

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

ИНСТИТУТ КАДАСТРА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

ДУБРОВСКИЙ А.В.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОГО, ДИСТАНЦИОННОГО И ЗАОЧНОГО
ОБУЧЕНИЯ
ПО НАПРАВЛЕНИЮ 120700 «ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ»

НОВОСИБИРСК 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение в дисциплину «Геоинформационные и земельно-информационные системы»	3
1.1 Предмет и задачи дисциплины	3
1.2. Роль информатизации в развитии общества	10
1.3. Этапы формирования геоинформатики	13
1.4. Геоинформационное картографирование	15
1.5. Понятие о геоинформационных и земельно-информационных системах.	16
2. Общие сведения о ГИС и ЗИС	21
2.1. Компоненты и функции ГИС	21
2.2. Классификации ГИС	24
2.3 Компоненты ГИС	25
2.4 Основные функции ГИС	26
2.5. Состав ГИС	28
3. Системы управления базами данных	31
3.1 Геоинформационный банк данных для исследования техногенных комплексов	31
3.2. Базовые понятия реляционных баз данных	42
3.3 Инфологическая модель данных "Сущность-связь"	46
3.4 Характеристика связей и язык моделирования	48
3.5 Концепция баз данных	52
3.6 Архитектура СУБД	53
3.7 Классификации Баз данных	56
3.8 Фундаментальные свойства отношений	58
4. Обработка данных в ГИС	63
4.1 Компьютерная графика в ГИС-технологиях	63
4.2 Векторная графика	66
4.3 Масштабирование изображений	72
4.4 Сжатие изображений	74
4.5 Кодирование методом Хаффмана	75
4.6 Форматы графических файлов	77
5. Проектирование ГИС	80
5.1. Разработка системного проекта ГИС	80
5.3. ГИС и земельный кадастр	4
5.4 ГИС и муниципальное управление	12

1. Введение в дисциплину «Геоинформационные и земельно-информационные системы»

1.1 Предмет и задачи дисциплины

Появление географических информационных систем относят к началу 60-х годов XX в. Именно тогда полнились предпосылки в условиях для информатизации и компьютеризации сфер деятельности, связанных с моделированием географического пространства и решением пространственных задач. Их разработка связана с исследованиями, проведенными университетами, академическими учреждениями, оборонными ведомствами и картографическими службами.

Впервые термин «географическая информационная система» появился в англоязычной литературе и использовался в двух вариантах, таких, как *geographic information system* и *geographical information system*, очень скоро он также получил сокращенное наименование (аббревиатуру) GIS. Чуть позже этот термин проник в российский научный лексикон, где существует в двух равнозначных формах: исходной полной в виде «географической информационной системы» и редуцированной в виде «-геоинформационной системы». Первая из них очень скоро стала официальной и, вполне разумное стремление к краткости в речи сократило последнюю из них до аббревиатуры «ГИС».

Очень кратко ГИС определялись как **информационные системы, обеспечивающие сбор, хранение, обработку, отображение и распространение данных, а также получение на их основе новой информации и знаний о пространственно-координированных явлениях.** Более полное определение ГИС будет приведено после внедрения основных понятий геоинформатики. Прежде всего, обратимся к базовым категориям - данным, информации и знаниям, которые были использованы при определении ГИС.

Термины «данные», «информация» и «знания» стали общеупотребительными, постоянно встречаясь в газетах, теле- и радиопередачах, научных и научно-популярных публикациях. Смысл их кажется предельно ясным, и они легко заменяются не только в быту, но и науке такими словами, как «сообщения»,

«сведения», «сигнал», «материалы» и др. При этом не обращают внимания на то, что эти понятия, имея много общего, заметно разнятся по своей сути.

Под «данными» будем понимать совокупность фактов и сведений, представленных в каком-либо формализованном виде (в количественном или качественном выражении) для их использования в науке или других сферах человеческой деятельности. Иначе говоря: «Данные соответствуют дискретным зарегистрированным фактам относительно явлений, в результате чего мы получаем информацию о реальном мире... Слово «данные» происходит от латинского «datum», буквально означающего «факт». Тем не менее, данные не всегда соответствуют конкретным или действительным фактам. Иногда они неточны или описывают нечто, не имеющее место в реальной действительности (идею). Будем называть «данными» описание любого явления (или идеи), которое представляется достаточно ценным для того, чтобы его сформулировать и точно зафиксировать».

Применительно к характеризующей нами сфере «данные» можно рассматривать и определять в трех контекстах: вне автоматизированной среды использования, внутри нее и в среде ГИС. В первых двух контекстах под «данными» понимаются либо факты, некие известные вещи (из которых могут быть выведены заключения), либо сведения, подготовленные для компьютерной обработки. Под «данными» в среде ГИС понимаются «объекты о явлениях реального мира; результаты наблюдений и измерений этих объектов. Элемент данных содержит три главных компонента: атрибутивные сведения, которые описывают сущность (семантику), характеристики, переменные, значения и тому подобные его квалификации: географические сведения, характеризующие его положение в пространстве относительно других данных; временные явления, описывающие момент или период времени, для которого предоставляются данные. «Данные», по определению, выступают как сырье, которое путем обработки можно превратить в информацию, т.е. данные - это как бы строительный элемент в процессе создания информации. Они рассматриваются как объект обработки и основа для получения информации.

Географические (ГИС) и земельно-информационные (ЗИС) системы с точки зрения функционально- технологических задач и предметно-прикладных свойств - это

аппаратно-программные человеко-машинные комплексы, обеспечивающие сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных географических задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества.

По пространственному охвату различают глобальные, или планетарные, ГИС, субконтинентальные, национальные (зачастую имеющие статус государственных), межнациональные, региональные, субрегиональные и локальные (местные), в том числе муниципальные, и ультралокальные ГИС.

Состав (объектовый состав) и структура данных ГИС определяются объектами информационного моделирования, какими являются как собственно феномены реальности (лес, земля, вода, население, хозяйство), так и процессы (наводнения, загрязнение окружающей среды, миграционные процессы), а также нематериальные объекты, или идеи.

Основной целью изучения курса «Географические и земельно-информационные системы» является приобретение теоретических и практических знаний в области геоинформатики и геоинформационных технологий.

В процессе изучения дисциплины необходимо овладеть знаниями в области геоинформатики и геоинформационных технологий, навыками работы, необходимыми для решения задач организации работ по проектированию и ведению геоинформационных и земельно-информационных систем.

Информатика и геоинформатика. Этапы развития. ГИС и ЗИС. Основные определения и понятия

Информация:

- 1) В математике, кибернетике - количественная мера устранения неопределенности (энтропии), мера организации системы;
- 2) Сведения об окружающем мире и протекающих в нем процессах, воспринимаемые человеком или специальным устройством;
- 3) Сообщения, освещающие о состоянии чего-либо.

Информатика - наука об общих свойствах и структуре научной информации, закономерностях ее создания, преобразования, накопления, передачи и использования.

Кибернетика - наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в машинах, живых организмах и обществе.

Геоинформатика -

- 1) Научная дисциплина, изучающая природные и социально-экономические геосистемы (их структуру, взаимосвязи, динамику, функционирование в пространстве-времени) посредством компьютерного моделирования;
- 2) Технология (ГИС-технология) сбора, хранения, преобразования, отображения и распространения пространственно-координированной информации;
- 3) Отрасль производства, занимающаяся изготовлением аппаратных средств и программных продуктов, включая базы и банки данных, системы управления, коммерческие ГИС.

Система – 1) Определенный порядок в расположении и связи действий; 2) Форма организации чего-либо; 3) Нечто целое, представляющее собой единство закономерно расположенных и находящихся во взаимной связи частей; 4) Техническое устройство, конструкция; 5) То, что стало нормальным, обычным, регулярным.

ГИС - аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных географических задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества.

Роль и значение информационных революций

В истории развития цивилизации произошло несколько информационных преобразований общественных отношений из-за кардинальных изменений в сфере обработки информации. Следствием подобных преобразований являлось приобретение человеческим обществом нового качества.

Первая революция связана с изобретением письменности, что привело к гигантскому качественному и количественному скачку. Появилась возможность передачи знаний от поколения к поколениям.

Вторая (середина XVI в.) вызвана изобретением книгопечатания, которое радикально изменило индустриальное общество, культуру, организацию деятельности.

Третья (конец XIX в.) обусловлена изобретением электричества, благодаря которому появились телеграф, телефон, радио, позволяющие оперативно передавать и накапливать информацию в любом объеме.

Четвертая (70-е гг. XX в.) связана с изобретением микропроцессорной технологии и появлением персонального компьютера. На микропроцессорах и интегральных схемах создаются компьютеры, компьютерные сети, системы передачи данных (информационные коммуникации). Этот период характеризуют три момента:

- переход от механических и электрических средств преобразования информации к электронным;
- миниатюризация всех узлов, устройств, приборов, машин;
- создание программно-управляемых устройств и процессов.

Историческая справка развития средств вычислительной техники

Устройства для автоматизации счета известны с древних времен (абак - V век до н.э.).

Счетная машина Паскаля - 1642 год – прообраз арифмометра (усовершенствована Лейбницем).

Чарльз Бэббидж (период 1820-1856 гг.) - попытка построить машину, способную производить серию арифметических действий в определенной последовательности. Основные элементы (команды, условная передача управления) были использованы при создании первых ЭВМ.

Конец XIX века - Герман Холлерит - счетно-перфорационная машина - основатель фирмы IBM.

П.Л.Чебышев (1882 г.) и В.Т. Однер (1894 г.) - арифмометры.

1904 г. - А.Н.Крылов - механическая машина для решения дифференциальных уравнений.

Первая ЭВМ - ЭНИАК (США) - Дж.В.Мочли и Д.П.Эккерт - 1946 г. - более 18 000 электронных ламп и 1500 реле.

Теоретические основы современных ЭВМ - Джон фон Нейман - 1946-47 гг.

1951-52 гг. - СССР - Лебедев С.А.

Первые ПЭВМ появились в начале 70-х годов. Общепринято считается, что создателями первой персональной ЭВМ являются два студента из США Стив Джобс и Стив Возняк. Созданная ими машина содержала клавиатуру, близкую к клавиатуре печатной машинки, и системный блок, реализованный на одной плате. Все это легко размещалось в «дипломате». Первоначально информация отображалась на подключаемом бытовом телевизоре, а затем были разработаны программно-аппаратные средства, и к компьютеру был подключен графический дисплей, сначала монохромный, а затем и цветной. Машина получила название Apple (яблоко), как и фирма, созданная в 1976 году. Было выпущено три модели Apple (первая модель - 200 экземпляров, вторая - 3000000 экземпляров, третью постигла относительная неудача). Третья модель была объективно лучше других известных машин, но не выдержала конкурентной борьбы с известной фирмой IBM, являющейся монополистом на рынке ПЭВМ. Продукция IBM, благодаря богатству программных средств стала своеобразным стандартом ПЭВМ.

Справка о смене поколений ЭВМ:

1-е поколение (начало 50-х гг.). Элементная база — электронные лампы. ЭВМ отличались большими габаритами, большим потреблением энергии, малым быстродействием, низкой надежностью, программированием в кодах.

2-е поколение (с конца 50-х гг.). Элементная база — полупроводниковые элементы. Улучшились по сравнению с ЭВМ предыдущего поколения все технические характеристики. Для программирования используются алгоритмические языки.

3-е поколение (начало 60-х гг.). Элементная база — интегральные схемы, многослойный печатный монтаж. Резкое снижение габаритов ЭВМ, повышение их надежности, увеличение производительности. Доступ с удаленных терминалов.

4-е поколение (с середины 70-х гг.). Элементная база — микропроцессоры, большие интегральные схемы. Улучшились технические характеристики. Массовый выпуск персональных компьютеров. Направления развития: мощные многопроцессорные вычислительные системы с высокой производительностью, создание дешевых микро-ЭВМ.

5-е поколение (с середины 80-х гг.). Началась разработка интеллектуальных компьютеров, пока не увенчавшаяся успехом. Внедрение во все сферы компьютерных сетей и их объединение, использование распределенной обработки данных, повсеместное применение компьютерных информационных технологий.

1.2. Роль информатизации в развитии общества

Деятельность отдельных людей, групп, коллективов и организаций сейчас всё в большей степени начинает зависеть от их информированности и способности эффективно использовать имеющуюся информацию. Прежде чем предпринять какие-то действия, необходимо провести большую работу по сбору и переработке информации, ее осмыслению и анализу. Отыскание рациональных решений в любой сфере требует обработки больших объемов информации, что невозможно без привлечения специальных технических средств.

Возрастание объема информации особенно стало заметно в середине XX в. Лавинообразный поток информации хлынул на человека, не давая ему возможности воспринять эту информацию в полной мере. В ежедневно появляющемся новом потоке информации ориентироваться становилось все труднее. Выгоднее стало создавать новый материальный или интеллектуальный продукт, нежели вести розыск аналога, сделанного ранее. Образование больших потоков информации обуславливается:

- чрезвычайно быстрым ростом числа документов, отчетов, диссертаций, докладов;
- постоянно увеличивающимся числом периодических изданий по разным областям человеческой деятельности;
- появлением разнообразных данных (метеорологических, геофизических, медицинских, экономических и др.), записываемых обычно на магнитных лентах и

поэтому не попадающих в сферу действия системы коммуникации. Как результат — наступает информационный кризис (взрыв), который имеет следующие проявления:

- появляются противоречия между ограниченными возможностями человека по восприятию и переработке информации и существующими мощными потоками и массивами хранящейся информации. Так, например, общая сумма знаний менялась вначале очень медленно, но уже с 1900 г. она удваивалась каждые 50 лет, к 1950 г. удвоение происходило каждые 10 лет, к 1970 г. — уже каждые 5 лет, с 1990 г. — ежегодно;
- существует большое количество избыточной информации, которая затрудняет восприятие полезной для потребителя информации;
- возникают определенные экономические, политические и другие социальные барьеры, которые препятствуют распространению информации. Например, по причине соблюдения секретности часто необходимой информацией не могут воспользоваться работники разных ведомств.

Эти причины породили весьма парадоксальную ситуацию - в мире накоплен громадный информационный потенциал, но люди не могут им воспользоваться в полном объеме в силу ограниченности своих возможностей. Информационный кризис поставил общество перед необходимостью поиска путей выхода из создавшегося положения. Внедрение ЭВМ, современных средств переработки и передачи информации в различные сферы деятельности послужило началом нового эволюционного процесса, называемого информатизации, в развитии человеческого общества, находящегося на этапе индустриального развития.

Информатизация общества — организованный социально-экономический и научно-технический процесс создания оптимальных условий удовлетворения информационных потребностей и реализации прав граждан, органов государственной власти, органов местного управления, организаций, общественных объединений на основе формирования и использования информационных ресурсов.

История развития информатизации началась в США с 60-х гг., затем с 70-х гг. - в Японии и с конца 70-х - в Западной Европе.

Современное материальное производство и другие сферы деятельности все больше нуждаются в информационном обслуживании, переработке огромного количества информации. Универсальным техническим средством обработки любой информации является компьютер, который играет роль усилителя интеллектуальных возможностей человека и общества в целом, а коммуникационные средства, использующие компьютеры, служат для связи и передачи информации. Появление и развитие компьютеров — это необходимая составляющая процесса информатизации общества.

При компьютеризации общества основное внимание уделяется развитию и внедрению технической базы компьютеров, обеспечивающих оперативное получение результатов переработки информации и ее накопление.

При информатизации общества основное внимание уделяется комплексу мер, которые направлены на обеспечение полного использования достоверного, исчерпывающего и своевременного знания во всех видах человеческой деятельности.

Информатизация на базе внедрения компьютерных и телекоммуникационных технологий является реакцией общества на потребность в существенном увеличении производительности труда в информационном секторе общественного производства. Так в информационной сфере США занято более 60% трудоспособного населения, в СНГ — около 60%.

1.3. Этапы формирования геоинформатики

Геоинформатика сформировалась и бурно развивается последние 30-40 лет.

Исторически ГИС развивались на базе информационно-поисковых систем и картографических банков данных. Позднее в функции ГИС были добавлены блоки моделирования и анализа.

В широком смысле ГИС — модель реального мира, в узком — система накопления и хранения географических данных. Перспективное направление — система поддержки принятия решений.

Главные причины рождения и развития геоинформатики:

1. широкое распространение компьютеров;

2. накопление обширных аэрокосмических, статистических и других материалов;
3. потребность в упорядочении сведений в базах данных;
4. обеспечение сохранности и доступности материалов для широкого круга пользователей;
5. необходимость оперативного принятия решений.

Историю развития геоинформатики можно разделить на четыре этапа.

1 – 60-е годы - Накапливаются технические возможности и первоначальный опыт. Канадская ГИС – 1963-1971 гг. Опыт Швеции. Приоритет в области геоинформатики Швеции (создание Шведского национального земельного банка). Особенности: некоторая примитивность, дороговизна, есть первые результаты.

2 – 70-е годы - Появление и распространение ПК. Примеры эффективного использования ГИС. Совершенствование техники и технологий. Открываются возможности для широкого круга пользователей.

3 – 80-е годы - Эпоха комплексных решений. Компьютерные локальные и глобальные сети. Вытеснение ПК рабочими станциями.

4 – 90-е годы - Интеллектуальные системы и мультимедиа. Появление нейрокомпьютеров. Наряду с техническим (hardware) и программным (software) обеспечением в ГИС все больше внимания уделяется роли человека (humanware).

Перспективы развития геоинформатики: интеллектуальные системы (навигация и т.д.); интернет (доступность); решение проблемы одного языка; объемность и перспективность изображений; экспертные системы (работа с «нечеткими» знаниями); соответствие реальному миру.

Данные в геоинформатике

Данные (от латинского datum – факт) в геоинформатике – известные сведения об объектах окружающего мира, результаты наблюдений и измерений этих объектов. Элемент данных содержит три главные компоненты:

- 1) Атрибутивные сведения (атрибут – необходимый постоянный признак, принадлежность) – сущность, характеристики;
- 2) Географические (метрические) сведения – пространственное положение;
- 3) Временные сведения – момент или период времени.

Основой и наиболее трудоемкой задачей выполнения любого проекта ГИС является сбор необходимых данных. Все наборы данных могут быть разделены на относящиеся к людям (социально-экономические) и на относящиеся к окружающей среде.

1.4. Геоинформационное картографирование

В геоинформационном направлении развивается отдельное направление - оценочно-прогнозное картографирование. Целью оценочно-прогнозного картографирования является целенаправленная интегральная оценка геосистем, а также их компонентов в решении различных практических и научных задач. Получили применение особый вид геоинформационного картографирования - рекомендательные карты, носящие рекомендательный характер по принятию решений организации территории [Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование].

В географии и других дисциплинах просматривается две тенденции использования геоинформационных систем:

- 1) целостное представление геосистем природного и социально-экономического характера, а также представление средствами ГИС их иерархии, функционирование, выявление взаимосвязей;
- 2) оценка состояния геосистем и прогнозирование развитием процессов и явлений, рекомендации, а также ретропрогноз (восстановление прошлых состояний геосистем).

Основным классификационным признаком является проблемная ориентация ГИС. Выделяют проблемно ориентированные ГИС (предназначенные для решения конкретных задач) и многоцелевые (для решения комплексных задач). Среди проблемно-ориентированных ГИС выделяют: ресурсные, кадастровые, экологические, социально-экономические, морские, городские, картографические.

