги, наличие незнакомых символов и т. п.). Все это - информация, но это не вся информация, заключенная в письме. Использование более адекватных методов даст иную информацию.

*Диалектический характер взаимодействия данных и методов.* Обратим внимание на то, что данные являются объективными, поскольку это результат регистрации объективно существовавших сигналов, вызванных изменениями в материальных телах или полях. В то же время методы являются субъективными. В основе искусственных методов лежат алгоритмы, составленные и подготовленные людьми. В основе естественных методов лежат биологические свойства субъектов информационного процесса. Таким образом, информация возникает и существует в момент диалектического взаимодействия объективных данных и субъективных методов.

*Объективность и субъективность информации.* Понятие объективности информации является относительным. Это понятно, если учесть, что методы являются субъективными. Более объективной принято считать ту информацию, в которую методы вносят меньший субъективный элемент.

Так, например, принято считать, что в результате наблюдения фотоснимка

природного объекта или явления образуется более объективная информация, чем в результате наблюдения рисунка того же объекта, выполненного человеком. В ходе информационного процесса степень объективности информации всегда понижается.

*Полнота информации.* Полнота информации во многом характеризует качество информации и определяет достаточность данных для принятия решений или для создания новых данных на основе имеющихся. Чем полнее данные, тем шире диапазон методов, которые можно использовать, тем проще подобрать метод, вносящий минимум погрешностей в ход информационного процесса.

*Достоверность информации.* Данные возникают в момент регистрации сигналов, но не все сигналы являются «полезными» всегда присутствует какой-то уровень посторонних сигналов, в результате чего полезные данные сопровождаются определенным уровнем «информационного шума». Если полезный сигнал зарегистрирован более четко, чем посторонние сигналы, достоверность информации может быть более высокой. При увеличении уровня шумов достоверность информации снижается. В этом случае для передачи того же количества информации требуется использовать либо больше данных, либо более сложные методы.

*Адекватность информации* - это степень ее соответствия реальному объективному состоянию дела. Неадекватная информация может образовываться при создании новой информации на основе неполных или недостоверных данных.

*Доступность информации* - мера возможности получить ту или иную информацию. На степень доступности информации влияют одновременно как доступность данных, так и доступность адекватных методов для их интерпретации. Отсутствие адекватных методов для работы с данными во многих случаях приводит к применению неадекватных методов, в результате чего образуется неполная, неадекватная или недостоверная информация.

*Актуальность информации* - это степень соответствия информации текущему моменту времени. Нередко с актуальностью, как и с полнотой, связывают коммерческую ценность информации. Как правило, информационные процессы растянуты во времени, поэтому достоверная и адекватная, но устаревшая информация может приводить к ошибочным решениям.

## 2.Модели данных, используемые в ГИС

Невозможно представить географические объекты реального мира и все их свойства в полном объеме. Поэтому, используя приемы генерализации и абстракции, необходимо свести множество данных к конечному объему, поддающемуся анализу и управлению. Это достигается применением моделей, сохраняющих основные свойства объектов исследования и не содержащих второстепенных свойств. Следовательно, первым этапом разработки ГИС или технологии ее применения является обоснование выбора моделей данных для создания информационной основы ГИС.

Модели данных, применяемые в ГИС, многочисленны и разнообразны, что обуславливается многообразием данных и задач, решаемых при помощи ГИС.

В процессе функционирования ГИС все многообразие входных данных - информация об объектах, их характеристиках, о формах и связях между объектами, различные описательные сведения - преобразуется в единую общую модель (набор моделей), хранимую в базе данных. В совокупности эти данные образуют разнообразные модели объектов, которые задают информационную основу базы данных и определяют методы обмена данными в процессе эксплуатации ГИС.

Данные простого типа - это символы, числа и т.п. элементы, дальнейшее дробление которых не имеет смысла. Из элементарных данных формируются структуры (сложные типы) данных.

Рассмотрим некоторые структуры данных.

**Массив** (функция с конечной областью определения) - простая совокупность элементов данных одного типа, средство оперирования группой данных одного типа. Отдельный элемент массива задается индексом. Массив может быть одномерным, двумерным и т.д. Разновидностями одномерных массивов переменной длины являются структуры типа *кольцо, стек, очередь и двухсторонняя очередь*.

**Запись** (декартово произведение) - совокупность элементов данных разного типа. В простейшем случае запись содержит постоянное количество элементов, которые называют *полями*. Совокупность записей одинаковой структуры называется *файлом*. Для того чтобы иметь возможность извлекать из файла отдельные записи, каждой записи присваивают уникальное имя или номер, которые служат ее идентификатором и располагаются в отдельном поле. Этот идентификатор называют *ключом*.

Такие структуры данных, как массив или запись, занимают в памяти ПК постоянный объем, поэтому их называют статическими структурами. К статическим структурам относится также *множество*.

Имеется ряд структур, которые могут изменять свою длину - так называемые *динамические структуры*. К ним относятся дерево, список, ссылка.

Существует большое разнообразие сложных типов данных, но исследования, проведенные на большом практическом материале, показали, что среди них можно выделить несколько наиболее общих. Обобщенные структуры называют также **моделями данных**, т.к. они отражают представление пользователя о данных реального мира.

Любая модель данных должна содержать три компонента:

- **структуру данных**, которая описывает точку зрения пользователя на представление данных;
- **набор допустимых операций**, выполняемых на структуре данных. Модель данных предполагает наличие языка определения данных (ЯОД), описывающего структуру их хранения, и языка манипулирования данными (ЯМД), включающего операции извлечения и модификации данных;
- **ограничения целостности** - механизм поддержания соответствия данных предметной области на основе формально описанных правил.

В процессе исторического развития теории баз данных использовались следующие модели данных.

### **Феноменологическое описание модели данных. Характеристики лесного фонда.**

Технология лесоустройства основана на создании повыдельного банка данных по лесному фонду районного лесничества (лесопарка) в среде ГИС, в котором совмещены картографическая и таксационная информации по каждому таксационному выделу. Для этих целей служит кодовая карточка таксации выдела по ОСТ 56-22-74, являющаяся основным входным документом СОЛИ («система обработка лесоустроительной информации»). Разработана технологическая инструкция подготовки информации карточек таксации для автоматизированной обработки на ПК («Соли - 3», PLP и др.).

Полностью унифицированы при этом также все выходные формы ведомостей и таблиц лесоустройства по объекту.

Кодовая карточка таксации подразделена на отдельные макеты, содержащие все сведения по данному таксационному участку и хозяйственные распоряжения по нему. Система кодирования включает буквенные и цифровые коды показателей. Первая из них описывает древесные породы, классы бонитета, экспозиции склонов, типы леса, тип лесорастительных условий (ТЛУ), тип вырубки. Остальные показатели обозначают цифровыми идентификационными кодами (рис. 2.6, начало).

Обратная сторона карточки таксации (рис. 2.6, окончание) предусмотрена для записи характеристики выдела в соответствии с тремя пунктами описания. Инструкции по проведению лесоустройства в лесном фонде России (1995, 2007).

В **макете 1 «Местонахождение таксационного выдела»** проставляются порядковый номер выдела в границах квартала; площадь выдела; категория земель; способ не сплошных рубок; особо защитные участки (ОЗУ), исключённые из расчёта главного пользования; высота над уровнем моря в горных условиях; экспозиция и крутизна склона; вид и степень эрозии почвы.

Так, принятые следующие коды не сплошных рубок: 5 – постепенные; 6 – группово-выборочные; 7 – добровольно-выборочные и 8 – длительно-постепенные рубки. Коды эрозии по виду обозначены: 1 – водная; 2 – ветровая; по степени эрозии: 1 – слабая; 2 – средняя; 3 – сильная; 4 – совсем смытые почвы.

