

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ЭКОЛОГИИ И
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ»**

**Направление подготовки 05.03.06 Экология и природопользование
Разработчик: профессор, д.г.н. Лекомцев П.В.**

**Санкт-Петербург
2017**

Раздел 1. Геоинформационное картографирование (получение пространственного ресурса)

1.1 Сущность и основные понятия геоинформатики

Вся история развития человечества подразделяется на 3 эпохи:

- 6000 лет длилась сельскохозяйственная эпоха;
- 150 лет длилась эпоха промышленная (индустриальная);
- На рубеже XX и XXI веков человечество вступило в информационную эпоху.

Это означает, что основным фактором развития человеческой цивилизации сегодня становятся информационные ресурсы, а информация является неотъемлемой частью всех видов человеческой деятельности.

Важнейшей составляющей информации является геоинформация – пространственно-координированная информация об окружающем нас географическом пространстве. В задачах территориального управления около 70% решений связаны с использованием геоинформации. Вопросы получения и использования геоинформации базируются на новом понятии – **геоинформатика**.

Определения геоинформатики

Геоинформатика произошла как средство анализа и исследований окружающей среды в географии и определяется в трех аспектах:

1. как наука;
2. как информационная технология;
3. как производство (информационная индустрия).

Определение геоинформатики как науки:

«Научная дисциплина, изучающая природные и социально-экономические геосистемы посредством компьютерного моделирования

и анализа на основе баз данных и географических знаний»

Определение геоинформатики как информационной технологии:

«Технология сбора, обработки, накопления, хранения, преобразования, анализа и отображения пространственно-координированной информации»

Определение геоинформатики как информационного производства:

«Производственная деятельность по получению и переработке пространственно-координированной информации и подготовке пространственных решений, а также по созданию и эксплуатации геоинформационных систем и технологий»

Важнейшие особенности геоинформатики:

1. однозначная идентификация объектов пространства с помощью координатной привязки;
2. моделирование всех объектов пространства как точек, линий, полигонов (площадей) и поверхностей, абстрагируясь от их сущности;
3. математическая обработка абстрактных объектов – точек, линий, площадей и поверхностей.

Связи геоинформатики со смежными областями науки и производства показаны на рисунке 1.



Дистанционное **Информатика**
зондирование

Рис.1. Связь геоинформатики со смежными

областями науки и производства

Составные разделы геоинформатики:

1. Геоинформационное картографирование - создание пространственного информационного ресурса.
2. ГИС-обработка - переработка пространственного информационного ресурса в пространственные решения.

1. 2. Сущность и содержание геоинформационного картографирования

Определения геоинформационного картографирования (ГИК)

1. Геоинформационное картографирование – **раздел картографии и геоинформатики**, охватывающий теорию и методы создания и использования геоинформационных моделей, цифровых и электронных карт, других пространственно-временных моделей на основе геоинформационных систем и технологий.
2. Геоинформационное картографирование – **технологический процесс** сбора и обработки геоинформации (ГИ), формирования геоинформационных моделей (ГИМ), создания и ведения территориальных банков данных (ТБД), создания цифровых карт местности (ЦКМ) и электронных карт (ЭК).

Ключевые понятия ГИК

1. Геоинформация
2. Геоинформационная модель
3. Территориальный банк данных
4. Цифровая карта
5. Электронная карта
6. Технологический процесс картографирования

Принципиальные различия традиционного и геоинформационного картографирования приведены на рисунке 2.

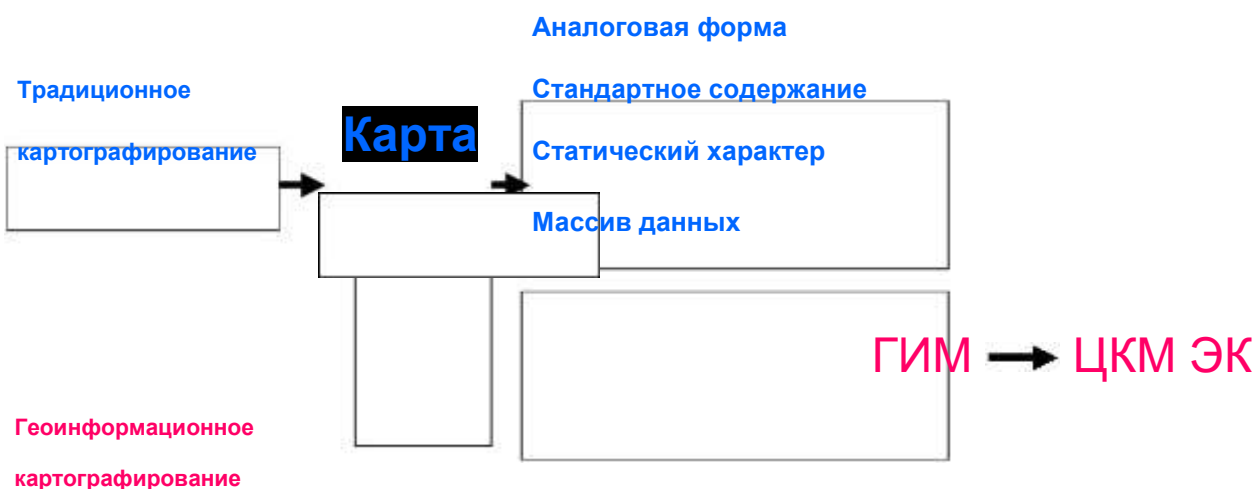
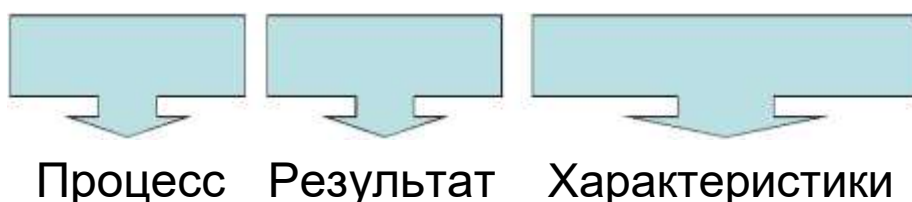




Рис.2. Различия традиционного и геоинформационного картографирования

Ориентация картографирования:

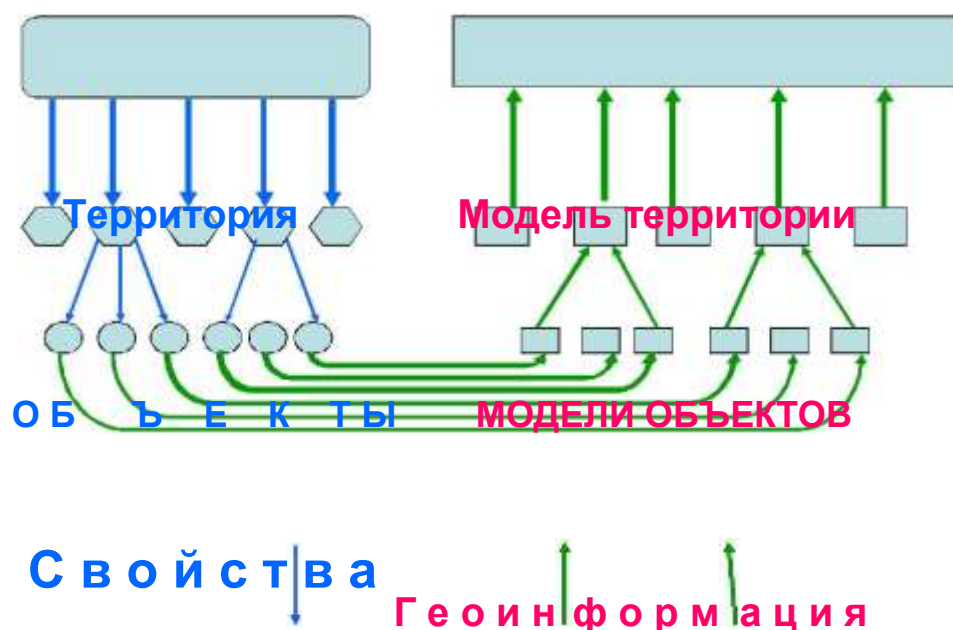
1. Традиционное картографирование направлено на подготовку информации непосредственно для человека (т.е. ориентировано на человеческое восприятие).

2. Геоинформационное картографирование направлено на подготовку информации для компьютера (т.е. ориентировано на компьютерную обработку данных).

Базовые понятия ГИК:

- Пространственные объекты – видимые и виртуальные объекты территории
- Пространственные отношения – взаимосвязи объектов в пространстве
- Пространственные свойства – свойства объекта в части его формы и положения в пространстве
- Пространственная информация (геоинформация) – информация о форме и положении объекта в пространстве
- Геоинформационная модель – модель территории в пространственном отношении
- Геоинформационный процесс – процесс получения пространственной информации, моделей объектов и территории

Взаимосвязи перечисленных базовых понятий ГИК показаны на рисунке 3.



Геоинформационный процесс

Рис. 3 Схема взаимосвязей базовых понятий ГИК

1.3 Пространственные объекты, пространственные свойства, пространственные отношения и пространственная информация (геоинформация)

Типы пространственных объектов

В качестве пространственных объектов в геоинформационном картографировании различаются 4 типа видимых и виртуальных объектов местности:

- географические, функциональные, исторические и другие отраслевые **объекты** - дома, леса, реки, дороги, территории, маршруты движения и т. д.;
- различные социально-экономические и природные **явления** – вечная мерзлота, снежный покров, наводнение, заболеваемость и т.д.;
- природные и техногенные **процессы** – загрязнение или эрозия почв, опустынивание, заболачивание, урбанизация, миграция и т.д.;
- **события** – цунами, автокатастрофы, падение метеорита, военное сражение и т.д.

Виды пространственных отношений:

- включение – объект А включает объект В;
- пересечение–объект В пересекает объект А;
- примыкание–объект А примыкает к объекту В;
- соседство – объект А – сосед объекта В.

Примеры пространственных отношений

Включение: озеро в лесу, остров на реке, дом на острове, просека в лесу и т.д.

Пересечение: дорога через лес, лес и болото, территория города и зона наводнения, две дороги, дорога и река и т.д.

Примыкание: дорога по краю леса, два земельных участка, лес и пашня и т.д.

Соседство: населенные пункты, дороги, озера, леса, реки, мосты и т.д.

Характеристики геоинформации:

- состав и содержание;
- форма представления;
- структура и формат;

- языковые средства представления.

Состав и содержание геоинформации:

- **геометрическая** - информация о форме, размере и местоположении объекта;
- **семантическая** (атрибутивная) - информация о сущности и содержании объекта и его свойствах;
- **топологическая** – информация о пространственных отношениях объектов.

Формы представления геоинформации:

- **аналоговая** – представлена в виде графических и фотографических изображений и предназначена для визуального восприятия человеком;
- **алфавитно-цифровая** – представлена набором букв и цифр и предназначена для восприятия человеком;
- **псевдоаналоговая** - представлена в виде графических изображений на компьютерных устройствах и предназначена для визуального восприятия человеком;
- **цифровая** – представлена в компьютерно-читаемом виде и предназначена для компьютерной обработки.

Структуры и форматы геоинформации

Структура информации – конструкция из элементов информации, построенная по определенным правилам.

Формат данных – способ расположения данных в памяти компьютера, в базе данных и/или на внешнем носителе.

Конвертирование – преобразование данных из одного формата в другой.

В геоинформационном картографировании применяются разные структуры и разные форматы для геометрической и семантической информации, для разных программных средств и систем управления базами данных (СУБД).

Языковые средства представления геоинформации

Языковое средство – совокупность символов, соглашений и правил, используемых для описания, манипулирования, поиска, отображения и передачи информации посредством компьютерной техники.

Основные формы реализации в ГИК:

Система классификации и кодирования – это совокупность методов и правил распределения пространственных объектов и их свойств по классификационным группировкам (классам) и присвоения им условных обозначений (кодов)

Правила цифрового описания объектов – система единых требований к формализованному представлению геоинформации. Взаимосвязи рассмотренных понятий приведены на рисунке 4.

1.4 Геометрическая информация – структуры и форматы

Форматы геоинформации

В геоинформационном картографировании различают 2 основных формата:

- **векторный** – цифровое представление геометрии пространственных объектов в виде набора векторов, заданных парами (X,Y) или тройками (X,Y,H) координат;
- **растровый** – цифровое представление геометрии пространственных объектов в виде совокупности ячеек раstra (пикселей) с присвоенными им каких-либо значений.

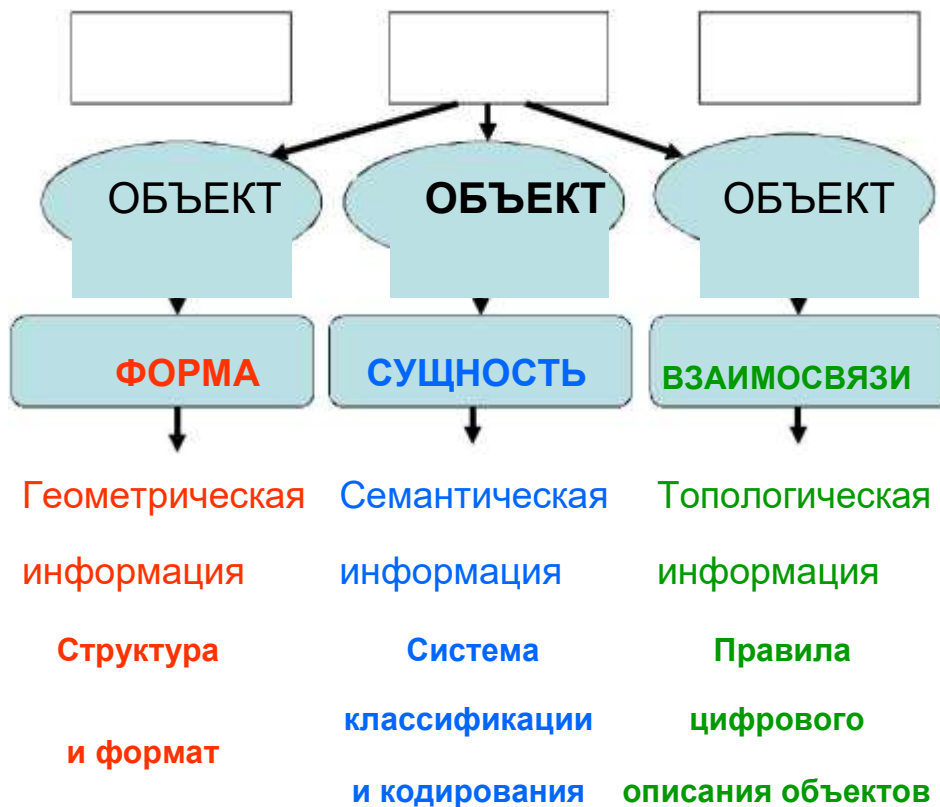


Рис.4. Взаимосвязи рассмотренных понятий ГИК

Пространственная локализация объектов в векторном формате

Все пространственные объекты в векторном формате могут быть отнесены

к одному из 4 типов пространственной локализации:

- **точечные** объекты (точки);
- **линейные** объекты (линии);
- **полигональные** (площадные) объекты (полигоны или площади);
- **поверхности** (рельефы) – трехмерный объект;

Тип локализации зависит от **формы и размера объекта** и от **масштаба** создаваемой геоинформационной модели.

Критерии локализации

Каждый пространственный объект характеризуется значениями периметра (Pr) и площади (Pl). Отнесение их к аналогичным нормативным параметрам $(Pr)_n$ и $(Pl)_n$ создаваемой модели заданного масштаба и определяет тип локализации объекта:

1. Если $(Pr) < (Pr)_n$ и $(Pl) < (Pl)_n$, то объект относится к типу точечного и задается координатами одной точки, расположенной в

центре симметрии объекта. Точечный объект характеризуется только своим местоположением и не имеет ни длины ни площади -

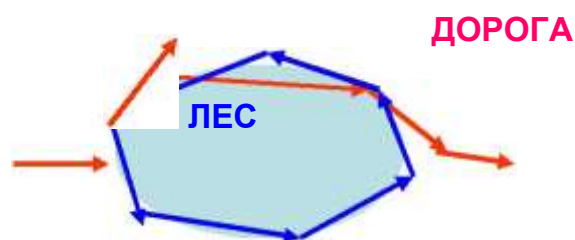
нульмерный объект.

2. Если $(Pr) > (Pr)_n$ и $(Pl) < (Pl)_n$, то объект относится к типу линейного и задается одним или набором векторов, расположенных в центре симметрии объекта. Линейный объект характеризуется своим местоположением, имеет длину, но не имеет площади - **одномерный объект.**

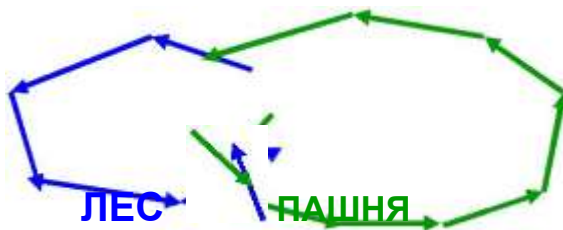
3. Если $(Pr) > (Pr)_n$ и $(Pl) > (Pl)_n$, то объект относится к типу полигонального (площадного) и задается набором векторов, расположенных по его замкнутому контуру. Такой объект характеризуется своим местоположением, имеет длину и площадь - **двумерный объект.**

Бесструктурный векторный формат (формат «спагетти»)

Данный формат представляет собой разновидность векторного представления линейных и площадных объектов в виде набора векторов **без учета пространственных отношений между объектами**. Например, дорога по краю леса, пашня примыкает к лесу, но это никак не учитывается и каждый объект векторизуется отдельно. Поэтому могут проявляться расхождения в контурах и площадях (Рисунок 5).