Задачи, решаемые кадастровой ГИС:

1. Анализ существующей балльной оценки, используемой в кадастре;
2. Дифференциация кадастровой оценки, направленной на её оценку как средства производства, а не только как объект недвижимости;

3. Методический подход разработки планов внутрихозяйственного землеустройства на ландшафтной основе с использованием ГИС;
4. Разработка принципов корректировки существующих планов внутрихозяйственного землеустройства;
5. Методика качественной оценки земель.

1.5. Понятие о геоинформационных и земельно-информационных системах.

Понятие «земельная информационная система» (ЗИС) впервые получило определение на международном конгрессе, проходившем в 1981 году в Швейцарии. Сначала в Швейцарии существовало «информационная система о земельных участках», которое было идентично правовому кадастру. Накопление последующей информации потребовало поиска нового термина, что и привело к определению ЗИС. В дальнейшем эту тему стали разрабатывать не только геодезисты, но и географы, геологи и другие ученые, и с некоторых пор в качестве общего принято название «географическая информационная система (ГИС)».

При широком разбросе взглядов и мнений относительно ГИС, их определения как зарубежными, так и отечественными учеными, тем не менее, близки. Обязательными элементами более или менее полного определения геоинформационных систем считается "пространственность", операционно-функциональные возможности и прикладная ориентация системы.

Под географической информационной системой понимается аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координатных данных, интеграцию данных и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных географических задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества.

ГИС - это научно-технические комплексы автоматизированного сбора, систематизации, переработки и представления (выдачи) геоинформации в новом качестве с условием прироста знаний об исследуемых пространственных системах.

ГИС - реализованное с помощью ЭВМ хранилище системы знаний о территориальном аспекте взаимодействия природы и общества, а также программного обеспечения, моделирующего функции поиска, ввода, моделирования и др.

ГИС - это такая система, в состав которой входят компоненты для сбора, передачи, хранения, обработки и выдачи информации о территории.

ГИС - это система, которая манипулирует и управляет данными, хранящимися в виде тематических слоев, географически определенных относительно карты-основы. ГИС содержит данные о пространственных объектах (пространственные данные) в виде их цифровых представлений (векторных, растровых, квадратомиических и иных), объединенных в набор слоев, образуя информационную модель предметной области - территории, набор операций, определяющих функциональные возможности ГИС и реализующих геоинформационные технологии программными средствами, аппаратное и информационное обеспечение этих технологий.

ГИС является средством моделирования и познания природных и социально-экономических геосистем - (научно-познавательный подход). ГИС-технология - сбор, хранение, преобразование, отображение и распространение пространственно-координатной географической (геологической, экологической и т.п.) информации - (технологический подход). ГИС-производство - создание аппаратных средств и программных коммерческих продуктов для обеспечения управления и принятия решений - (производственный подход).

Наряду с термином "ГИС" (Geographical Information System) встречаются "Land Information System", "Spatial Information System", "Geo-based Information System", "Geo-data System", "Geoprocessing System".

В последнее время наиболее употребительны понятия ЗИС и ГИС. В международной литературе встречаются различные попытки разграничения этих понятий.

ГИС определяют как систему для сбора, контроля, обработки, анализа, моделирования и изображения информации, относящейся к поверхности земли. Понятие ГИС применяется к системам, которые в качестве основной единицы

пространства используют земельные зоны, статистические районы (дистрикты) или зоны водоснабжения. Понятие ЗИС чаще используется для систем, которые в качестве основной единицы используют мелкий участок земли (парцеллу). В более широком смысле ЗИС можно толковать как систему, которая наряду с кадастровой съемкой охватывает геодезическую съемку и изготовление топографических карт.

ГИС характеризуют как пакеты аппаратурно-программного обеспечения, которые можно приобрести и использовать для обработки и накопления данных о земле. ЗИС отличаются от ГИС наличием банка трехмерных данных и процедур для систематического сбора, дополнения, обработки и распределения их. ЗИС может быть скомпонована, усовершенствована, введением лучших методик (процедур) или использованием компьютера, но она не может быть приобретена. Классифицируют ЗИС как подгруппы ГИС, которые обрабатывают данные, касающиеся недвижимости (земельных владений), и отображают их в крупных масштабах 1:1000÷1:10000. В качестве основной единицы пространства ЗИС использует парцеллу. Управление и поддержка ЗИС осуществляется ведомствами. Исходя из имеющихся определений, можно выделить различия между ЗИС и ГИС.

Признаки	ЗИС	ГИС
Основная единица пространства	Мелкий участок земли (парцелла)	В зависимости от проекта – глобальный, региональный или локальный уровни.
Масштабы	1:500÷1:10000	Обычно >1:5000
Точность	мм÷см	м
Степень детализации	С точностью до парцеллы, без генерализации	Генерализация
Цель сбора данных	Выполнение ведомственных задач	Согласно проекту
Долговечность данных (срок пригодности)	До 100 лет	В зависимости от проекта
Актуальность	Дополнение в течение длительного времени	Дополнение не всегда происходит систематически
Типы данных	Векторные данные и геометрические соотношения	Растровые или векторные

Возможности системы	Обработка данных	Анализ данных
---------------------	------------------	---------------

Для большинства пользователей ГИС точность и модель данных государственной съемки не играют первостепенного значения, и только для небольшой группы пользователей это является обязательным условием и имеет решающее.

ГИС как основное понятие может быть использовано для всех пространственных информационных систем. ЗИС характеризуется как подчиненная составляющая ГИС. При этом ЗИС можно рассматривать как информационную систему специальных служб, которые в качестве базы используют данные кадастровой съемки земельных участков.

Если в качестве примера взять понятие «информационная система карт» или «информационная система, базирующаяся на картографии», то можно установить простые связи с уже существующими в настоящее время понятиями.

ГИС: основное понятие для всех пространственных информационных систем.

ЗИС:

- автоматизированный кадастр недвижимости;
- кадастр земельных участков;
- цифровой земельный кадастр;
- ИС земельных участков;
- ИС парцелл;
- ИС коммуникаций;
- ИС зданий;
- ИС коммунального планирования;
- ИС разрешений на застройку.

КИС (информационная система, базирующаяся на картографии):

- банки данных земельных владений;
- ИС земель;
- топографическая ИС;
- гидрографическая ИС;
- геологическая ИС;

- ИС проникновения и вредных воздействий на соседние владения;
- ИС охраны окружающей среды;
- ИС планирования земель;
- аграрная ИС;
- ИС сырья
- метеорологическая ИС.

Из этого следует:

1. ЗИС всегда является и КИС и она может служить геодезической основой для КИС. КИС не обязательно является ЗИС;
2. КИС и ЗИС могут существовать в ГИС параллельно и связываться через геодезическую систему отсчета;
3. КИС могут развиваться в ЗИС путем уточнения геодезической основы.

Определение понятий и терминов имеют большое значение. Отсутствие ясного представления об определенном понятии у ученых и важнее всего в административных инстанциях имеет негативные последствия, так как последние принимают решения и предоставляют значительную часть финансовых средств для создания информационных систем.

2. Общие сведения о ГИС и ЗИС

2.1. Компоненты и функции ГИС

При всем многообразии операций, целей, областей применения создаваемых и действующих ГИС логически и организационно в них можно выделить следующие конструктивные блоки (модули), выполняющие определенные функции.

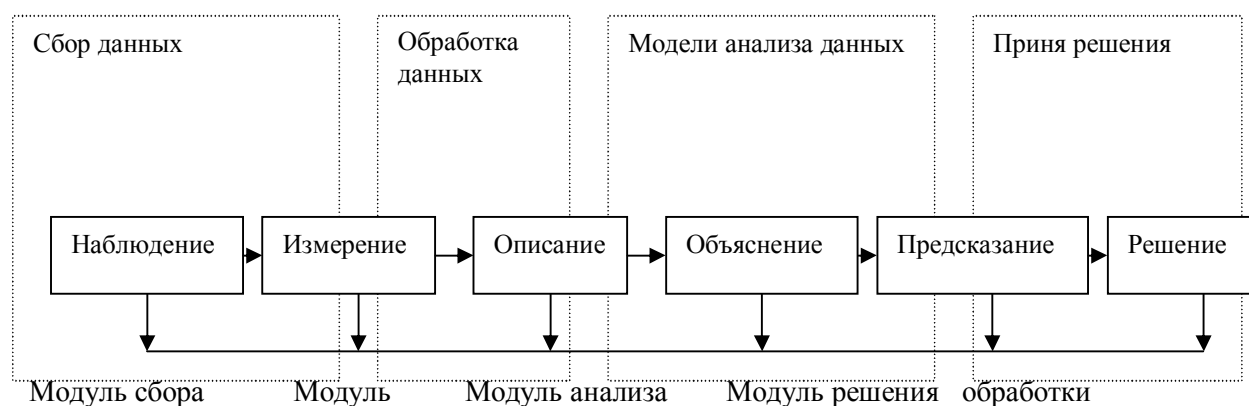


Рис.1 - Функции и модули ГИС

Базы данных являются обязательными компонентами ГИС, всегда имеющей два типа - графические и тематические.



Рис.2 – Подсистемы ГИС

Тематические базы данных содержат в себе так называемую нагрузку карты и дополнительные данные (пространственные) - описания территорий или информация, содержащаяся в отчетах.

Базы данных представляют собой файлы (наборы) данных, хранящихся на магнитных носителях.

Кроме них любая ГИС имеет систему визуализации данных, выводящую на экран имеющуюся информацию в виде карт, таблиц, схем и т.п., и систему управления данными, при помощи которой происходит их поиск, сортировка, удаление, добавление, исправление и анализ.

Система ввода - программный блок, отвечающий за получение данных, источниками которых могут являться разнообразные устройства, дигитайзер (цифрователь), на котором осуществляется цифрование карт, сканер, считывающий изображение в виде растровой картинки, электронные теодолиты и другие

геодезические приборы. Информация может быть введена с клавиатуры вручную или получена из другой компьютерной системы. Ее источниками могут быть аэрофото- и космические снимки, обрабатываемые на специализированных рабочих станциях.

Система вывода (получения информации) ГИС предназначена для представления результатов работы в виде, удобном потребителю. При помощи плоттера, например, можно получить очень качественные черно-белые и цветные изображения - практически готовую карту. Используются также разнообразные принтеры, в том числе и лазерные. Результаты работы могут быть представлены в виде видеофильмов, записаны на дисках, распечатаны в форме отчетов или отправлены по сети во внешние компьютерные системы.

Обычно столь широким спектром возможностей ввода/вывода данных обладают лишь немногие крупные ГИС. Большинство систем имеют ограниченный набор вариантов ввода/вывода данных. Конкретный перечень устройств, поддерживаемый системой, часто формируется по заказу пользователя.

2.2.Классификации ГИС

Для ГИС могут быть применены различные классификации: по охвату территории, по подходам к построению, по кругу решаемых задач, по характеру работы и другие.

Вариант классификации ГИС

По целям

По территориальному охвату

По тематическим признакам

По геометрическим признакам

По функциональным возможностям

По геометрическим признакам ГИС подразделяются: двумерные; двумерная + одномерная; трехмерная; четырехмерная.

По тематическим признакам ГИС подразделяются:

- тематические одномерные;
- тематические многомерные;

– универсальные.

Классификация программных средств ГИС

Класс/Функции	Ввод атрибутивных данных	Ввод пространственной информации	Создание баз данных всех типов	Запросы	Анализ и моделирование
Инструментальные ГИС	Да	Да	Да	Да	Да
ГИС-вьюеры	Ограничен	Ограничен	Нет	Да	Ограничено
Справочные картографические системы	Ограничен	Ограничен	Ограничено	Да	Нет
Векторизаторы картографических изображений	Ограничен	Да	Ограничено	Нет	Нет
Средства пространственного моделирования	Да	Нет	Ограничено	Да	Да
Средства обработки данных зондирования	Ограничен	Да	Ограничено	Да	Ограничено

По функциональным возможностям ГИС можно подразделить:

- инструментальные ГИС – системы с наиболее широкими возможностями, включающие подсистемы ввода данных, подсистемы пространственного моделирования и анализа данных, мощные средства запросов, средства вывода на твердые носители информации, средства расширения возможностей систем.
- ГИС-вьюеры – системы сопровождения инструментальных ГИС. Предназначены для просмотра введенной ранее информации, позволяющие вести информационные запросы, корректировку данных;
- справочные картографические системы - подобие ГИС-вьюеров. Существенное отличие – встроенные базы данных, отсутствие средств расширения, обновления и корректировки данных;

- специальные средства пространственного моделирования – системы, оперирующие с пространственной информацией, предназначенные для моделирования процессов;
- векторизаторы растровых изображений;
- средства обработки данных дистанционного зондирования.

Функции географической информационной системы

2.3 Компоненты ГИС

По компонентному составу ГИС включают:

- инструментальное обеспечение (компьютер и периферия);
- программы, алгоритмы, функции, математический аппарат анализа;
- данные – качественные и количественные характеристики (пространственные и тематические);
- пользователь.

2.4 Основные функции ГИС

Современные ГИС, в соответствии со своим назначением, должны характеризоваться приблизительно 75 основными функциями.

Основные функции ГИС:

- Сбор, пополнение и пространственное моделирование информации.
- Оцифровка карт и аэроснимков.
- Рациональное моделирование полилинейных и полигональных объектов.
- Построение объектов (построение пространственно - локализованных геометрически и тематически значимых объектов).
- Геодезические средства сбора данных.
- Геометрические условия (параллельность и т.д.).
- Укладка линий и сглаживание.
- Конвертирование данных (вектор – растр, растр – вектор).
- Сводка планшетов.
- Редактирование данных.
- Классификация данных.

- Средства связи с различными стандартами представления данных.
- Средства связи с банком тематических данных.
- Обработка и анализ пространственных данных.
- Поиск данных по различным критериям.
- Измерения фигур, сколка координат, образмеривание.
- Генерирование зон.
- Интерполяция и генерализация.
- Статистика.
- Моделирование пространственных графиков.
- Передача графических данных.
- Графическая и цифровая выдача информации.
- Генерализация изображение (упрощение, вычленение, сведение воедино, типизация).
- Изготовление чертежей.

Полнофункциональная ГИС, решающая задачи мониторинга, должна отвечать, по крайней мере, на пять вопросов:

1. Что находится в ...? - Местоположение может быть определено разными способами, например, по названию местности, по адресу, ссылкой на координаты.
2. Где это? - Второй вопрос является обратным к первому и для его решения требуется пространственный анализ. Вместо выяснения, что существует в данном месте, требуется определить местоположение, удовлетворяющее некоторым условиям.
3. Что изменилось, начиная с ...? - Третий вопрос может включать в себя оба первых и представляет собой попытку определить временные изменения на определенной площади.
4. Какие существуют пространственные структуры? - Сложный пространственно-временной запрос.
5. Что, если ...? - Моделирование ситуации.

Программное обеспечение ГИС должно удовлетворять разным требованиям и, в первую очередь, быть простым, но multifunctional, обладать средствами адаптации и разработки приложений, иметь невысокую стоимость.



Рис.3 Функции географической информационной системы

2.5. Состав ГИС

Любая ГИС работает с базами данных двух типов – графическими и атрибутивными или тематическими.

В графических базах данных хранится то, что принято называть графической или метрической основой, атрибутивные содержат в себе так называемую нагрузку карты и дополнительные данные, которые относятся к пространственным, но не могут быть прямо нанесены на карту – это описания территорий или информация, содержащаяся в отчетах.

Оба вида баз данных представляют собой файлы (наборы) цифровых данных. Для работы с ними ГИС должна иметь систему управления базами данных (СУБД). Достаточно часто ГИС имеет две системы управления базами данных, отдельно для метрической и атрибутивной информации. При помощи СУБД производятся поиск, сортировка, добавление и исправление информации в базах данных.



Кроме СУБД любая ГИС имеет систему визуализации данных, выводящую на экран имеющуюся информацию в виде карт, таблиц, схем и т.п., и систему анализа данных, при помощи которой происходит их обработка и анализ. Также необходимыми компонентами ГИС являются системы ввода и вывода информации.

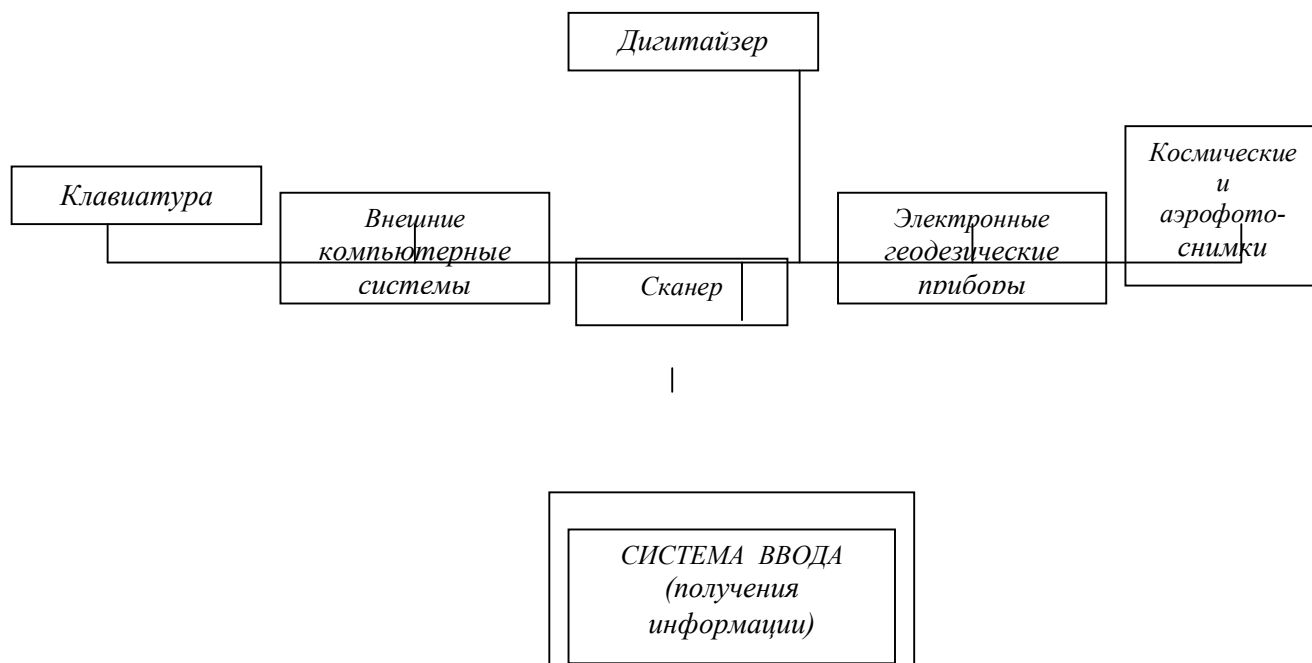


Рис. 3 Источники ввода информации в ГИС

Система ввода – это программный блок, отвечающий за получение данных, источниками которых могут являться разнообразные электронные устройства, такие как дигитайзер (цифрователь), на котором осуществляется цифрование карт, сканер, считывающий изображение в виде растровой картинки, электронные теодолиты и другие геодезические приборы. Информация может быть введена вручную с клавиатуры или получена из другой компьютерной системы. Ее источниками могут быть аэрофото- и космические снимки, обрабатываемые на специализированных рабочих станциях.

Система вывода ГИС предназначена для представления результатов работы в виде, удобном потребителю. При помощи плоттера (графопостроителя), например, можно получить качественные черно-белые и цветные изображения – практически готовую карту. Используются также различные принтеры, в том числе и лазерные. Результаты работы могут быть представлены в виде видеофильмов, записаны на

дисках, распечатаны в виде отчетов или отправлены по сети во внешние компьютерные системы.