**Макет 2 «Проектируемые лесохозяйственные мероприятия»** содержит проектируемые на ревизионный период виды работ (рубки ухода; лесовосстановление и семеноводство; подготовка почвы; улучшение сельскохозяйственных угодий; защита и охрана леса; благоустройство лесов; биотехнические мероприятия; строительство и ремонт дорог; использование недревесных ресурсов; прочие мероприятия).

При этом обязательным условием является назначение спелых и перестойных насаждений способов главной рубки и последующего лесовосстановления целевой породой.

Процент проектируемого к выборке запаса указывают для рубок переформирования, обновления, рубок ухода, все виды реконструктивных рубок и выборочных санитарных рубок.

### 3. Модели представления цвета

Использование цвета при создании и редактировании изображений - один из самых важных разделов компьютерной графики в ГИС. Для формирования качественного цветного изображения необходимо выражение цвета в численном виде, что является весьма сложной задачей.

Цвета изображения на экране или бумаге почти всегда отличаются от оригинальных. Один и тот же цветной рисунок, схема, карта по-разному могут выглядеть на экране монитора, при выводе на цветной принтер и в полиграфии. Каждое устройство воспроизводит изображение по-своему так как использует свойственные ему технологии и способы кодирования цвета. Для корректной цветопередачи необходимы объективные способы описания цвета.

Любой цвет в графической программе задается в **цветовой модели** (color model), которая определяет аналитические выражения для вычисления цветовой составляющей пикселя в различных цветовых пространствах (базисах) и для перехода от одного базиса к другому. Цветовые модели различаются по принципам описания цветового пространства, существующего в реальном мире.

С помощью цветовой модели можно моделировать цвет на экране или принтере. Диапазон цветов, который может восприниматься (устройствами ввода) или воспроизводиться (устройствами вывода), называется **цветовым охватом**, или **цветовой гаммой** устройства. Назначение цветовой модели состоит в том, чтобы дать возможность удобным образом описывать цвета в пределах некоторого цветового охвата. Для математического описания цвета предложено несколько цветовых моделей, но ни одна из них не идеальна.

Устройство моделей одинаково - в каждой из них принято несколько **базовых компонентов**, и каждый базовый компонент вносит вклад в создание конкретного цвета. Цвета, которые можно описать, используя данную цветовую модель, входят в ее цветовой охват. Или, иначе говоря, эти цвета образуют цветовое пространство модели. *Все модели имеют различное цветовое пространство.*

Цвет может получаться как в процессе излучения света активным источником, например таким, как экран монитора, так и в результате отражения света от какого-либо

предмета, например, листа цветной бумаги. Этим процессам в компьютерной графике соответствуют две системы представления цвета: **аддитивная** и **субтрактивная**.

Цветовые модели, используемые в графических программах (CorelDraw, Corel Photo-Paint, Adobe Illustrator, Adobe Photoshop и др.), основаны или на сложении (аддитивные цветовые модели), или на вычитании основных цветов (субтрактивные цветовые модели). Модели обоих типов содержат цвета, рассчитываемые по математическим формулам. Эти формулы составляют основу измерений цвета в соответствии с цветовыми стандартами.

Все графические программы поддерживают, как правило, несколько цветовых моделей, а в дополнение к ним - модель оттенков серого цвета-

Самым известным **аддитивным** цветовым моделям, поддерживаемым различными графическими программами, относятся модели **RGB**, **HSB**, **HLS**, **LAB**. Различия этих моделей обусловлены главным образом тем, что они разрабатывались разными компаниями, и каждый из разработчиков пользовался своим набором формул.

### 1.3 Лекция № 4 (2 часа)

**Тема: «Организация данных в ГИС».**

#### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Аэрофотосъемочное оборудование.
2. Аэрофотопленка.
3. Аэрофотобумага.
4. Нефотографические съемочные системы: сканирующие, телевизионные и радиолокационные.

#### 1.3.2 Краткое содержание вопросов

##### 1. Геометрические данные

**Геометрия** – раздел математики, в котором изучаются пространственные отношения (взаимное расположение), формы (например, геометрические тела) и их обобщения. К геометрическим свойствам относятся длина, площадь, объём, форма и т.д. (регулярность, ориентировка, наличие центра, уклон и т.п.).

**Топология** – раздел математики, изучающий топологические свойства фигур, т.е. свойства, не изменяющиеся при любых взаимно однозначных и непрерывных отображениях. К топологическим свойствам фигур относятся: размерность, ориентация, инцидентность, смежность, связность и т.д. Так, фигуры: окружность, эллипс, контур квадрата – топологически идентичны.

**Геометрия** пространственных объектов полностью описывается через форму и относительное положение тел. Для этих описаний можно воспользоваться расстояниями и углами, но обычно пользуются координатами (ввел Декарт), тип которых определяет системы отношений и метрик. Внутри **топологии** важен только факт, что точки и линии находятся в определённых взаимных отношениях, а не геометрическая форма этих отношений. Точка (топологический узел) – это носитель графической информации. Линии и плоскости могут рассматриваться как следствие объединения характерных точек в группы. Форму связующих элементов можно определить через дополнительные предписания, например, дугу через радиус. Носителем топологической информации является граница (край).

##### 2. Вектор и растр

В векторном мире топология должна быть представлена эксплицитно (во всех параметрах), в растровом мире она приводится в порядок через строки и столбцы и ее

можно представить как структуру дерева. В растровом мире возможны различные метрики. Растровый и векторный миры существуют в пространственных информационных системах рядом друг с другом. В каждом конкретном способе используются преимущества данного мира, например, растровые данные существенно лучше подходят к описанию плоскостных явлений, в то время как векторный мир - сильнее в линейных построениях.

Под векторными данными понимают описание пространственных объектов в виде набора координат и их взаимосвязей. Их основными элементами являются точка, линия и область. Векторные данные могут быть векторно-топологическими или не топологическими векторными данными. В дальнейшем мы будем говорить и об отношениях смежности, как, например начальная и конечная точка, а также граничащие области. Векторные данные имеют значение на всей масштабной шкале ГИС, но всё же они доминируют в области крупных масштабов от 1:100 до 1:10000.

Основные области их применения - кадастр недвижимости, учет земельных угодий, документация по линиям электропередач и такое планирование, при котором сбор данных происходит путем геодезической съемки и вычислений, перевода на язык ЭВМ аналоговой графической информации; а также конструирование на графическом рабочем месте,

**Растровыми** данными называется цифровое представление пространственных объектов в виде совокупности значений, полученных в узлах регулярной сети. В противоположность векторным данным растровое изображение относится непосредственно к плоскостям, а не к линиям. Это изображение пространственного объекта - самая первая форма геометрического изображения. Основной геометрический элемент - пиксель (от Picture Element - элемент картинки), который располагается в виде квадратных или прямоугольных элементов одной формы в матрице. Эти элементы однородно заполняют область. Растровые данные не различают точку, линию или плоскость, то есть между отдельными элементами картин не существует логических связей. Растровые данные оцениваются исключительно по свойствам пикселя (серый или цветной, высота, эмиссия и т.д.).

### **Графические данные**

*Графические данные* - это совокупность геометрических и графических атрибутивных (описательных) данных, необходимых для представления геометрического объекта на графическом устройстве вывода (принтер, плоттер, монитор и т.п.). Графические данные могут быть представлены в аналоговой форме (карта или подобное карте изображение) и в цифровой форме (компьютерная графика).