Дорога по краю леса



Пашня примыкает к **лесу**

Рис. 5 Пример бесструктурного векторного формата

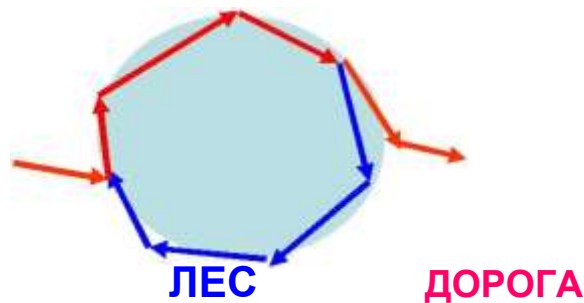
Топологический векторный формат («линейно-узловой»)

Это разновидность векторного представления линейных и площадных объектов в виде набора векторов с учетом пространственных отношений между объектами (т.е. с учетом топологии).

Базовые понятия векторно-топологического представления:

1. **узел** – начальная или конечная точка дуги;
2. **дуга (ребро)** – последовательность векторов, заключенных между двумя узлами;
3. **полигон** – упорядоченная последовательность дуг.

В топологическом векторном формате вначале задаются узлы, затем задаются дуги, затем из дуг собираются полигоны. Поэтому расхождений в контурах не происходит (Рисунок 6).



Дорога по краю леса



Пашня примыкает к лесу

Рис. 6 Пример топологического векторного формата

Растровый формат

В основе растрового представления лежат понятия геометрических примитивов:

- ячейка пространства – элемент разбиения земной поверхности линиями регулярной сети;
- ячейка изображения – пиксел (от английского picture element – элемент изображения) – наименьший неделимый элемент, получаемый дискретизацией изображения с помощью растра (Рисунок 7).

1. 5 Описание и представление семантической информации

В геоинформационном картографировании для описания и представления семантической информации используются специальные классификаторы или каталоги, содержащие перечни пространственных объектов местности, их характеристик и значений этих характеристик.

В основу структуры, правил построения и использования этих документов положены разные принципы и подходы:

- в классификаторах объекты сгруппированы в классы (и подклассы) по определенным признакам;
- в каталогах объекты расположены в алфавитном порядке.

Сущность растрового представления



Достоинства растрового представления:

- Полная автоматизация процесса
- Простота обработки и хранения
- Удобство для отображения площадных объектов

Недостаток – большие затраты памяти

Рис. 7 Пример растрового формата

Основные определения в сфере представления семантической информации:

- **классификация** – система деления совокупности объектов (а также их характеристик и значений характеристик) на отдельные группы – классы, внутри которых объекты обладают общими признаками;
- **классификатор** – документ, содержащий свод классификационных группировок, наименований и кодов пространственных объектов местности, их характеристик и значений этих характеристик;
- **код** – система букв, цифр и символов, присваиваемая и однозначно соответствующая пространственным объектам, их характеристикам и значениям характеристик для их компьютерного представления.

При проектировании информационных систем надо сделать два шага:

- **первый шаг – классификация:** надо четко выделить классы объектов, затем для каждого класса определить состав характеристик

объектов и затем определить значения каждой из этих характеристик (или размерность и диапазон числовых значений);

- **второй шаг - кодирование**, т.е. присвоение каждому понятию, определенному при классификации, условного обозначения-кода.

Коды могут быть буквенными, цифровыми и буквенно-цифровыми:

- **цифровой код** - удобный, гибкий, не связан с языком, т.е. может быть международным кодом; недостаток - не связан с названием объекта. Длина кода может быть переменной и для редких объектов коды длинные - много цифр, а для часто встречающихся объектов коды короткие - из одной цифры. Например: колодец ПК-1 и акведук-342.
- **буквенный код** - лучше тем, что он мнемонически связан с понятием класса или конкретного объекта. Например: Г- гидрография, Р – рельеф, КОЛ – колодец, РЕК – река и т.д.

Классификация в ГИК производится на основе различных подходов.

Иерархическая классификация

Первые классификаторы в цифровом (геоинформационном) картографировании строились на основе иерархической классификации: понятия располагаются по принципу «от одного ко многим», причем вверх допускается одна связь, вниз – много связей (см, например, рисунок 8):

Достоинства иерархической классификации: простота, наглядность, быстрый доступ и поиск нужной информации, удобство кодирования, легкость в запоминании и использовании кодов.

Недостаток иерархической классификации - жесткая фиксация одной конкретной классификации, одного представления конкретного пользователя

– составителя классификатора. Например, в картографии такая классификация часто отражает систему печати карт на офсетной машине и связана с применяемым цветами объектов на карте. Кроме того, могут быть спорные случаи, когда объект по логике должен быть отнесен к разным классам.

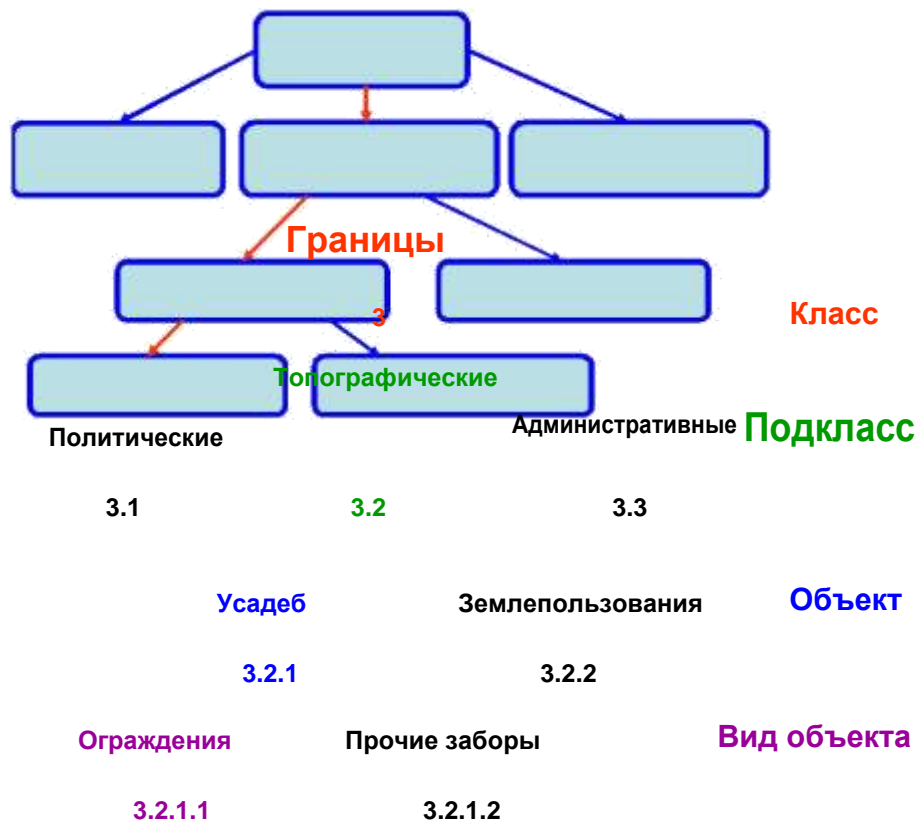


Рис.8 Пример иерархической классификации

Табличная классификация

Идея табличной классификации базируется на принципах фасетной классификации, применяемой в библиотечно-библиографической деятельности.

Особенность этого подхода заключается в отсутствии готовых кодов и построении кодовых выражений **по фасетной формуле** с использованием отдельных таблиц, в которых собираются понятия объектов, характеристик, значений характеристик. Например, в отечественном Классификаторе топографической информации все понятия распределены в 3-х основных таблицах (Таблица1, таблица2, таблица3):

1. Таблица 1 – объект (первые 3 буквы – код), функциональные и природные качества (код 1/Ф), особенности конструкции или строения (код 2/К), назначение (код 3/Н);
2. Таблица 2 – перечисляемые свойства и значения свойств объектов;
3. Таблица 3 – численные свойства объектов.

Рассмотренные таблицы используются для описания всего набора семантической информации об объекте в виде формализованной конструкции из кодов объектов, кодов фасетов свойств, кодов значений свойств и специальных символов, например:

- БАК / Ф,1; К,3; Н,2; С,9; Г,Р - 3,70 /
(бак напорный; на столбах; для горючего; действующий; с диаметром 3,70 метра);

- ЗАБ / К,2; М,4; Г,В – 2,0 /

(забор решетчатый; бетонный; высотой 2,0 метра)

- 145 / 1,3; 2,3; 4,4; 5,53,61,66,70; 6,7 - 0,30 / - БОЛ

(лес смешанный; низкорослый; засоренный; береза, ель, клен, лиственница; со средней толщиной ствола 30 см; на болоте).

Таблица 1- Классификатор топографической информации-«Объекты»

Таблица 1- объекты

Объект (код)	Код цифровой	1/Ф	2/К	3/Н
Бак	203	1-напорный	1-цилиндрический 2-шарообразный 3-на столбах	1-для воды 2-для горючего 3-для кислот
Забор	18		1-сплошной 2-решетчатый 3-на фундаменте	
Кран	186	1-подъемный	1-стационарный 2-передвижной 3-башенный 4-козловой	
Лес	145	1-лиственный 2-хвойный 3-смешанный 4-декоративн.	1-редкий 2-угнетенный 3-низкорослый 4-карликовый	

Таблица 2 - Классификатор топографической информации-«Свойства»

Таблица 2 - свойства

Код фасета	Свойство	Код значения	Значение свойства	Примечание
4/С	Состояние	2	Вязкий	} Природный Объект
		3	Загрязненный	
		} Искусствен. объект
		9	Действующий	
		10	Заброшенный	

5/М	Материал	2	Асфальт	Искусствен. Объект
	(порода)	4	Бетон	
		
		52	Бук	Природный Объект
		53	Береза	

Таблица 3- Классификатор топографической информации –« Численные свойства»

Таблица 3 – численные свойства

Код фасета	Свойство		Элементы, к которым относятся свойства	
	Код	Признак	Код	Элемент
Геометрические свойства				
6/Г	1/В	Высота	1	Берег
			2	Гребень
	5/П	Площадь (размер)	1	Зона затопления
			2	Палуба грузовая
Физико-технические свойства				
7/Т	1/Г	Грузоподъемность	1	Мост
	4/К	Количество	2	Паром
			1	Кабель
			2	Провод

Достоинством этой классификации является возможность описания объекта любой сложности, а также возможность введения любых новых объектов, свойств объектов, значений свойств объектов без изменения всего классификатора.

Недостаток этой классификации – отсутствует информация о составе свойств каждого объекта.

Указанный недостаток устранен в следующем подходе к описанию семантической информации – составлении каталогов (или перечней) объектов местности.

Каталоги объектов

В каталогах объектов вообще отсутствуют элементы классификации и приводятся только перечни объектов местности, свойств (атрибутов) и значений атрибутов и их описания.

Например, в Российском Каталоге объектов местности (по ГОСТ Р 52439-2005) вся информация располагается в 1-й служебной (параметры каталога) и

3-х информационных таблицах (Таблица 4, таблица5, таблица 6):

Таблица 4 – Каталог объектов местности: Таблица 2. Объекты

Таблица 2. Объекты

Наименование объекта	Определение	Наименование атрибута
---------------------------------	--------------------	----------------------------------

Бензоколонки	Раздаточные устройства бензина и дизельного топлива на заправочных станциях	Назначение
Границы	Линии, закрепленные на местности или условные, разделяющие какие-либо территории	Тип Сопредельная сторона справа Сопредельная сторона слева
Наименование объекта	Определение	Наименование атрибута
Дороги пешеходные	Пути движения людей и вьючного транспорта	Тип Особенности конструкции Материал покрытия Ширина
Обрывы	Отвесные или очень крутые склоны естественного происхождения	Тип Высота объекта
Просеки	Полосы в массивах леса или кустарника с вырубленной в них растительностью	Назначение Состояние Ширина

Таблица 5 – Каталог объектов местности: Таблица 3 – Атрибуты объектов

Таблица 3 – Атрибуты объектов

Наименование атрибута	Определение	Наличие Единица	
		перечисляемых	СИ
Вид растительности	Группы пород растений, объединенных по какому-либо признаку	Да	–

Высота объекта	Кратчайшее расстояние по вертикали между нижней и верхней точками объекта	Нет	м
Период	Отрезок времени, в течение которого происходит какое-либо явление, действие	Нет	–
Этажность	Число этажей в строении	Нет	шт.

Таблица 6 – Каталог объектов местности: Таблица 4 - Атрибуты объектов с перечисляемыми значениями

Таблица 4 – Атрибуты объектов с перечисляемым значениями

Наименование атрибута	Значение
Вид растительности	Для объекта «Растительность древесная»: хвойная, лиственная, смешанная, широколиственная, мелколиственная, декоративная, технические культуры, мангровая,

	фруктовая
Значение объекта	Важные, временные, выдающиеся, главные, долговременные, командные, культурно-исторические, ориентиры
Особенности конструкции	Для объекта «Строения»: смыкающиеся вплотную, разноэтажные, с колоннами вместо части строения, башенного типа, легкого типа, малые
Состояние	Для объекта «Пункты населенные»: нежилые, разрушенные, строящиеся

Достоинством этого подхода является полная свобода для формирования пользователями собственных классификаторов, отражающих специфику информационных процессов предметной области. Кроме того, здесь упрощается процедура обновления и дополнения Каталога в связи с изменениями в данной отрасли экономики.

1.6 Правила цифрового описания объектов

Правила цифрового описания объектов, наряду с форматом геометрической информации и системой классификации и кодирования объектов составляют информационную основу геоинформационного картографирования. Они предназначены для обеспечения стандартизации цифрового представления данных, такой записи информации, чтобы объекты всегда были описаны одинаково, независимо от исполнителя.

При цифровании (т.е. цифровом представлении объекта и его характеристик) любого объекта нам приходится решать вопрос, с какого места надо цифровать объект, в каком направлении, в каком месте надо брать точку для снятия координат, какие семантические характеристики надо задавать и т. п. Правила цифрового описания отвечают на эти вопросы.

Структурно, цифровое описание объектов представлено 3 группами правил:

1. Общие правила, отнесенные к типам объектов по их пространственной локализации:
 - Общие правила для цифрования точечных объектов,
 - Общие правила для цифрования линейных объектов,
 - Общие правила для цифрования площадных объектов;
2. Общие правила для цифрования семантических характеристик объектов;
3. Индивидуальные правила для цифрования каждого класса объектов.

Правила для точечных объектов:

В качестве точки для координирования точечного объекта выбираются либо центр симметрии условного знака объекта, либо точка в его основании.

Правила для линейных объектов

1. Если объект имеет направление (например, река), то цифруют по этому направлению;
2. Если объект не имеет направления (например, дорога), то цифруют всегда в одном заданном направлении (например, по ходу часовой стрелки);

3. Если объект имеет участки с разными значениями семантических характеристик, то выделяют и координируют точки, где происходит изменение характеристики.

Правила для площадных объектов

1. Направление цифрования должно быть всегда одинаковым (например, чтобы объект, который цифруется был всегда справа);
2. Правило цифрования внутренних границ объекта («дырок») – при цифровании по правилу 1 должно получаться так, что внешние границы и внутренние границы будут оцифрованы в противоположных направлениях;

3. Описание границ объекта может быть представлено , как набор границ разных по семантике объектов;
4. Цифрование объектов, у которых граница виртуальна, т.е. визуально отсутствует (пример: болото, урочище и т.п.) должно осуществляться по условно заданной границе, которая затем задается как невидимая.

Правила для описания семантических характеристик объектов

1. Описание семантических характеристик объектов производится в соответствии с системой классификации и кодирования объектов местности.
2. Описание местоположения условных знаков и характеристик объектов на карте производится путем цифрования точек, линий и областей их (т.е. знаков и характеристик) расположения.
3. Задание местоположения условных знаков, надписей и характеристик объектов на карте производится с целью сохранения результатов работы редактора карты и для того, чтобы сохранить информацию о расположении условных знаков, надписей и подписей (эта работа уже один раз проделана при создании карты и нецелесообразно делать ее еще раз).

Индивидуальные правила для цифрования каждого класса объектов

Индивидуальные правила цифрования каждого класса объектов применяются для отражения их специфики. Пример: замыкание оврагов, как площадных объектов невидимой линией.

1.7 Геоинформационная модель местности

Термин «геоинформационная модель местности» (принятая аббревиатура – ГИМ) содержит три понятия:

- **геоинформационная** – т. е. относящаяся к области пространственной (гео) информации;
- **модель** - т.е. объект любой природы, находящийся в отношении подобия к другому, моделируемому, объекту;
- **местности** - т. е. моделируемым объектом здесь является геопространство (местность, территория).

Существует еще термин **«цифровая модель местности»** (принятая аббревиатура - ЦММ), содержащий понятие «цифровая», т.е. модель местности, представленная в цифровой (компьютерно читаемой) форме.

Термин ЦММ введен в 1955 году в США (дословный перевод с английского «Digital terrain model») в Массачусетском технологическом институте (г. Бостон) в лаборатории дорожного проектирования с помощью ЭВМ профессором Чарльзом Миллером.

Определения ЦММ и ГИМ

ЦММ – цифровое представление пространственных объектов местности, соответствующих объектовому составу топографических карт и планов.

ГИМ – информационная координированная компьютерная модель геопространства, представляющая совокупность пространственных объектов. Таким образом, определение ГИМ является дальнейшим развитием и расширением понятия ЦММ.