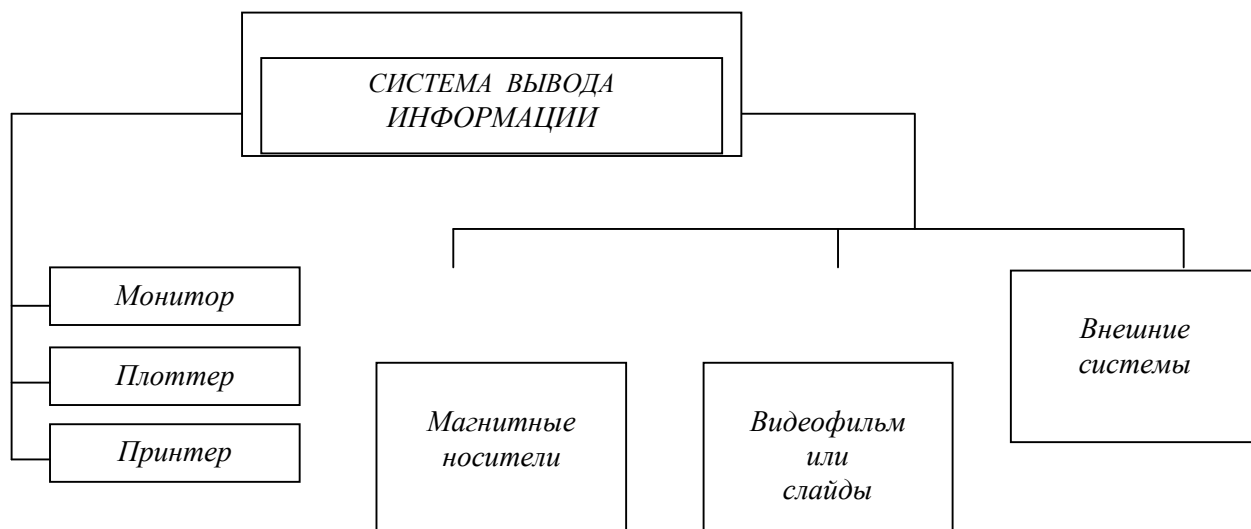


Рис.4 Представление данных системой вывода ГИС

Обычно столь широким спектром возможностей ввода и вывода информации лишь немногие крупные ГИС. Большинство же систем имеют ограниченный набор вариантов ввода и вывода данных. Конкретный перечень устройств, поддерживаемых системой, часто формируется по заказу пользователя.

3. Системы управления базами данных

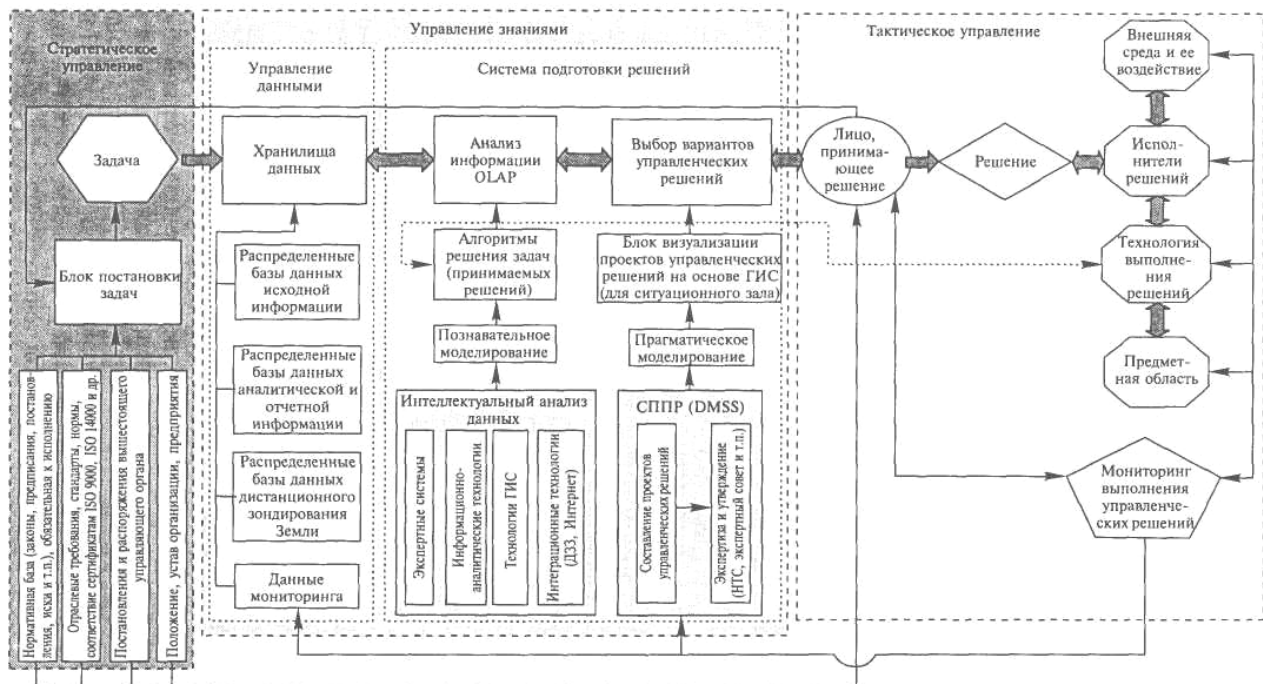


Рис. 5 Общая схема системы управления

3.1 Геоинформационный банк данных для исследования техногенных комплексов

Актуальность использования ГИС при управлении территориями

Управление, производство и потребление, инвестирование и развитие региональных образований в условиях рыночных отношений основано на эффективных методах анализа геоинформационных данных, рынка геоинформационных продуктов и применения этой аналитической информации.

Современный период развития рыночной экономики характерен увеличением использования природных ресурсов без реального их восстановления. Это может привести в будущем к появлению необратимых природных последствий, в результате которых окружающая среда может стать непригодной для жизни.

В связи с этим вопросы **научного обоснования освоения природной среды и критерия эффективности капитальных вложений в окружающую среду** являются актуальными и требуют повышенного внимания.

Одним из основных методов их решения является научное прогнозирование, основанное на всестороннем комплексном исследовании данных о региональных

образованиях. В исследовании должны учитываться не только данные о самой природной среде, но и другие, отражающие факторы социальной сферы, трудовых, материальных и финансовых ресурсов, ***требования рационального природопользования*** и т.п.

Такое комплексное исследование в настоящее время осуществимо только на основе применения ГИС-технологий и геоинформационных систем.

Основой исследования служит анализ природной и социальной среды как совокупности геоинформационных объектов. Рассмотрение таких объектов не как индивидуальных сущностей, а как связанных между собой совокупностей в рыночной среде приводит к введению новых понятий. *Таковыми понятиями являются геоинформационная среда и геоинформационные исследования.*

Геоинформационная среда - включает в себя геоинформационные объекты, их окружение, явные и неявные связи между ними, факторы, определяющие возможности наблюдать, контролировать и моделировать явления и объекты этой среды.

При решении многих задач основной частью геоинформационной среды является природная. Природная среда не поддается управлению со стороны исследователя. По этой причине принятие решений в таких задачах находится в зависимости от состояния этих внешних факторов, а географическая, демографическая и социальная информация становится важным компонентом в принятии решений в рыночных условиях и содействии экономическому развитию различных организаций и страны в целом.

Следует отметить, что перечисленные виды информации входят в комплекс интегрированных геоинформационных данных. По этой причине природная среда может изучаться как часть геоинформационных данных.

Геоинформационные исследования - представляют собой набор методов получения и анализа информации о геоинформационной среде для поддержки принятия решений.

Геоинформационные исследования, предназначенные для решения задач прогнозирования, реализуются путем целенаправленного систематического

определения данных, необходимых для поддержки принятия решений, их сбора и анализа. Они снижают уровень неопределенности и касаются всех элементов системы принятия решений. Геоинформационные исследования осуществляются в двух аспектах:

- оценка тех или иных геоинформационных параметров для данного момента времени;
- получение прогнозных оценок.

Понятие база данных, база знаний, банк данных

База данных, БД (data base, database, DB) - совокупность данных, организованных по определенным правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными. Хранение данных в БД обеспечивает централизованное управление, соблюдение стандартов, безопасность и целостность данных, сокращает избыточность и устраняет противоречивость данных. БД не зависит от прикладных программ. Создание БД и обращение к ней (по запросам) осуществляются с помощью системы управления базами данных (СУБД).

БД ГИС содержат наборы данных о пространственных объектах, образуя пространственные БД (spatial database); цифровая картографическая информация может организовываться в картографические базы данных (map database), картографические банки данных.

База знаний, БЗ (knowledge base) - совокупность знаний о некоторой предметной области, на основе которых можно производить рассуждения. Основная часть экспертных систем, где с помощью БЗ представляются навыки и опыт экспертов, разрабатывающих эвристические подходы в ходе решения проблем. Обычно БЗ представляет собой набор фактов и правил, формализующих опыт специалистов в конкретной предметной области и позволяющих давать на вопросы об этой предметной области ответы, которые в явном виде не содержатся в БЗ.

Банк данных, БнД (databank, data bank) - информационная система централизованного хранения и коллективного использования данных. Содержит совокупность баз данных, СУБД и комплекс прикладных программ. БнД называют локальным (local databank), если он размещен в одном вычислительном центре (ВЦ)

или на одном компьютере; распределенный БНД (distributed databank) - система объединенных под единым управлением и посредством компьютерной сети территориально разобщенных локальных БНД. Картографические банки данных именуются также банками цифровых карт, БЦК.

Техногенная нагрузка, как основной показатель современного состояния ОПС

Одним из основных показателей, характеризующих экологическое состояние природно-территориальных комплексов, является величина техногенной нагрузки на территорию.

***Нагрузка антропогенная** — степень прямого и косвенного воздействия человека и его деятельности на природные комплексы и отдельные компоненты природной среды.*

Техногенная нагрузка - отражает степень технического освоения окружающей природной среды (ОПС) человеком и уровень ее загрязнения продуктами его жизнедеятельности.

При оценке величины техногенной нагрузки и ее максимального значения следует учитывать что, разные ПТК имеют совершенно разную устойчивость к техногенному воздействию, а также, что сама структура ПТК во многом определяет виды и масштабы этих воздействий. Техногенная нагрузка складывается не только из величины первичного отрицательного воздействия на ОПС, но и из ответной реакции среды, т.е. негативных изменений в состоянии ОПС.

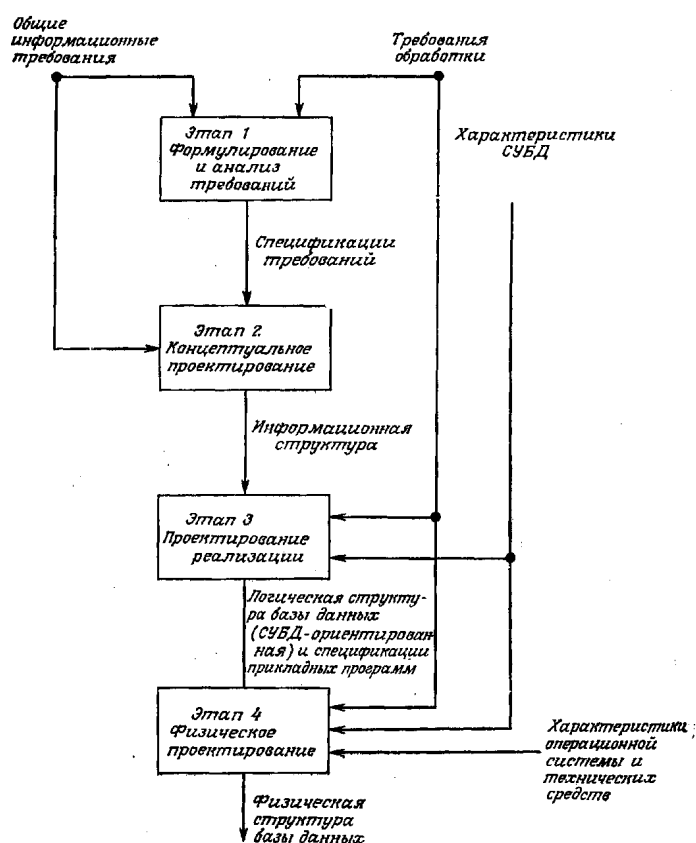
Техногенная нагрузка не может бесконечно увеличиваться. У каждого ПТК есть свой индивидуальный ресурс приспособляемости к антропогенному давлению. Если нагрузка на территорию больше предельно-допустимого значения, происходят часто не обратимые изменения, влекущие за собой вывод данных земель из хозяйственного оборота с их последующей консервацией. Такой прогноз неблагоприятен как в экологическом плане, так и в экономическом. Потеря части продуктивных земель – это, в первую очередь, снижение налоговых поступлений в бюджет, а также увеличение расходов на восстановительные мелиоративные мероприятия.

Определить значение предельно-допустимой техногенной нагрузки на территорию - основная задача современного хозяйствующего человека. Учитывая современный высокий уровень развития компьютерных технологий, большую практическую пользу может оказать создание компьютерного, геоинформационного банка динамических данных по техногенным природно-территориальным комплексам.

Для этого должны быть решены следующие задачи:

- обобщение и систематизация информации о территориях испытывающих техногенную нагрузку;
- наглядное представление пространственно-временной информации о техногенной нагрузке на территорию;
- моделирование и идентификация сложных самоорганизующихся природных объектов по результатам разнородных комплексных наблюдений;
- расчет предельно-допустимой техногенной нагрузки на территорию;
- прогноз экологической ситуации в будущем;
- возможность предсказания природных и техногенных катастроф;
- исследование сложных самоорганизующихся природных объектов с позиции фрактального подхода.

Основные этапы проектирования баз данных



а) формулирование и анализ требований - на этом этапе устанавливаются цели организации, определяются специфичные требования к базе данных, вытекающие из этих целей или сформулированные непосредственно управляющим персоналом организации. Эти требования документируются в форме, доступной как конечному пользователю, так и проектировщику базы данных. Обычно при этом используется методика интервьюирования персонала различных уровней управления и ведущих специалистов организации, участвующих в процессах производства, обслуживания и обработки данных. В результате собеседований определяются информационные потоки, отображающие указанные процессы и их взаимодействие, а также вырабатывается однозначное представление о семантике информационной модели.

б) Концептуальное проектирование - описание и синтез разнообразных информационных требований пользователей в первоначальный проект баз данных. Результатом этого этапа является высокоуровневое представление информационных требований, например, такое как диаграмма «сущность-связь».

в) Проектирование реализации - создание СУБД-ориентированной схемы с использованием в качестве исходных данных результатов концептуального проектирования и требований обработки.

г) Физическое проектирование - *проектирование формата хранимых записей*. Сюда включаются все виды представления и сжатия данных в хранимых записях. Сюда же относится распределение элементов данных записи по различным участкам физической памяти в зависимости от размеров и характеристик их использования.

Анализ и проектирование кластеров. Кластеризация включает размещение экземпляров записей в смежных участках физической памяти, распределение по различным устройствам внешней памяти, выбор размеров блоков с целью эффективной выборки.

Проектирование путей доступа. Сюда включаются такие параметры, от которых в значительной степени зависит стоимость доступа при поиске и обновлении данных (например, логическое упорядочение записей, выбор указателей, методы доступа, техника обработки переполнений).

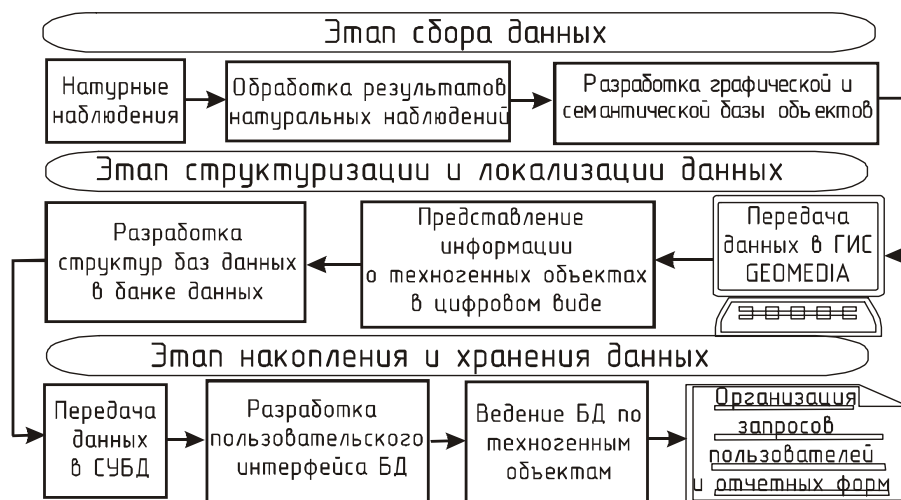


Рис. 6 - Технологическая схема создания банка данных по учету техногенной нагрузки на территорию нефтегазового комплекса.

На этапе «сбора данных» выполняются натурные наблюдения объектов ТПТК. Данные, полученные в результате проведения полевых работ, передаются и обрабатываются в ГИС GeoMedia. Готовой продукцией на этапе «структуризации и локализации данных» является цифровая модель ситуации. Данные о ТПТК представлены послойно, в соответствии с разработанной графической и семантической базой объектов. Основными слоями для отображения пространственных данных являются: геодезические пункты, инженерные коммуникации, промышленные объекты, гидрография, растительность, грунты, элементы орографии. Второй этап завершается передачей данных в систему управления базами данных (СУБД) Access. На этапе накопления и хранения происходит накопление и хранение информации о ТПТК в СУБД. Вся информация хранится в двух пользовательских форматах *.mdb- пользовательский формат Access и *.gws- пользовательский формат GeoMedia. Такая организация данных позволяет оперативно работать как с графической базой данных объектов, так и с

семантической. Возможность создания одновременно нескольких баз данных (хранилищ информации) позволяет организовать геоинформационный банк данных по ТПТК.

Информация в проектируемом БД представлена в следующих видах:

- а) графическая – цифровые модели природных и техногенных объектов на территории месторождения, карты, ортофотопланы, выкопировки карт с изображением кустовых нефтяных площадок, участков коммуникаций и т.п.;
- б) семантическая – информация, которая отображает состояние объекта на текущий момент времени - это таблицы данных с основными характеристиками объектов, хранящихся в БД;
- в) архивная информация – информация, которая «морально устарела» и составляет архив БД. Данная информация служит для анализа изменения ситуации и прогнозного моделирования.
- г) производная информация – информация, полученная на основе анализа и обработки вышеперечисленных видов информации. Производная информация составляет базу знаний проектируемой БД. В базе знаний находятся: прогнозные модели, алгоритмы и программы для вычислений по созданным моделям, результаты вычислительных экспериментов. Текстовые материалы, представляющие собой: описание цели, задач, методов проводимых исследований, а также полученные конкретные результаты - пополняют базу знаний БД.

Основными концептуальными положениями по созданию банка данных для исследования влияния техногенной нагрузки на поведение сложных самоорганизующихся систем с природными компонентами является [130,131]:

- а) ТПТК рассматриваются как сложные открытые нелинейные геодинамические системы (ГДС)– глобальные (планетарные), региональные и локальные. При этом они организованы как иерархические многоуровневые самоорганизующиеся системы;
- б) изучение динамики ТПТК на основе пространственно-временных рядов наблюдений;

в) фрактальность природного мира, подобие части целому, рекурсивная схема формирования ПТК;

г) необходимость создания геоинформационного банка динамических данных в аспекте проектирования динамической геоинформационной системы (ДГИС).