*Графические атрибутивные данные* (графические атрибуты) – это данные о способах представления пространственного объекта определенной тематики на графическом устройстве вывода. К графическим атрибутам относятся (табл. 2):

- цвет;
- форма представления точечных объектов (вид знака, символа);
- вид линий (непрерывная, пунктир и т.п.);
- толщина линии (1 элемент, 2 элемента и т.п.);
- стиль области (стиль границы, стиль заливки и т.п.);
- наличие, стиль и положение текста и т.д.

Комбинация геометрических данных с их графическими атрибутами образует графические данные, обработка которых осуществляется средствами векторной и растровой графики.

### **Векторная графика**

*Векторная графика* - формат графического представления объекта на основе геометрических векторных данных и их графических атрибутов.

Векторная графика легко поддается аффинным преобразованиям, т.е. погрешности преобразований минимальны. Выводится векторная графика как обычно на плоттеры и

лазерные принтеры. Массив данных такого фрагмента относительно мал.

### **Растровая графика**

*Растровая графика* - формат графического представления объекта в виде множества регулярно расположенных точек, с атрибутами цвета. Манипуляции растровыми данными и создание графического образа к растровой графике. Сюда относятся электронные методы обработки изображения, а также методы визуализации компьютерной графики.

Поскольку на уровне пикселя нельзя построить логические связи между графическими элементами картинки, эту форму геометрического изображения представляют как неинтеллектуальную графику.

### **Конвертирование графики**

Перевод векторной графики в растровую и наоборот называется *конвертированием*. Следовательно, можно говорить о векторно-растровом конвертировании, когда изображение трансформируется из векторного в растровое, и о растрово-векторном конвертировании в обратном случае.

В то время как первое просто алгоритмически и реализовано - современные графические системы снабжены аппаратным и программным обеспечением для выполнения этой операции - последнее связано с распознаванием образов, достаточно трудоемко и до конца не реализовано. Хотя существует множество программ векторизации (например, Corel Draw, SysScan, LaserScan, Hell, Intergraph и др.), результаты их работы нуждаются в дальнейшей интерактивной обработке с участием человека.

### **Тематические данные**

ГИС характеризуется глубокой интеграцией геометрических и тематических данных, позволяющей производить их комплексную обработку и анализ. Этим ГИС отличается от других систем обработки информации.

**Тематическими** данными называются негеометрические данные (атрибуты) пространственных объектов. Их также называют описательными данными, или негеометрическими атрибутами.

Это может быть специфическая для объектов текстовая, числовая и другая информация, представляющая собой негеометрические характеристики рассматриваемых объектов. Например, тематическими данными могут быть:

- в информационных системах страны такие величины, как номеру домов, участков земли, хозяйств и т.п.;
- в области обеспечения электроэнергией такие данные, как диаметр материал проводов и т.п.;
- в области охраны окружающей среды - количество агрессивного вещества, классы повреждения деревьев и т.д.

Тематические данные могут быть представлены в аналоговой или цифровой форме.

Пример аналоговой формы - картотеки, протоколы, акты и т.п. В цифровой форме представлена информация в банках данных, электронных таблицах, Интернете и т.п.

## **3. Модели объекта в ГИС**

Комбинация геометрических данных, графических атрибутов и тематических данных приводит к понятию объектов ГИС (рис. 3.2). По типу включения атрибутивной информации ГИС делятся на системы с сильными связями объектов и системы со слабыми связями.

ГИС называется моделью с сильными связями.

Модель объекта ГИС называется моделью с сильными связями (таб. 3.3) если графические атрибуты входят в атрибуты каждого экземпляра класса, и моделью со слабыми связями (табл. 3.4), если графические атрибуты являются атрибутами класса и идентичны для всех его представителей. Обе модели объекта имеют свои преимущества и

недостатки.

Вторая модель индивидуально определяет каждый объект, то есть геометрия и его изображение связаны, и их отношение к тематическим данным дается через идентификатор.

#### **4. Системы координат на земной поверхности**

Положение точки на поверхности сферы определяется двумя сферическими координатами – широтой и долготой.

*План* (от латинского *planum* - плоскость) условились называть карты с крупным масштабом, 1: 10 000 и крупнее. Если изображают географический объект так, чтобы в 1 сантиметре чертежа укладывалось 10 метров реальной линии, то этот объект будет иметь, как говорят, крупное изображение, и масштаб называется крупный. На чертеже будут видны отдельные объекты. На более крупном плане в 1 сантиметре чертежа, будет меньше, чем 100 метров, допустим, 10 метров - так можно изобразить план большого размера, с внутренними координатами, указанием лестниц и т.д.

План и карта отличается не только масштабом. Например, на плане не надо учитывать кривизну Земли. Небольшие участки Земли считаются плоскими. Не план не надо наносить параллели и меридианы.

#### **Геодезические координаты.**

На поверхности эллипсоида вращения положение точки определяется геодезическими координатами – геодезической широтой  $B$  и геодезической широтой  $L$ .

Геодезическая широта точки – это угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида в этой точке и плоскости экватора.

При геодезических работах высокой точности астрономические и геодезические координаты не различают; их общее название - географические координаты - используют довольно часто.

Две координаты - широта и долгота - определяют положение точки на поверхности сферы или эллипсоида. Для определения положения точки в трехмерном пространстве нужно задать ее третью координату которой в геодезии является высота. В нашей стране счет высот ведется от уровненной поверхности, соответствующей среднему уровню Балтийского моря; эта система высот называется Балтийской.

#### **Прямоугольные координаты**

Систему плоских прямоугольных координат образуют две взаимно перпендикулярные прямые линии, называемые осями координат; точки их пересечения называется началом или нулем системы координат.  $Q$  абсцисс -  $OX$ , ось ординат –  $OY$ .

#### **Система прямоугольных координат**

Существуют две системы прямоугольных координат: левая и права В геодезии чаще применяется левая система. Положение точки в прямоугольной системе однозначно определяется двумя координатами  $X$  и  $Y$ ; координата  $X$  выражает расстояние точки от оси  $OY$ , координата  $Y$  - расстояние от оси  $OY$ .

Значения координат бывают положительные (со знаком «+») и отрицательные (со знаком «-») в зависимости от того, в какой четверти находится искомая точка.

#### **Полярные координаты**

Систему полярных координат образует направленный прямой луч  $OX$ . Начало координат - точка  $O$  - называется полюсом системы, линия  $OX$  – полярной осью. Положение любой точки в полярной системе определяется двумя координатами: радиусом-вектором  $r$  (синоним полярное расстояние  $S$ ) - расстоянием от полюса до точки, - и полярным углом  $0$  пои точке  $O$  образованным осью  $OX$  и радиусом-вектором точки и отсчитываемым от оси  $OX$  по ходу часовой стрелки.

Переход от прямоугольных координат к полярным и обратно для случая, когда начала обеих систем находятся в одной точке и оси  $OX$  у них совпадают, выполняется по формулам:  $X = S * \cos$ ;  $Y = S * \sin$ ;  $\tg = Y/X$ ,

Эти формулы получаются из решения ОВА по известным соотношениям между

сторонами и углами прямоугольного треугольника.

Системы прямоугольных и полярных координат применяются в геодезии для определения положения точек на плоскости.

## **5. Классификация картографических проекций**

*Картографические проекции* - это отображения всей поверхности земного эллипсоида или какой-либо её части на плоскость, получаемые в основном с целью построения карты. Классификация нормальных картографических проекций по виду изображений меридианов и параллелей является результатом исторического развития теории картографирования.

В ней сохранились наименования, связанные с геометрическим методом получения проекций, однако рассматриваемые их группы теперь определяют аналитически.