ГИМ, как и любая информационная модель характеризуется тремя моментами: **содержанием, структурой и параметрами.**

Кроме того, ГИМ создается в результате специального информационного процесса, который называется **геоинформационным моделированием**

местности.

Содержание ГИМ

Содержание ГИМ определяется ее назначением и масштабом, который определяет степень огрубления геометрических элементов. ГИМ содержит пространственную информацию, в частном случае - топографическую или тематическую (экологическую, кадастровую, почвенную и т.п.), или ту и другую, причем эта информация относится к пространственным объектам местности. По каждому пространственному объекту ГИМ содержит геометрическую часть, семантическую часть, топологическую часть и записывается в соответствии с правилами цифрового описания объектов.

Объем и состав информации соответствует объектовому составу и набору характеристик объектов соответствующих карт (аналогичных по масштабу и назначению).

Структура ГИМ

Местность можно представить совокупностью пространственных объектов ситуации, форм рельефа и подстилающей поверхности, на которой они расположены. Если каждый объект отобразить соответствующей моделью, то совокупность этих моделей и будет ГИМ. Модель каждого объекта строится исходя из уже известного принципа пространственной локализации, т.е. как точечные, линейные и площадные объекты, а также отдельно строится модель поверхности.

Состав моделей объектов

1. Модель точечного объекта включает:

идентификатор (И), пара (тройка) координат, семантический код (СК), топологический код (ТК), метайнформация (МИ), т.е.

<И;Х,У (илиХ,У,Н);СК;ТК;МИ >

2. Модель линейного объекта включает:

идентификатор (И), несколько пар (троек) координат, семантический код (СК), топологический код (ТК), метайнформация (МИ), т.е.

$\langle I; X_1, Y_1 \text{ (или } X, Y, H); X_i, Y_i \text{ (или } X, Y, H); \dots; X_n, Y_n \text{ (или } X, Y, H); SK; TK; \rangle$

МИ >

3. Модель площадного объекта включает:

идентификатор (И), несколько пар (троек) координат, семантический код (СК), топологический код (ТК), метайнформация (МИ), т.е.

$\langle I; X_1, Y_1 \text{ (или } X, Y, H); X_i, Y_i \text{ (или } X, Y, H); \dots; X_1, Y_1 \text{ (или } X, Y, H); SK; TK; \rangle$

МИ >

При этом всегда координаты первой и последней точки одни и те же.

Модели поверхности

Модели поверхности различаются способом расположения точек с отметками:

- регулярные (в геометрическом смысле, рисунок 9),
- полурегулярные (рисунок 10),
- геоморфологические (рисунок 11),
- аналоговые (в виде горизонталей, рисунок 12),
- хаотические.

Модель поверхности: **регулярная**

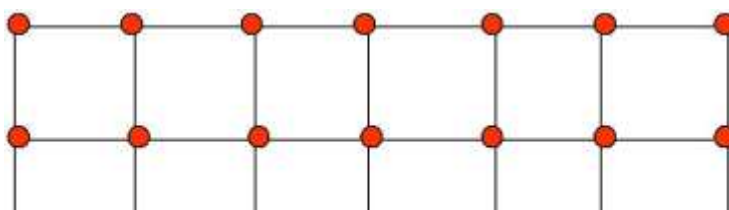


Рис. 9 Регулярная модель поверхности

Модель поверхности: полурегулярная

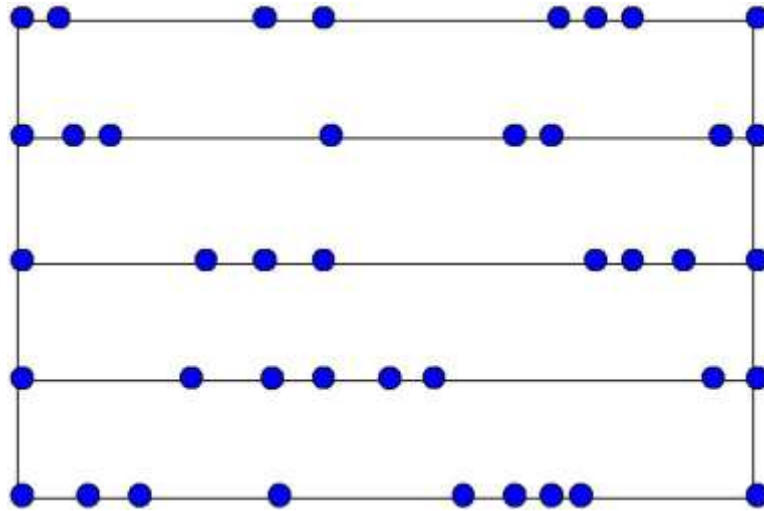


Рис. 10 Полурегулярная модель поверхности

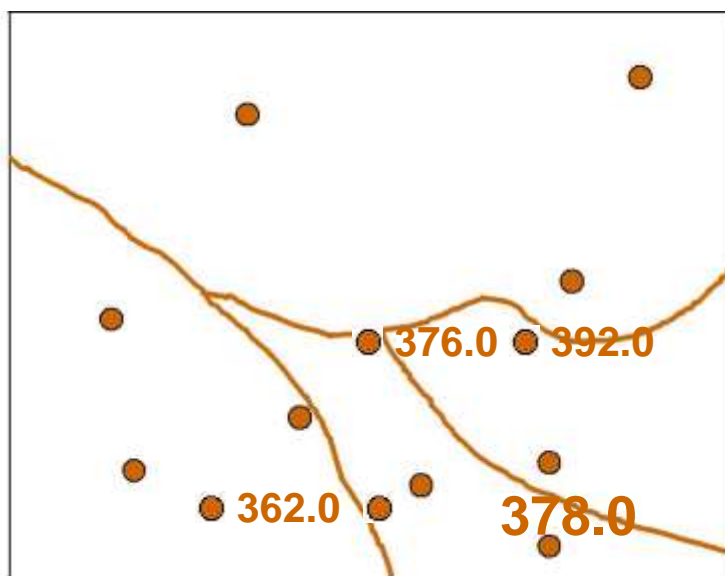
Параметры ГИМ

1. **Точность** - характеристика того, с какой погрешностью определяется и записывается информация об объекте (это относится к количественным характеристикам, в первую очередь к координатам).
2. **Масштаб** - соотношение сходственных параметров модели (ГИМ) и моделируемого объекта (местности). Это значит, что у ГИМ может быть несколько масштабов. Обычно к ГИМ относят значение масштаба

съемки местности или цифруемой карты, который является по сути показателем детальности модели (т.е. указывает на размер пренебрегаемых элементов местности).

Адекватность - т. е. степень соответствия модели действительности (например, модель построена насколько лет назад и уже не соответствует местности, где за прошедшие годы произошли изменения).

Модель поверхности: геоморфологическая



370.0

412.0

Рис. 11 Геоморфологическая модель поверхности

Модель поверхности: аналоговая

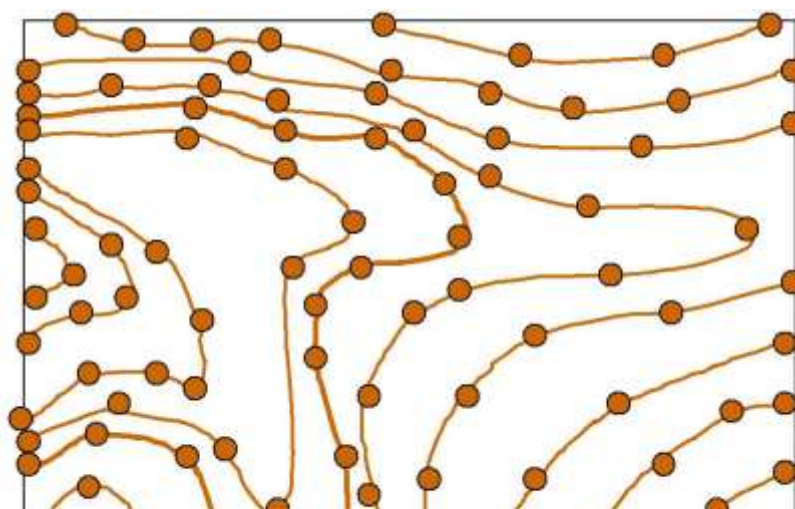


Рис. 12 Аналоговая модель поверхности

Степень адекватности может быть оценена вероятностным путем. Каждому объекту можно установить степень вероятности сохранения на местности достаточно долгое время, т.е. степень устойчивости. Например, дом капитальный имеет вероятностный коэффициент 0,999,

а отдельно стоящее дерево - коэффициент 0,60.

3. Мерность модели: -

- одномерные – профиль местности (1 координата L – длина профиля);
- двумерные – карта местности (2 координаты X,Y);
- трехмерные – компьютерные модели (3 координаты X,Y,H).

Использование двумерной модели для моделирования трехмерного мира – проще, но возможна неоднозначность. Трехмерные модели лучше, но здесь большая сложность сбора данных для трехмерного моделирования (дистанционные методы лазерного сканирования - аэро и наземный).

О местности модели обычно не говорят, т.к. чаще всего ГИМ создают методом цифрования карты, а карта графическая всегда двумерна и по умолчанию речь идет о двумерной ГИМ

4. **Полнота содержания** - показатель ограничения содержания и включения в ГИМ информации не о всех классах объектов местности и не о всех характеристиках объектов. По этому показателю может быть установлен масштаб, отличный от масштаба, заданного по точности съемки или по точности цифруемой карты. Часто когда описывают и задают параметры ГИМ, то говорят, что она соответствует какой - либо карте и так задается ее содержание, точность и масштаб.

1.8 Цифровые и электронные карты

Наряду с ГИМ, предназначенной для обработки геоинформации на компьютере с помощью пакетов ГИС, нам еще необходимо иметь модель в аналоговой форме, предназначенной для восприятия человеком. Это надо для того, чтобы в процессе обработки человек мог активно участвовать в работе, давать компьютеру задания, делать приемку и оценку результатов работы компьютера.

В геоинформатике для этого создаются **цифровые (ЦК)** и **электронные (ЭК) карты**.

Термин "карта" сразу же указывает на то, что это образно-знаковые модели, ориентированные на восприятие человеком и содержащие геоинформацию, записанную с помощью языка карты - системы условных знаков.

Цифровая, электронная и графическая карты различаются принципиально только формами представления информации – цифровой,

псевдо аналоговой и аналоговой. Содержательная часть - образность и знаковость сохраняется в любой карте.

Определения цифровой карты

1. Цифровая карта – цифровая модель карты, созданная путем цифрования картографических источников, фотограмметрической

обработки данных дистанционного зондирования, цифровой регистрации данных полевых съемок или иным способом (Кошкарев).

2. Цифровая карта – карта, содержание которой представлено в цифровой форме (Жалковский и др.).
3. Цифровая карта – представление объектов карты в цифровой форме, которая позволяет компьютеру сохранять, манипулировать и выводить значения их атрибутов (Жалковский и др.).

Структурно, цифровая карта представляет собой совокупность картографических моделей объектов местности, выраженных в цифровой форме в векторном формате. Если каждый объект местности задать координатами, описать с помощью условных знаков, т.е. набором геометрических элементов и подписей, и затем каждый условный знак представить в компьютерно читаемой форме, то эта совокупность и будет цифровой картой.

Каждая цифровая картографическая модель объекта содержит:

- **данные позиционирования** – координаты элементов условного знака данного объекта (примеры: знак дороги, точечный знак, горизонталь, элементы чисто картографические - например, бергштрихи, стрелки течения реки, координатная сетка, местоположение надписей и подписей);
- **семантический код**, но не самих объектов, но их картографических образов(изображений), их условных знаков (например, толщина линии, цвет, форма линии, вид графического заполнения площадного объекта, номер (идентификатор) точечного условного знака, кегль и размер шрифта для надписей и подписей и т.д.).

Состав цифровой картографической модели объекта местности:

идентификатор объекта местности (И), один или несколько наборов элементов условного знака, содержащих идентификатор элемента условного знака (ИЭ), координаты точек элемента и его семантический код (СКЭ)

<И (ИЭ;X,Y; X,Y;....; X,Y;СКЭ);... (ИЭ;X,Y; X,Y;....; X,Y;СКЭ)>

Цифровая карта может быть создана одним из двух способов:

1. путем векторизации растрового изображения графической карты;
2. путем генерации из геоинформационной модели (ГИМ).

В зависимости от способа создания цифровая карта будет иметь разные характеристики:

- при векторизации цифровая карта будет цифровой копией исходной карты, в том числе иметь детальность и точность, соответствующие графической точности исходной карты данного масштаба;

- при генерации из ГИМ цифровая карта будет иметь точность ГИМ (точность измерений) и может создаваться с точностью и детальностью разных масштабов.

Достоинством цифровой карты является ее цифровая форма, позволяющая производить различные картографические манипуляции с помощью компьютерной обработки:

1. составлять, обновлять и редактировать традиционные карты самого различного содержания и масштаба, готовить их к изданию;
2. формировать электронные карты для последующего их воспроизведения на видеоэкранах.

Определения электронной карты

1. Электронная карта – картографическое изображение, визуализированное на видеоэкране на основе данных цифровых карт или баз данных ГИС (Кошкарев).
2. Электронная карта - цифровая карта, визуализированная или подготовленная к визуализации на экране отображения в специальной системе условных знаков (Жалковский и др.).
3. Электронная карта - цифровое картографическое изображение в растровом формате, генерируемое компьютером и предназначенное для штатного вывода на компьютерных устройствах вывода информации: экране дисплея, принтере, растровом графопостроителе (Карпик).

Структурно, электронная карта представляет собой дискретный набор пикселей с характеристикой цвета пикселя (графические примитивы). Число пикселей всегда одно и тоже для конкретного разрешения и не зависит от числа объектов местности.

В электронной карте исчезает понятие объекта, модель перестанет быть интеллектуальной для компьютера (например, по ней нельзя осуществить компьютерный поиск нужного нам объекта). Но зато человек визуально воспринимает изображение электронной карты как аналоговое (как обычную бумажную карту) и понимает его, может принимать решения и найти нужный ему объект по его условному знаку.

Электронная карта может быть создана одним из двух способов :

1. путем сканирования графической карты;

2. путем генерации (растеризации) из цифровой карты.

В зависимости от способа создания электронная карта будет иметь разные характеристики:

- при сканировании электронная карта будет полной цифровой растровой копией исходной карты (сохранять геометрию условных знаков, детальность и качество, при увеличении

масштаба изображения будут проявляться все графические недостатки);

- при генерации из цифровой карты электронная карта будет иметь качество исходных данных (ЦК, ГИМ) и может создаваться с более высоким качеством изображения.

Электронные карты, созданные разными способами похожи друг на друга, но их можно различить, т.к. в одном случае сканируется карта, нарисованная человеком, а в другом - элементы карты сгенерированы компьютером в виде цифровой карты из исходной ГИМ и имеют специфический вид. Очевидно, что стоимость и трудозатраты этих двух путей существенно различаются.

Электронные карты записываются обычно на компакт-диски или показываются в Интернете.

Достоинства электронной карты:

- (компьютерная) цифровая форма, позволяющая производить различные манипуляции с помощью компьютерной обработки (запись на технических носителях, передача по электронной почте, размещение в Интернете и др.);
- возможность восприятия человеком на видеоэкране как обычного аналогового изображения (псевдо аналоговая форма) и возможность распечатки на плоттере;
- графический интерфейс для работы с ГИМ и ЦК;
- быстрота, простота и дешевизна создания (для варианта сканирования).

1.9 Территориальные банки пространственных данных

В общем комплексе геоинформационной обработки данных важное место занимает процесс накопления, хранения, обновления, поиска и выдачи по запросам пользователей геопропространственных данных о территории.

В основе этого процесса лежит понятие территориального банка пространственных данных (ТБкД).

Территориальный банк пространственных данных – это информационная система централизованного хранения и коллективного использования геопро пространственных данных о территории, представляющая собой совокупность баз данных (БД), системы управления базами данных (СУБД) и комплекса прикладных программ.

Территориальная база данных (БД)

БД - определенным образом организованная совокупность связанных между собой геопространственных данных, отображающих конкретную территорию и предметную область и предназначенных для совместного использования различными потребителями.

Важной особенностью базы данных является ее независимость от прикладных программ пользователей.

Базы данных бывают локальными (размещенными на одном компьютере) и распределенными (размещенными на нескольких компьютерах сети).

Система управления базами данных (СУБД)

СУБД - комплекс программ и языковых средств, предназначенных для создания, ведения и использования баз данных. Он обеспечивает ввод, хранение, манипулирование данными, обработку запросов, поиск, выборку, сортировку, обновление данных, сохранение целостности и защиту данных от несанкционированного доступа, искажения или потери.

Важнейшей отличительной характеристикой СУБД является структура (организация) данных в базах данных.

Особенностью территориальных банков данных является:

1. сочетание коммерческих общетехнических СУБД, применяемых для организации семантических (атрибутивных) данных и специализированных СУБД, входящих в состав ПО ГИС, применяемых для организации позиционных (координатных) данных;
2. создание и структурирование баз данных по территориальным единицам (область, город, район), по масштабам, по предметным областям;
3. наличие системы навигации по территории.

Структуры данных в территориальных банках пространственных данных

В территориальных банках пространственных данных применялись в разное время и применяются сейчас различные структуры данных, имеющие свои достоинства и недостатки.

Файловая структура данных

Каждая запись в файле содержит одни и те же элементы данных – поля, при этом одно поле обозначается как ключевое и используется для записи идентификатора («плоский файл»). Пример этой структуры приведен на рисунке 13.