Структурная схема банка данных представлена на рис. 7.

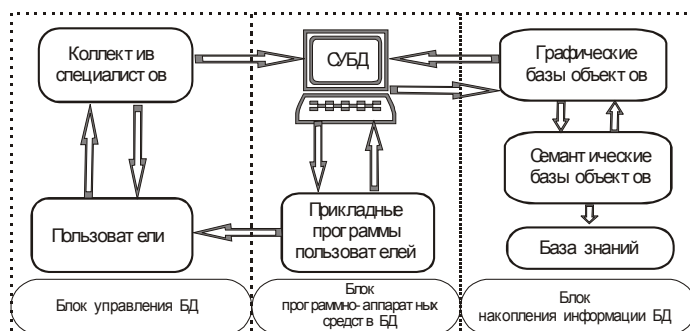


Рис. 7 Структурная схема банка данных техногенной нагрузки на территорию нефтегазового комплекса.

Предметной областью создаваемого БД являются техногенные природно-территориальные комплексы. Для выделения сущностей БД необходимо выполнить классификационный анализ предметной области. Первым шагом классификационного анализа является разделение всей предметной области БД на несколько относительно мало связанных между собой подобластей. В этой связи предлагается информацию о ТПТК разделить на две подобласти: антропогенная среда (среда жизни и деятельности человека) и природная среда (природно-территориальные комплексы).

Внутри каждой подобласти концептуальные связи между элементами, из которых они состоят - сильные, они реализуют логические отношения типа «род-вид», «целое-часть». А связи между подобластями являются ассоциативными (слабыми), что обусловлено различием в происхождении выделенных подобластей.

Следующим шагом анализа является декомпозиция каждой предметной подобласти, направленная на вычленение слагающих её компонентов (частей, подсистем) и видов (подклассов), связанных соответствующими отношениями «целое-часть» и «род-вид» с объектами соседних уровней иерархии. При этом декомпозиция проводится по схеме «от общего к частному». Декомпозиция осуществляет:

1. Выделение элементов предметной подобласти (процессов, объектов и явлений), существенных с точки зрения целей проектируемого банка данных: элементы плановой и высотной основы; рельеф; гидрография и гидротехнические сооружения; населенные пункты; промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты; дорожная сеть и дорожные сооружения; растительный покров и грунты.

2. Вычленение элементов, свойства которых могут быть описаны с помощью данных, полученных на этапе сбора, систематизации и обработки информации о природно-территориальных комплексах: геодинамическая активность территории; фрактальные свойства территории; агроклиматические характеристики; показатели уровня загрязнения ОПС.

Следует отметить, что декомпозиция осуществляется по существенным (с точки зрения поставленных целей) признакам. Поэтому декомпозиция предметной области проводилась в направлении вычленения только тех структурных элементов, которые способны оказывать максимальное влияние на предметную область.

В результате получается система иерархических схем элементов предметной подобласти, представляющая выявленные путем декомпозиции родовидовые отношения (иерархия классов) и отношения «целое-часть» (иерархия частей) между отдельными элементами. На рисунке 8 показана инфологическая модель БД.

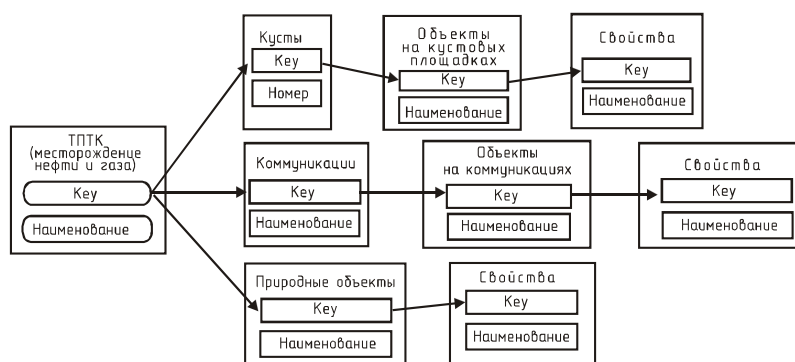


Рис. 8 Инфологическая модель БД техногенной нагрузки на территорию нефтегазового комплекса.

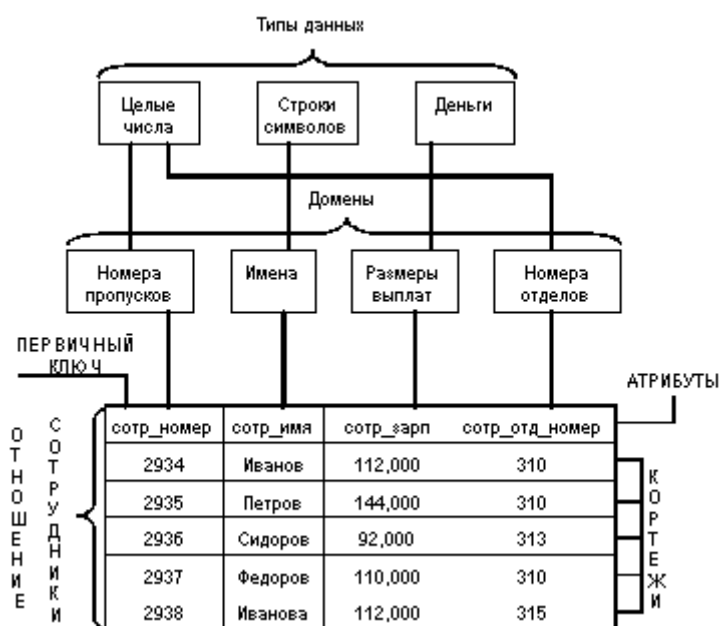
3.2. Базовые понятия реляционных баз данных

Основными понятиями реляционных баз данных являются:

–тип данных,

- домен,
- атрибут,
- кортеж,
- первичный ключ
- отношение.

Для начала покажем смысл этих понятий на примере отношения СТУДЕНТЫ содержащего информацию о студентах ВУЗа:



Тип данных

Понятие *тип данных* в реляционной модели данных полностью соответствует понятию типа данных в языках программирования.

В современных реляционных БД допускается хранение:

- символьных,
- числовых данных,
- битовых строк,
- специализированных числовых данных (таких как "деньги"),
- а также специальных данных (дата, время, временной интервал).

В нашем примере мы имеем дело с данными трех типов: строки символов, целые числа и "деньги".

Домен

В общем виде домен определяется заданием некоторого базового типа данных, к которому относятся элементы домена, и произвольного логического выражения, применяемого к элементу типа данных. Если вычисление этого логического выражения дает результат "истина", то элемент данных является элементом домена.

Интуитивно - домен понимается как допустимое потенциальное множество значений данного типа.

Например, домен "Имена" в нашем примере определен на базовом типе строк символов, но в число его значений могут входить только те строки, которые могут изображать имя (в частности, такие строки не могут начинаться с мягкого знака).

Данные считаются сравнимыми только в том случае, когда они относятся к одному домену. В нашем примере значения доменов "Номера зачетных книжек" и "Номера групп" относятся к типу целых чисел, но не являются сравнимыми.

Схема отношения, схема базы данных

Схема отношения - это именованное множество пар {имя атрибута, имя домена}.

Степень схемы (-арность) отношения - мощность этого множества.

Степень отношения СТУДЕНТЫ равна четырем, то есть оно является 4-арным.

Схема БД (в структурном смысле) - это набор именованных схем отношений.

Кортеж, отношение

Кортеж, соответствующий данной схеме отношения, - это множество пар {имя атрибута, значение}, которое содержит одно вхождение каждого имени атрибута, принадлежащего схеме отношения. "Значение" является допустимым значением домена данного атрибута (или типа данных, если понятие домена не поддерживается). Тем самым, степень или "арность" кортежа, т.е. число элементов в нем, совпадает с "арностью" соответствующей схемы отношения.

Кортеж - это набор именованных значений заданного типа.

Отношение - это множество кортежей, соответствующих одной схеме отношения.

Иногда, чтобы не путаться, говорят "отношение-схема" и "отношение-экземпляр", иногда схему отношения называют заголовком отношения, а отношение как набор кортежей - телом отношения. На самом деле, понятие схемы отношения ближе всего

к понятию структурного типа данных в языках программирования. Было бы вполне логично разрешать отдельно определять схему отношения, а затем одно или несколько отношений с данной схемой.

Однако в реляционных базах данных это не принято. Имя схемы отношения в таких базах данных всегда совпадает с именем соответствующего отношения-экземпляра. В классических реляционных базах данных после определения схемы базы данных изменяются только отношения-экземпляры. В них могут появляться новые и удаляться или модифицироваться существующие кортежи. Однако во многих реализациях допускается и изменение схемы базы данных: определение новых и изменение существующих схем отношения. Это принято называть *эволюцией схемы базы данных*.

Обычным житейским представлением отношения является таблица, заголовком которой является схема отношения, а строками - кортежи отношения-экземпляра; в этом случае имена атрибутов именуют столбцы этой таблицы. Поэтому иногда говорят "столбец таблицы", имея в виду "атрибут отношения". Когда мы перейдем к рассмотрению практических вопросов организации реляционных баз данных и средств управления, мы будем использовать эту житейскую терминологию. Этой терминологии придерживаются в большинстве коммерческих реляционных СУБД. Реляционная база данных - это набор отношений, имена которых совпадают с именами схем отношений в схеме БД.

Как видно, основные структурные понятия реляционной модели данных (если не считать понятия домена) имеют очень простую интуитивную интерпретацию, хотя в теории реляционных БД все они определяются абсолютно формально и точно.

3.3 Инфологическая модель данных "Сущность-связь"

Цель инфологического моделирования – обеспечение наиболее естественных для человека способов сбора и представления той информации, которую предполагается хранить в создаваемой базе данных. Поэтому инфологическую модель данных пытаются строить по аналогии с естественным языком (последний не может быть использован в чистом виде из-за сложности компьютерной обработки текстов и неоднозначности любого естественного языка). Основными конструктивными

элементами инфологических моделей являются сущности, связи между ними и их свойства (атрибуты).

Сущность – любой различимый объект (объект, который мы можем отличить от другого), информацию о котором необходимо хранить в базе данных. Сущностями могут быть люди, места, самолеты, рейсы, вкус, цвет и т.д. Необходимо различать такие понятия, как *тип сущности* и *экземпляр сущности*. Понятие тип сущности относится к набору однородных личностей, предметов, событий или идей, выступающих как целое. Экземпляр сущности относится к конкретной вещи в наборе. Например, типом сущности может быть ГОРОД, а экземпляром – Москва, Киев и т.д.

Атрибут – поименованная характеристика сущности. Его наименование должно быть уникальным для конкретного типа сущности, но может быть одинаковым для различного типа сущностей (например, ЦВЕТ может быть определен для многих сущностей: СОБАКА, АВТОМОБИЛЬ, ДЫМ и т.д.). Атрибуты используются для определения того, какая информация должна быть собрана о сущности.

Примерами атрибутов для сущности АВТОМОБИЛЬ являются ТИП, МАРКА, НОМЕРНОЙ ЗНАК, ЦВЕТ и т.д. Здесь также существует различие между типом и экземпляром. Тип атрибута ЦВЕТ имеет много экземпляров или значений: Красный, Синий, Банановый, Белая ночь и т.д., однако каждому экземпляру сущности присваивается только одно значение атрибута.

Абсолютное различие между типами сущностей и атрибутами отсутствует. Атрибут является таковым только в связи с типом сущности. В другом контексте атрибут может выступать как самостоятельная сущность. Например, для автомобильного завода цвет – это только атрибут продукта производства, а для лакокрасочной фабрики цвет – тип сущности.

Ключ – минимальный набор атрибутов, по значениям которых можно однозначно найти требуемый экземпляр сущности. Минимальность означает, что исключение из набора любого атрибута не позволяет идентифицировать сущность по оставшимся. Для сущности Расписание ключом является атрибут Номер_рейса или набор:

Пункт_отправления, Время_вылета и Пункт_назначения (при условии, что из пункта в пункт вылетает в каждый момент времени один самолет).

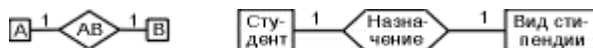
Связь – ассоциирование двух или более сущностей. Если бы назначением базы данных было только хранение отдельных, не связанных между собой данных, то ее структура могла бы быть очень простой. Однако одно из основных требований к организации базы данных – это обеспечение возможности отыскания одних сущностей по значениям других, для чего необходимо установить между ними определенные связи. А так как в реальных базах данных нередко содержатся сотни или даже тысячи сущностей, то теоретически между ними может быть установлено более миллиона связей. Наличие такого множества связей и определяет сложность инфологических моделей.

3.4 Характеристика связей и язык моделирования

При построении инфологических моделей можно использовать язык *ER-диаграмм* (от англ. Entity-Relationship, т.е. сущность-связь). В них сущности изображаются помеченными прямоугольниками, ассоциации – помеченными ромбами или шестиугольниками, атрибуты – помеченными овалами, а связи между ними – ненаправленными ребрами, над которыми может проставляться степень связи (1 или буква, заменяющая слово "много") и необходимое пояснение.

Между двумя сущностям, например, А и В возможны четыре вида связей.

Первый тип – связь ОДИН-К-ОДНОМУ (1:1): в каждый момент времени каждому представителю (экземпляру) сущности А соответствует 1 или 0 представителей сущности В:



Студент может не "заработать" стипендию, получить обычную или одну из повышенных стипендий.

Второй тип – связь ОДИН-КО-МНОГИМ (1:M): одному представителю сущности А соответствуют 0, 1 или несколько представителей сущности В.



Квартира может пустовать, в ней может жить один или несколько жильцов.

Так как между двумя сущностями возможны связи в обоих направлениях, то существует еще два типа связи МНОГИЕ-К-ОДНОМУ (M:1) и МНОГИЕ-КО-МНОГИМ (M:N).

Пример. Если связь между сущностями МУЖЧИНЫ и ЖЕНЩИНЫ называется БРАК, то существует четыре возможных представления такой связи:



Характер связей между сущностями не ограничивается перечисленными. Существуют и более сложные связи:

- множество связей между одними и теми же сущностями



(пациент, имея одного лечащего врача, может иметь также несколько врачей-консультантов; врач может быть лечащим врачом нескольких пациентов и может одновременно консультировать несколько других пациентов);

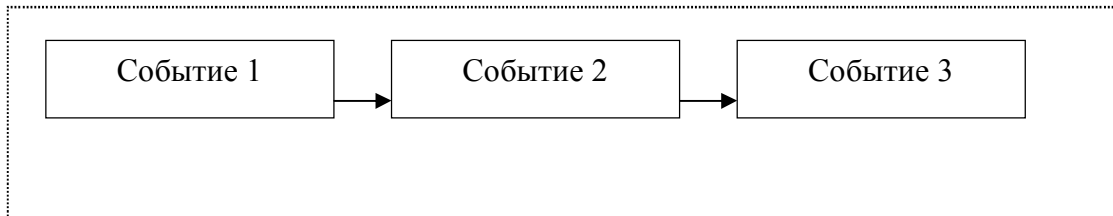
- транзитивные связи



(врач может назначить несколько пациентов на несколько анализов, анализ может быть назначен несколькими врачами нескольким пациентам и пациент может быть назначен на несколько анализов несколькими врачами);

Данные и ЭВМ

Восприятие реального мира можно соотнести с последовательностью разных, хотя иногда и взаимосвязанных, явлений. С давних времен люди пытались описать эти явления (даже тогда, когда не могли их понять). Такое описание называют *данными*.



ДАННЫЕ – описания явлений (событий)

Традиционно фиксация данных осуществляется с помощью конкретного средства общения (например, с помощью естественного языка или изображений) на конкретном носителе (например, камне или бумаге). Обычно данные (факты, явления, события, идеи или предметы) и их интерпретация (семантика) фиксируются совместно, так как естественный язык достаточно гибок для представления того и другого. Примером может служить утверждение "Стоимость авиабилета 128". Здесь "128" – данное, а "Стоимость авиабилета" – его семантика.

Нередко данные и интерпретация разделены. Например, "Расписание движения самолетов" может быть представлено в виде таблицы, в верхней части которой (отдельно от данных) приводится их интерпретация. Такое разделение затрудняет работу с данными (попробуйте быстро получить сведения из нижней части таблицы).

Интерпретация							
мер рейса	и недели	нкт отправления	емя вылета	нкт назначения	емя прибытия	п самолета	оимость билета
Данные							
138	2_4_7	Баку	21.12	Москва	0.52	ИЛ-86	115.00
57	3_6	Ереван	7.20	Киев	9.25	ТУ-154	92.00
578	2_4_6	Таллинн	6.30	Рига	7.37	АН-24	21.50

К разделению данных и их интерпретации

Применение ЭВМ для ведения (* Ведение (сопровождение, поддержка) данных – термин объединяющий действия по добавлению, удалению или изменению хранимых

данных.) и обработки данных обычно приводит к еще большему разделению данных и интерпретации. ЭВМ имеет дело главным образом с данными как таковыми. Большая часть интерпретирующей информации вообще не фиксируется в явной форме (ЭВМ не "знает", является ли "21.50" стоимостью авиабилета или временем вылета). Почему же это произошло?

Существует, по крайней мере, две исторические причины, по которым применение ЭВМ привело к отделению данных от интерпретации.

Во-первых, ЭВМ не обладали достаточными возможностями для обработки текстов на естественном языке – основном языке интерпретации данных.

Во-вторых, стоимость памяти ЭВМ была первоначально весьма велика. Память использовалась для хранения самих данных, а интерпретация традиционно возлагалась на пользователя. Пользователь закладывал интерпретацию данных в свою программу, которая "знала", например, что шестое вводимое значение связано со временем прибытия самолета, а четвертое – со временем его вылета. Это существенно повышало роль программы, так как вне интерпретации данные представляют собой не более чем совокупность битов на запоминающем устройстве. Жесткая зависимость между данными и использующими их программами создает серьезные проблемы в ведении данных и делает использования их менее гибкими.

Нередки случаи, когда пользователи одной и той же ЭВМ создают и используют в своих программах разные наборы данных, содержащие сходную информацию. Иногда это связано с тем, что пользователь не знает (либо не захотел узнать), что в соседней комнате или за соседним столом сидит сотрудник, который уже давно ввел в ЭВМ нужные данные.

Чаще потому, что при совместном использовании одних и тех же данных возникает масса проблем.

Разработчики прикладных программ (написанных, например, на Бейсике, Паскале или Си) размещают нужные им данные в файлах, организуя их наиболее удобным для себя образом. При этом одни и те же данные могут иметь в разных приложениях совершенно разную организацию (разную последовательность размещения в записи, разные форматы одних и тех же полей и т.п.). Обобществить такие данные

чрезвычайно трудно: например, любое изменение структуры записи файла, производимое одним из разработчиков, приводит к необходимости изменения другими разработчиками тех программ, которые используют записи этого файла.

3.5 Концепция баз данных

Активная деятельность по отысканию приемлемых способов обобществления непрерывно растущего объема информации привела к созданию в начале **60-х годов** специальных программных комплексов, называемых **"Системы управления базами данных"** (СУБД).

Файлы, снабженные описанием хранимых в них данных и находящиеся под управлением СУБД, стали называть **«Банки данных»**, а затем **"Базы данных"** (БД).