*Цилиндрические проекции* - проекции, в которых меридианы изображаются равноотстоящими параллельными прямыми, а параллели - прямыми, перпендикулярными к изображениям меридианов. Выгодны для изображения территорий, вытянутых вдоль экватора или какой-либо параллели. В навигации используется проекция Меркатора - равноугольная цилиндрическая проекция. Проекция Гаусса-Крюгера - равноугольная поперечно-цилиндрическая. Картографическая проекция - применяется при составлении топографических карт.

*Конические проекции* - проекции, в которых параллели изображаются концентрическими окружностями, меридианы - ортогональными или прямыми. В этих проекциях искажения не зависят от долготы. Карты всей территории России составляются в равноугольных и равнопромежуточных конических проекциях. Используются также как геодезические проекции.

*Азимутальные проекции* - проекции, в которых - концентрические окружности, меридианы - их радиусы, при этом углы между последними равны соответствующим разностям долгот. Частным случаем азимутальных проекций являются перспективные проекции.

*Псевдоконические проекции* - проекции, в которых параллели изображаются концентрическими окружностями, средний меридиан - прямой линией, остальные меридианы - кривыми. Часто применяется равновеликая псевдоконическая проекция Бонна; в ней с 1847 г. составлялась трёхвёрстная (1: 126 000) карта европейской части России.

*Псевдоцилиндрические проекции* - проекции, в которых параллели изображаются параллельными прямыми, средний меридиан - прямой линией, перпендикулярной этим прямым и являющейся осью симметрии проекций, остальные меридианы - кривыми.

*Поликонические проекции* - проекции, в которых параллели изображаются окружностями с центрами, расположенными на одной прямой, изображающей средний меридиан. При построении конкретных поликонических проекций ставятся дополнительные условия. Одна из поликонических проекций рекомендована для международной (1: 1 000 000) карты.

## **6. Разграфка и номенклатура топографических карт**

Номенклатурой называется система нумерации листов топографических карт и планов разных масштабов. Схема взаимного расположения отдельных листов называется разграфкой.

В нашей стране принята международная система разграфки и номенклатуры топографических карт; ее основой является лист карты масштаба 1:1000000.

Вся поверхность Земли условно разделена меридианами и параллелями на трапеции размером  $6^\circ$  по долготе и  $4^\circ$  по широте; каждая трапеция изображается на одном листе карты масштаба 1:1 000 000. Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними параллелями, образуют ряды, которые

обозначаются буквами латинского алфавита от А до V от экватора к северу и к югу. Листы карт, на которых изображаются трапеции, расположенные между двумя соседними меридианами, образуют колонны. Колонны имеют порядковые номера от 1 до 60, начиная с меридиана 180°; колонна листов карт, на которой изображена 1-я зона проекции Гаусса, имеет порядковый номер 31

Номенклатура листа карты миллионного масштаба составляется из буквы ряда и номера колонны, например, N-37.

Листы карты масштаба 1:500 000 получают делением листа миллионного масштаба на 4 части средним меридианом и средней параллелью

Размеры листа - 3° по долготе и 2° по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:500 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа одну из прописных букв русского алфавита А, Б, В, Г, например, N-37-А.

Листы карты масштаба 1:200 000 получают делением листа миллионного масштаба на 36 частей меридианами и параллелями. Размеры листа - 1° по долготе и 40' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:200 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа римскую цифру от I до XXX VI, например, N-37-XXIY.

Листы карты масштаба 1:100 000 получают делением листа миллиона масштаба на 144 части меридианами и параллелями. Размеры листа - 30' по долготе и 20' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:100 000 получают, добавляя к номенклатуре миллионного листа справа числа от 1 до 144, например, N-37-144.

Листы карты масштаба 1:50000 получают делением листа масштаба 1:100000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 15' по долготе и 10' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:50 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:100000 справа одну из прописных букв русского алфавита А, Б, В, Г, например, N-37-144-А.

Листы карты масштаба 1:25 000 получают делением листа масштаба 1:50000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 7'30" по долготе и 5' по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:25000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:50 000 справа одну из строчных букв русского алфавита а, б, в, г, например, N-37-144-А-а.

Листы карты масштаба 1:10 000 получают делением листа масштаба 1:25000 на 4 части средним меридианом и средней параллелью. Размеры листа - 3'45" по долготе и 2'30" по широте. Номенклатуру листа карты масштаба 1:10 000 получают, добавляя к номенклатуре листа 1:25 000 справа цифру от 1 до 4, например, N-37-144-А-а-1.

Севернее 60-й параллели листы карт издаются сдвоенными по долготе, севернее 76-й параллели - счетверенными.

Для планов масштабов 1:5000 и 1:2000, создаваемых на участке незастроенной территории площадью более 20 км<sup>2</sup>, в основу разграфки положен лист карты масштаба 1:100 000, т.е. применяется государственная система разграфки и номенклатуры. Листы планов создаются в трехградусных зонах; сетка прямоугольных координат строится в виде квадратов 10 x 10 см.

Листы планов масштаба 1:5 000 получают делением листа масштаба 1:100000 на 256 частей меридианами и параллелями. Размеры листа - 1'52.5" по долготе и 1'15" по широте.

Номенклатуру листа плана масштаба 1:5 000 получают, добавляя к номенклатуре листа карты 1:100 000 справа в скобках число от 1 до 256, например, N-37-144-(256).

## 1.4 Лекция № 5,6 (4 часа)

**Тема: «Создание проекта электронной карты».**

### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Аэрофотоснимок – центральная проекция. Элементы ориентирования аэрофотоснимков.
2. Искажения изображения на аэрофотоснимках.
3. Основы стереоскопического зрения. Стереоскопические измерения на аэрофотоснимках.
4. Информационные и изобразительные свойства аэрофотоснимков.

#### 1.4.2 Краткое содержание вопросов

##### 1. Электронная карта-основа ГИС

Согласно ГОСТ (ГОСТ Р 50828-95. Геоинформационное картографирование, 1996) под **электронной картой понимается** «векторная или растровая карта, сформированная на машинном носителе с использованием программных и технических средств в принятой проекции, системе координат, условных знаках, предназначенная для отображения, анализа и моделирования, а также решения информационных и расчетных задач по данным о местности и обстановке».

**Цифровая карта** - цифровая модель земной поверхности, сформированная с учетом законов картографической генерализации в принятых для карт проекции, разграфке, системе координат и высот (ГОСТ 28441-90).

Цифровая карта служит основой для изготовления обычных бумажных, компьютерных, электронных карт. Она входит в состав картографических баз данных, составляет один из важнейших элементов информационного обеспечения ГИС и может быть результатом функционирования ГИС.

Важность любой карты, особенно электронной, может быть определена следующим образом:

- карта как источник пространственных данных;
- карта как способ хранения и интеграции данных о пространственных объектах;
- карта как средство организации запросов к БД;
- карта как средство пространственного анализа;
- карта как способ представления результатов работы с ГИС.

Различные карты (карографические модели) являются образно -знаковым, математически определенным и генерализованным отражением реальной трехмерной местности. Изображение динамики происходящих событий (обстановки), привязанное к карте или другой картографической модели, имеет и четвертое измерение - время. Следовательно, важнейшим преимуществом карт, особенно электронных, является их способность передавать информацию об обстановке в режиме реального времени.

##### Основные этапы создания электронных карт

Выделим основные этапы создания электронных карт:

- преобразование исходной картографической информации в цифровую форму;
- символизация цифровой **картографической** информации и автоматизированное составление электронных карт;
- разработка пользовательской системы управления базами данных для работы с электронными картами.

На **первом этапе** решается задача получения на основе имеющихся Исходных картографических материалов (аэрокосмических снимков, расчлененных оригиналов и цветных тиражных оттисков карт) векторной цифровой модели карты .