Ключевое поле
↓

Файл «Имущество»

№ участка	Адрес участка	Блок	Район	ФИО Владельца №1	Адрес владельца №1	ФИО Владельца №2	Адрес владельца №2	Стоимость, тыс. руб.
009	Ул. Сухова, 5	2	К	Иванов П.С.	Ул. Сухова, 5	Иванова Е.Н.	Ул. Сухова, 5	150,00
036	Ул. Водина, 8	2	К	Петров И.С.	Ул. Крылова, 17, кв. 5			300,00
075	Ул. Пескова, 1	7	Л	Сидоров И.П.	Ул. Долина, 43, кв. 173	Кузьмин П.И.	Ул. Котова, 48	80,00

Рис. 13. Пример файловой структуры данных

Иерархическая структура данных

В этой структуре данных существует несколько типов записей, связанных по принципу «один со многими», причем вверх идет одна связь, а вниз – много связей (Рисунок 14).

База данных «Свойства»

Основная запись

№ Уч-ка	Адрес участка	Блок	Район	Стоимость, тыс. руб.
009	Ул. Сухова, 5	2	К	150,00

Дополнительная запись

№ уч-ка	ФИО Владельца	Адрес владельца
009	Иванов П.С.	Ул. Сухова, 5
009	Иванова Е.Н.	Ул. Сухова, 5
036	Петров И.С.	Ул. Крылова, 17, кв. 5
075	Сидоров И.П.	Ул. Долина, 43, кв.

036	Ул. Водина, 8	2	К	300,00
-----	---------------	---	---	--------

173

075	Ул. Пескова, 1	7		80,00
-----	----------------	---	--	-------

075 Кузьмин П.И. Ул. Котова, 48

Рис.14. Пример иерархической структуры данных

Сетевая структура данных.

В этой структуре существует несколько типов записей, связанных по принципу «многие со многими» с помощью указателей через ключевые поля. На примере, приведенном на последующем рисунке (Рисунок 15), ключевыми полями являются «№ участка» и «ФИО владельца».

Преимущество сетевой структуры перед иерархической заключается в том, что при изменении данных, изменяется только соответствующие таблицы. Например, при продаже участка меняется только таблицы «Дополнительная запись о владельце» и «Дополнительная запись об участке», а при переезде владельца меняется только таблица «Основная запись о владельцах».

Основная запись об участках

№ участка	Адрес участка	Блок	Район	Стоимость, тыс. руб.
009	Ул. Сухова, 5	2	К	150,00
036	Ул. Водина, 8	2	К	300,00
075	Ул. Пескова, 1	7	Л	80,00

Дополнительная

запись о владельцах

ФИО Владельца	№ уч-ка
Иванов П.С.	009
Иванова Е.Н.	009
Кузьмин П.И.	075
Петров И.С.	036
Сидоров И.П.	075

Дополнительная запись об участках

№ уч-ка	ФИО Владельца
009	Иванов П.С.
009	Иванова Е.Н.
036	Петров И.С.
075	Сидоров И.П.
075	Кузьмин П.И.

Основная запись о владельцах

Имя владельца	Адрес владельца
---------------	-----------------



	Иванов П.С.	Ул. Сухова, 5	
	Иванова Е.Н.	Ул. Сухова, 5	
	Петров И.С.	Ул. Крылова, 17, кв. 5	
	Сидоров И.П.	Ул. Долина, 43, кв. 173	
	Кузьмин П.И.	Ул. Котова, 48	

Рис.15 Пример сетевой структуры данных

Реляционная структура данных.

Это самая распространенная структура данных (90% всех данных мира хранится в этой структуре). Здесь существует несколько простых таблиц, которые можно связывать между собой без указателей и ключевых полей и посредством логических связей по общим полям образовывать ассоциации. На примере, приведенном на последующем рисунке, (Рисунок

16) такими общими полями являются «№ участка», «Блок» и «ФИО владельца».

Преимущество реляционной структуры заключается в простоте организации данных, практически неограниченной гибкости образования связей между данными, обеспечении прямого доступа к данным, оптимизации запросов.

Например, связывая таблицу участков и таблицу индексов владельцев, мы получаем новую сводную таблицу участков и владельцев (Рисунок 17).

Таблица участков

№ участка	Адрес участка	Блок	Стоимость, тыс. руб.
009	Ул. Сухова, 5	2	150,00
036	Ул. Водина, 8	2	300,00
075	Ул. Пескова, 1	7	80,00

Таблица владельцев

ФИО владельца	Адрес владельца
Иванов П.С.	Ул. Сухова, 5
Иванова Е.Н.	Ул. Сухова, 5
Петров И.С.	Ул. Крылова, 17, кв. 5
Сидоров И.П.	Ул. Долина, 43, кв. 173
Кузьмин П.И.	Ул. Котова, 48

Отношение

Отношение

№ участка	ФИО владельца
009	Иванов П.С.
009	Иванова Е.Н.
075	Кузьмин П.И.
036	Петров И.С.
075	Сидоров И.П.

Блок	Район
2	К
2	К
7	Л

Географическая таблица

ФИО Владельца	№ уч-ка
Иванов П.С.	009
Иванова Е.Н.	009
Кузьмин П.И.	075
Петров И.С.	036
Сидоров И.П.	075

Таблица индексов владельцев

Рис.16. Пример реляционной структуры данных

Таблица участков

№ участка	Адрес участка	Блок	Стоимость, тыс. руб.
009	Ул. Сухова, 5	2	150,00
036	Ул. Водина, 8	2	300,00
075	Ул. Пескова, 1	7	80,00

Сводная таблица участков и владельцев

Таблица индексов владельцев

ФИО Владельца	№ участка
Иванов П.С.	009
Иванова Е.Н.	009
Кузьмин П.И.	075
Петров И.С.	036
Сидоров И.П.	075

Отношение

№ участка	Адрес участка	Блок	ФИО Владельца №1	Стоимость, тыс. руб.
009	Ул. Сухова, 5	2	Иванов П.С.	150,00
009	Ул. Сухова, 5	2	Иванова Е.Н.	150,00
036	Ул. Водина, 8	2	Петров И.С.	300,00
075	Ул. Пескова, 1	7	Сидоров И.П.	80,00
075	Ул. Пескова, 1		Кузьмин П.И.	80,00

Отношение

Рис.17. Пример сводной таблицы реляционной структуры данных

Объектно-ориентированная структура данных.

Это сравнительно новая структура данных, обеспечивающая сложное комплексное представление реального мира. Здесь данные об объектах и методы их обработки объединены в едином классе (например, геометрия, семантика, картографические атрибуты, специальные требования к объектам, правила их цифрового описания и обработки).

Достоинством объектно-ориентированной структуры является более полное отображение реального мира и возможность представления сложных связей

объектов предметной области. Например, в классе «участок» можно объединить сведения о его стоимости, обременениях, границах, находящихся объектах недвижимости, схему расположения, кадастровый план и т.д.

Навигация в территориальном банке данных

Навигация осуществляется с целью быстрого нахождения в базах данных нужного участка территории. Для этого создается специальное приложение к программному обеспечению банка данных, работающее с несколькими навигационными слоями: по листам (планшетах), по классам объектов, по территориальным участкам.

1. 10 Технология геоинформационного картографирования

Процесс геоинформационного картографирования заключается в сборе и первичной обработке геопространственных данных, формировании и обновлении геоинформационных моделей местности, накоплении и

хранении их в территориальных банках данных, подготовки и выдачи по запросам пользователей геоинформационных моделей (Рисунок 18).

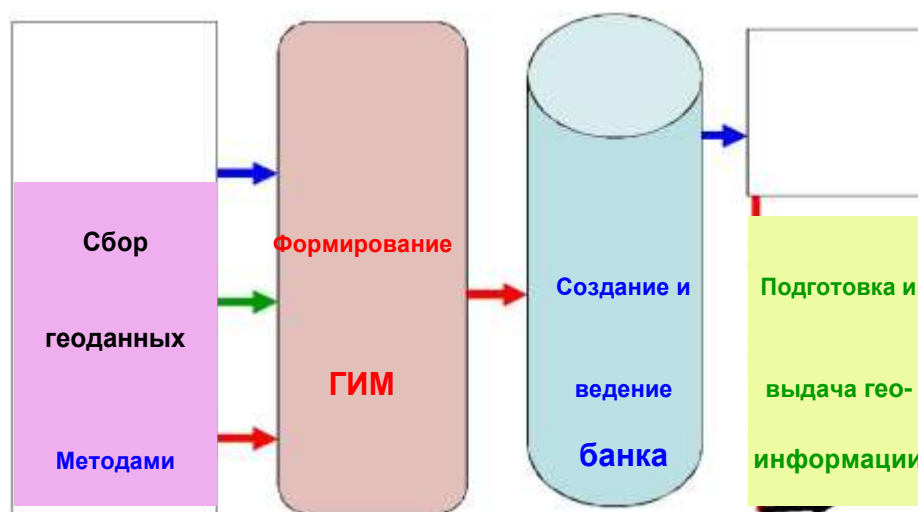




Рис. 18. Укрупненная схема геоинформационного картографирования

Сбор геоданных

Геодезическими методами:

- электронная тахеометрическая съемка;

- определения координат с помощью GPS;
- наземное лазерное сканирование.

Методами дистанционного зондирования:

- аналитическая стереофотограмметрия;
- цифровая фотограмметрическая обработка снимков.

Методом цифрования карт:

- сканирование исходных картографических материалов;
- редактирование растра и учет его деформации;
- векторизация по растру (без учета или с учетом топологии);
- ввод атрибутивной информации;
- редактирование векторной модели и атрибутивной информации.

Формирование геоинформационной модели:

- формирование моделей объектов с учетом их пространственной локализации (точечные, линейные, площадные объекты и поверхность);
- формирование моделей территории (по участкам, по тематическим слоям, по планшетам);
- редактирование, свodka, сшивка, клиппирование (вырезание по заданным границам).

Создание и ведение банка данных:

- организация (структурирование) данных (по темам, по территориям, по масштабам);
- ввод и заполнение баз данных;
- хранение и обновление баз данных;
- манипулирование данными, обработка запросов, поиск, выборка, сортировка и выдача данных;
- сохранение целостности и защита данных от несанкционированного доступа, искажения или потери;
- пространственная навигация по территории.

Подготовка и выдача геоинформации:

- конвертирование в заданные форматы данных и выдача по запросам геоинформационных моделей на различные участки и с различным содержанием ;
- генерация и выдача по запросам цифровых карт разного масштаба и содержания;
- растеризация и выдача по запросам электронных карт разного масштаба и содержания.

Раздел 2:

Геоинформационные системы

(переработка пространственного ресурса в пространственные решения)

2.1. Введение в геоинформационные системы

Геоинформатика как наука, как информационная технология и как производство содержит 2 самостоятельных раздела:

- **Геоинформационное картографирование:** создание пространственного информационного ресурса - геоинформации;
- **ГИС-обработка:** переработка геоинформации в пространственные решения.

В условиях динамичного развития общества, усложнения технической и социальной инфраструктуры, установки на устойчивое развитие территорий, геоинформация становится стратегическим ресурсом, существенным фактором успешного экономического развития и конкурентоспособности территорий, как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

Геоинформация:

- используется при решении задач территориального управления на федеральном, региональном, районном и муниципальном уровнях;
- обеспечивает функционирование отраслей и отдельных предприятий,

- используется для долгосрочного планирования экономического и социального развития территорий, прогнозирования кризисных ситуаций и процессов;
- применяется в средствах массовой информации, Интернете, справочных и образовательных системах.

На основе геоинформации:

- разрабатываются системы ведения земельного, лесного, водного и градостроительного кадастров, кадастров особо охраняемых природных территорий, месторождений и проявлений полезных ископаемых;
- создаются системы управления территориями, промышленными предприятиями и транспортом, а также навигационные системы.

Основным средством получения и обработки геоинформации в современных условиях являются **геоинформационные системы (ГИС)**.

Полное название: **географические информационные системы**.

Синонимы: пространственная информационная система, геопространственная система.

В англоязычном представлении: geographic(al) information system (GIS), spatial information system (SIS).

Основные определения:

«ГИС – информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, доступ, отображение и распространения пространственно-координированных данных» [Кошкарев] – **технологический подход**.

«ГИС – особый случай информационной системы, где база данных состоит из наблюдений за пространственно распределенными явлениями, процессами или событиями, которые могут быть определены как точки, линии и контуры» [Clarke] – **информационный подход**.

«ГИС – информационная система, предназначенная для анализа геопространства и управления его развитием на основе создаваемых и сохраняемых моделей с учетом пространственно-временных факторов»[Карпик.]- **прикладной подход**.

«ГИС – **программно-аппаратный комплекс**, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных, информации и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества» [Капралов и др.]-

информационно-прикладной подход.

Различные ГИС используются в различных целях и обеспечивают решения разных пространственных задач.

ГИС для органов власти и местного самоуправления:

- формирование эффективных экономических механизмов социально-экономического (в том числе устойчивого) развития территории;
- осуществление региональной экономической политики;
- создание условий для развития материального производства и производственной инфраструктуры всех форм собственности и отраслевой принадлежности;
- создание условий для роста жизненного уровня населения;

- создание условий для развития культуры и духовной сферы, роста научно-технического потенциала территории;
- создание условий для воспроизводства населения, сохранения жизни и здоровья жителей территории.

ГИС для отраслей экономики:

- создание и ведение кадастров или реестров отраслевой собственности на территории;
- осуществление эффективной отраслевой деятельности на территории, связанной с использованием окружающего пространства;
- создание и ведение систем мониторинга деятельности структурных подразделений отрасли на территории;
- анализ состояния и выработка пространственных решений, направленных на развитие отраслевой деятельности.

ГИС для отдельных хозяйствующих субъектов:

- учет недвижимости субъектов, находящейся в собственности или аренде;
- оптимизация производственной деятельности, связанной с использованием окружающего пространства (в том числе навигационных процессов);
- анализ состояния и выработка пространственных решений по развитию производственной деятельности предприятия на территории.
- ГИС для населения:
- получение справочной, познавательной, обучающей информации о территории;
- осуществление навигации по территории, в том числе выработка оптимальных маршрутов движения;
- планирование досуга, связанного с использованием окружающего пространства.

Приоритетные направления в применении ГИС:

- учетно-кадастровая деятельность (земли, недвижимость, природные ресурсы, экология, дороги, трубопроводы и др.);
- отраслевой и объектный мониторинг;

- предупреждающие и оперативные действия в кризисных ситуациях;
- осуществление навигации по территории;
- создание инфраструктуры геопространственных данных;
- трехмерное моделирование территорий;
- оптимизация управленческой деятельности на базе аналитических функций ГИС;

- широкое использование геоинформации населением (получение справочной, познавательной, обучающей информации через Интернет, сотовую связь, информационные системы и т.д.).

2.2 Классификация геоинформационных систем

По своей сущности геоинформационные системы делятся на две принципиально различные группы:

- **Инструментальные ГИС** – программные средства, используемые для выполнения геоинформационной обработки данных (например ArcInfo, ArcView, Mapinfo и др.);
- **Производственные ГИС** – системы, осуществляющие получение и переработку геоинформации (т.е. собственно информационные системы).

Инструментальные средства ГИС подразделяются на 2 вида:

- **ГИС – оболочки:** универсальные программные комплексы, обеспечивающие различные манипуляции с абстрактными геометрическими примитивами (точками, линиями, поверхностями, телами, ячейками, пикселями);
- **ГИС – приложения:** специализированные программные комплексы, ориентированные на решение прикладных задач из конкретной предметной области.

Производственные ГИС классифицируются по следующим признакам (основаниям):

- по назначению;
- по проблемно-тематической ориентации;
- по территориальному охвату;
- по способу организации данных;
- по расширяемости функциональных возможностей.

По назначению выделяются следующие виды ГИС:

- многоцелевые;
- узкоотраслевые;

- справочно-картографические;
- инвентаризационные и мониторинговые;
- навигационные;

- исследовательские;
- принятия пространственных решений;
- учебные;
- иного назначения.

По проблемно - тематической ориентации выделяются следующие виды ГИС:

- экологические, природопользовательские;
- земельно-кадастровые;
- территориального управления (государственные, субъекта Федерации, муниципальные);
- геологические;
- кризисных (чрезвычайных) ситуаций;
- транспортные;
- торгово-маркетинговые;
- археологические, исторические;
- иной тематической ориентации.

По территориальному охвату выделяются следующие виды ГИС:

- глобальные (соответствуют масштабам карт 1:4500 000 и мельче);
- общенациональные (соответствуют масштабам 1: 2500 000 и мельче);
- региональные (соответствуют масштабам 1: 500 000 и мельче);
- локальные соответствуют масштабам 1: 50 000 и мельче);
- муниципальные (соответствуют масштабам 1: 50 000 и крупнее).

По способу организации данных выделяют следующие виды ГИС:

- векторные,
- растровые;
- векторно-растровые;
- трехмерные.

По расширяемости функциональных возможностей устанавливают следующие виды ГИС:

- «открытые» - имеющие встроенные макроязыки или поддерживающие внешние языки высокого уровня для разработки приложений;
- «закрытые» - возможности расширения функций отсутствуют.

2.3 Инструментальные (программные) средства ГИС

В области информационных технологий существует целый ряд программных средств, предназначенных для обработки пространственно – распределенной информации:

- системы автоматизированного проектирования – САПР (CAD);
- системы автоматизированной картографии- АК (AM);
- системы управления сетями – СУС (FM);
- геоинформационные системы – ГИС (GIS);
- издательские системы - ИС (графические редакторы).