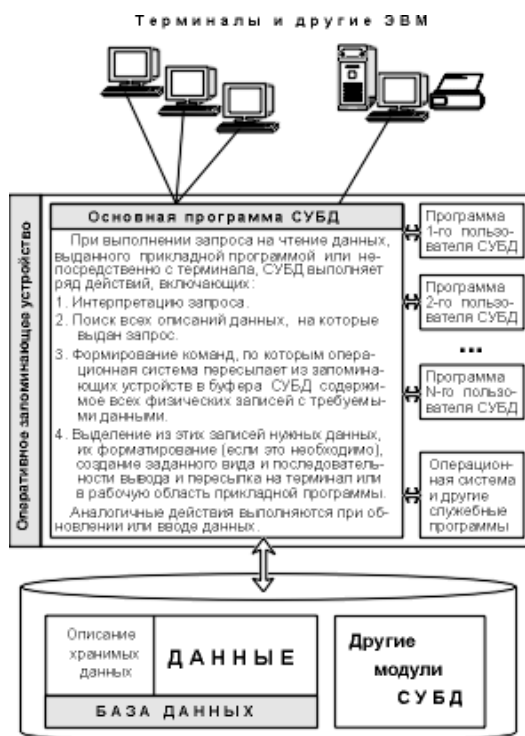


Рис. 9 Связь программ и данных при использовании СУБД

3.6 Архитектура СУБД

СУБД должна предоставлять доступ к данным любым пользователям, включая и тех, которые практически не имеют и (или) не хотят иметь представления о:

- физическом размещении в памяти данных и их описаний;
- механизмах поиска запрашиваемых данных;

- проблемах, возникающих при одновременном запросе одних и тех же данных многими пользователями (прикладными программами);
- способах обеспечения защиты данных от некорректных обновлений и (или) несанкционированного доступа;
- поддержании баз данных в актуальном состоянии и множестве других функций СУБД.

Естественно, что проект базы данных надо начинать с анализа предметной области и выявления требований к ней отдельных пользователей (сотрудников организации, для которых создается база данных). Подробнее этот процесс будет рассмотрен ниже, а здесь отметим, что проектирование обычно поручается человеку (группе лиц) – *администратору базы данных (АБД)*. Им может быть как специально выделенный сотрудник организации, так и будущий пользователь базы данных, достаточно хорошо знакомый с машинной обработкой данных.

Объединяя частные представления о содержимом базы данных, полученные в результате опроса пользователей, и свои представления о данных, которые могут потребоваться в будущих приложениях, АБД сначала создает обобщенное неформальное описание создаваемой базы данных. Это описание, выполненное с использованием естественного языка, математических формул, таблиц, графиков и других средств, понятных всем людям, работающим над проектированием базы данных, называют *инфологической моделью данных*.

Такая человеко-ориентированная модель полностью независима от физических параметров среды хранения данных. В конце концов, этой средой может быть память человека, а не ЭВМ. Поэтому инфологическая модель не должна изменяться до тех пор, пока какие-то изменения в реальном мире не потребуют изменения в ней некоторого определения, чтобы эта модель продолжала отражать предметную область.

Остальные модели, являются компьютеро-ориентированными. С их помощью СУБД дает возможность программам и пользователям осуществлять доступ к хранимым данным лишь по их именам, не заботясь о физическом расположении этих данных.

Нужные данные отыскиваются СУБД на внешних запоминающих устройствах по *физической модели данных*.

Так как указанный доступ осуществляется с помощью конкретной СУБД, то модели должны быть описаны на *языке описания данных* этой СУБД. Такое описание, создаваемое АБД по инфологической модели данных, называют *даталогической моделью данных*

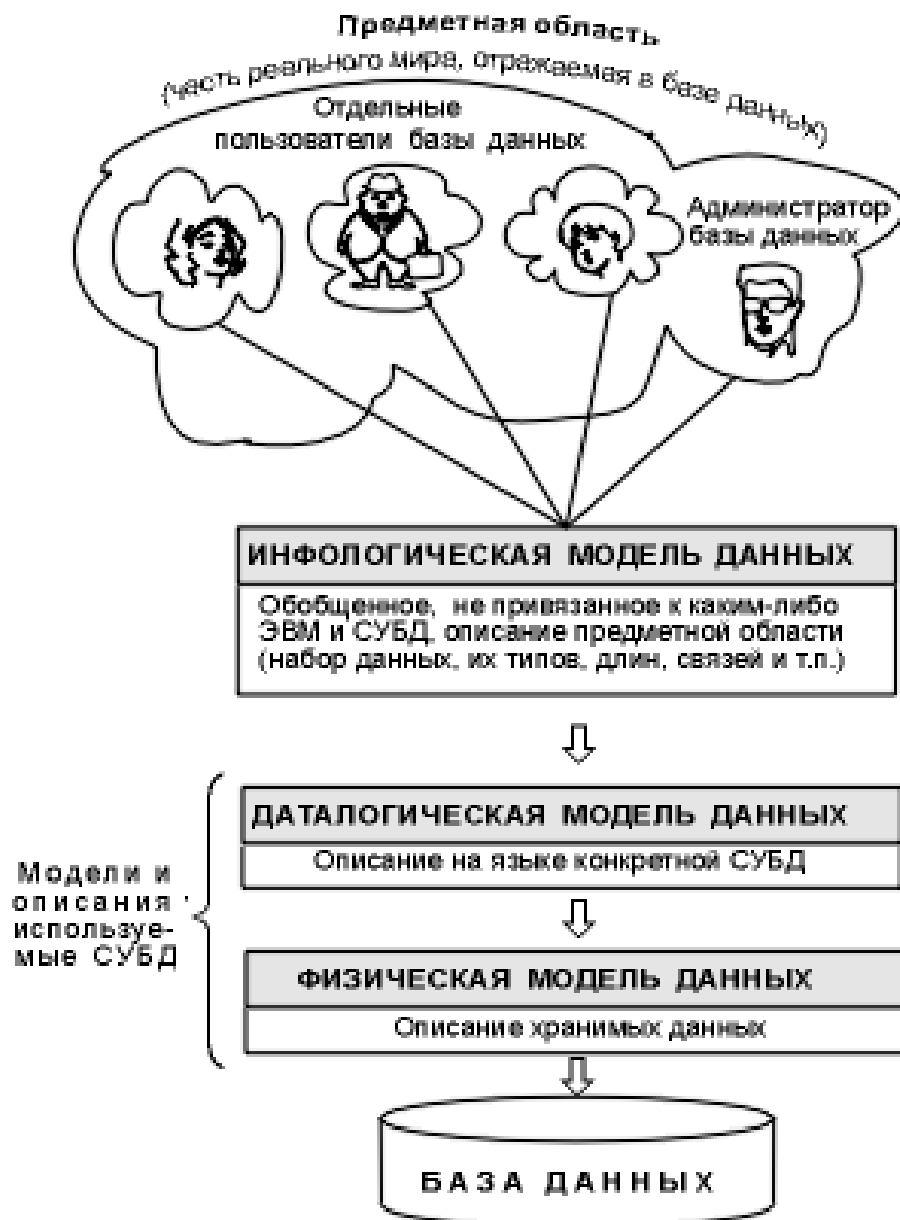


Рис. 10 Уровни моделей данных

Трехуровневая архитектура (инфологический, даталогический и физический уровни) позволяет обеспечить *независимость хранимых данных* от использующих их программ.

АБД может при необходимости переписать хранимые данные на другие носители информации и (или) реорганизовать их физическую структуру, изменив лишь физическую модель данных. АБД может подключить к системе любое число новых пользователей (новых приложений), дополнив, если надо, даталогическую модель. Указанные изменения физической и даталогической моделей не будут замечены существующими пользователями системы (окажутся "прозрачными" для них), так же как не будут замечены и новые пользователи. Следовательно, независимость данных обеспечивает возможность развития системы баз данных без разрушения существующих приложений.

3.7 Классификации Баз данных

По технологии обработки данных БД:

- централизованные – данные хранятся в памяти одной ВС – локальные сети;
- распределенные – данные хранятся в различных ЭВМ ВС. Управление – СУРБД.

По способу доступа к данным БД:

- с локальным доступом;
- с удаленным сетевым доступом.

Архитектуры централизованных БД с сетевым доступом:

- файл-сервер;
- клиент-сервер.

Модели данных

Инфологическая модель отображает реальный мир в некоторые понятные человеку концепции, полностью независимые от параметров среды хранения данных. Существует множество подходов к построению таких моделей: графовые модели, семантические сети, модель "сущность-связь" и т.д. Наиболее популярной из них оказалась модель "сущность-связь".

Инфологическая модель должна быть отображена в компьютеро-ориентированную даталогическую модель, "понятную" СУБД. В процессе развития теории и

практического использования баз данных, а также средств вычислительной техники создавались СУБД, поддерживающие различные даталогические модели.

Сначала стали использовать иерархические даталогические модели. Простота организации, наличие заранее заданных связей между сущностями, сходство с физическими моделями данных позволяли добиваться приемлемой производительности иерархических СУБД на медленных ЭВМ с весьма ограниченными объемами памяти. Но, если данные не имели древовидной структуры, то возникала масса сложностей при построении иерархической модели и желании добиться нужной производительности.

Сетевые модели также создавались для мало ресурсных ЭВМ. Это достаточно сложные структуры, состоящие из "наборов" – поименованных двухуровневых деревьев. "Наборы" соединяются с помощью "записей-связок", образуя цепочки и т.д. При разработке сетевых моделей было выдуманно множество "маленьких хитростей", позволяющих увеличить производительность СУБД, но существенно усложнивших последние. Прикладной программист должен знать массу терминов, изучить несколько внутренних языков СУБД, детально представлять логическую структуру базы данных для осуществления навигации среди различных экземпляров, наборов, записей и т.п. Один из разработчиков операционной системы UNIX сказал "Сетевая база – это самый верный способ потерять данные".

Сложность практического использования иерархических и сетевых СУБД заставляла искать иные способы представления данных. В конце 60-х годов появились СУБД на основе инвертированных файлов, отличающиеся простотой организации и наличием весьма удобных языков манипулирования данными. Однако такие СУБД обладают рядом ограничений на количество файлов для хранения данных, количество связей между ними, длину записи и количество ее полей. Сегодня наиболее распространены реляционные модели.

Физическая организация данных оказывает основное влияние на эксплуатационные характеристики БД. Разработчики СУБД пытаются создать наиболее производительные физические модели данных, предлагая пользователям тот или иной инструментарий для поднастройки модели под конкретную БД. Существует

большое разнообразие способов корректировки физических моделей современных промышленных СУБД.

3.8 Фундаментальные свойства отношений

Рассмотрим некоторые важные свойства отношений, которые следуют из приведенных ранее определений:

Отсутствие кортежей-дубликатов

Свойство, что отношения не содержат кортежей-дубликатов, следует из определения отношения как множества кортежей. В классической теории множеств по определению каждое множество состоит из различных элементов.

Из этого свойства вытекает наличие у каждого отношения так называемого первичного ключа - набора атрибутов, значения которых однозначно определяют кортеж отношения. Для каждого отношения по крайней мере полный набор его атрибутов обладает этим свойством. Однако при формальном определении первичного ключа требуется обеспечение его "минимальности", т.е. в набор атрибутов первичного ключа не должны входить такие атрибуты, которые можно отбросить без ущерба для основного свойства - однозначно определять кортеж.

Понятие *первичного ключа* является исключительно важным в связи с понятием целостности баз данных.

Забегая вперед, заметим, что во многих практических реализациях РСУБД допускается нарушение свойства уникальности кортежей для промежуточных отношений, порождаемых неявно при выполнении запросов. Такие отношения являются не множествами, а мультимножествами, что в ряде случаев позволяет добиться определенных преимуществ, но иногда приводит к серьезным проблемам.

Отсутствие упорядоченности кортежей

Свойство отсутствия упорядоченности кортежей отношения также является следствием определения отношения-экземпляра как множества кортежей. Отсутствие требования к поддержанию порядка на множестве кортежей отношения дает дополнительную гибкость СУБД при хранении баз данных во внешней памяти и при выполнении запросов к базе данных. Это не противоречит тому, что при формулировании запроса к БД, например, на языке SQL можно потребовать

сортировки результирующей таблицы в соответствии со значениями некоторых столбцов. Такой результат, вообще говоря, не отношение, а некоторый упорядоченный список кортежей.

Отсутствие упорядоченности атрибутов

Атрибуты отношений не упорядочены, поскольку по определению схема отношения есть множество пар {имя атрибута, имя домена}. Для ссылки на значение атрибута в кортеже отношения всегда используется имя атрибута. Это свойство теоретически позволяет, например, модифицировать схемы существующих отношений не только путем добавления новых атрибутов, но и путем удаления существующих атрибутов. Однако в большинстве существующих систем такая возможность не допускается, и хотя упорядоченность набора атрибутов отношения явно не требуется, часто в качестве неявного порядка атрибутов используется их порядок в линейной форме определения схемы отношения.

Атомарность значений атрибутов

Значения всех атрибутов являются атомарными. Это следует из определения домена как потенциального множества значений простого типа данных, т.е. среди значений домена не могут содержаться множества значений (отношения). Принято говорить, что в реляционных базах данных допускаются только нормализованные отношения или отношения, представленные в первой нормальной форме. Потенциальным примером ненормализованного отношения является следующее:

Можно сказать, что здесь мы имеем бинарное отношение, значениями атрибута

НОМЕР_ОТДЕЛА	ОТДЕЛ		
	СОТР_НОМЕР	СОТР_ИМЯ	СОТР_ЗАРП
310	2934	Иванов	112,000
	2935	Петров	112,500
313	2937	Федоров	110,000
315	2938	Иванова	112,000

Группы которого являются отношения. Заметим, что исходное отношение Студенты является нормализованным вариантом отношения Группы:

Нормализованные отношения составляют основу классического реляционного подхода к организации баз данных.

Они обладают некоторыми ограничениями (не любую информацию удобно представлять в виде плоских таблиц), но существенно упрощают манипулирование данными.

Рассмотрим, например, два идентичных оператора занесения кортежа:

Зачислить Кузнецова (пропуск номер 3000, зарплата 115,000) в группу номер 320 и

Зачислить Кузнецова (пропуск номер 3000, зарплата 115,000) в группу номер 310.

Если информация о сотрудниках представлена в виде отношения СОТРУДНИКИ, оба оператора будут выполняться одинаково (вставить кортеж в отношение СОТРУДНИКИ). Если же работать с ненормализованным отношением ОТДЕЛЫ, то первый оператор выразится в занесение кортежа, а второй - в добавление информации о Кузнецове в множественное значение атрибута ОТДЕЛ кортежа с первичным ключом.

Правила Кодда

Двенадцать правил Кодда определяют требования к реляционным СУБД.

1. *Явное представление данных.* Информация должна быть представлена в виде данных, хранящихся в ячейках,
2. *Гарантированный доступ к данным.* К каждому элементу данных должен быть обеспечен доступ с помощью комбинации имени таблицы, первичного ключа строки и имени столбца.
3. *Полная обработка неопределенных значений.* Неопределенные значения Null, отличные от любого определенного значения, должны поддерживаться для всех типов данных при выполнении любых операций.
4. *Доступ к описанию базы данных в терминах реляционной модели.* Словарь данных активной базы данных должен сохраняться в форме таблицы, и СУБД должна поддерживать доступ к нему при помощи стандартных языковых средств доступа к таблицам.

5. *Полнота подмножества языка.* Язык управления данными и язык определения данных должны поддерживать все операции доступа к данным и быть единственным средством такого доступа, кроме, возможно, операций низшего уровня (см. правило 12).

6. *Возможность обновления представлений.* Все представления, подлежащие обновлению должны быть доступны для этого.

7. *Наличие высокоуровневых операций управления и данными.* Операции вставки, обновления и удаления должны применяться к таблице в целом.

8. *Физическая независимость данных.* Прикладные программы не должны зависеть от используемых способов хранения данных на носителях и методов обращения к ним.

9. *Логическая независимость данных.* Прикладные программы не должны зависеть от логических ограничений.

10. *Независимость контроля целостности.* Всё необходимое для поддержания целостности данных должно храниться в словаре данных.

11. *Дистрибутивная независимость.* Реляционная база данных должна быть переносимой и способной к распространению.

12. *Согласование языковых уровней.* Если реляционная СУБД допускает использование низкоуровневого языка доступа (элемент доступа – запись), последний не должен совершать операций, противоречащих требованию правил безопасности и поддержания целостности данных, которые соблюдаются языком более высокого уровня.

Все это Кодд суммировал в *правиле 0*: для того чтобы систему можно было квалифицировать как реляционную СУБД, она должна использовать для управления базой данных исключительно реляционные функции.

4.Обработка данных в ГИС

4.1 Компьютерная графика в ГИС-технологиях

Рекомендуемая литература по компьютерной графике

1. Алиев В.Э. Обработка графической информации на ПЭВМ. - М.: МФТИ, 1997. - 506 с.
2. Корриган Дж. Компьютерная графика: Секреты и решения: Пер с англ. - М.: Энтроп, 1995, - 352 с.
- 3.Шикин Е.В., Боресков А.В. Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения. - М.: «ДИАЛОГ-МИФИ», 1995. - 288 с.
4. Сибил Айриг, Сибил Эмиль Сканирование. Профессиональный подход.
5. Сибил Айриг, Сибил Эмиль: Подготовка цифровых изображений для печати.
6. Джеймс Д. Мюррей: Энциклопедия форматов графических файлов.

Компьютерная графика – современная технология создания различных изображений с помощью аппаратных и программных средств компьютера, отображения их на экране монитора, сохранения в файле или печати на принтере.

Существует два способа представления графических изображений: **растровый и векторный**. Соответственно различают растровый и векторный форматы графических файлов, содержащих информацию графического изображения.

Растровые форматы применяют для изображений со сложными гаммами цветов, оттенков и форм. Это такие изображения, как фотографии, рисунки, отсканированные данные.

Векторные форматы применимы для чертежей и изображений с простыми формами, тенями и окраской.

Растровая графика

Наиболее просто реализовать растровое представление изображения. **Растр**, или **растровый массив** (bitmap), представляет совокупность битов, расположенных на сетчатом поле-канве. Бит может быть включен (единичное состояние) или выключен (нулевое состояние). Состояния битов можно использовать для представления черного или белого цветов, так что, соединив на канве несколько битов, можно создать изображение из черных и белых точек.

Растровое изображение напоминает лист клетчатой бумаги, на котором каждая клеточка закрашена черным или белым цветом, в совокупности формируя рисунок.

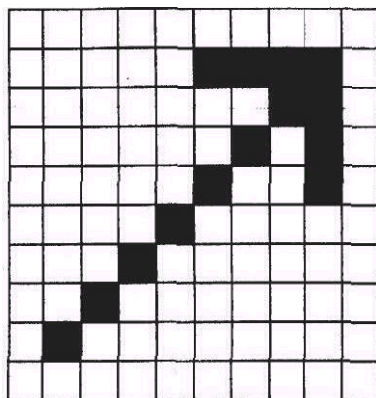


Рис. 11 растровое изображение

Основным элементом растрового изображения является **пиксел** (*pixel*). Под этим термином различают несколько понятий:

- 1) отдельный элемент растрового изображения,
- 2) отдельная точка на экране монитора,
- 3) отдельная точка на изображении, напечатанном принтером.

На практике эти понятия обозначают так:

- *пиксел* — отдельный элемент растрового изображения;
- *видеопиксел* — элемент изображения на экране монитора;
- *точка* — отдельная точка, создаваемая принтером или фотонаборным автоматом.