Эта задача решается следующими основными методами:

1) **методом цифрования** исходных картографических материалов на планшете (цифрователе, дигитайзере) путем отслеживания контуров объектов, подготовки и ввода семантики, структуризации цифровой информации;

2) **методом сканирования** исходных картографических материалов с последующей автоматической или интерактивной векторизацией и рас

познаванием растрового изображения на экране дисплея, ввода требуемой семантики и структуризации цифровой информации.

При этом для автоматизации распознавания и векторизации растрового изображения целесообразно использовать аппарат картографической экспертной системы для настройки и обучения программного обеспечения на заданные параметры распознаваемых элементов и объектов местности и карты. Реализуемые в настоящее время сканерные технологии автоматизированного получения векторной цифровой информации обеспечивают автоматизацию распознавания порядка 90 % по рельефу, 50...60 % по гидрофафии и растительному покрову при использовании издательских оригиналов карт. Ориентировочная производительность -70... 100 часов на один номенклатурный лист.

**На втором этапе** решаются задачи:

- символизации векторной модели;
- составления электронной карты по уровням нагрузки;
- контроля и редактирования символизированных электронных карт;
- получения архивной графической символизированной копии электронной карты.

**Сущность процесса символизации** состоит в присвоении каждому объекту кода (N) соответствующего условного знака из библиотеки условных знаков по классификационному коду, характеристикам объектов и их значений. Этот процесс выполняется автоматически в зависимости от масштаба и вида электронных карт. При этом создается унифицированная библиотека условных знаков и шрифтов. Каждый условный знак имеет свое цифровое описание - векторное или (и) растровое. Кроме этого для последующей визуализации готовится массив последовательности вывода картографического изображения.

Одной из существенных характеристик электронной карты (ЭК) является уровень нагрузки. Исходное изображение, например, для электронной карты масштаба 1:50000, принимается за базовое. Далее каждому объекту в зависимости от его значимости присваивается один из уровней нагрузки (1, 2, 3, 4). Такой подход обеспечивает читаемость картографического изображения на экране дисплея практически при любом его территориальном охвате в пределах всего номенклатурного листа.

**Составление электронной карты по уровням нагрузки** реализуется на экране дисплея в интерактивном режиме по окнам, начиная от наименьшего окна, в пределах которого читаются все объекты, с последующим увеличением размеров окон по методу квадродержава. При этом обеспечивается согласование нагрузки и сводка объектов между окнами как в пределах одного номенклатурного листа, так и между соседними номенклатурными листами для каждого уровня **нагрузки**. Для решения этой задачи целесообразно использовать аппарат экспертных систем для принятия решения по оптимизации отбора объектов по уровням нагрузки с учетом целого ряда факторов. При этом требуется аппарат установления пространственно-логических связей.

В процессе составления электронных карт по уровням нагрузки осуществляются программный и визуальный контроль и редактирование информации, которое в основном сводится к размещению подписей объектов. Процесс создания электронных карт завершается получением символизированной графической копии последовательно для каждого уровня нагрузки, начиная с первого (с наиболее значимыми объектами).

**Все основные качества и преимущества электронных карт** проявляются при их использовании. Поэтому наряду с собственно электронными картами потребителю может выдаваться система управления базами данных электронной карты, которая реализует следующие основные задачи;

- 1) создание и ведение базы данных электронной карты;
- 2) работа с картографическим изображением:
  - отображение, масштабирование, перемещение картографического изображения в произвольном направлении;
  - управление динамическим окном, уровнями нагрузки визуализи

руемого изображения;

- получение справок об объектах местности;
- редактирование изображения;
- ведение классификатора и библиотеки условных знаков;
- формирование, хранение, нанесение на электронных картах пользовательских слоев и их редактирование;

3) связь со стандартными базами данных;

4) пользовательский интерфейс по решению прикладных информационных и расчетных задач (расчет матрицы высот рельефа, построение профилей местности, зон видимости, определение координат и высот в точке, расстояний, азимутов).

## 2. Подготовка топоосновы для электронной карты

Создания единого растра листа топокарты из его частей в виде растровой подложки топоосновы на всё лесничество в системе координат Гауса – Крюгера служит для обеспечения правильной пространственной основы для всей создаваемой картографической БД.

Сканирование листа топокарты, например, сканером формата А4 осуществляется в несколько приёмов. Каждая часть листа топокарты (верхняя и нижняя) записывается в растровый файл формата JPG.

Имя файла должно соответствовать номенклатуре листа топокарты (не более 6 символов) и номеру отсканированной части листа. Например, отсканированная верхняя часть листа топокарты Р – 48 – 73 – а – г – 1 записывается в растровый файл с именем 83аг1 – 1. JPG.

Файлы хранятся в отдельном каталоге на уровне районного лесничества.

Масштабирование и совмещение частей листа топокарты достигается путём трансформирования растра каждой части листа на километровую сетку, построенную на экране, которая представлена в виде цифровых меток в точках пересечения сетки, и последующим их объединением.

Объединённый растр листа топокарты необходимо маскировать по рабочему полю, т.е. сделать невидимой его внешнюю рамку, так как в противном случае она будет загораживать собой часть изображения на растрах соседних листов (рис. 4.2).

Если в работе находятся топокарты в системе координат 1963 года, их необходимо перевести в систему координат 1942 года. Это достигается путём трансформирования объединённого растра листа топокарты в рассчитанную сетку координат 1942 года, которая хранится в отдельном блоке для области и представлена координатами углов каждого листа топокарты в виде цветных меток, которые должны быть отличны от крестиков километров сетки. В этом случае маскирование растра объединённого листа топокарты осуществляется после последнего трансформирования.

Готовый растр листа топокарты хранится в отдельном файле.

Имя файла должно соответствовать номенклатуре листа топокарты, но не более 8 символов. Например, готовый растр листа топокарты Р – 48-73-а-г-1 записывается в растровый файл с именем 48073ag1.JPG. При формировании имени файла используются латинские буквы.

Файлы хранятся в отдельном каталоге на уровне районного лесничества.

Разработка проекта электронной карты возможно при наличии:

- схемы лесничества с размеченными на ней и подписанными листами топокарт в виде бумажного носителя;
- схемы области в масштабе 1 : 200000 в виде растровой подложки, представленной отдельными листами (для привязки первого листа топокарты);
- блока с рассчитанной на область сеткой в системе координат 1942 года.

### **3. Реляционная модель данных атрибутивной информации объекта картографирования - карточка таксации**

При составлении базы данных вся информация, полученная в период полевых работ, переносится с бумажного формата в цифровой. Формирование повыделочной базы данных возможно с использованием различных программных средств.

При таксации насаждений в карточке таксации заполняются 6 основных макетов. В макет № 1 входят общие сведения о выделе (номер, площадь категории земель, способ рубки и др.). В макет № 2 вносятся проектируемые мероприятия, в макете № 3 указываются общие сведения о главной породе, классе бонитета, типе леса и лесорастительных условиях. В 10-й макет вносятся сведения о ярусе, составе, возрасте, полноте, происхождении и запасе. 31-й макет заполняют данными о подросте с характеристикой количества, возраста, высоты по древесным породам, у подлеска (32-й макет) указывается густота и наименование породы.

В макет дополнительных сведений могут вноситься следующие сведения:

- описания лесных культур;
- ландшафтная характеристика участка;
- санитарное состояние насаждений;
- селекционная оценка насаждения;
- описание нелесных земель и состояние водоемов.

При создании базы данные из карточки таксации будут переноситься в подготовленную таблицу, которая уже изначально существует в MapInfo. Она может быть представлена в разных вариантах, которые зависят непосредственно от конечного пользователя.