САПР – системы для автоматизированного проектирования.

Они реализуются с помощью средств машинной графики и ориентированы на автоматизацию конструкторских работ и проектирования, предназначены для разработки конструкторской и проектной документации.

В САПР используют декартову систему координат для описания и создания трёхмерной конструкции из элементов конструкций, сформированных в справочниках, в которых описаны их пространственные свойства, функции, материал, технические и экономические характеристики, условные обозначения.

АК – системы автоматизированной картографии.

Эти системы предназначены для профессионального производства картографической продукции высокого качества. Они позволяют получить цифровые издательские оригиналы карт, с качеством, отвечающим самым высоким требованиям полиграфического производства. АК манипулируют элементами исходного картографического изображения, отображающими объекты геопространства, но не моделями самих объектов. Они не предназначены для управления данными, лишены средств анализа.

СУС - системы управления инженерными сетями.

Эти системы предназначены для управления такими сетевыми объектами, как водопровод, канализация, энергетические и телефонные сети и др., т.е. пространственно распределенными сетевыми объектами (представленными в виде графов), с каждым из которых связана содержательная информация, но не учитывается действительное положение объектов в пространстве. Однако в последнее время эти системы приобретают функции анализа, проектирования и эксплуатации, что приводит к необходимости точной координатной привязки элементов сетей для учета их взаимного влияния.

ИС – издательские системы.

Они предназначены для подготовки к изданию полиграфических материалов и базируются на мощных графических редакторах, обеспечивающих построение любых графических изображений, в том числе картографических. Эти системы однако не позволяют описывать семантическую информацию

объектов, отображать точечные объекты, нестандартный шрифт, плавные

кривые. Наиболее широко применяются системы CorelDraw, Adobe Illustrator, Free Hand.

Отличным от АК, СУС и ИС и общим для САПР и ГИС является создание пространственной модели местности и работа с ней. Причём для САПР это частная функция, а для ГИС – основная.

В последние годы появились новые САПР, такие как системы фирм AutoDesk ltd., Intergraph, MicroStation и др., в которые интегрирован ряд функций ГИС. В них использован мощное графическое ядро, позволяющее обрабатывать огромное количество стандартной геометрической информации и выполнять различные манипуляции над геометрическими

объектами, в том числе создавать модель геопространства для размещения на ней проектируемых объектов.

Следовательно, наиболее близкими, по сути, программными системами являются ГИС и САПР, однако сохраняются и принципиальные отличия:

- САПР использует реальную модель геопространства однократно как основу для разработки проекта его преобразования, иначе: для конструирования виртуального геопространства (синтеза существующих и проектируемых объектов в новое виртуальное геопространство). После реализации проекта геопространство изменится, оно не будет соответствовать использованной модели, которая обесценится, и для последующего преобразования потребуется новая модель;
- ГИС на основе геоинформации создаёт реальные модели геопространства и использует их для изучения и анализа геопространства и управления процессами, происходящими в нём.

Для этого нужны: а) сохранение ранее созданных моделей, которые в результате сравнения с последующими позволяют выявлять тенденции процессов, б) модель, адекватная современному состоянию геопространства, которая получается в результате его мониторинга, в) модели возможного прогнозируемого состояния геопространства.

Принципиальные различия ГИС и САПР приведены в таблице

5. Таблица 5 – Различия ГИС и САПР

Характеристика	ГИС	САПР
Назначение	Планирование, управление	Проектирование, конструирование
Вид деятельности	Гуманитарная	Техническая
Пользователи	Все специальности	инженеры
Предмет работы	Модели объектов геопространства	Элементы конструкций
Аналитические функции	Анализ, оценка, прогноз	Оптимизация конструкции

Результат	Пространственные решения	Проекты
-----------	--------------------------	---------

2.3 Классификация инструментальных (программных) средств ГИС

ГИС – оболочки классифицируются по 2-м основаниям:

- по формату данных;
- по базовым функциям.

По формату данных ГИС–оболочки подразделяются на 3 типа:

- векторные;

- растровые;
- комбинированные.

По базовым функциям ГИС–оболочки подразделяются на 5 типов:

- векторизаторы – для растрово-векторного преобразования данных (Easy Trace, MapEdit);
- вьюверы (визуализаторы) - для визуализации данных (Arc Map);
- настольные картографические системы – для составления карт(MapInfo);
- системы обработки изображений ДЗЗ (ERDAS);
- полнофункциональные ГИС (ArcInfo, ArcView).

ГИС – приложения подразделяются на 3 типа:

- территориальные(например, региональные, городские, муниципальные);
- отраслевые (например, экологические, дорожные, лесного хозяйства, чрезвычайных ситуаций и др.);
- комплексные (например, агропромышленного комплекса, зоны деятельности нефтяной компании).

2.4 Базовые функции программных средств ГИС

Система базовых функций программных средств ГИС основывается на представлении ГИС- оболочки как системы отдельных, но связанных между собой программных блоков, обеспечивающих реализацию ГИС-технологии. Такой подход отражает структурность и модульность программного обеспечения ГИС, в котором отдельные программные компоненты реализуют отдельные укрупненные технологические процессы ГИС, которые могут выполняться раздельно во времени.

Система включает 10 блоков:

- обеспечение взаимодействия с пользователями (интерфейс);
- сбор пространственных данных;
- создание и управление базами пространственных данных;

- экспорт/импорт данных;
- преобразование данных;
- пространственный анализ;
- картографическое отображение информации;
- формирование конечного ГИС - продукта;
- обеспечение разработки ГИС-приложений;
- администрирование ГИС.

2.4.1. Обеспечение взаимодействия с пользователями

Данная группа функций предназначена для обеспечения взаимодействия пользователя с программным обеспечением ГИС (ПО ГИС) посредством интерфейса. При этом функции интерфейса составляют две группы:

- функции служебного интерфейса для осуществления действий системного администратора ГИС по обеспечению работоспособности системы;
- функции интерфейса конечного пользователя.
-

Основными функциями конечного пользователя являются следующие :

- использование русскоязычных терминов предметной области ГИС;
- настройка элементов интерфейса под требования конкретного пользователя;
- разграничение доступа к операциям в зависимости от прав пользователя, доступ по паролю;
- использование ниспадающих и всплывающих меню, горячих клавиш;
- выбор команд с подсказками или без подсказок;
- получение ответов по умолчанию;
- выдача сообщений о состоянии выполнения операций (выполнение, длительность операции, сбой, завершение и др.);
- выведение предупреждающих сообщений перед выполнением ответственных операций;
- защита от некорректного использования операций;
- отмена выполняемой команды с сохранением предыдущего состояния;
- возврат после выполнения команды к исходному состоянию до выполнения этой команды;
- выдача пользователю дружественных сообщений об ошибках;
- восстановление после программной ошибки;
- доступ к контекстной гипертекстовой справочной системе (Help-системе);
- доступ к машинному руководству пользователя.

2.4.2. Сбор геопространственных данных

Этот блок функций обеспечивает непосредственное получение данных картографическим методом либо отбором из отраслевых баз данных

нужной для формирования моделей и решения задач геоинформации. Пространственное определение отраслевых данных выполняется как координатным методом, так и привязкой к контурам топографической или географической карты.

Функции этой группы образуют 5 функциональных подгрупп, объединяющих однотипные функции с разными режимами выполнения.

1. Векторизация по растру:

- ручная оцифровка точек и контуров;
- полуавтоматическая оцифровка точек и контуров;

- автоматическая оцифровка точек и контуров.

2. Кодирование и идентификация объектов:

- кодирование объектов по их характеристическому свойству вводом с клавиатуры;
- выбор кодов объектов по их характеристическому свойству из меню текстовых значений;
- задание кодов по умолчанию и дублированию предыдущих значений;
- присвоение объектам идентификаторов вручную;
- автоматическое присвоение идентификаторов объектам.

3. Задание топологии:

- установление узлов автоматически или вручную;
- установление дуг (ребер) автоматически или вручную;
- задание полигонов из дуг автоматически или вручную;
- автоматическое замыкание полигонов;
- притягивание конечных точек линий с узлами автоматически или вручную;
- связывание сложных полигонов с одним или более внутренними вырезанными областями автоматически или вручную;
- определение центра полигона автоматически или вручную.

4. Задание атрибутов:

- связывание атрибутов с пространственными объектами по идентификатору или центру;
- ввод атрибутов в интерактивном режиме с клавиатуры или из меню;
- ввод атрибутов в пакетном режиме с привязкой по идентификатору или центру.

5. Выявление и устранение ошибок, редактирование модели:

- контроль качества растра (деформация оригинала, разрешение, наличие случайных изображений) и его исправление;
- контроль качества векторизации (перехлест или недоведение линии при примыкании к пересекаемой линии, замыкание полигонов) и коррекция геометрической модели в интерактивном или автоматическом режимах;
- контроль формата и корректности координат точек в интерактивном или автоматическом режимах;
- контроль корректности топологии и коррекция геометрической модели в интерактивном или автоматическом режимах;
- перемещение, изменение, добавление векторных объектов в интерактивном режиме;

- контроль корректности, изменение и добавление идентификаторов объектов в интерактивном режиме;
- контроль правильности и полноты задания, изменение и добавление кодов объектов в интерактивном режиме.

2.4.3. Создание и управление базами геопространственных данных

Специфика функций этой группы проявляется в организации данных позиционирования с учетом координатных систем, пространственных моделей и масштабов картографирования территорий. Наиболее важными являются следующие функции:

- задание внутренней для ГИС модели данных, обеспечивающей описание объектов произвольного типа;
- обеспечение многоуровневого (по масштабам) представления территории с согласованием координатных систем;
- введение данных о качестве информации, включающих происхождение, точность данных, детальность и полноту (в том числе пообъектно);
- ввод и организация растровых данных (фильтрация, сшивка) по листам или по участкам территории;
- ввод и организация векторных данных (сводка, сверка, сшивка – интерактивное или автоматическое соединение геометрически смежных объектов, перекрывающихся или разделенных, клиппирование, добавление и/или удаление точек) по листам или по участкам территории;
- ввод и изменение атрибутивных данных (изменение идентификаторов, объединение кодов);
- обеспечение организации массивов данных по типу локализации, теме, классам объектов;
- поддержка проектов баз данных (совокупности данных на определенную территорию для решения конкретной пространственной задачи);
- поддержка последовательного, прямого и по ключу доступа к данным;
- управление связями атрибутивных данных и данных позиционирования;
- обеспечение обновления данных (добавления, удаления, модификации);
- возможность отслеживания транзакций баз данных;
- возможность устанавливать полномочия на чтение/запись в базах данных;

- просмотр баз данных;
- возможность восстановления баз данных после аварийных ситуаций.

2.4.4. Экспорт/импорт данных

Функции экспорта и импорта данных призваны обеспечить взаимодействие ГИС с другими информационными системами.

Практически эта группа содержит три базовых функции:

- конвертация из ряда внешних данных в форматах других систем во внутренний формат ГИС (экспорт данных);
- конвертация данных из внутреннего формата ГИС в данные в форматах других систем (импорт данных);
- поддержка распространенных (практически стандартных по факту) международных обменных форматов.

2.4.5. Преобразование данных

Функции данной группы направлены на получение из баз данных и преобразование пространственных данных с целью их подготовки для пространственного анализа и картографического отображения. В их совокупности можно выделить несколько подгрупп функций.

1. Поиск и отбор данных:

- отбор пространственных данных (атрибутивных, позиционирования) по заданной области в виде прямоугольника, круга или многоугольника на экране монитора;
- отбор пространственных данных (атрибутивных, позиционирования) по заданной области, соответствующей пространственному объекту площадного типа;
- отбор пространственных данных (атрибутивных, позиционирования) по указанию курсором на графическом изображении;
- отбор пространственных данных (атрибутивных, позиционирования) по идентификатору или совокупности идентификаторов объектов;
- отбор пространственных данных позиционирования по заданным атрибутам.

2. Реструктуризация данных:

- преобразование данных из векторного представления в растровое (растеризация);
- сжатие (архивация) или разархивация растровых данных;
- изменение размера растровой ячейки (разрешения растра);
- исключение лишних точек прямолинейных контуров;
- сглаживание контуров с сохранением кривизны и формы.

3. Трансформация данных:

- преобразование данных из одних систем координат в другие (ротация, сдвиг, масштабирование);
- математическое согласование векторных и растровых данных методами трансформации (с применением эластичных преобразований);
- трансформация карт из одних проекций в другие при известных параметрах проекций;

- трансформация карт из одних проекций в другие при неизвестных параметрах проекций;
- согласование данных разных проектов на одну территорию при интегрировании данных из разных источников с разной математической основой.

2.4.6. Пространственный анализ

Функции этой группы охватывают всю аналитическую и моделирующую область функционирования ГИС и обеспечивают решение пространственных специфических задач, т. е. те действия, ради которых собственно и создаются ГИС. Это наиболее важные функции ГИС, и от их эффективности напрямую зависит эффективность и полезность самих ГИС. Все множество базовых функций пространственного анализа можно представить в виде совокупности 8 подгрупп.

1. *Определение геометрических характеристик геопространства (измерительные операции):*

- 1) длины прямой или ломаной между двумя заданными точками;
- 2) длины кривой между двумя заданными точками;
- 3) периметра полигона;
- 4) площади полигона;
- 5) кратчайшего расстояния от заданной точки до линии или полигона;
- 6) кратчайшего расстояния между линиями и полигонами.

2. *Определение топологических характеристик геопространства (пространственных отношений объектов):*

- 1) включение (объект В включен в объект А);
- 2) содержание (объект А содержит объект В);
- 3) пересечение (объект А пересекает объект В);
- 4) примыкание (объект А примыкает к объекту В);

5) соседство(объект А - сосед объекта В).

3. Выполнение булевых операций над объектами

- 1) Объединение множеств А и В ($A \cup B$) – множество элементов, которые принадлежат хотя бы одному из множеств А, В.
- 2) Пересечение множеств А и В ($A \cap B$) - множество элементов, которые принадлежат множествам А и В.
- 3) Разность множеств А и В ($A \setminus B$) - множество элементов А, которые не содержатся в В.

4. Построение буферных зон

Буферная зона- область, ограниченная эквидистантными линиями Строится вокруг объектов разной пространственной локализации (точек,

линий, полигонов) в двух вариантах:

- при постоянном значении влияния различных факторов – (буферизация без взвешивания),
- в зависимости от влияния какого-либо фактора – (буферизация со взвешиванием).

5. Оверлей – топологическое наложение слоев:

Операция наложения друг на друга двух и более слоев, в результате которой образуются:

- *графическая композиция исходных слоев (графический оверлей);*
- один производный слой, содержащий композицию пространственных объектов исходных слоев, топологию этой композиции, атрибуты, арифметические или логические производные от значений атрибутов исходных объектов.

В зависимости от пространственной локализации объектов различают 9 типов оверлея:

- 1) Точки – на точки, на линии, на полигоны:
- 2) Линии – на точки, на линии, на полигоны:
- 3) Полигоны – на точки, на линии, на полигоны:

6. Анализ сетей (сетевой анализ)

Сетевой анализ - группа пространственно-аналитических операций над линейными объектами, образующими сетевые структуры

- 1) поиск кратчайшего пути между двумя точками сети (по какому-то фактору – например, по расстоянию, по времени, по затраченным ресурсам);
- 2) выбор оптимального (по разным факторам) маршрута на множестве точек сети (задача коммивояжера)
- 3) распределение ресурсов и размещение центров сети;
- 4) поиск ближайшего соседа) по какому то фактору).

7. Анализ поверхностей:

- 1) вычисление углов наклона, определение линий стока;

- 2) определение экспозиции склонов;
- 3) построение изолиний и генерация профилей заданных сечений;
- 4) интерполяция высот;
- 5) определение границ зон видимости/невидимости;
- 6) моделирование сети тальвегов и водоразделов;
- 7) вычисление объемов относительно заданной плоскости по модели рельефа;
- 8) оконтуривание водосборных бассейнов;
- 9) генерация трехмерных изображений;
- 10) совмещение трехмерных и двухмерных изображений.

8. Анализ распределения объектов в пространстве:

- Расстановка (равномерная, неравномерная);
- упорядоченность;
- концентрация или рассредоточенность;
- связность или бессвязность.

2.4.7. Картографическая визуализация:

- создание, редактирование, ведение и использование библиотеки условных обозначений (графических атрибутов);
- назначение, построение и редактирование условных обозначений к классам объектов для всех типов локализации (точечных, линейных, площадных);
- построение условных обозначений в растровом и/или векторном форматах;
- поддержка стандартных картографических условных обозначений;
- создание, редактирование, ведение и использование библиотеки тематических слоев;
- наложение, комбинирование, исключение и добавление классов объектов в тематических слоях в произвольном порядке;
- наложение, комбинирование, исключение и добавление тематических слоев в произвольном порядке и в заданном режиме отображения (с закраской фона, с просвечиванием фона);
- масштабирование изображения (выделенного участка, всей территории) произвольно или с заданным коэффициентом масштабирования;
- перемещение изображения в окне с заданием шага перемещения по горизонтали и вертикали, центровки изображения по указанию курсором его центра или по заданию объекта атрибутами;
- возврат к предыдущим изображениям;
- совместное использование растровой подложки и векторного изображения;
- установление и снятие условия невидимости или видимости объектов;
- вывод надписей к заданному классу объектов, снятие невидимости и показ ранее невидимых надписей;
- вывод зарамочного оформления и легенды листа ЦКИ;

- выделение одного или нескольких объектов на ЦКИ (указанием курсора, заданием семантики, по запросу на отбор объектов по территории, по топологическим характеристикам, по логическим условиям на атрибутивные данные);
- вывод разных картографических изображений на один участок территории в нескольких окнах и осуществление их взаимного согласования при перемещениях;

- отображение вложенных графических (карт, фотографий, схем, рисунков) и текстовых файлов к отдельным объектам ЦКИ;
- получение картограмм по статистическим показателям и их отображение.