Цвет каждого пиксела растрового изображения — черный, белый, серый или любой из спектра — запоминается с помощью комбинации битов. Чем больше битов используется, тем большее количество оттенков цветов для каждого пиксела можно получить. Число битов, используемых компьютером для хранения информации о каждом пикселе, называется *битовой глубиной* или *глубиной цвета*.

Наиболее простой тип растрового изображения состоит из пикселей, имеющих два возможных цвета — черный и белый. Для хранения такого типа пикселей требуется один бит в памяти компьютера, поэтому изображения, состоящие из пикселей такого вида, называются 1-битовыми изображениями.

Число возможных и доступных цветов или градаций серого цвета каждого пикселя равно двум в степени, равной количеству битов, отводимых для каждого пикселя.

24 бита обеспечивают более 16 миллионов цветов. О 24-битовых изображениях говорят как об изображениях с естественными цветами, так как такого количества цветов более чем достаточно, чтобы отобразить всевозможные цвета, которые способен различать человеческий глаз.

Основной *недостаток* растровой графики состоит в том, что каждое изображение для своего хранения требует большое количество памяти. Простые растровые картинки, такие как копии экрана компьютера или черно-белые изображения, занимают до нескольких сотен килобайтов памяти. Детализированные высококачественные рисунки, например, сделанные с помощью сканеров с высокой разрешающей способностью, занимают уже десятки мегабайтов. Для разрешения проблемы обработки объемных (в смысле затрат памяти) изображений используются два основных способа:

- увеличение памяти компьютера;
- сжатие изображений.

Другим недостатком растрового представления изображений является снижение качества изображений при масштабировании.

4.2 Векторная графика

Векторное представление, в отличие от растровой графики, определяет описание изображения в виде линий и фигур, возможно, с закрашенными областями, заполняемыми сплошным или градиентным цветом. Для многих видов изображений использование математических описаний является более простым способом.

В векторной графике для описания объектов используются комбинации компьютерных команд и математических формул для описания объектов. Это позволяет различным устройствам компьютера, таким как монитор и принтер, при рисовании этих Объектов вычислять, где необходимо помещать реальные точки.

Векторную графику часто называют объектно-ориентированной или чертежной графикой. Имеется ряд простейших объектов, или *примитивов*, например: эллипс,

прямоугольник, линия. Эти примитивы и их комбинации используются для создания более сложных изображений. Если посмотреть содержание файла векторной графики, обнаруживается сходство с программой. Он может содержать команды, похожие на слова, и данные в кодах ASCII, поэтому векторный файл можно отредактировать с помощью текстового редактора. Приведем в условном упрощенном виде команды, описывающие окружность:

- объект - окружность;
- центр - 50, 70; радиус — 40;
- линия: цвет — черный, толщина — 0.50;
- заливка - нет.

Данный пример показывает основное *достоинство* векторной графики — описание объекта является простым и занимает мало памяти. Для описания этой же окружности средствами растровой графики потребовалось бы запомнить каждую отдельную точку изображения, что заняло бы гораздо больше памяти.

Кроме того, векторная графика в сравнении с растровой имеет следующие преимущества:

- простота масштабирования изображения без ухудшения его качества;
- независимость объема памяти, требуемой для хранения изображения, от выбранной цветовой модели.

Недостатком векторных изображений является их некоторая искусственность, заключающаяся в том, что любое изображение необходимо разбить на конечное множество составляющих его примитивов.

Растровая и векторная графика существуют не обособлено друг от друга. Так, векторные рисунки могут включать в себя и растровые изображения. Кроме того, векторные и растровые изображения могут быть преобразованы друг в друга — в этом случае говорят о конвертации графических файлов в другие форматы. Достаточно просто выполняется преобразование векторных изображений в растровые. Не всегда осуществимо преобразование растровой графики в векторную, так как для этого растровая картинка должна содержать линии, которые могут быть идентифицированы программой конвертации как векторные примитивы. Это

касается, например, высококачественных фотографий, когда каждый пиксел отличается от соседних.

Разрешающая способность

Разрешающая способность — это количество элементов в заданной области. Этот термин применим ко многим понятиям, например, таким как:

- разрешающая способность графического изображения;
- разрешающая способность принтера как устройства вывода;
- разрешающая способность мыши как устройства ввода.

Например, разрешающая способность лазерного принтера может быть задана 300 dpi (dot per inch — точек на дюйм), что означает способность принтера напечатать на отрезке в один дюйм 300 отдельных точек. В этом случае элементами изображения являются лазерные точки, а размер изображения измеряется в дюймах.

Разрешающая способность графического изображения измеряется в пикселах на дюйм (дюйм — 2,54 см). Пиксел в компьютерном файле не имеет определенного размера, так как хранит лишь информацию о своем цвете. Физический размер пиксел приобретает при отображении на конкретном устройстве вывода, например, на мониторе или принтере.

При выводе векторного рисунка используется максимальное разрешение устройства вывода. При этом команды, описывающие изображение, сообщают устройству вывода положение и размеры какого-либо объекта, а устройство для его прорисовки использует максимально возможное количество точек. Таким образом, векторный объект, например, окружность, распечатанная на принтерах разного качества, имеет на листе бумаги одинаковые положение и размеры. Однако более гладко окружность выглядит при печати на принтере с большей разрешающей способностью, так как состоит из большего количества точек принтера.

Значительно большее влияние разрешающая способность устройства вывода оказывает на вывод растрового рисунка. Если в файле растрового изображения не определено, сколько пикселей на дюйм должно создавать устройство вывода, то по умолчанию для каждого пикселя используется минимальный размер. В случае лазерного принтера минимальным элементом служит лазерная точка, в мониторе —

видеопиксел. Так как устройства вывода отличаются размерами минимального элемента, который может быть ими создан, то размер растрового изображения при выводе на различных устройствах также будет неодинаков.

Цвета

Некоторые предметы видимы потому, что излучают свет, а другие — потому, что его отражают. Когда предметы излучают свет, они приобретают в нашем восприятии тот цвет, который видит глаз человека. Когда предметы отражают свет, то их цвет определяется цветом падающего на них света и цветом, который эти объекты отражают.

Излучаемый свет выходит из активного источника, например, экрана монитора. Отраженный свет отражается от поверхности объекта, например, листа бумаги.

Существуют два метода описания цвета: система аддитивных и субтрактивных цветов. **Система аддитивных цветов** работает с излучаемым светом. *Аддитивный цвет* получается при объединении разноцветных лучей света. В системе используются три основных цвета: красный, зеленый и синий (Red, Green, Blue — **RGB**). При смешивании их в разных пропорциях получается соответствующий цвет. Отсутствие этих цветов представляет в системе черный цвет.

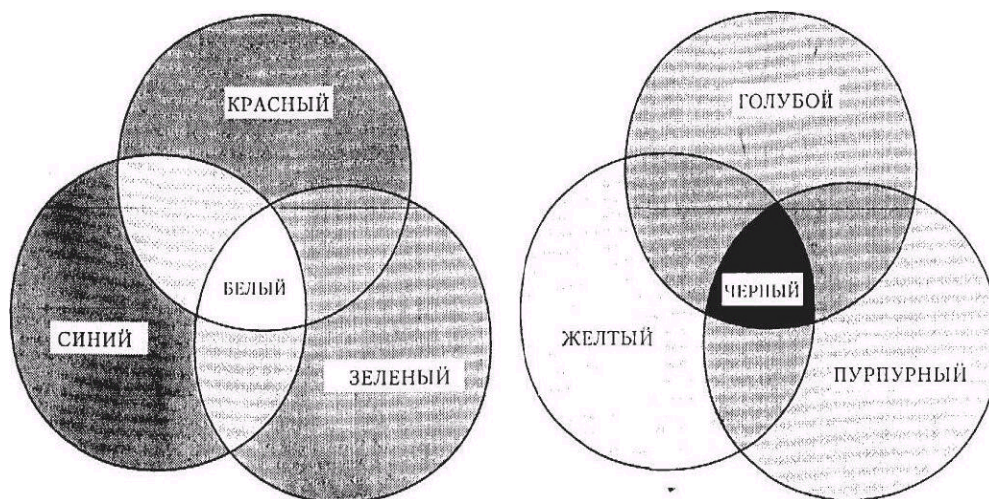


Рис. 12 Система смешения цветов

В системе субтрактивных цветов происходит обратный процесс: какой-либо цвет получается вычитанием других цветов из общего луча света. При этом белый цвет получается в результате отсутствия всех цветов, а присутствие всех цветов дает черный цвет. Система субтрактивных цветов работает с отраженным цветом,

например, от листа бумаги. Если бумага белая - отражает все цвета, окрашенная — некоторые поглощает, остальные отражает.

В системе субтрактивных цветов основными являются голубой, пурпурный и желтый цвета (Cyan, Magenta, Yellow — **CMY**) - дополнительные красному, зеленому и синему. Когда эти цвета смешивают на бумаге в равной пропорции, получается черный цвет. В связи с тем, что типографские краски не полностью поглощают свет, комбинация трех основных цветов выглядит темно-коричневой. Поэтому для корректировки тонов и получения истинно черного цвета в принтеры добавляют немного черной краски. Системы цветов, основанные на таком принципе четырехцветной печати, обозначают аббревиатурой **CMYK** (Cyan, Magenta, **Yellow**, **black**).

Существуют и другие системы кодирования цветов, например, представление его в виде тона, насыщенности и яркости (Hue, Saturation, Brightness — **HSB**).

Тон представляет собой конкретный оттенок цвета, отличный от других: красный, голубой, зеленый и т.п. Насыщенность характеризует относительную интенсивность цвета.

При уменьшении, например, насыщенности красного цвета, он делается более пастельным или блеклым. Яркость (или освещенность) цвета показывает величину черного оттенка, добавляемого к цвету, что делает его более темным. Система HSB хорошо согласуется с моделью восприятия цвета человеком. Тон является эквивалентом длины волны света, насыщенность — интенсивности волны, а яркость — общего количества света. Недостатком этой системы является необходимость преобразования ее в другие системы: RGB - при выводе изображения на монитор; CMYK - при выводе на четырехцветный принтер.

Другое обозначение системы HSB - **HSL** (Hue, Saturation, Light — тон, насыщенность и освещенность).

Рассмотренные системы работают со всем спектром цветов — миллионами возможных оттенков. Однако пользователю часто достаточно не более нескольких сотен цветов. В этом случае удобно использовать ***индексированные палитры*** — наборы цветов, содержащие фиксированное количество цветов, например, 16 или

256, из которых можно выбрать необходимый цвет. Преимуществом таких палитр является то, что они занимают гораздо меньше памяти, чем полные системы RGB и CMYK.

При работе с изображением компьютер создает палитру и присваивает каждому цвету номер, затем при указании цвета отдельного пиксела или объекта просто запоминается номер, который имеет данный цвет в палитре. Для запоминания числа от 1 до 16 необходимо 4 бита памяти, а от 1 до 256 — 8 битов, поэтому изображения, имеющие 16 цветов называют 4-битовыми, а 256 цветов — 8-битовыми. При сравнении с 24 битами, необходимыми для хранения полного цвета в системе RGB, или с 32 битами — в системе CMYK, экономия памяти очевидна.

При работе с палитрой можно применять любые цвета, например, системы RGB, но ограниченное их количество. Так, при использовании 256-цветовой палитры в процессе ее создания и нумерации каждый цвет в палитре описывается как обычный 24-битовый цвет системы RGB. А при ссылке на какой-либо цвет уже указывается его номер, а не конкретные данные системы RGB, описывающие этот цвет.

4.3 Масштабирование изображений

Масштабирование заключается в изменении вертикального и горизонтального размеров изображения. Масштабирование может быть пропорциональным — в этом случае соотношение между высотой и шириной рисунка не изменяется, а меняется общий размер, и непропорциональным — в этом случае оба измерения изменяются по-разному.

Масштабирование *векторных рисунков* выполняется просто и без потери качества. Так как объекты векторной графики создаются по их описаниям, то для изменения масштаба векторного объекта, достаточно изменить его описание. Например, чтобы увеличить в два раза векторный объект, следует удвоить значение, описывающее его размер.

Масштабирование *растровых рисунков* является намного более сложным процессом, чем для векторной графики, и часто сопровождается потерей качества. При изменении размеров растрового изображения выполняется одно из следующих действий:

- одновременное изменение размеров всех пикселей (в большую или меньшую сторону);
- добавление или убавление пикселей из рисунка для отражения производимых в нем изменений, называемое *выборкой* пикселей в изображении.

Простейший способ изменения масштаба растрового рисунка состоит в изменении размера всех его пикселей. Так как внутри самого рисунка пиксели не имеют размера и приобретают его уже при выводе на внешнее устройство, то изменение размера пикселей раstra в сильной степени похоже на масштабирование векторных объектов - необходимо сменить только описание пиксела, а остальное выполнит устройство вывода.

Устройство вывода для создания пиксела определенного физического размера использует столько своих минимальных элементов (лазерных точек — для лазерного принтера, видеопикселей — для монитора), сколько сможет. При масштабировании изображения количество входящих в него пикселей не меняется, а изменяется количество создаваемых устройством вывода элементов, идущих на построение отдельного пиксела изображения.

Расчет размера растрового файла

Тип растрового файла	Исходные данные	Формула
Черно-белый (bitmap)	Разрешение сканера, размеры оригинала	$[H \cdot V \cdot R^2] : 8$
Полутоновой	Разрешение сканера, размеры оригинала	$[H \cdot V \cdot R^2]$
Многоцветный	Разрешение сканера, размеры оригинала	$[H \cdot V \cdot R^2] \cdot 3$

H –горизонтальный размер;

V – вертикальный размер;

R – разрешение при сканировании.

Пример: Размер изображения: 3×3 дюйма (7,62×7,62 см);

Разрешение при сканировании – 300 dpi/

Размер файла: $3 \cdot 3 \cdot (300)^2 \cdot 3 = 2430000 / 1000 = 2,43 \text{ Мб}$

4.4 Сжатие изображений

Как и многая информация, графика может быть сжата. Это выгодно с точки зрения экономии памяти компьютера, так как, например, высококачественные изображения, имеют размеры до нескольких десятков мегабайтов. Для файлов графических изображений разработаны множество схем и алгоритмов сжатия, основными из которых являются:

- групповое сжатие;
- кодирование методом Хаффмана;
- сжатие по схеме LZW;
- арифметическое сжатие;
- сжатие с потерями,
- преобразование цветов RGB в цвета YUV.

В основе большинства схем сжатия лежит использование одного из следующих свойств графических данных: **избыточность**, **предсказуемость** и **необязательность**. В частности, групповое кодирование (RLE) основано на использовании первого свойства. Кодирование по методу Хаффмана и арифметическое кодирование, основанные на статистической модели, используют предсказуемость, предлагая более короткие коды для более часто встречающихся пикселей. Алгоритмы сжатия с потерями основаны на избыточности данных.

Следует учесть, что алгоритм, обеспечивающий большую степень сжатия, обычно более сложный и поэтому требует для распаковки данных больше процессорного времени.

Групповое сжатие

Групповое сжатие представляет собой одну самых простых схем сжатия файлов. Суть его заключается в том, что серия повторяющихся величин заменяется единственной величиной и ее количеством. На примере можно заметить выгоду в длине между «aabbccccccdddeeeeeeaa» и «<<2a7b1 c3d4e3a». Данный алгоритм прост в реализации и хорошо сжимает графические файлы с большими однотонными областями. Групповое кодирование используется во многих форматах растровых файлов, таких как ~TIFF, PCX и т.д.,

4.5 Кодирование методом Хаффмана

Смысл метода Хаффмана заключается в замене данных более эффективными кодами. Более короткие коды используются для замены более часто появляющихся величин. Например, в выражении `abbbcccddeeeeeeeef` есть шесть уникальных величин, с частотами появления: `a:1`, `b:3`, `c:3`, `d:2`, `e:9`, `f:1`. Для образования минимального кода используется двоичное дерево. Алгоритм объединяет в пары элементы, появляющиеся наименее часто, затем пара объединяется в один элемент, а их частоты объединяются. Это действие повторяется до тех пор, пока элементы не объединятся в пары. В данном примере надо объединить `a` и `f` — это первая пара, `a` присваивается нулевая ветвь, а `f` — 1-я. Это означает, что 0 и 1 будут младшими битами кодов для `a` и `f` соответственно. Более старшие биты будут получены из дерева по мере его построения.

Суммирование частот дает в итоге 2. Теперь самая низкая частота — 2, поэтому пара `a` и `f` объединяется с `d` (которая тоже имеет частоту 2). Исходной паре присваивается нулевая ветвь, `ad` — ветвь 1. Таким образом, код для `a` заканчивается на 00; для `f` на 01, `d` заканчивается на 1 и будет на один бит короче по сравнению с кодами для `a` и `f`.

Дерево продолжает строиться подобным образом так, что наименее распространенные величины описываются более длинными кодами. Данное кодирование нуждается в точной статистике, выражающейся в том, как часто каждая величина появляется в файле. Следовательно, для работы по схеме Хаффмана необходимо два этапа: на первом этапе создается статистическая модель, на втором кодируются данные. Следует отметить, что компрессия и декомпрессия, по Хаффману, — достаточно медленный процесс.

4.6 Форматы графических файлов

Типы графических файлов

Название	Тип	Использование	cDiipMa	Расширение
BMP (Windows BitMap)	Растровый	Хранение и отображение информации в среде Windows	Microsoft	bmp
GIF (Graphics Inter-change Format)	Растровый	Передача данных в сет и CompuServe	CompuServe Inc.	git
Kodak Photo CD	Растровый	Для фотографической информации	Eastman Kodak	pcd
PCX (PC Paintbrush File Format)	Растровый	В графических редакторах	Zsoft Corp.	PCX
JPEG (Joint Photographic Experts Group)	Растровый	Для фотографической информации	Joint Photographic Experts Group	jpg
TIFF (Tagged Image File Format)	Растровый	Обмен данными между настольными и издательскими системами	Aldus Corp.	tif
DXF (Drawing Interchange Format)	Векторный	Обмен чертежами и данными САПР	Autodesk Inc.	dxf
CDR (Corel Drawing)	Векторный	Чертежная, издательская и другие виды графики	Corel	cdr
WMF (Windows MetaFile)	Векторный	Хранение и отображение информации в среде Windows	Microsoft	wmf

BMP: Windows Device independent Bitmap

BMP (аппаратно-независимое побитовое изображение Windows) поддерживается любыми Windows-совместимыми программами. Структура файла BMP используется Windows для хранения растровых изображений. В этом формате хранятся рисунки фона, пиктограммы и другие растровые изображения Windows. Этот формат сводит к минимуму вероятность ошибок или неправильной интерпретации растровых данных.

Формат BMP правильно отображает данные независимо от аппаратных и программных устройств (монитора компьютера, видеокарты и драйвера дисплея). Независимость от устройств обеспечивается применением системных палитр.

Данный формат имеет недостатки. Только версии формата с 4- и 8-битовым цветом поддаются сжатию (к ним можно применить метод сжатия RLE), следовательно, 24-битовые файлы BMP будут очень большими. Кроме того, применение файлов BMP ограничено платформами Windows и OS/2.

Каждый файл BMP содержит заголовок файла, заголовок изображения, растровые данные и карту цветов (кроме изображения 24-битным цветом).

Заголовок файла BMP содержит информацию о типе и размере файла, а также о расположении в нем данных. После заголовка файла следует структура, задающая информацию о размере, цвете и сжатии изображения.