### **4. Создание повыделочной базы данных, её заполнение и совмещение с картографической базой**

База данных – это набор информации, организованной таким образом, чтобы её можно было хранить в компьютере. В MapInfo базы данных обычно называются таблицами.

Базовой структурой MapInfo, позволяющей создавать карты и анализировать данные, являются таблицы. В MapInfo реализована реляционная модель данных. Организация базы данных базируется на трёх фундаментальных понятиях: запись, поле и индекс.

Каждая строка таблицы содержит сведения об одном объекте. В терминах баз данных каждая такая строка называется записью. Каждая запись содержит несколько типов сведений. Разные виды сведений называют полями. Поля соответствуют колонкам, например: квартал, выдел, площадь и т.д. Поля базы данных упорядочены (первое, второе, третье и т.д.), и обычно первое поле показывается в виде первой колонки базы данных. Второе поле показывается справа от первой и т.д., последнее поле показывается в самой правой колонке.

Для быстрой обработке запросов (поиска по базе) базы данных используют механизм индексации. Без индексов было бы сложно найти что – либо в базе из сотен записей, не говоря уже о базах из сотен тысяч записей.

Индекс в базе данных подобен указателю в книге. Индекс представляет собой набор ссылок. Например, в книгах указатели, как правило, используют алфавитный порядок, чтобы легче было найти интересующую нас тему. Найдя название темы, мы ищем страницы с заданными номерами. На номера страниц есть ссылки. Они означают: «Открой страницу, на которую я указываю».

### **5. Тематическое картографирование**

Тематическая картография является мощным средством анализа и наглядного

представления данных. Она сопоставляет атрибутивные данные и графические образы на карте. Тематическими мы называем карты, объекты на которых выделены графическими средствами в зависимости от сопоставленных с ними значений. К графическим средствам наряду с раскраской относятся штриховки, виды символов и такие методы представления, как графики и круговые диаграммы.

На тематической карте легко уловить те тенденции и взаимозависимости данных, которые почти невозможно обнаружить с помощью табличного представления. Операция создания тематических карт ещё называется условным выделением.

В MapInfo можно создавать тематические (или условные) карты следующих семи типов: диапазоны значений, размерные символы, плотности символов растровые поверхности, индивидуальные значения, столбчатые и круговые диаграммы. Кроме того, возможны различные варианты и сочетания этих методов, такие как создание двух тематических карт в одной.

Для создания тематических (или условных) карт используются три диалога, в которых можно выбрать тип тематической карты, название таблицы и её поля, по которым следует строить карту, а также выбрать различные настройки.

## 1.5 Лекция № 7,8 (4 часа)

**Тема: «ГИС в лесоустройстве и в лесном деле».**

### 1.5.1 Вопросы лекции:

1. Сущность и виды дешифрирования аэроснимков.
2. Дешифровочные признаки.
3. Подготовка аэрофотоснимков к измерительному дешифрированию.
4. Приборы и программные средства для измерительного дешифрирования аэрофотоснимков.
5. Измерение высот деревьев, диаметров крон и определение других таксационных показателей древостоев.
6. Автоматизированное дешифрирование аэроснимков.

### 1.5.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. ГИС в лесоустройстве

Современные геоинформационные системы являются основой для проведения всего комплекса лесостроительных работ, камеральной обработки материалов лесоустройства, картоиздательских и множительно-типографских работ и поддержки постоянной взаимосвязи с лесотаксационными базами данных. Помимо этого ГИС периодически дополняется информацией с мобильных (полевых) узлов и, в свою очередь, пополняет информацию на этих узлах.

ГИС в лесоустройстве должна поддерживать следующие работы:

- а) ввод и хранение аэро- и космических снимков на носителях информации, автоматизированное таксационное дешифрирование изображений;
- б) ввод и обработку геодезических данных;
- в) совмещение и обработку геодезических, картографических и аэрокосмических материалов с целью создания и обновления планово-карографических материалов лесоустройства, других лесных карт;
- г) совмещение цифровых планово-карографических материалов и лесотаксационных баз данных для проведения однозначной совместной их актуализации (через картографо-геодезические данные, традиционные карточки таксации);
- д) ввод данных с систем геопозиционирования (GPS) или электронных тахеометров, их обработку для периодического (или текущего непосредственно в полевых

условиях) создания планово-картографических материалов с помощью полевых мобильных систем. Для этих целей экспедиции лесоустроительных предприятий оснащаются мобильными полевыми узлами, в которые до начала полевых работ вводятся материалы предварительного автоматизированного таксационного дешифрирования аэрокосмических снимков, а также материалы предыдущего лесоустройства и цифровые топографические карты. Все материалы полевых исследований вводятся в совмещенную базу данных непосредственно в полевых условиях;

е) подготовку совмещенных баз данных для конкретных лесничеств и региональных органов управления лесами с возможностью пространственной визуализации запросов по лесотаксационным базам и выдачу 411 документов пользователям по установленным формам;

ж) обработку данных для получения документов, предусмотренных лесоустроительной инструкцией;

з) создание и тиражирование необходимого количества планово-картографических материалов лесоустройства и других лесных карт;

к) подготовку и печать материалов по разовым запросам.

Рассмотрим подготовку повыдельных баз данных объекта лесоустройства на примере «Автоматизированного рабочего места таксатора» (АРМ).

Комплекс программ предназначен для ввода, контроля, корректировкой лесоустроительной информации на ПК, печати первичных лесоустроительных документов и таблиц по запросам, перекомпоновки введенной и архивной информации.

В комплексе задач АРМ-таксатора предусмотрена система вложенных меню, а также задействованных функциональных клавиш и сообщений, которые обеспечивают наглядность и простоту работы для пользователя.

Комплекс программ разработан в Поволжском лесоустроительном предприятии. Название комплекса задач АРМ-таксатора (Arm.Taks.exe) — «Автоматизированное рабочее место таксатора». Аналогичные системы разработаны и в других лесоустроительных предприятиях России. Например, в автоматизированную компьютерную систему ЛУГИС-W входит АРМ PLP-WinPLP для создания повыдельной базы данных в Северо-Западном лесоустроительном предприятии, LesGIS - в Западно-Сибирском лесоустроительном предприятии и др.

Основное назначение программ АРМ-таксатора состоит в переводе автоматизируемых работ на рабочее место таксатора с целью повышения качества ввода лесоустроительной информации, приведения ее в актуальное состояние, оптимизации технологического процесса ее обработки в сети ЭВМ, сокращения в конечном итоге сроков разработки лесоустроительных проектов.

Программы АРМ-таксатора автоматизируют следующие работы:

- ввод лесоустроительной информации с карточек таксации;
- контроль, корректировку, просмотр, протокол введенной лесоустроительной информации;
- печать первичных документов и таблиц по запросам (ведомости окраски планов лесонасаждений, литерации планшетов, поквартальных итогов);
- сортировка введенной информации с доводом;
- выборка информации (сортировка) и выдача на печать или дисплей различных выборочных ведомостей (запросов).

#### *Выбор ГИС для лесоустройства*

Для оценки ГИС были выдвинуты следующие требования.

- система должна одинаково хорошо отвечать потребностям, как лесоустройства, так и лесного хозяйства;
- система должна быть «все в одном». Или процессы создания карт и Работы с ними должны осуществляться, по возможности, одним инструментом;
- система должна быть устойчивой, чтобы сбои и ошибки персонала не приводили

к существенным потерям данных;

- при эксплуатации ГИС должна быть хорошая поддержка от производителя;
- система должна позволить сделать технологию недорогой, чтобы недорогими были как само программное обеспечение, так и технологический процесс создания карт на нем.