2.4.8. Формирование конечного продукта ГИС-обработки

Эта группа функций ориентирована на создание выходных документов по результатам ГИС-обработки:

- формирование текстовых отчетов (в том числе таблиц) в соответствии с заданной структурой и формой представления;
- формирование и вывод графических изображений на графические терминальные устройства (плоттеры, принтеры);
- формирование и вывод ЦКИ, размер которых превышает размер рабочего поля терминального устройства;
- формирование и вывод картограмм;
- формирование цифровых и электронных карт, атласов);
- формирование цифровой справочно-картографической мультимедийной продукции (справочно-картографических ГИС).

2.4.9. Обеспечение разработки ГИС-приложений

Данная группа функций предназначена для разработки ГИС-приложений, отражающих специфические задачи и содержание конкретной предметной области, и включает следующие функции:

- использование специализированного встроенного языка программирования и среды разработки;
- использование макроязыка функций и операций системы для разработки приложений на встроенном языке программирования;
- использование библиотек процедур и функций системы для внешнего языка программирования;

- создание и расширение библиотек функций и операций системы;
- использование технологий динамического обмена данными между оболочкой и приложением.

2.4.10. Администрирование системы

Функции, составляющие данную группу, призваны обеспечить управление системой и ее работоспособность:

- использование инсталляционной программы установки системы с контрольным примером;
- регистрация пользователей и их прав доступа;

- настройка системы на конкретный проект ГИС;
- защита системы от несанкционированного доступа и аварийных ситуаций;
- восстановление работоспособности системы после аварийных ситуаций;
- использование руководства пользователя, системы помощи и обучающей программы;
- ведение статистики работы системы.

Рассмотренная система функций может применяться для целей оценки возможностей конкретного программного пакета, сравнения различных программных пакетов ГИС, разработки технических заданий для создания инструментальных программных средств ГИС, для сертификации программных средств ГИС.

2.5 Источники данных в ГИС»

В геоинформатике в качестве источников данных наиболее широко используются четыре группы материалов:

- картографические;
- аэрокосмические;
- статистические;
- служебные.

Каждая группа обладает своими достоинствами и недостатками и поэтому в ГИС - обработке используют их сочетания для получения качественного результата.

Картографические материалы

В ГИС - обработке используются самые разнообразные географические и топографические карты, которые можно объединить в 6 крупных блоков:

1. Общегеографические и топографические карты;
2. Карты природы;
3. Карты народонаселения;
4. Карты экономики;
5. Карты обслуживания населения;
6. Карты политические, исторические административные.

1. Общегеографические и топографические карты

В эту группу входят следующие карты:

- Топографические (масштаб 1:200 000 и крупнее)
- Обзорно-топографические (масштаб мельче 1:200 000 и до 1: 1 000 000 включительно)
- Обзорные (масштаб мельче 1:1 000 000)

50

Содержат базовую геоинформацию о рельефе, населенных пунктах, гидрографии, линиях коммуникаций, растительности, дорогах, границах.

2. Карты природы

В эту группу входят следующие карты:

- физико-географические и ландшафтные;
- геологического строения и ресурсов недр (геологические, тектонические, гидрогеологические, полезных ископаемых, инженерно-геологические и др.);
- геофизические (магнитного поля, гравитационного поля, сейсмических явлений и вулканизма, движения земной коры и др.);
- карты рельефа (гипсометрические, морфометрические, геоморфологические и др.);
- карты поверхностных вод (гидрографические, водного и ледового режима, характеристик стока, гидрологических явлений и др.);
- карты почв и земельных ресурсов (почвенные, засоления почв, карты эрозии, растительного покрова, лесов, естественных кормовых угодий и др.).

3. Карты народонаселения

- демографические;
- этнографические;
- миграции;
- размещения на территории;

- расселения;
- трудовых ресурсов; и др.

4. Карты экономики

- карты промышленности (по отраслям – нефтедобывающая, пищевая, текстильная, металлообрабатывающая, химическая и др.);
- карты сельского хозяйства (животноводства, сельхозпродукции, земледелия, земельных фондов и др.);
- карты лесного хозяйства (ресурсы, заготовки леса и др.);
- карты транспорта (с разбивкой по видам – автомобильного, железнодорожного и др.);
- карты строительства (капитального строительства, материально-технической базы, строительных и монтажных организаций и др.);
- карты связи;
- карты финансов и торговли;
- карты внешнеэкономической деятельности (экспорта, импорта и др.);
- общеэкономические карты и другие.

5. Карты обслуживания населения

- карты образования;

- карты науки;
- карты культуры;
- карты здравоохранения;
- карты физкультуры и спорта;
- карты туризма;
- карты бытового обслуживания и другие.

6. Карты политические, административные и исторические

- карты государственного устройства мира;
 - карты административно – территориального деления страны;
 - карты размещения и государственного устройства народов в различных исторических периодах
- и другие.

Достоинства картографических источников данных:

1. все объекты, процессы, явления и события имеют точную координатную привязку;
2. геометрическая и семантическая информация объединены в одном документе;
3. в собранной на карте информации нет «белых пятен», пропусков в пределах картографированной территории.

Недостатки картографических источников данных:

1. информация на карте в большинстве случаев устаревшая (до 10 – 15 лет);
2. для использования информации необходимо оцифровать карту (перевести в компьютерную форму), что связано с большими затратами сил и средств;
3. не эффективно использование карт для мониторинга быстро протекающих процессов.

Аэрокосмические источники данных:

В эту группу включаются все типы данных, получаемых с носителей космического и авиационного базирования с помощью специальных съемочных приборов (сканерных, оптических, радарных, лазерных и др.).

Эти приборы фиксируют различные характеристики электромагнитного излучения в широком диапазоне волн (ультрафиолетовом, световом,

фотографическом, инфракрасном, тепловом инфракрасном, микроволновом).

Достоинства аэрокосмических источников данных:

1. оперативность и дистанционность получения информации;

2. геометрическая и семантическая информация объединены в одном документе – снимке;
3. возможность получения пространственной привязки объектов снимка с большой точностью.

Недостатки аэрокосмических источников данных:

1. большая стоимость получения данных;
2. влияние сезонных факторов (растительность, снежный покров) и погодных условий (облачность);
3. наличие «белых пятен»;
4. необходимость сложной обработки данных

Статистические источники данных:

В эту группу источников входят, в первую очередь, материалы государственной статистики – Госкомстата России, а также материалы статистической отчетности отдельных отраслей экономики, государственных служб и результаты регулярных наблюдений по отдельным направлениям: гидрологические, метеорологические, океанографические, экологические и др.

Достоинства статистических источников данных:

1. полнота охвата всех сторон экономики и жизнедеятельности населения;
2. единство методики получения и обработки данных;
3. представление и накопление информации в компьютерной форме;
4. сравнительно низкая стоимость материалов для пользователей.

Недостатки статистических источников данных:

1. довольно устаревшая информация (порядка 6-12 месяцев от момента получения);
2. отсутствует пространственная привязка сведений о территории;
3. системы идентификации объектов не имеет пространственной составляющей и не соответствуют системам идентификации в геодезии и картографии.

Служебные источники данных:

К этой группе относятся все материалы, содержащие сведения о территории и созданные в отдельных предприятиях и организациях. Основная проблема использования этих материалов заключается в их увязке между собой в рамках ГИС-обработки.

В то же время, эти материалы содержат наиболее приближенную к решаемым задачам информацию.

2.6 Структура ГИС

В общем случае геоинформационная система состоит из 5 укрупненных функциональных подсистем (Рисунок 19):

1. сбора, ввода и обработки геопространственных данных;
2. создание и ведение территориальных баз данных;
3. восприятия и обработки геоинформации, пространственного моделирования и анализа;
4. выработки пространственных решений, формирования, отображения и выдачи выходных документов;
5. управления (администрирования) ГИС.

1. *Подсистема сбора, ввода и обработки геопространственных данных - «Сбор и обработка данных»*

Эта подсистема обеспечивает сканирование исходных штриховых (карты) и полутоновых (аэро- и космоснимки) материалов, растровую векторизацию, ввод результатов наземных съемок и цифровой фотограмметрической обработки материалов дистанционного зондирования, формирование геоинформационных моделей местности, конвертирование в заданные форматы.

2. *Подсистема создания и ведения территориальных баз данных – «Создание и ведение БД»*

Подсистема обеспечивает проектирование, заполнение и обновление баз данных, хранение и защиту данных от искажения, порчи и несанкционированного доступа, поиска и выдачу информации по запросам пользователей, выполнение навигации по территории, осуществление территориального мониторинга в части геоинформации

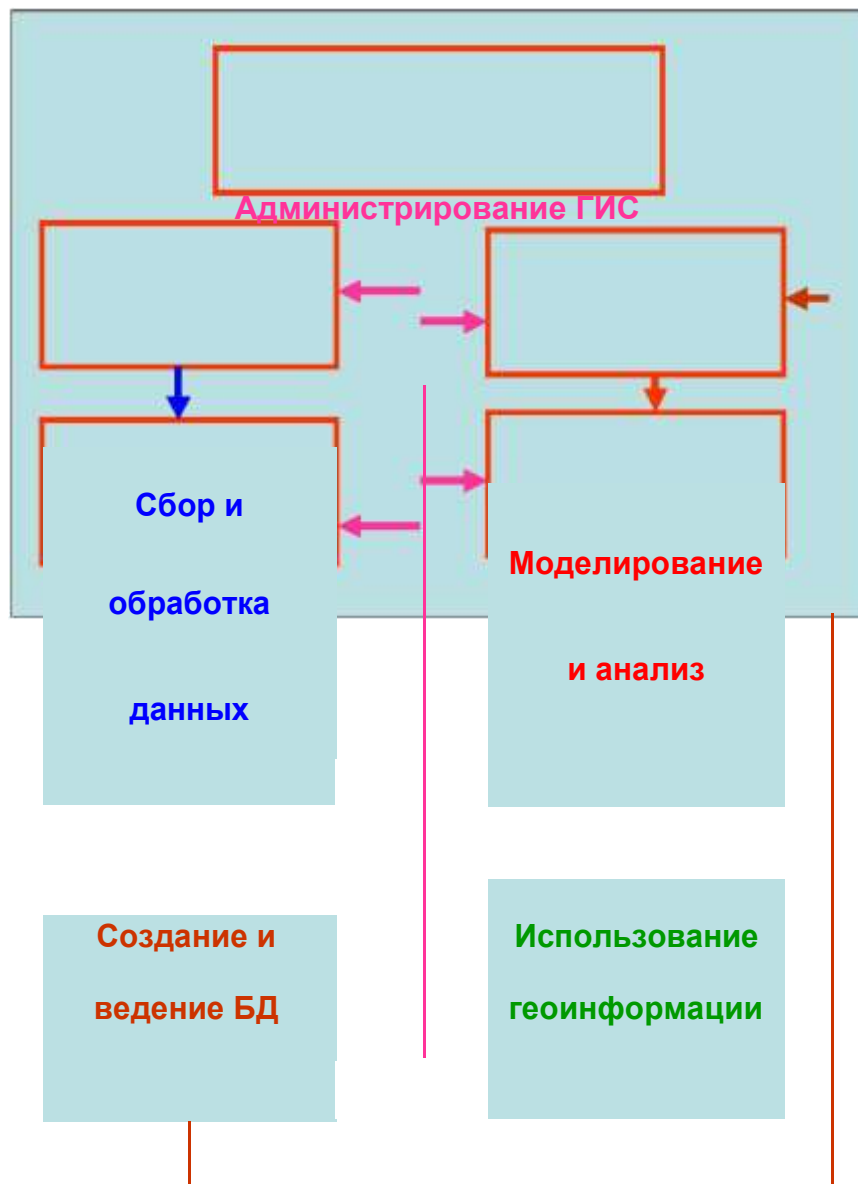


Рис.19. Укрупненная структура ГИС

3. Подсистема восприятия и обработки геоинформации, пространственного моделирования и анализа – «Моделирование и анализ»

Обеспечивает отбор информации, классификацию операционно - территориальных единиц, построение пространственно – временных моделей, обнаружение пространственных закономерностей территории, нахождение взаимосвязей объектов, объяснение явлений и процессов, прогнозирование и предсказание тенденций развития ситуации.

4. Подсистема выработки пространственных решений, формирования, отображения и выдачи выходных документов -

«Использование геоинформации»

Эта подсистема обеспечивает выбор вариантов пространственных решений, удовлетворяющих поставленным условиям, визуализацию результатов запросов, моделирования и анализа, формирование и вывод картографических материалов в электронном виде и в «твердых копиях», подготовку и печать текстовых отчетов и форм, конвертацию выходных документов в обменные форматы данных .

5. Подсистема управления (администрирования) ГИС -

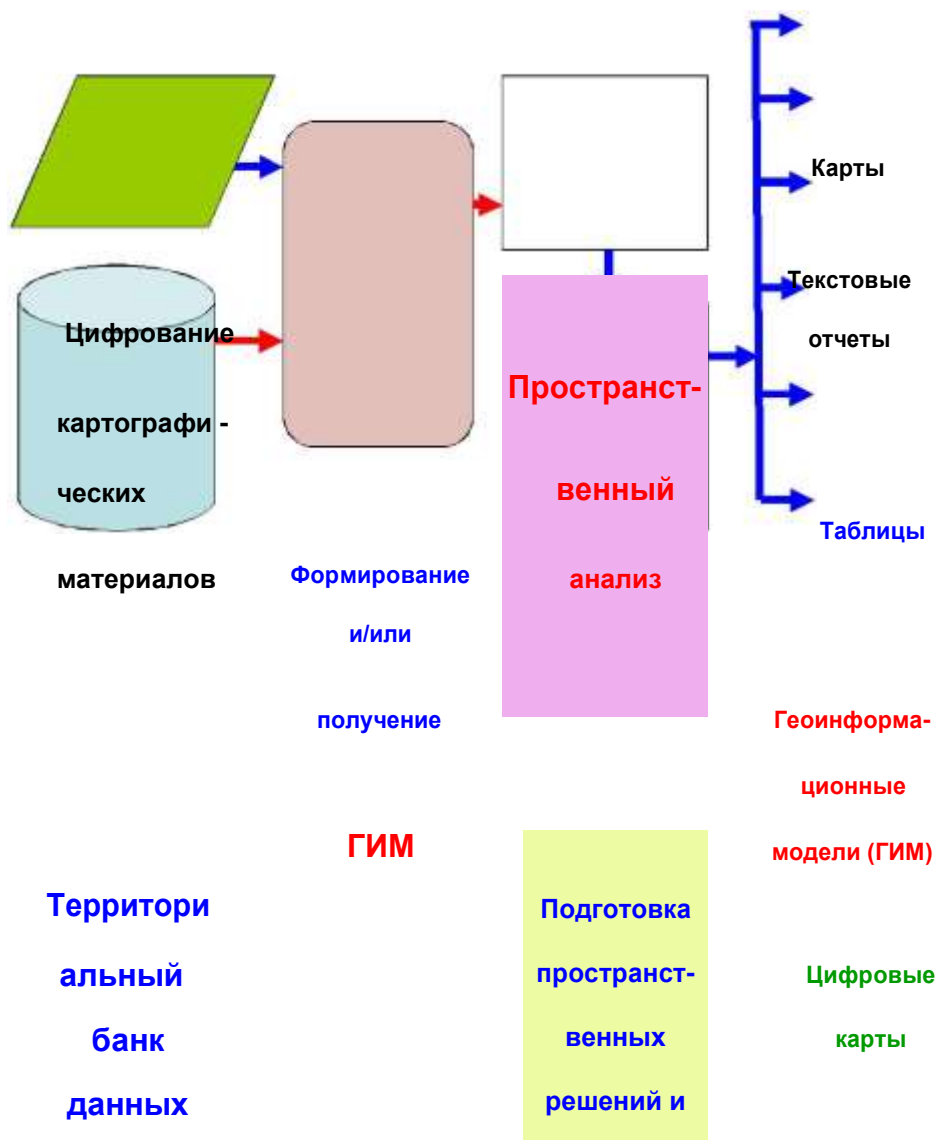
«Администрирование ГИС»

Подсистема обеспечивает создание, запуск в эксплуатацию и работоспособность ГИС, организацию процесса геоинформационной обработки данных, восстановление системы после аварийных ситуаций, защиту системы от сбоев, ошибочных или несанкционированных действий

персонала и конечных пользователей, обучение персонала и конечных пользователей, развитие функциональных возможностей системы, расширение области применения и круга решаемых задач.

2.7 Технология геоинформационной обработки данных

Технологический процесс геоинформационной обработки данных на базе ГИС заключается в сборе исходных данных путем цифрования картографических материалов, формировании и/или получении из территориального банка данных геоинформационных моделей местности, пространственного анализа, подготовки пространственных решений и выходных документов в текстовом, табличном, графическом или картографическом виде, в том числе геоинформационных моделей, цифровых и электронных карт (рисунок 20).



ГИМ

**ВЫХОДНЫХ
документов**

**Электронные
карты**

Рис.20. Процесс геоинформационной обработки данных

2.8 Интеллектуализация выработки пространственных решений на базе ГИС

К основным задачам геоинформатики относятся сбор пространственных **данных**, получение и представление **геоинформации**, формирование новых **знаний** об окружающем нас пространстве.