Сжатие. Поле `biCompression` в `BITMAPINFO` определяет, какой тип сжатия используется в файле. Если значение поля равно `BI_RGB`, то рисунок не сжимается. Если же значение поля равно `BI_RLE4` или `BI_RLE8`, то рисунок использует метод сжатия групповым кодированием для изображений, соответственно, с 4 бит/пиксел или 8 бит/пиксел.

Карта цветов. Значение поля `biClrUsed` определяет, будут ли использоваться растровым рисунком индексированные цвета. Если рисунок состоит из 1-, 4-, или 8-битовых пикселей, то должна использоваться карта цветов. Если значение поля `biClrUsed` равно нулю, то применяется либо полная карта, либо 24-битовый цвет. Если поле не равно нулю, то его значение равно действительному количеству цветов, которые будут доступны программе-генератору графики или драйверам устройств. Поле `biClrImportant` определяет, сколько цветов в индексированной карте считаются важными для изображения рисунка. Если его значение равно нулю, то важными будут все цвета.

Растровые данные. За картой цветов следуют растровые данные. Они хранятся в виде 1-, 4-, или 8-битовых индексов карты цветов или в виде буквенных 24-битовых данных системы RGB. Пиксели в растре записываются, начиная с нижнего левого угла изображения, и читаются слева направо и снизу вверх.

TIFF: Tagged Image File Format

Формат TIFF сохраняет множество данных изображения в помеченных полях, что и определило его название («Формат файла помеченного изображения»). Каждое помеченное поле хранит информацию о растровом рисунке или ссылку на другие поля. Программа, читающая файл, может пропускать неизвестные или ненужные ей поля. Эта многогранность позволяет формату находить применение в различных компьютерных системах. Кроме того, формат TIFF может сохранять разнообразные

дополнительные данные о растровом рисунке, включая: кривую коррекции для изображения с оттенками серого; поля детальной информации об изображении (название программы, автора, дату создания и комментарии); размер изображения и разрешающую способность, легальную информацию о цвете оригинала.

Большинство программ, читающих файл TIFF, способны без проблем прочесть файлы этого формата, созданные на других системах. Структура формата TIFF изменчива, что позволяет ему хранить разнообразные типы изображений.

Файлы TIFF начинаются с небольшого заголовка, за которым следует указатель на первый набор помеченных полей. Помеченные поля собираются в каталоги файла изображения (КФИ), который просто содержит счетчик количества помеченных полей и указатель на первое из них. Длина помеченного поля равна 12 байтов, поэтому считывающая программа может быстро найти каждое из них.

Заголовок файла. Заголовок файла TIFF составляет 8 байтов. Первые 2 байта указывают, какой формат у файла, следующие 2 байта содержат номер версии, последние 4 байта заголовка указывают на первый КФИ. Обычно первый КФИ должен следовать сразу после заголовка, но в файле TIFF все локализуется с помощью указателей.

Каталог файла изображения. Содержит 2-байтовый счетчик общего количества помеченных полей, за которыми следуют сами помеченные поля. Двухбайтовая длина ограничивает предел каждого КФИ 256-ю помеченными полями.

Помеченные поля. Длина помеченного поля равна 12 байтов. Первые 2 байта — код метки (тип помеченного поля), следующие 2 байта содержат тип данных, на которые указывает поле. Тип данных позволяет программе узнать, сколько байтов нужно читать для каждого отдельного элемента данных. Всего пять различных типов: 1-байтовый код символа ASCII; 1-байтовое целое число; 2-байтовое целое число, 4-байтовое целое число, 8-байтовое дробное число.

Следующие 4 байта показывают, на сколько различных элементов данных указывает помеченное поле. Если данные занимают в общем 4 байта или меньше, то элементы данных содержатся в последних 4 байтах помеченного поля. Если же

данные занимают больше 4 байтов, то последние 4 байта помеченного поля используются в роли указателя на данные.

Сжатие. Файлы данного формата способны хранить пиксельные данные, сжатые с помощью разнообразных схем, например, кодированием по методу Хаффмана.

5. Проектирование ГИС

5.1. Разработка системного проекта ГИС

Основными слагаемыми ГИС являются инструментальная (аппаратная) база (от англ. — «hardware»), программное («software») и организационное («humanware») обеспечение. Организационным аспектам в геоинформатике уделялось недостаточно внимания. Однако для успешной организации работы геоинформационной системы мало приобрести технику и нанять или переподготовить штат; новые средства должны быть разумно интегрированы в рабочий процесс. Оценка осуществимости и стоимости юридических и политических аспектов должна включаться в проект ГИС наряду с оценкой целей и задач, требованиями к программному и техническому обеспечению. В последнее время цены на технику снизились, но качественное математическое обеспечение, данные и квалифицированный персонал остаются проблемой во многих организациях. Все эти аспекты стали учитываться уже на этапе построения модели системы.

Поскольку ГИС могут применяться для решения различных задач и в разных организационных схемах, подходы к разработке системного проекта могут варьировать в довольно широких пределах.

Наибольшее применение ГИС нашли в системах поддержки принятия управленческих решений или информационно-управляющих системах. Поэтому в этом подразделе рассмотрим порядок выполнения работ по разработке системного проекта таких ГИС. Многие из рассматриваемых вопросов имеют отношение и к информационно-справочным системам, и к системам для научных исследований, и т. п.

Основные функции информационно-управляющих систем (ИУС) — планирование и контроль. Эти функции взаимосвязаны. И для планирования, и для контроля необходима своевременная, точная информация, эффективная по отношению к затратам на ее получение.

ИУС должна выдавать информацию о прошлом, настоящем, давать прогноз на будущее и отслеживать все относящиеся к теме

события внутри организации и вне ее. Целью ИУС является облегчение эффективного выполнения функций планирования, контроля и производственной деятельности. Самой важной задачей ИУС является выдача необходимой информации нужным людям в определенное время.

ИУС не является единственной всеобъемлющей интегрированной системой для удовлетворения всех потребностей администрации в информации.

ИУС должна не только выдавать и обрабатывать некоторую информацию, но и быть ориентирована на пользователя, т.е. информация, которую она обрабатывает, должна служить потребностям тех управляющих, которые ее получают.

При проектировании информационной системы нужно иметь в виду, что информационные потребности управляющих различны в зависимости от их уровня в иерархии и функциональных обязанностей.

Принято разделять виды управленческой деятельности на три категории.

Стратегическое планирование — процесс принятия решений относительно целей и стратегий организации. Изменение целей, использование ресурсов для достижения этих целей. Выбор стратегий, обуславливающих получение, использование и размещение этих ресурсов. Управленческий контроль — процесс, посредством которого управляющие обеспечивают получение ресурсов и их эффективное использование для достижения общих целей. Оперативный контроль — процесс обеспечения эффективного и квалифицированного выполнения конкретных задач. Системы, создаваемые для разных категорий управления, различны.

Одним из наиболее важных этапов разработки системного проекта является этап разработки бизнес-плана.

Примерный состав стратегического бизнес-плана:

1. Вводная часть: название и адрес фирмы; суть и цель проекта; стоимость проекта; потребность в финансах; вероятный уровень секретности.
2. Анализ положения дел в отрасли: текущая ситуация и тенденции развития отрасли; направление и задачи деятельности проекта.
3. Существо предлагаемого проекта:

Характеристика информации в различных видах управленческой деятельности

Характеристика информации	Оперативный контроль	Управленческий контроль	Стратегическое планирование
Источник	В основном внутренний	—>	Внешнее
Границы	Четко определенный, узкий	—>	Очень широкое
Уровень обобщения	Детализированный	—>	Агрегированное
Временные рамки	Прошлый	—>	Будущее
Новизна	Текущий	—>	Довольно старое
Требуемая точность	Высокий	—>	Низкое
Частота использования	Очень частый	—>	Довольно редкое

продукция (услуги, в том числе информационные) или работы; технология; лицензии; патентные права.

4.Анализ рынка: потенциальные потребители продукции; потенциальные конкуренты; размер рынка и его рост; оценочная доля на рынке.

5.План маркетинга: цены; ценовая политика; каналы сбыта; реклама; прогноз новой продукции.

6.Производственный план: производственный процесс; производственные помещения; оборудование; программное обеспечение; источники поставки информации, материалов, оборудования и кадров исполнителей; субподрядчики.

7. Организационный план: форма собственности; сведения о партнерах, владельцах предприятия; сведения о руководящем составе; организационная структура.

8. Оценка степени риска: слабые стороны предприятия; вероятность появления новых технологий; альтернативные стратегии.

9. Финансовый план: план доходов и расходов; план денежных поступлений и выплат; балансовый план; точка безубыточности.

10. Приложения: копии контрактов, лицензий и т.п.; копии документов, из которых взяты исходные данные; прейскуранты поставщиков.

Этапы и правила проектирования ИУС

По мнению Рассела Акфора, процесс проектирования ИУС состоит из пяти основных этапов.

Анализ системы принятия решений. Процесс начинается с определения всех типов решений, для принятия которых требуется информация. При этом должны быть учтены потребности каждого уровня и функциональной сферы.

Анализ информационных требований. На этом этапе определяется, какой тип информации нужен для принятия каждого решения.

Агрегирование решений. Решения, для принятия которых требуется одна и та же или значительно перекрывающаяся информация, должны быть сгруппированы в одну задачу управления.

Проектирование процесса обработки информации. На данном этапе разрабатывается реальная система сбора, хранения, передачи и модификации информации.

При этом должны быть учтены возможности персонала по использованию вычислительной техники.

Проектирование и контроль за системой — важнейший этап создания и воплощения системы, служащей для оценки выдаваемой ИУС информации и позволяющей распознавать и исправлять замеченные ошибки.

Любая система будет иметь недостатки и поэтому ее необходимо делать гибкой и приспособляемой. Геоинформационные технологии призваны автоматизировать многие трудоемкие операции, ранее требовавшие больших временных, энергетических, психологических и других затрат от человека. Однако разные этапы технологической цепочки поддаются большей или меньшей автоматизации. Наиболее велика роль интеллектуальных способностей

человека на этапе постановки задачи. Даже определяя конечную цель всей работы, она во многих случаях формулируется «размыто», неоднозначно. Специалисты по геоинформатике знают, как непросто получить от «заказчика» геоинформационной системы ясную формулировку того, что он хочет получить в результате всей работы, и весьма часто «разработчик» ГИС помогает «заказчику» в этом. «Разработчик» ГИС должен не только показать преимущества той или иной технологии, проиллюстрировать их ранее выполненными работами, но и постараться понять конечную и сопутствующие цели «заказчика». Здесь роль психологии может проявляться в определении семантического пространства «заказчика» и пользователя. Под семантическим пространством понимаются с определенной точностью установленные отношения («близость — удаленность», иерархия и т.д.) между понятиями, терминами, постулатами, научными пристрастиями и т. п. Семантическое пространство может быть определено как для отдельного субъекта, так и для коллектива.

Как показывает опыт, хорошо спроектированная, с точки зрения исполнителя, система может оказаться совершенно неработоспособной, если:

- к процессу проектирования не были привлечены те сотрудники, которые будут впоследствии ею пользоваться. В результате система может либо давать недостаточный для управления объем информации, либо перегружать менеджеров излишними сведениями;

- персонал оказывается в основном неподготовленным к ее использованию. Большая часть деятельности осуществляется по старым технологиям, а использование системы становится дополнительной нагрузкой для персонала.

Обновление данных начинает отставать от требуемого ритма, и через некоторое время процессы работы системы и реального управления совсем расходятся.

ИУС не может считаться эффективной, если выгоды от ее использования заметно не превышают затраты на ее создание. Наилучшая ИУС — это не обязательно такая система, которая дает наибольшее количество данных и обеспечивает наибольшую точность и скорость их получения. Лучшая ИУС предоставляет сведения такого количества и качества, которые необходимы для целей управления при наименьших возможных затратах. Стоимость эксплуатации ИУС значительно превосходит затраты на оплату труда специалистов и стоимость оборудования для обработки данных. В состав затрат входит время, затраченное на ее проектирование и установку, обучение персонала, а также время и расходы, связанные со сбором, накоплением и обработкой данных.

Изложенные выше общие подходы к планированию и разработке информационно-управляющей системы могут быть уточнены и детализированы на случай построения системы, использующей ГИС-технологии.

По мнению Р.Ф.Томлинсона, процесс планирования ГИС позволяет существенно снизить затраты на ее создание.

Как было указано в журнале «Moody» (октябрь 1996 г.), соотношения стоимости эквивалентных изменений на различных этапах создания ИС выглядят так:

1\$ — на стадии разработки требований;

10\$ — на стадии проектирования;

100\$ — на стадии создания;

1000\$ — на стадии внедрения.

После того как сформулированы стратегические цели и задачи создания информационной системы, начинается планомерная работа по разработке бизнес-плана.

5.3. ГИС и земельный кадастр

Одной из задач государственного земельного кадастра (ГЗК) является решение проблемы пространственной фиксации земельных участков различной формы собственности и целевого назначения. С этой целью в системах ведения ГЗК для

работы с пространственно-координированными данными составляются дежурные кадастровые карты (ДКК). В настоящее время такие карты стали создаваться и использоваться в *автоматизированных* системах, базирующихся на географических информационных системах.

Появление ГИС в земельном кадастре имеет свою историю. Так, одним из первых примеров использования ГИС для учета земель можно считать земельную информационную систему штата Миннесота. Данная система была создана в середине 60-х годов XX в. как совместный проект Центра городских и региональных проблем штата, университета и Агентства планирования этого же штата. В то время для упорядочивания взимания налогов многие штаты начинали разработку земельных ГИС. Но в случае с ГИС штата Миннесота впервые проект был доведен до конца и показал свою эффективность. Система была растровой, с большим размером раstra (чуть больше 0,16 км²). Тем не менее, система оказалась крайне эффективной.

Национальные картографические агентства европейских стран, помимо разработки геоинформационных систем, занимались и различными кадастрами (в том числе земельными). Эксперименты по созданию компьютерных баз данных кадастра (например, в Швеции и Австрии) начались очень рано. Довольно успешно осваивали новые технологии Артиллерийская съемка в Англии, Национальный институт географии во Франции и Национальное картографическое агентство Германии.

В России земельный кадастр изначально стал проводиться с использованием автоматизированных систем на основе ГИС. К ГИС предъявлялись требования по хранению и обработке данных. В нашей стране в качестве инструментария для ведения земельного кадастра использовались как западные (ArcInfo, MapInfo, Intergraph, AutoCAD), так и отечественные ГИС-пакеты (Панорама, GeoDraw/GeoGraph, ObjectLand). Во многих организациях, занятых земельным кадастром, разрабатывались собственные ГИС-системы. Критерии выбора ГИС для ведения кадастра на этом этапе обычно были не всегда совершенны. Вопрос

применения конкретной ГИС зависел от личных контактов руководителя, опыта работы конкретных операторов, цены ГИС и др.

Поскольку системы ведения различных реестров (регистров) недвижимого имущества в России были основаны на использовании ГИС, как инструментальных систем для разработки подобных реестров, а требовалось хранить и обрабатывать также и разнообразные атрибутивные сведения, формировать отчетную документацию, то появлялись дополнительные требования, не всегда типичные для ГИС. Кроме этого, разработчики сталкивались постоянно с проблемами, связанными с особенностями технологии кадастрового учета. Так, в ГИС отсутствуют развитые средства администрирования атрибутивных характеристик. Для ведения земельного кадастра такие средства необходимы, поскольку приходится решать задачи, связанные с ведением истории земельных участков, определением интенсивности земельного рынка, различными задачами экономической оценки земель и др. Поэтому при создании кадастровых систем часто приходилось использовать внешние СУБД. В этом случае под базой данных ГЗК понималась совокупность позиционной и атрибутивной составляющих, т. е. каждый объект состоял как бы из двух часто плохо взаимосвязанных компонент, а это нарушает принцип целостности базы данных.

В большинстве ГИС невозможно указать отношение между объектами различных иерархий. Например, то, что земельные участки не могут пересекать границы «своего» кадастрового квартала. Такая проверка должна производиться всеми возможными способами, в том числе и с применением имеющихся вспомогательных материалов (топооснов, адресных планов и т.п.). Помимо этого, в ГИС было затруднено решение задач, связанных с нахождением различных пересечений и вложений объектов (для решения указанных задач приходится программировать функции ядра, часто с помощью внешних программ). Проблематично получить средствами ГИС список всех земельных участков, полностью или частично находящихся в границах той или иной территориальной зоны, для дальнейшего (автоматического) внесения соответствующих сведений (например, ставка земельного налога) для каждого такого земельного участка.

Поэтому разработчики подобных кадастровых систем постепенно стали переходить к использованию ГИС только для работы с картами. Работа же с атрибутивной (семантической) информацией и обеспечение целостности БД выполняется средствами специализированных программных средств, представляющих собой некоторую надстройку над ГИС.

После принятия федеральной целевой программы «Создание автоматизированных систем ведения государственного земельного кадастра Российской Федерации (АС ГЗК)» Госкомземом России было принято решение о разработке специализированных программных средств, которые бы обеспечивали реализацию процедур государственного кадастрового учета земельных участков и ввод в автоматизированные базы данных информации о земельных участках как объектах права и налогообложения. При проектировании и разработке подобных средств ГИС рассматривались с точки зрения инструментария для ведения различных кадастровых карт. В настоящее время в АС ГЗК используются такие ГИС, как MapInfo, ObjectLand (отечественная разработка), Геополис (отечественная разработка), GeoMedia, SICAD/SD.

Применение ГИС-технологий в землеустройстве позволяет не только хранить информацию по объектам землеустройства, но и фиксировать различные изменения, а также тенденцию таких изменений. Этот аспект применения ГИС очень важен, поскольку именно землеустроительные предприятия являются источником сведений о вновь возникающих объектах кадастрового учета. ГИС-технологии позволяют решать многие землеустроительные задачи быстрее и эффективнее. Например, в ходе приватизации земель коллективного сельскохозяйственного производства (КСП) возникла необходимость разделения полей хозяйства на определенное количество паев, каждый из которых равноценен стоимости земельного сертификата, выданного члену КСП. При этом должен выполняться ряд дополнительных условий, регламентирующих порядок раздела земель КСП (форма земельного пая, его длина и ширина, отношение длин его сторон и проч.). ГИС позволяет землеустроителю решить данную задачу в

интерактивном режиме, анализируя рельеф и форму полей, провести разбиение земель КСП с соблюдением перечисленных условий.

ГИС-технологии в землеустройстве дают возможность использовать для ввода и обновления сведений в базе данных современные электронные средства геодезии и системы глобального позиционирования (ГСП), а значит постоянно иметь самую точную и свежую информацию. Специальные средства позволяют проводить аналитическую обработку данных, моделируя различные события, например, связанные с загрязнением территорий.

При работе с кадастровыми БД надо учитывать, что:

1) после ввода всех необходимых данных в базу требуется ее постоянное обновление для поддержания сведений в актуальном состоянии;

2) для грамотного управления земельными ресурсами необходима трехмерная информация. Данные о рельефе местности важны для оценки земельного участка, для принятия решения о его целевом использовании и решении других вопросов, связанных с управлением недвижимостью.

Для решения перечисленных задач в приемлемые сроки, применительно к большим территориям, можно использовать данные дистанционного зондирования (ДДЗ) и процедуры фотограмметрической обработки этих данных, т.е. определение размеров, формы и пространственного положения объектов по результатам измерения их изображений. Привлечение этих методов сбора данных позволяет с высокой эффективностью решать следующие задачи на основе ГИС-технологий:

- создание тематических карт различных масштабов для целей землеустроительного проектирования;
- построение цифровых моделей рельефа;
- инвентаризация земель;
- мониторинг состояния земель и оценка потерь в результате различных стихийных бедствий;
- высокоточное составление почвенных карт и планов населенных пунктов;
- оперативная поддержка цифровой базы данных в актуальном

состоянии;

- прогноз урожайности и т.д.