Некоторые краткие и упрощенные пояснения терминов в данном контексте:

**Реляционная** база - система связанных общим идентификаторов между собой таблиц, каждая из которых представляет простую по структуре таблицу. Множественные описания (например, много пород в одном выделе) хранятся по оптимальной схеме  $1xN$ , что обеспечивает возможность построения простых SQL запросов. Обеспечивается неограниченная расширяемость базы.

**Нереляционная** база - все данные в одной таблице, иерархичность информации отражается либо через сложную внутреннюю структуру, либо путем «вытягивания» данных в одну линию ( $1x1$ ). В первом случае SQL запросы вообще невозможны, во втором требуется анализ каждой записи на предмет наличия - отсутствия многих описаний одного показателя (например, породный состав в 10 повторяющихся наборах полей).

## 2. Геоинформационная система лесничеств

Задачи использования ГИС в лесном хозяйстве проще. Основным компонентом информационной системы лесничества является совмещённая база данных, позволяющая наиболее рационально использовать возможности таксационных баз данных реляционного типа и ГИС для ввода, хранения, обработки и выдачи материалов планово-картографического сопровождения.

При проведении актуализации данных о лесах силами районного лесничества специалисты также должны обеспечиваться мобильными узлами – переносными компьютерами и средствами геопозиционирования (системой GPS), позволяющими путём установки координат непосредственно на месте точно определить границы планируемого хозмероприятия (границы лесосек, участков посадки лесных культур и т.д.). Лесничий, используя лесоустроительные планшеты, топографические карты, аэроснимки, таксационные описания и другие документы, имеющиеся в совмещённой базе данных, может на цифровой карте отметить выбранные участки и просчитать их характеристики по запасам и площадям. На выбранные участки лесничий заполняет в интерактивном режиме сопроводительные первичные документы, на основании которых в лесничестве будет проведена корректировка (актуализация) таксационного описания и планово-картографических материалов объекта лесоустройства.

В настоящее время наиболее распространённой и внедрённой специализированной геоинформационной системой в лесном хозяйстве России является ГИС «Лесфонд». Следует отметить, что наибольшее количество (более 300) лесничеств Поволжья и Урала были оснащены АРМ – лесфонд (ныне ГИС «Лесфонд») под управлением ДОС.

## 3. ГИС «Лесфонд»

Геоинформационная система «Лесфонд» предназначена для ведения картографической и повыдельной баз данных по иерархии: **лесничество → районное лесничество → агентство лесного хозяйства по субъекту федерации**. Базы данных ГИС «Лесфонд» для конкретного объекта

создаются лесоустройством. Разработку, распространение и поддержку ГИС выполняет с 1989 года ООО Научно-внедренческая фирма «ЛабМастер».

Основное назначение системы:

- ведение баз данных по текущим изменениям в лесном фонде
- подготовка данных для текущего планирования по различным: пользования
- тематическое картографирование лесными участками;
- документационное обеспечение – оперативная и качественная подготовка документации по ведению лесного хозяйства;

- переход лесоустройства на современные методы инвентаризации и мониторинга лесов;
- эффективный инструмент для управления лесными ресурсами и т.д.

#### **4. Field – Map – полевая ГИС**

Сегодня традиционные методы определения параметров лесных объектов, которые основаны преимущественно на глазомерных оценках, всё чаще заменяются измерительными методами. Новые технологии проведения полевых работ, связанных с инвентаризацией лесов и мониторингом, востребованы специалистами лесного хозяйства. Эти технологии основываются на использовании полевых компьютеров, приборов глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС), лазерных дальномеров, электронных мерных вилок, беспилотных летательных аппаратов, цифровых фотокамер и других современных инструментов.

Технология инвентаризации и мониторинга лесов, которая объединяет в единый технологический процесс формирования атрибутивной и картографической информации о лесных объектах, максимально автоматизирует процедуры измерения лесоводственно-таксационных и других показателей в лесу, обеспечивает контроль полноты и достоверности информации, формирует базы данных выполненных измерений в полевом компьютере, позволяет отображать лесные объекты на электронной карте компьютера непосредственно в полевых условиях.

Одной из наиболее удачных разработок в этой области является технология «Field – Map» (полевая карта), которую разработали специалисты Чешского института исследований лесных экосистем (IFER) и адаптировали к условиям Украины совместно со специалистами лаборатории мониторинга и сертификации лесов Украинского НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации.

Field – Map представляет собой гибкое программно-инструментальное средство для сбора и управления полевыми данными при лесной инвентаризации и мониторинге.

Важным преимуществом технологии Field – Map является возможность её модульного использования, т.е. использования полевого компьютера и программного обеспечения с различными электронными приборами. Например, при использовании в комплекте полевого оборудования GPS (ГЛОНАСС) приёмника могут решаться навигационные задачи и осуществляться привязка локальных координат на местности к выбранной системе глобальных координат.

Применение GPS приёмника и полевого компьютера в технологии Field – Map позволяет в реальном режиме автоматически построить на экране компьютера карту местности с размещением на ней всех измеряемых объектов. При этом можно увеличить или уменьшить масштаб объектов на экране, проводить измерения расстояний и площадей на карте, создавать легенды для карт т.е. использовать возможности географической информационной системы непосредственно при работах в лесу. Средствами ГИС в полевом компьютере можно проектировать размещение пробных площадей или сети участков мониторинга различной густоты путём генерации регулярной сети точек внутри границы карты, а также проектировать концентрические круговые пробные площадки с радиусом, определённым пользователем для проведения на них измерений.

Технология Field – Map имеет очень широкий спектр возможности для применения. Она может использоваться лесоустроителями (таксаторами), специалистами по охране природы землеустроителями, географами, ландшафтными архитекторами, специалистами по дистанционному зондированию Земли.

С 2008 года в России планируется использовать программно инструментальное средство Field – Map при инвентаризации и мониторинге леса.

## **2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

### **2.1 Лабораторная работа № 1 (2 часа).**

**Тема:** «Составление фотоплана на основе контурного и таксационного дешифрирования АФС».

**2.1.1 Цель работы:** закрепить знания по дешифрированию аэрофотоснимков (АФС) для создания баз данных атрибутивной и пространственной (картографической) информации объекта исследования (территория квартала или группы кварталов).

#### **2.1.2 Задачи работы:**

1. Знакомство с методикой дешифрирования АФС.
2. Дешифрирование АФС.
3. Определение горизонтального масштаба аэрофотоснимков,
4. Подготовка фотоплана и абриса объекта картографирования в масштабе аэрофотоснимка.

#### **2.1.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**

комплект АФС (М 1:5000, М 1:10000); топографическая карта; план лесонасаждений (окрашенный); стереоскоп; линейка; транспортир, палетка, лесотаксационные нормативы.

#### **2.1.4 Описание (ход) работы:**

1. Изучение дешифровочных признаков нелесных земель.
2. Изучение дешифровочных признаков не покрытых лесом земель.
3. Изучение дешифровочных признаков лесных насаждений.
4. Определение масштаба АФС.
5. Контурное и таксационное дешифрирование АФС с ведением абриса и карточек таксации по выделам.
6. Составление фотоплана в масштабе АФС.

### **2.2 Лабораторная работа № 2,3 (4 часа).**

**Тема:** «Обзор инструментальных средств ГИС»

**2.2.1 Цель работы:** - изучить возможности и назначения ГИС на примере WinGis и MapInfo.

#### **2.2.2 Задачи работы:**

1. Анализ системы MapInfo (назначение, возможности, основные функции).
2. Анализ графического интерфейса ГИС.
3. Поиск информации в справочной системе по ключевым словам. Особенности управления базами данных, изучаемой ГИС.
4. Знакомство с элементами деловой графики.
5. Документационное обеспечение.
6. Возможности информационного обмена с другими системами.