Базовые понятия «данные», «информация» и «знания» имеют много общего, связаны между собой, но однако различаются по своей сути и требуют соответствующего определения.

«Данные»

Слово «данные» произошло от латинского слова «datum», дословно переводимое как «факт».

В геоинформатике под данными понимается совокупность фактов, представленных в каком-либо формализованном виде в количественном или качественном выражении – результаты наблюдений, измерений, описаний объектов окружающего пространства.

«Информация»

От латинского «informatio» - разъяснение, изложение.

В информатике под информацией понимаются сведения об окружающем мире, протекающем в нем процессах и др., которые воспринимают живые организмы, управляющие машины и информационные системы в процессе жизнедеятельности и работы.

В физике информация – одно из свойств предметов, явлений и процессов действительности, информационных систем, заключающееся в способности воспринимать внутреннее состояние и воздействия окружающей среды, передавать данные и сообщения другим объектам, предметам и явлениям.

«Знания»

От латинского «scientia» - знание, познание.

В геоинформатике под знанием понимается отражение семантических аспектов географической реальности в мозгу человека или в технической системе

В геоинформатике используются как знания предметные (общедоступные), так и индивидуальные (эмпирические), отражающие наше представление об окружающем пространстве.

Связь понятий «данные», «информация» и «знания»:

- данные представляются как «сырье», которое путем обработки можно превратить в информацию – т.е. данные можно рассматривать как основу для получения информации.

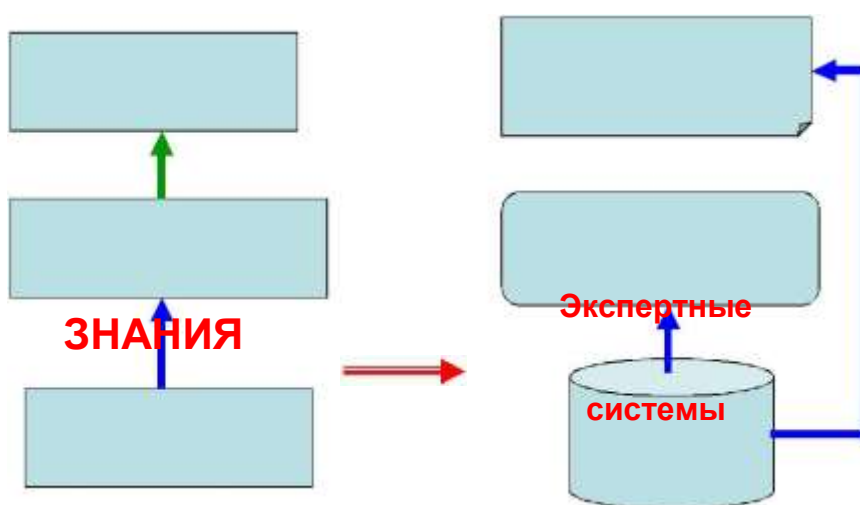
- данные соответствуют дискретным зарегистрированным фактам относительно объектов окружающего мира и на этой основе мы получаем информацию о реальном мире.
- информация – это смысл, который человек вкладывает в данные на основе установленных соглашений (т.е. знаний).
- данные можно рассматривать как атрибут информации, обозначающий факты и понятия, которые представлены в условной форме, удобной для передачи, интерпретации и обработки человеком или техническим средством.
- информация – это воспринятые и понятые данные!
- знания могут быть получены в результате интерпретации информации

Человек на основе полученных данных формирует информацию о реальном мире и на ее основе вырабатывает новые знания об этом мире.

В геоинформатике используются подвиды рассмотренных понятий:

- геопространственные данные – особый вид данных, полученных в результате наблюдений и измерений пространственных свойств объектов, явлений, процессов и событий окружающего геопространства;
- геоинформация – особый вид информации, направленный на описание пространственных аспектов окружающего геопространства;
- геопространственные знания – особые знания об окружающем нас геопространстве в части его пространственных свойств.

В соответствии с рассмотренными базовыми понятиями в области информатики происходила и эволюция программных систем (Рисунок 21).



ДААННЫЕ



Банки

Рис. 21 Эволюция программных систем

Экспертные системы

Экспертная система – система искусственного интеллекта, использующая знания из сравнительно узкой предметной области для решения возникающих в ней задач, причем так, как это делал бы эксперт-человек, т.е. путем диалога с заинтересованным лицом, поставляющим необходимую информацию (т.е. воспринятые и понятые данные) по конкретному вопросу.

Экспертная система строится на знаниях экспертов и базируется на 4 компонентах:

1. данные (факты)
2. правила вывода (процедурные знания);

3. управляющие структуры;

4. метазнания (результат самообучения).

Состав экспертной системы:

- база знаний;
- машина логического вывода;
- модуль объяснения и общения с пользователями;
- модуль формирования метазнаний.

Основные понятия в области экспертных систем:

Эксперт – специалист предметной области высокого класса, который обеспечивает определение, модификацию и дополнение знаний;

База знаний – совокупность формализованных знаний о предметной области, представленных в форме правил логического вывода;

Машина логического вывода – программный комплекс, осуществляющий логические «рассуждения» над данными на основе имеющихся знаний.

Модуль формирования метазнаний – программный комплекс, оценивающий вновь поступившие знания на противоречивость относительно имеющихся правил вывода;

Модуль объяснения и общения с пользователями – программный комплекс, объясняющий полученный логический вывод путем перечисления шагов и использованных правил вывода на каждом шаге;

База данных – совокупность фактов, характеризующих предметную область

Пример экспертной системы

Канадская картографическая экспертная система для отображения на морских картах воздушных (беспроводных) линий связи, обеспечивающая 95% совпадения редакторских решений с экспертами - картографами:

1. В таблице условных знаков – 5 страниц;
2. В пояснениях к условным знакам – 56 страниц;
3. Правила вывода изложены на 900 страницах текста.

2.9 Реализация ГИС - проектов

Реализация ГИС-проектов осуществляется по 3-м направлениям:

- по отраслям;
- по территориям;
- по производственным комплексам.

Отраслевые геоинформационные проекты

1. ГИС в геологии - применяются для решения следующих пространственных задач:

- создание геологических карт;
- геологическое прогнозирование;
- подсчет запасов полезных ископаемых на базе двумерных и трехмерных моделей;
- мониторинг геологической среды;
- развитие материально-сырьевой базы.

2. ГИС в земельном кадастре - применяются для решения следующих пространственных задач:

- подготовка кадастровых планов;
- построение планов границ новых объектов кадастрового учета;
- экспертиза формирования кадастровых объектов;
- подготовка документов Государственного реестра земель;
- подготовка выписок и документов о конкретных земельных участках.

3. ГИС в лесной отрасли - применяются для решения следующих пространственных задач:

- создание баз данных лесхозов, включая таксационную базу данных;
- создание лесоустроительных карт;
- ведение лесного хозяйства в лесхозах;
- проектирование мероприятий в лесах.

4. ГИС в экологии - применяются для решения следующих пространственных задач:

- создание баз данных природной организации территории (геология, почвы, растительность, климат и др.);
- создание ландшафтных и тематических карт;
- изучение и оценка деградации, восстановление среды обитания;
- оценка влияния и распространения загрязнений;
- управление охраняемыми территориями (заказники, заповедники, национальные парки);

- распределение и контроль земельных ресурсов;
- междисциплинарные исследования (экология и медицина/ демография);
- экологическое образование;
- управление экотуризмом.

5. ГИС в силовых структурах, МЧС и ГО - применяются для решения следующих пространственных задач:

- формирование и картографического отображения оперативной обстановки;
- визуализация и анализ места происшествия;
- выработка оптимального маршрута движения оперативного транспорта, скорой помощи, эвакуации населения и др.;
- моделирование, прогнозирование природных и техногенных воздействий;
- управление процессами ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

Территориальные геоинформационные проекты

1. Муниципальные ГИС - применяются для решения следующих пространственных задач:

- создание и ведение муниципального банка данных;
- составление и дежурство цифровой карты муниципалитета;
- обеспечение муниципальных служб актуальной геопространственной информацией;
- планирование направлений и процессов развития муниципалитета;
- оптимизация процессов обеспечения жизнедеятельности муниципалитета.

2. Региональные ГИС - применяются для решения следующих пространственных задач:

- оценка ресурсного потенциала недр (геология);
- земельный кадастр;
- оптимизация процессов обеспечения жизнедеятельности региона;
- планирование направлений и процессов развития региона;
- планирование социально-экономического развития региона;
- эксплуатация и развитие железнодорожного транспорта);

- функционирование речного хозяйства;
- функционирование водного хозяйства и гидросооружений;
- эксплуатация и развитие дорожной сети;
- анализ состояния и решение социальных проблем населения;
- оценка проблем экологии, обеспечение функционирования УВД, ГИБДД, МЧС, медицины катастроф.

ГИС-проекты по производственным комплексам

Эти проекты осуществляются для решения функциональных пространственных задач производственного комплекса, таких как оптимизация транспортных потоков, оптимизация размещения технологических компонентов, планирование и проектирование различных мероприятий пространственного характера, создание и ведение пространственных баз данных и другие.

Раздел 3. Проектирование и эксплуатация ГИС

3.1 Введение в курс, принципы и состав процессов

проектирования ГИС

Жизненный цикл ГИС включает 2 укрупненных этапа:

- **Проектирование ГИС** – совокупность работ от формирования исходных требований к системе до ввода ее в постоянную эксплуатацию.
- **Эксплуатация ГИС** – совокупность работ по осуществлению функционального назначения системы – пространственного моделирования, пространственного анализа, выработки пространственных решений, поддержанию ее работоспособности и развитию.

Общие принципы проектирования ГИС:

1. принцип **системности** – при декомпозиции системы должны быть установлены такие связи между структурными элементами, которые

обеспечивают цельность ГИС и ее взаимодействие с другими системами;

2. принцип **развития** – система должна создаваться открытой, с учетом возможности пополнения и обновления функций и состава системы;
3. принцип совместимости – должны быть реализованы интерфейсы для взаимодействия с другими системами;
4. принцип **унификации** – должны быть рационально применены готовые проектные и типовые решения, в первую очередь программное обеспечение;
5. принцип **эффективности** – достижение рационального соотношения между затратами на создание ГИС и целевыми эффектами;
6. принцип **взаимодействия** – подключение к процессу проектирования будущих пользователей и обеспечение их семантической совместимости.

Процесс проектирования ГИС включает следующие этапы:

1. разработка бизнес-плана;
2. составление, согласование и подписание договорных документов;
3. предпроектное обследование;
4. составление, согласование и утверждение Технического задания;
5. разработка Технического проекта;
6. разработка Рабочей документации;
7. испытания системы и ввод в постоянную эксплуатацию.

Разработка бизнес плана ГИС

Бизнес-план (БП) – основной документ, раскрывающий экономические характеристики создаваемой системы:

- назначение системы,
- сроки создания,
- стоимость работ,
- ожидаемый эффект.

В состав БП входят следующие разделы:

1. общие положения (заказчик, разработчик, цели, сроки и стоимость работ, источники финансирования, степень конфиденциальности);
2. анализ потребностей в создании системы (анализ текущей ситуации, направления и задачи реализации проекта, имеющиеся аналоги);
3. сущность и назначение системы (класс системы, назначение, базовые функции, результаты работы, основные информационные продукты);
4. анализ рыночных показателей (потребители, конкуренты, размер рынка ГИС, оценка доли на рынке);
5. производственные показатели (производственные помещения, оборудование, программное обеспечение, субподрядчики);
6. организационные показатели (организационная структура, кадры разработчиков);
7. финансовые показатели (доходы и расходы, авансирование, этапы финансирования);
8. анализ рисков (альтернативные решения, вероятность новых технологий, ограничения времени, бюджета и режимные, изменения целей и задач ГИС по ходу разработки).

Договорные документы

Договор – обязательный документ, составляет его исполнитель или заказчик. В приложение к нему входят 3 документа:

- протокол согласования договорной цены - обязательный документ, составляет исполнитель или заказчик;
- калькуляция, смета - рекомендуемый документ, составляет исполнитель;

- техническое задание - рекомендуемый документ, составляет исполнитель.

Предпроектное обследование

В состав предпроектного обследования входят следующие виды работ:

1. сбор данных о производственной деятельности подразделений, видах и технологиях работ, технических средствах и программном обеспечении;
2. оценка качества и количественных показателей производства, выявление проблем и задач, решение которых возможно средствами ГИС;
3. оценка технико-экономической, социальной и другой эффективности создания ГИС;
4. изучение требований пользователей к создаваемой системе;
5. изучение состава и характера задач, планируемых для решения средствами ГИС;
6. изучение информационных потоков и массивов данных, источников информации;
7. изучение функционирующей организационной структуры производства.

3.2 Составление, согласование и утверждение технического задания на ГИС

Техническое задание на ГИС (ТЗ) является основным документом, определяющим требования и порядок создания (развития или модернизации) ГИС в соответствии с которыми производится разработка системы и ее приемка при вводе в эксплуатацию.

Разрабатывается ТЗ исполнителем (разработчиком), согласовывается и утверждается Заказчиком (пользователем).

Затраты времени и труда на разработку ТЗ составляют **15-18%** общих затрат на проектирование ГИС.

Включаемые в ТЗ требования:

- должны соответствовать современному уровню развития науки и техники и не уступать аналогичным требованиям лучших отечественных и зарубежных аналогов;
- должны быть проверяемыми, не должны быть декларативными и лозунгоподобными;
- не должны ограничивать разработчиков в поисках и реализации наиболее эффективных проектных решений;
- должны исходить из целевого назначения системы и из результатов предпроектного обследования.

Состав ТЗ:

1. общие сведения;
2. назначение и цели создания (развития, модернизации) системы;
3. характеристика производства, для которого предназначается ГИС;
4. требования к системе;
5. состав и содержание работ по созданию системы;
6. порядок контроля и приемки системы в эксплуатацию;
7. требования к составу и содержанию работ по подготовке производства к вводу ГИС в эксплуатацию;
8. приложения (при необходимости).

Общие сведения:

- полное наименование системы и ее условное обозначение
- наименование организаций заказчика, разработчика и соисполнителей
- плановые сроки начала и окончания работ
- названия, номера и даты составления договорных документов.

Назначение и цели создания ГИС

Назначение ГИС – область применения и укрупненная характеристика вида деятельности (по классификации).

Цель создания – наименование и требуемые значения технических, технологических, экономических, производственных и других показателей, которые должны быть достигнуты в результате создания ГИС.

Характеристика производства, для которого предназначается ГИС:

- ☒ краткие сведения об объекте информатизации (например, о городе, отрасли, территориальном комплексе);
- ☒ условия эксплуатации ГИС (динамика, распределение средств ВТ на территории, объемы информации, особенности информационного процесса и др.).

Требования к системе

1. Требования к системе в целом:

1.1 к структуре и функционированию – перечень подсистем, их назначение, требования к способам и средствам связи и информационного обмена между подсистемами, требования к взаимосвязям с другими системами, требования

4. экспорту – импорту, требования к режимам функционирования ГИС;

1.2 к численности и квалификации персонала, режиму работы;

1.3 к надежности – состав и значения показателей, перечень возможных аварийных ситуаций;

1.4 к защите информации от несанкционированного доступа и к сохранности информации при аварийных ситуациях.

и Требования к функциям системы:

2.1 к укрупненным функциям по системе в целом;

2.2 к каждой подсистеме - перечень функций или задач с указанием временного регламента их выполнения, к форме представления выходной информации.

3. Требования по видам обеспечения:

3.1 *информационного* – к составу, структуре и способам организации данных,

4. том числе форматам данных, обмену данными с другими подсистемами, использованию классификаторов, правил цифрования, таблиц условных

знаков (УЗ), применению СУБД, защите данных, структуре информационного процесса и др.;

3.2 *математического* – к составу, области применения (в т.ч. ограничения) и способам использования в системе математических методов, моделей, типовых алгоритмов и алгоритмов, подлежащих разработке;

3.3 *программного* – к составу типовых коммерческих программных продуктов, к качеству используемых и разрабатываемых программ, к программной совместимости;

3.4 *технического* – к видам, функциональным, конструктивным и эксплуатационным характеристикам технических средств и программно-технических комплексов, вспомогательных и комплектующих изделий;

3.5 *лингвистического* – к применению в системе языков программирования высокого уровня, встроенных языков для создания ГИС-приложений, языкам ввода-вывода, манипулирования данными, описания данных, способам организации диалога;

3.6 *организационного* – к структуре и функциям подразделений, эксплуатирующих или обеспечивающих эксплуатацию ГИС, к организации функционирования системы, к порядку взаимодействия персонала ГИС с другими сотрудниками производства и управления, к защите от ошибочных действий персонала ГИС.

Состав и содержание работ по созданию ГИС:

3. перечень стадий и этапов работ и сроков их выполнения;
4. перечень организаций-исполнителей;
5. перечень предъявляемых выходных материалов и документации и требования к ним;
6. вид и порядок технической экспертизы документации;
7. перечень работ по метрологическому обеспечению (при необходимости).

Порядок контроля и приемки системы в эксплуатацию:

2. виды, состав, объем и методы испытаний ГИС;

3. перечень участвующих организаций, место и сроки проведения испытаний;
4. порядок разработки, согласования и утверждения приемочной документации.

Требования к составу и содержанию работ по подготовке производства к вводу ГИС в эксплуатацию:

7. необходимые изменения в объекте информатизации;
8. создание новых подразделений и служб;
9. требования к форме поступающей в ГИС информации;
10. сроки и порядок комплектования и обучения персонала.

Приложения (при необходимости):

2. оценка научно-технического уровня системы;
3. расчет ожидаемой эффективности ГИС.

3.3 Техническое проектирование ГИС

Техническое проектирование ГИС осуществляется с целью разработки основных проектных (технических) решений по системе в целом, ее функциям и видам обеспечений, достаточных для разработки рабочей документации на систему. На эту стадию отводится около 25% всех трудовых и временных затрат на проектирование ГИС.

Состав основной документации технического проекта ГИС:

3. ведомость технического проекта;
4. пояснительная записка к техническому проекту;
5. схема функциональной структуры ГИС;
6. описание постановки задач;
7. описание основных функций системы;
8. схема организационной структуры ГИС;

9. описание организационной структуры системы;
10. описание комплекса технических средств ГИС;
11. функционально-логическая схема компоновки технических средств;
12. ведомость покупных технических средств;
13. описание информационного обеспечения системы;
14. описание внутренних и внешних (обменных) форматов данных;
15. описание систем классификации и кодирования;
16. перечень входных данных, массивов информации и документов;

- перечень выходных материалов, массивов данных и документации;
- описание программного обеспечения ГИС;
- ведомость покупных программных средств;
- описание математических методов и алгоритмов;
- смета или калькуляция расходов на создание ГИС.

В Ведомость технического проекта ГИС:

Содержит перечень всех документов, включенных в технический проект, как разработанных на стадии технического проектирования, так и заимствованных из проектов других ГИС.

☒ *Пояснительная записка к техническому проекту ГИС:*

общие положения (название, разработчики, цель и назначение, сроки и т.д.);

описание процесса функционирования ГИС (состав процессов и процедур);

основные технические решения (по структуре ГИС, связям подсистем, внешним связям, составу функций и задач, комплексам технических и программных средств, составу информации и др.);

мероприятия по запуску ГИС в эксплуатацию.

- *Схема функциональной структуры ГИС:*

(в графической форме - подсистемы, функции и задачи, связи между ними, связи с внешней средой, потоки информации).

- *Описание постановки задач:*

(назначение и сущность каждой задачи, входные и выходные данные, массивы данных, частота, периодичность и длительность решения и т.п.).

В Описание основных функций системы:

исходные данные (перечень исходных материалов и документов);

цели ГИС и основные функции, обеспечивающие их достижение; характеристика функциональной структуры (описание назначения и сущности подсистем и функций);

типовые решения (типовые подсистемы, функции и задачи).

В *Схема организационной структуры ГИС:*

(состав подразделений и должностных лиц, обеспечивающих функционирование ГИС, их основные функции и связи, подчиненность).

- *Описание организационной структуры:*

изменения в организационной структуре в связи с созданием ГИС;

организация новых подразделений и состав их персонала;

к реорганизация ранее существовавших подразделений.

8. Описание комплекса технических средств ГИС

- В структура комплекса технических средств;
- В описание средств вычислительной техники;
- В описание средств передачи данных.

- *Функционально-логическая схема компоновки технических средств*

(Принципиальная схема размещения технических средств с показом функциональных связей между техническими средствами).

- *Ведомость покупных технических средств*

(перечень покупаемого оборудования с марками, ценами и количеством).

2. Описание информационного обеспечения системы:

состав информационного обеспечения;
организация информационного обеспечения (обоснования выбора структур, форматов, систем классификации и кодирования, конверторов, правил цифрового описания и т.д.;

организация сбора и передачи информации;
организация накопления и хранения информации (базы данных, немашинные фонды, их составы и объемы);

организация информационных процессов обработки данных.

3. Описание внутренних и внешних (обменных) форматов данных

(перечень известных форматов и описания новых предлагаемых форматов).

В Описание систем классификации и кодирования

(принципы построения, структура и методы кодирования для вновь созданных систем, ссылки на документы, описывающие известные системы).

- *Перечень входных данных, массивов информации и документов*

(указывают наименование, форму представления, формат, источник, оценочный объем, периодичность поступления и выдачи и другие характеристики).

- *Перечень выходных материалов, массивов данных и документации*

(указывают наименование, форму представления, формат, источник, оценочный объем, периодичность поступления и выдачи и другие характеристики).

- *Описание программного обеспечения ГИС:*

структура программного обеспечения;

функции отдельных программных компонентов;

обоснование выбора операционной системы, ГИС-оболочки и СУБД;
методы и средства разработки ГИС-приложений;
перечень известных программных продуктов, включенных в систему;
перечень и описание вновь разрабатываемых программных средств.

- *Ведомость покупных программных средств*

(перечень приобретаемых программных средств с ориентировочной стоимостью и указанием поставщиков).

18. Описание математических методов и алгоритмов

(по каждой функциональной процедуре, требующей разработки программного средства, указываются назначение, входная информация, результаты решения, математическое описание, алгоритм).

19. Смета или калькуляция расходов на создание ГИС

(оценка затрат на создание ГИС, с выделением стоимости покупных компонентов, проектирования, переоборудования рабочих помещений, монтажа технических средств, проведения испытаний, обучения персонала и других крупных источников затрат).

3.4 Разработка рабочей документации ГИС

Разработка *рабочей документации ГИС* осуществляется с целью разработки взаимоувязанных решений и документов по системе в целом, ее функциям и всем видам обеспечения, достаточных для комплектации, монтажа, наладки и функционирования ГИС, ее проверки, обеспечения работоспособности и постоянной эксплуатации.

На эту стадию отводится около 35% всех трудовых и временных затрат на проектирование ГИС.

- *состав рабочей документации ГИС входят 2 части:*

Проектная документация, обеспечивающая создание системы и подготовку ее к эксплуатации.

2. **Эксплуатационная документация**, предназначенная для использования при эксплуатации системы, определяющая правила

действия персонала и конечных пользователей системы при ее функционировании, проверке и обеспечении работоспособности.

На этой стадии разрабатываются комплекты документов по следующим 5 частям:

- общесистемные;
- 4. по организационному обеспечению;

по техническому обеспечению;

по информационному обеспечению;

по программному обеспечению.

10 Общесистемная документация:

- паспорт системы (общие сведения, основные характеристики, акт приемки в эксплуатацию);
- общее описание системы (назначение, структура, функции, смежные системы и др.) – **эксплуатационная документация;**
- ведомость рабочей документации (перечень документов);
- ведомость эксплуатационных документов (перечень документов) – **эксплуатационная документация;**
- смета расходов на создание системы и подготовку к эксплуатации – **эксплуатационная документация;**
- оценка надежности системы (методика расчета, расчет показателей, анализ результатов);
- программа и методика испытаний системы (что испытывается, как испытывается).

11 Документация по организационному обеспечению:

описание технологического процесса работы с ГИС (состав и последовательность выполнения операций по сбору, регистрации, подготовке, контролю, передаче, обработке и отображению геоинформации; перечень документации, сопровождающей каждую операцию) – **эксплуатационная документация;**

технологическая инструкция (сведения о порядке и правилах выполнения операций) – **эксплуатационная документация;**
должностные инструкции персонала – **эксплуатационная документация.**

В Документация по техническому обеспечению:

- спецификация оборудования (перечень);
- ведомость потребности в расходных материалах (наименования,

объемы);

2. схема расположения, соединения и подключения технических средств (технические средства и связи между ними, внешние подключения, электрооборудование);
3. план расположения оборудования и проводок (планы и разрезы помещений с местами установки оборудования и установочными размерами для монтажа);
4. инструкция по эксплуатации технических средств (регламент и режимы работы оборудования, порядок работы, меры безопасности,

проверка правильности работы и исправности оборудования) – **эксплуатационная документация.**

4. Документация по информационному обеспечению:

- состав входных и выходных данных и массивов (перечень с описанием реквизитов);
- каталог баз данных (перечни объектов, информация о которых включена в соответствующие базы данных);
- инструкция по формированию и ведению баз данных (правила подготовки данных, порядок заполнения, изменения, контроля баз данных) – **эксплуатационная документация;**
- классификатор (каталог) объектов - **эксплуатационная документация;**
- правила цифрового описания объектов - **эксплуатационная документация;**
- таблица условных знаков - **эксплуатационная документация.**

5. Документация по программному обеспечению:

- спецификация программных средств (перечень);
- руководство пользователя (перечень эксплуатационной документации, подготовка к работе, описание операций, аварийные ситуации, контрольный пример) – **эксплуатационная документация;**
- комплекты эксплуатационной документации к каждому программному средству – **эксплуатационная документация.**

3.5 Испытания системы и ввод в постоянную эксплуатацию

На этой стадии выполняются испытания ГИС и осуществляются мероприятия по вводу системы в постоянную эксплуатацию, включая подготовку персонала, комплектацию техническими, программными средствами и информационными материалами, подготовку производства к внедрению ГИС.

На данную стадию отводится около 15% всех трудовых и временных затрат на проектирование ГИС.

Испытания ГИС производятся в соответствии с разными Программами и методиками испытаний, которые содержат перечни проверок и методик их выполнения по следующим направлениям:

- В соответствие ГИС Техническому заданию;
- В комплектность системы, в том числе программных и технических средств, информационного обеспечения;
- В комплектность и качество документации;

4. количество и квалификация обслуживающего персонала;
5. степень выполнения требований к функциям и задачам;
6. контролепригодность системы.

По каждой проверке указываются:

3. объект испытаний (по пункту ТЗ);
4. цель испытаний;
5. общие положения (место и продолжительность испытаний, участники испытаний и др.);
6. объем испытаний (перечень этапов испытаний, оцениваемых количественных и качественных характеристик, последовательность проведения и режимы испытаний и др.)
7. условия и порядок проведения испытаний;
8. методика проведения испытаний;
9. материально-техническое обеспечение испытаний.

Испытания ГИС представляют собой **трехэтапный процесс** проверки выполнения заданных функций системы, определения и проверки качественных и количественных характеристик системы, выявления и устранения недостатков в действиях системы и в разработанной документации, проверки соответствия системы требованиям технического задания:

5. предварительные испытания;
6. опытная эксплуатация;
7. приемочные испытания.

Предварительные испытания ГИС

Предварительные испытания системы проводят **с целью определения ее работоспособности и возможности передачи в опытную эксплуатацию.**

Испытания проводят после отладки и тестирования разработчиком программных и технических средств системы, испытания проводят на основе Программы и методики предварительных испытаний и, как правило, на базе

разработчика и его персоналом.

Результаты испытаний фиксируются в Протоколе предварительных испытаний, содержащем заключение о степени работоспособности системы,

возможности передачи ее в опытную эксплуатацию, а также перечень необходимых доработок и рекомендуемые сроки их выполнения.

Опытная эксплуатация ГИС

Опытную эксплуатацию ГИС проводят **с целью определения:**

4. фактических значений количественных и качественных характеристик системы;
5. фактической эффективности ГИС;
6. готовности персонала заказчика к работе в условиях постоянной эксплуатации.

Опытную эксплуатацию проводят в соответствии с составленной разработчиком и утвержденной заказчиком Программой.

Во время опытной эксплуатации ведется рабочий журнал, в котором записываются сведения о продолжительности работ, отказах, сбоях, аварийных ситуациях, выполненных доработках и внесенных исправлениях.

Работа завершается оформлением Акта о завершении опытной эксплуатации и допуске ГИС к приемочным испытаниям.

Понятие пилотного проекта ГИС

Пилотный проект (или пилот-проект) ГИС является *особой формой проведения опытной эксплуатации системы*, при которой испытания производятся *в режиме производственных работ на ограниченном объеме*:

- либо территории (например, ГИС города испытывают на одном из его районов);
- либо тематической направленности (например, ГИС города испытывают на 2-3х отраслях городского хозяйства);
- либо набора функций и задач (например, при испытании ГИС города проверяются только наиболее массовые функции и задачи);
- либо при сочетании перечисленных факторов.

Приемочные испытания ГИС

Приемочные испытания проводят **с целью определения:**

2. соответствия системы техническому заданию;
3. возможности приемки ГИС в постоянную эксплуатацию.

Испытания проводят на основе Программы и методики приемочных испытаний на базе информационного производства заказчика, его персоналом и включают проверку каждого требования Технического Задания, комплектности и качества эксплуатационной документации.

Результаты каждой проверки и выводы фиксируются в Протоколах испытаний.

Работа завершается оформлением Акта приемки ГИС в постоянную эксплуатацию.

3.6 Эксплуатация ГИС

На стадии постоянной эксплуатации ГИС, которая длится до окончания всего жизненного цикла ГИС, осуществляется следующий комплекс работ:

3. решение пространственных задач и выработка пространственных решений конечными пользователями;
4. ведение, дополнение и обновление всех используемых карт-основ;
5. ведение, дополнение и обновление всех сформированных баз данных;

4. администрирование и развитие системы.

4. В части решения пространственных задач и выработки пространственных решений конечными пользователями выполняются следующие работы:
 - справочно-поисковые, обеспечивающие получение из баз данных требуемой информации;
 - аналитические, обеспечивающие решение прикладных тематических задач и вычисление производных данных;
 - геоинформационные, обеспечивающие проведение пространственного анализа;
 - картосоставительские, обеспечивающие картографическое отображение полученных решений.

2. В части ведения, дополнения и обновления всех используемых карт-основ выполняются следующие работы:
3. выбор и использование карт – основ в процессах обработки данных;
4. картографический мониторинг территории;
5. внесение выявленных изменений в карты соответствующего масштаба;
6. согласование масштабного ряда карт-основ с обновленной картой.

4. В части ведения, дополнения и обновления всех сформированных баз данных выполняются следующие работы:
 - выборка данных по запросам пользователей;
 - дополнение и обновление данных;
 - защита баз данных от несанкционированного доступа и аварийных ситуаций;
 - учет и отслеживание транзакций баз данных.

5. В части администрирования и развития системы выполняются следующие работы:
 - В обеспечение работоспособности, функционирования и восстановления ГИС после аварийных ситуаций;
 - В обеспечение режимных требований доступа и сбор статистических данных по работе ГИС;
 - В обучение вновь принятого персонала и конечных пользователей работе с системой;

- В проектирование новых информационных объектов, тематических слоев и баз данных;
- В проектирование и введение в систему новых функций, задач и выходных документов;
- В разработка новых конверторов, введение в систему новых форматов данных;
- В архивирование файлов и документов, имеющих историческое значение.

Литература

Рекомендуемая литература по разделу 1:

2. Лисицкий Д.В. Основные принципы цифрового картографирования местности. М. Недра, 1988.
3. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В. и др. Основы геоинформатики: в 2 кн. Учеб.пособие для студ. вузов; Под ред. Тикунова В.С.-М.; Издательский центр «Академия», 2004. Книга 1-352 стр.
4. Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография. - Новосибирск: СГГА, 2004.-260с.
4. Классификатор топографической информации. М.: ГУГК СССР, 1986.
5. ГОСТ 28441 -90. Картография цифровая. Термины и определения. - М.; 1990.
6. ГОСТ Р 50828 - 95. Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования. М.; 1995.
7. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. М.; 1997
8. Жалковский Е.А., Халугин Е.И. и др. Цифровая картография и геоинформатика. Краткий терминологический словарь/ Под общей редакцией Е.А.,Жалковского. – М., «Картгеоцентр-Геодезиздат», 1999.- 46 с.
9. Иванников А.Д. и др. Прикладная геоинформатика. – М.: МАКС Пресс, 2005. – 360 с.

Рекомендуемая литература по разделу 2:

- Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. М. Геодезиздат, 1993.
- Капралов Е.Г., Кошкарев А.В. и др. Основы геоинформатики: в 2 кн. Учеб.пособие для студ. вузов; Под ред. Тикунова В.С.-М.; Издательский центр «Академия», 2004. Книга 1-352с. и книга 2- 480 с.

- Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009.-272 с.
- Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС. Издательство Петрозаводского университета, Петрозаводск, 1995 и 1997 г.
- Кошкарев А.В. Понятия и термины геоинформатики и ее окружения: учебно-справочное пособие./Российская Академия наук, Институт географии М.: ИГЕМ РАН, 2000.-76 с.
- Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография. - Новосибирск: СГГА, 2004.-260с.

- Жалковский Е.А., Халугин Е.И. и др. Цифровая картография и геоинформатика. Краткий терминологический словарь/Под общей редакцией Е.А.,Жалковского. – М., «Картгеоцентр-Геодезиздат», 1999.-46 с.
 - Мартыненко А.И., Бугаевский Ю.Л., Шибалов С.Н. Основы ГИС: теория и практика -М., 1995.
 - Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1993. –288 с.
 - Хаскольд В. Введение в городские географические информационные системы. – Изд-во Оксфордского университета, 1991. –321 с.
11. Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Капралов Е.Г. и др. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов М.: ГИС-Ассоциация, 1999.-

202с.

Рекомендуемая литература по разделу3:

3. Кошкарев А.В. , Тикунов В.С. Геоинформатика. М. Геодезиздат, 1993.
 4. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС. Издательство Петрозаводского университета, Петрозаводск, 1995-148 с. и 1997 г.
 5. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В. и др. Основы геоинформатики: в 2 кн. Учеб.пособие для студ. вузов; Под ред. Тикунова В.С.-М.; Издательский центр «Академия», 2004.-352 и 480 стр.
 - 6.Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография. - Новосибирск: СГГА, 2004.-260с.
- ☞ Мартыненко А.И., Бугаевский Ю.Л., Шибалов С.Н. Основы ГИС: теория и практика - М., 1995.
- ☞ Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1993. –288 с.
- ☞ Шайтура С.В. Геоинформационные системы и методы их создания. – Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 1998. –252 с.