#### **2.2.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:** ПК, программное обеспечение ГИС WinGis, MapInfo.

#### **2.2.4 Описание (ход) работы:**

1. Запуск системы на ПК.

2. Просмотр готовых проектов электронных карт.
3. Работа со справочной системой ГИС.
4. Работа с векторными данными и связанной с ними тематической информацией.
5. Изучение структуры обменного формата для передачи информации из других систем, наличия возможности использования формата DXF.
6. Организация прямого доступа к данным в форматах DXF, Excel, Access, Lotus 1-2-3, текстовом.
7. Изучение редактирования картографической информации, в том числе с использованием растра в качестве подложки.
8. Средства работы с таблицами тематической информации, позволяющие: редактировать, создавать, изменять структуру, выполнять связывание баз данных, осуществлять поиски, выбор объектов на карте или в таблице на основании различных критериев, включая SQL-запросы и функции пространственного анализа, выполнение вычислений значений полей и базах данных.
9. Изучение средств визуализации информации с помощью создания тематических карт.
10. Изучение специальных функций геокодирования, т.е. привязки пространственных объектов по адресам либо к другой информации.
11. Ознакомление с возможностями вывода твердых копий композиции карт, теста и градиентов на принтеры, имеющие драйверы для среды Windows.
12. Ознакомление с возможностями изменения самой системы и включения в нее прикладных пользовательских задач с помощью языка программирования MapBasic.
13. Изучение возможности работы с удаленными базами данных (Grade, Sybase, Informix, DBL) без выхода из среды MapInfo.

### **2.3 Лабораторная работа №4,5 (4 часа).**

#### **Тема: «Создание растрового изображения квартальной сети объекта»**

**2.3.1 Цель работы:** получить практические навыки работы по созданию растрового изображения с использованием сканера на примере создания растра фотоабриса квартальной сети.

#### **2.3.2 Задачи работы:**

1. Описать работы по сканированию изображений.
2. Представить файлы по результатам сканирования абриса.

**2.3.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**  
ПК, программное обеспечение ГИС, сканер, абрис объекта картографирования.

#### **2.3.4 Описание (ход) работы:**

1. Подготовка аппаратных средств для сканирования.
2. Установка оригинала на сканер.
3. Установка параметров изображения.
4. Сканирование.
5. Запись результатов сканирования в файлы в различных форматах.
6. Сравнительная характеристика различных форматов по объему и качеству.

**Таблица 1. Характеристика графических файлов абриса объекта картографирования**

Разрешение	Формат файла	Объем полученного изображения, байт
150 dpi	bmp	104894
	jpg	168902

tif	14227
gif	104350

7. Выводы по работе.

#### **2.4 Лабораторная работа №6,7 (4 часа).**

**Тема:** «Создание проекта электронной карты в среде MapInfo на основе преобразования растрового изображения, изучение свойств графических объектов»

**2.4.1 Цель работы:** получить практические навыки по созданию проекта электронной карты, преобразованию раstra и графических объектов при создании электронной карты.

**2.4.2 Задачи работы:**

1. Представить проект графической части электронной карты.

**2.4.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:** ПК, программное обеспечение ГИС MapInfo, абрис объекта картографирования (файл).

**2.4.4 Описание (ход) работы:**

1. Создание проекта электронной карты.
2. Загрузка раstra.
3. Преобразование раstra (приведение к масштабу).
4. Создание таблиц и управление ими.
5. Ввод графических объектов:
6. Выводы и предложения.

#### **2.5 Лабораторная работа №8,9 (4 часа).**

**Тема:** «Разработка и ведение базы данных лесного фонда объекта картографирования»

**2.5.1 Цель работы:** изучить возможности системы управления базами данных и получить практические навыки создания базы данных атрибутивной информации.

**2.5.2 Задачи работы:** Представить проект повидельной базы данных электронной карты.

**2.5.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:** ПК, программное обеспечение ГИС MapInfo, комплект карточек таксации и абрис объекта картографирования.

**2.5.4 Описание (ход) работы:**

1. Разработка модели повидельной базы данных на основе карточек таксации.
2. Открытие проекта карты (таблицы).
3. Создание таблицы базы данных.
4. Заполнение таблицы базы данных.
5. Контроль и корректировка графической и атрибутивной информации

#### **2.6 Лабораторная работа № 10,11 (4 часа).**

**Тема:** «Создание тематических слоев карты»

**2.6.1 Цель работы:** получить практические навыки по созданию тематических слоев карты.

**2.6.2 Задачи работы:**

1. Представить проекты тематических электронных карт.

**2.6.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**  
ПК, программное обеспечение ГИС MapInfo, проект электронной карты.

**2.6.4 Описание (ход) работы:**

1. Проверка графической и атрибутной базы данных.
2. Создание тематических слоев карты:  
-план лесонасаждений объекта исследований;  
-распределение насаждений объекта исследования по классам бонитетов;  
-распределение насаждений объекта исследования по запасам на 1 га;  
-распределение насаждений объекта исследования по среднему диаметру;  
-распределение насаждений объекта исследования по типам леса;  
-распределение насаждений объекта исследования по типу лесорастительных условий.
3. Подготовка тематической карты к печати и создание легенды.

**2.7 Лабораторная работа № 12 (2 часа).**

**Тема:** «Создание отчета и печать карты»

**2.7.1 Цель работы:** получить практические навыки по созданию и оформлению отчета.

**2.7.2 Задачи работы:**

1. Представить набор тематических карт.

**2.7.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**  
ПК, программное обеспечение ГИС MapInfo, проект электронной карты, тематические карты в среде ГИС.

**2.7.4 Описание (ход) работы:**

1. Открытие ранее созданной тематической карты в среде ГИС.
2. Создание легенды тематической карты.
3. Оформление отчета.
4. Экспорт отчета.
5. Печать тематических карт.

**2.8 Лабораторная работа № 13,14 (4 часа).**

**Тема:** «Разработка условных знаков для визуализации лесных цифровых карт».

**2.8.1 Цель работы:** получить практические навыки по созданию символов и среде MapInfo.

**2.8.2 Задачи работы:**

1. Представить набор растровых и векторных картографических знаков, представленных на бумаге и в электронном виде.

**2.8.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**  
ПК, программное обеспечение ГИС MapInfo, проект электронной карты в среде ГИС.

**2.8.4 Описание (ход) работы:**

1. Знакомство с возможностями редактора символа и картографических знаков.
2. Разработка символов и запись их в библиотеку символов.
3. Размещение символов на карте.
4. Анализ результатов и вывод.

**2.9 Лабораторная работа № 15,16 (4 часа).**

**Тема:** «ГИС в лесохозяйственных исследованиях».

**2.9.1 Цель работы:** получить практические навыки работы в среде ГИС «Лесфонд».

**2.9.2 Задачи работы:**

1. Представить набор растровых и векторных картографических знаков, представленных на бумаге и в электронном виде.

**2.9.3 Перечень приборов, материалов, используемых в лабораторной работе:**  
ПК, программное обеспечение ГИС MapInfo, проект электронной карты в среде ГИС.

**2.9.4 Описание (ход) работы:**

1. Краткие сведения о ГИС «Лесфонд» (назначение, возможности, перспективы использования в лесном хозяйстве).
2. Ознакомление с перечнем и содержанием функций ГИС «Лесфонд».
3. Ознакомление с панелью инструментов ГИС «Лесфонд».
4. Отчет о работе.