Наличие всех этих возможностей позволяет землеустроителям быстро и эффективно (часто в камеральных условиях), с необходимой точностью проводить формирование объектов кадастрового учета. Кроме этого, ГИС решает проблему совместимости координатных систем. Зачастую съемка ведется в одной системе координат, обработка ее результатов и последующая проверка — в другой, а приемку результатов земельно-кадастровая палата осуществляет в третьей системе координат. Как правило, ГИС-инструментарий позволяет решать землеустроителям эту задачу быстро и эффективно.

В современной технологии ведения ГЗК ГИС используется главным образом для работы с кадастровой картой, в том числе и дежурной (дежурный кадастровый документ).

Задачи (действия), выполняемые с помощью ГИС, в привязке к используемым сегодня документам ГЗК можно сформулировать следующим образом.

1. Подготовка планов объектов кадастрового учета.
2. Построение по заявкам на основе материалов ГЗК и материалов межевания планов границ новых объектов кадастрового учета.
3. Проведение экспертизы условий формирования этих объектов.
4. Подготовка и печать протокола формирования объекта кадастрового учета как документа.
5. Создание на основе данных из различных источников (материалы межевания, дистанционного зондирования и т.д.) кадастровой карты кадастрового квартала - документа, содержащего сведения о наличии, местоположении и границах объектов учета на территории кадастрового квартала.
6. Подготовка и печать графических документов подраздела «Земельные участки» государственного реестра земель кадастрового района.
7. Подготовка и печать графических документов кадастрового плана земельного участка (КПЗУ) — документа, в форме которого предоставляются сведения о

конкретном земельном участке.

8. Внесение текущих изменений по результатам: регистрации прав, уточнений границ, сделок с объектами учета.

9. Подготовка и печать на основе дежурного кадастрового документа и семантических (атрибутивных) данных производных кадастровых и иных тематических карт, содержащих обобщенные сведения о некоторой территории.

Используемые в ГЗК ГИС и их перспективы. На сегодняшний день сертифицированы для ведения государственного земельного кадастра (ГЗК) в составе программных комплексов ведения единого государственного реестра земель (ПК ЕГРЗ) следующие пакеты: MapInfo, ObjectLand (ЮПКЦ «Земля»), Геополис (НПКЦ «Земля»), GeoMedia Professional корпорации Intergraph Corp., SiCAD-SD/98 корпорации Siemens-Nixdorf. Все они относятся к классу универсальных ГИС и с точки зрения функций, реализуемых ими при ведении ГЗК, различаются только лишь особенностями технической реализации, стоимостью, трудоемкостью интегрирования в АС ГЗК, сложностью освоения, удобством в использовании конечным пользователем.

Говоря о перспективах использования ГИС в земельном кадастре нельзя не отметить те задачи, которые должны быть решены в ближайшее время. В силу ряда причин в России на сегодняшний момент не функционирует стройная автоматизированная система ведения ГЗК на всех уровнях кадастрового учета. Завершены работы по автоматизации только уровня кадастрового района (обычно совпадает с административно-территориальным делением субъекта Российской Федерации). Запущены пилотные проекты по ведению ГЗК на уровне кадастрового округа (границы которого обычно совпадают с границами субъекта Российской Федерации). На стадии проектирования—автоматизированные системы ведения ГЗК на уровне федерального округа и всей России в целом (федеральном уровне). Во всех этих разработках невозможно обойтись без ГИС. Следует отметить, что если на уровне кадастрового района достаточно было обойтись одной (в крайнем случае, несколькими) кадастровой картой, то на каждом следующем уровне количество используемых цифровых карт увеличивается в несколько раз и требуется

работа с картами различного масштаба, зависящего от типа объекта, с которым осуществляется работа. Например, для работы с составным земельным участком, находящимся в одном квартале, используется один масштаб карты, а для такого же участка, расположенного в нескольких кадастровых округах, — другой. При этом встают вопросы, связанные с отображением границ субъектов административно-территориального и кадастрового деления России, территориальных зон и единых землепользовании на разномасштабных кадастровых картах.

В конце 2001 г. правительством России была принята федеральная целевая программа «Создание автоматизированной системы ведения государственного земельного кадастра и государственного учета объектов недвижимости (2002 — 2007 годы)» с подпрограммой «Информационное обеспечение управления недвижимостью, реформирования и регулирования земельных и имущественных отношений». В соответствии с этой программой разрабатывается единая система государственного учета объектов недвижимости. Одной из задач, решаемых этой программой, является поддержка процедур государственного учета объектов недвижимости, а также ввода в автоматизированные базы данных актуальных сведений о земельных участках и прочно связанных с ними объектах недвижимого имущества. Сведения о земельных участках и иных объектах недвижимости могут быть получены в результате разграничения государственной собственности на землю, инвентаризации, межевания и кадастровой оценки земельных участков. Объектами учета согласно федеральной целевой программе становятся, помимо земельных участков, участки недр, обособленные водные объекты, леса, многолетние насаждения, здания, сооружения, иные объекты, прочно связанные с землей (виды недвижимого имущества согласно Гражданскому кодексу РФ). С точки зрения использования ГИС здесь достаточно интересным представляется то, что теперь объектами учета становятся объекты, имеющие трехмерную размерность. Все это ставит ряд новых требований к ГИС как составной части системы государственного кадастрового учета.

5.4 ГИС и муниципальное управление

Несмотря на то что в современных условиях у администраций городов резко возросла потребность в мощной информационной поддержке принимаемых решений, в нашей стране ситуация сложилась так, что информатика всегда обеспечивалась ресурсами по остаточному принципу. Отсюда возникает парадокс: острая потребность в информационных услугах есть, но оплачивать их не на что, поэтому администрации и ставят задачи по созданию сложных информационных систем без вкладывания в их разработку адекватных ресурсов.

В таком состоянии многие основные теоретические положения по разработке, внедрению и сопровождению геоинформационных систем оказываются неработающими. В большинстве российских городов бюджеты в катастрофическом состоянии, времени и ресурсов на реализацию основных программ (жилищно-коммунальная реформа, переход к Налоговому кодексу, работа с городской недвижимостью и пр.) катастрофически не хватает, а без информационного обеспечения эти программы практически невозможно реализовать, поэтому и приходится искать нетрадиционные решения, которые иногда могут не соответствовать путям, определяемым современной теорией создания геоинформационных систем. В результате анализа возможности внедрения геоинформационных технологий в управленческие структуры города может быть принят методологический подход, который заключается в поэтапной разработке и вводе в эксплуатацию автоматизированных рабочих мест, размещенных в городских службах, для сбора, накопления и первичной обработки городской информации.

Для того чтобы информатизация приносила эффект в управлении городом, создания больших автоматизированных баз данных общегородского значения мало. Необходимо изменение в запросах и оценке деятельности городских служб, что влечет за собой перестройку отношений внутри городской администрации. Особенно ярко эта перестройка проявляется в тот момент, когда в информационной системе появляется геоинформационная составляющая (муниципальная ГИС — МГИС). При создании МГИС ключевым элементом управления является земельный участок города, который обслуживается

ЖЭКа, участковыми врачами, милиционерами, школами, коммунальными организациями, предприятиями торговли, бытового обслуживания и общественного питания, другими организациями.

Выделение участка территории в качестве основного объекта управления предполагает перестройку системы отчетности и изменение ответственности в городских службах. В частности, отчетность должна отражать обязательную разбивку по соответствующим участкам и контроль по районам, обслуживаемым вышеупомянутыми организациями. Геоинформационная система, реализующая в себе как раз такой территориальный подход, не может использоваться городскими властями, пока этот подход не будет реализован сначала в системе бумажного документооборота, что, вообще говоря, относительно легко решается введением текущего контроля за положением в микрорайонах на уровне заместителей главы городской администрации (района или префектуры, если город имеет дополнительное территориальное деление).

С другой стороны, изменение отчетности является вторичным по сравнению с изменением системы ответственности. Главной проблемой здесь является создание такого распределения ответственности, при которой контроль и исполнение должны быть разделены по разным службам. Так, контроль над общим состоянием благоустройства микрорайонов должны осуществлять ЖЭКи (или службы генерального заказчика, которые сейчас должны создаваться согласно концепции жилищно-коммунальной реформы), в то время как работы по озеленению, ремонту внутриквартального освещения, инженерных сетей и дорог — другие организации. Там, где это возможно, такую систему отношений «заказчик - исполнитель» необходимо дополнять денежными расчетами, что усиливает контроль над рациональным расходованием бюджетных средств.

В то же время отношения «заказчик—исполнитель» не всегда требуют формализации в рамках ГИС. Необходимо отметить, что система учета (как и контроля в целом) эффективна лишь тогда, когда отдача от нее превышает затраты на ведение учета. Однако далеко не во всех случаях общественные блага имеют четкую стоимостную оценку в принципе, а в отдельных случаях такая оценка может

быть весьма низкой, не окупающей затраты по ведению учета. Затраты по озеленению города могут быть учтены, как и количество посаженных деревьев и разбитых службой озеленения клумб; однако в случае рубки деревьев, порчи газонов и другого нанесения экологического ущерба оценки последнего имеют пока довольно умозрительный характер. Стоимость зеленых насаждений, определяемая по тем или иным методикам, не входит в городское имущество и не стоит у муниципалитета на балансе; и хотя учет зеленых насаждений в рамках ГИС может быть налажен относительно легко, уменьшение или увеличение площади озеленения не приводит к изменению его стоимостной оценки в финансовых документах, часть которой можно было бы отнести на затраты по учету в геоинформационной системе. Пока не изменится существующий порядок учета «экологического имущества», решение таких задач с помощью ГИС будет экономически нецелесообразно.

Описанное положение может иметь место и в отношении других задач, например специального учета земельных участков, выделенных под строительство в городе. Последнее наносит временный ущерб городской среде: через сужение проезжей части или тротуаров, образованию строительного мусора и так далее, однако стоимостная оценка такого ущерба в реальной хозяйственной деятельности отсутствует.

Наконец, следует отметить, что ГИС может применяться для моделирования чрезвычайных ситуаций и отработки действий различных служб в этих ситуациях. Ее эффективность может быть оценена с учетом возможного общего ущерба и риска. Это также требует изменения характера отчетности и взаимодействий служб гражданской обороны, милиции, пожарных, городского здравоохранения. Однако специально такие специфические случаи применения ГИС не рассматриваются; здесь важно ее применение в повседневной жизни города.

Городские ГИС должны быть способны ответить на следующие вопросы:

- местоположение. Что находится в ...? Местоположение может быть определено разными способами, например по названию местности, по почтовому адресу или ссылкой на географические координаты — широту и долготу;

- поиск места. Где это? Этот вопрос является обратным к первому и для ответа на него требует пространственного анализа. Вместо выяснения, что существует в данном месте, определяется местоположение, удовлетворяющее некоторым условиям (например, необлесенную площадку размером по крайней мере 2000 м² в пределах 100 м от дороги с почвой, подходящей для строительства);

- изменения. Что изменилось, начиная с ...? Данный вопрос может включать оба первых, а также характеристику временных изменений на определенной площади;

- взаимосвязи. Какие пространственные взаимосвязи существуют? Этот вопрос более сложный. Он необходим, чтобы определить, например, является ли рак главной причиной смертности среди населения близ АЭС. Что особенно важно, вам может понадобиться узнать, сколько имеется аномалий, не соответствующих взаимосвязям, и где они расположены;

- моделирование. Что, если ...? Этот вопрос ставят, если хотят, например, выяснить, что будет, если к существующей сети добавить новую дорогу, или ядовитое вещество просочится в местный поток грунтовых вод. Ответ и вопрос такого типа требует пространственной и содержательной информации (возможно и выяснения научных закономерностей).

Требования к МГИС. В принципе на все эти же вопросы способна ответить только полнофункциональная ГИС. Город — это не моносреда. Поэтому при выборе базового программного обеспечения МГИС следует учитывать следующие наиболее общие и важные моменты.

1. Разносторонние требования конечных пользователей ГИС — от простой визуализации пространственной информации и тематического картографирования до проведения сложного географического анализа.

2. Рост требований к МГИС по мере освоения геоинформационных технологий — на начальном этапе может показаться, что все потребности муниципальных служб с лихвой покрываются функциональными возможностями простых и недорогих пакетов тематического картографирования, однако по мере освоения их, как правило, оказывается недостаточно.

3. Необходимость интеграции ГИС-пакетов в сложную структуру МИС — как правило, ГИС-технологии внедряются в уже функционирующую муниципальную информационную систему или одну из ее подсистем, поэтому применяемые ГИС-пакеты должны иметь средства и возможности для такой адаптации. Кроме того, СУБД применяемых пакетов должна поддерживать форматы и структуру общегородских применяемых баз данных.

4. Возможность обмена геоинформационными данными между пользователями — базовая технология ГИС должна поддерживать одно из «золотых правил информатики» — информация должна сопровождаться там, где она рождается. Это означает, что вести слои геоинформационной базы данных должны определенные, ответственные за данный участок работы городские службы. Однако при этом должна обеспечиваться целостность и непрерывность единой городской геоинформационной базы — все службы должны получать и обрабатывать пространственную информацию из единой базы данных.

5. Средства для создания цифрового картографического материала — как правило, в большинстве городов отсутствует цифровая картооснова, необходимая для функционирования ГИС. Поэтому применяемые базовые пакеты ГИС должны иметь развитые средства для ввода, редактирования и дальнейшей обработки картографической основы.

6. Базовая технология ГИС должна соответствовать принципу минимальной достаточности — на рабочих местах конечных пользователей необходимо наличие простых средств ГИС, исключающих избыточный функционал, — далеко не всем службам городского хозяйства нужна полноценная ГИС, в ряде случаев можно обойтись системами более низкого уровня — картографической визуализации, а то и просто системами САПР (инженерно-проектировочные работы). Базовое программное обеспечение должно также содержать средства для создания АРМов конечных пользователей.

7. Возможность функционирования на различной аппаратной платформе — разные городские службы имеют различную степень оснащения. Программное обеспечение ГИС должно иметь возможность функционировать на различном оборудовании

(ПК различных модификаций) под управлением различных операционных сред (Linux, Windows, UNIX и т.д.).

Постановка задачи по формированию ГИС города. Так как ГИС является сложным организационным программным техническим комплексом со сложной технологической цепочкой обработки информации, для правильной постановки задачи и организации взаимодействия различных служб необходимо выполнение пилотных проектов по каждой городской службе. Организация пилотных проектов позволяет получить достоверные данные о наличии, доступности и достоверности обрабатываемой данной службой информации; ознакомить персонал с возможностями системы; сформулировать техническое задание на геоинформационную подсистему данной службы; увязать ее в общую структуру формируемой городской геоинформационной системы; выявить потребность в дооснащении (техническом и программном); решить организационно-правовые вопросы подготовки, обработки и использования информации.

Основными целями создания муниципальной ГИС являются:

- создание и сопровождение цифровой карты города с использованием планов масштаба 1:500, что позволит вести цифровой архив карт города, автоматически получать свежие и точные карты города в требуемом масштабе на электронном и твердом носителе, обеспечивать формируемые ГИС-подсистемы каждой службы города свежей и точной пространственной информацией; создание для каждой городской службы комплекса ГИС-процедур (подсистем) по обработке стандартных запросов;
- объединение локальных ГИС-подсистем в единую информационную среду на базе разнородной вычислительной техники;
- создание подразделения, которое будет выполнять всю технологическую цепочку от заведения исходных данных и разработки ГИС-проектов до поддержки готовых ГИС-проектов.

Выбор аппаратно-программной платформы. Решение поставленных задач возможно при ориентации на линию программных продуктов компании ESRI, Inc., которая выпускает целый спектр ГИС-пакетов, использующих общий формат

данных и работающих на различных аппаратных платформах — от PC до Sun. Однако начало работ возможно с имеющимся набором техники.

Создание муниципальной ГИС. Муниципальная ГИС должна состоять из базовой ГИС и прикладной ГИС по каждой службе. При этом базовая ГИС выполняет функции администратора и интегратора данных муниципальной системы, генератора прикладных ГИС. Создание муниципальной ГИС проводится в четыре этапа.

Первый этап. Формирование базовой системы. Накопление базовой пространственной и тематической информации. Формирование технических заданий пилотных проектов служб.

Второй этап. Дальнейшее развитие базовой ГИС. Накопление базовой пространственной и тематической информации. В рамках выполнения пилотных проектов по службам разрабатывается техническое задание ГИС каждой службы, решаются организационно-технические вопросы взаимодействия различных служб.

Третий этап. Развитие базовой ГИС, накопление базовой пространственной и тематической информации, формирование прикладной ГИС как самостоятельной системы на базе главного и рабочих мест операторов (в том числе в составе службы).

Четвертый этап. Развитие базовой ГИС, накопление базовой пространственной и тематической информации, выделение прикладной ГИС в самостоятельную систему на базе удаленного рабочего места службы. Базовая ГИС выполняет роль генератора данной прикладной ГИС, администратора муниципальной ГИС.

Базовая ГИС. Как уже говорилось выше, муниципальная ГИС должна состоять из базовой системы и подсистем по каждой службе. Базовая система обеспечивает формирование, сопровождение базовой пространственной и тематической информации, стыковку подсистем. Очевидно, что с точки зрения картографии базовой информацией являются планшеты 1:500, содержащие наиболее полную и достоверную пространственную информацию по городу. Базовой тематической информацией являются идентификаторы, позволяющие однозначно идентифицировать объекты ГИС и прикладные базы данных.

Таким образом, базовая система муниципальной ГИС должна содержать:

- средства создания и сопровождения цифровой основы города с планшетов масштабом 1: 500 (цифровой архив карт города);
- средства, позволяющие автоматически получать свежие и точные карты города в требуемом масштабе на электронном и твердом носителе;
- средства генерации идентификаторов объектов ГИС, необходимые для подсистем;
- средства, позволяющие автоматически обеспечивать формируемые ГИС-подсистемы каждой службы города свежей и точной пространственной и тематической информацией, необходимой для работы с локальными базами данных;
- собственно цифровую карту города, позволяющую генерировать карты необходимого масштаба на электронном и твердом носителе, необходимую графическую информацию, представляющую объекты ГИС в подсистемах.

На первом этапе формирования базовой ГИС предлагается:

- разработать систему сопровождения электронной карты города, которая будет идентифицировать вводимые планшеты, регистрировать степень полноты введенной информации как по планшету, так и по теме по городу в целом, дату последней коррекции информации;
- разработать систему идентификаторов ГИС-объектов;
- разработать методику ввода информации для каждого типа объектов (регистрационные точки, объекты-точки, объекты-линии, объекты-полигоны);
- разработать утилиты, облегчающие цифрование и первичную идентификацию объектов;
- разработать методику и утилиты, обеспечивающие генерацию базовой ГИС в выбранной среде;
- разработать методику и утилиты, обеспечивающие генерацию базовой ГИС-информации, необходимой подсистемам;
- выпустить инструкции операторам и администраторам ГИС;

- создать базовое покрытие регистрационных точек для взаимной увязки планшетов и всей в последующем вводимой информации;
- создать покрытие домов, представленных в виде объектов-точек с идентификаторами-адресами;
- создать покрытие кварталов города;
- создать покрытие дорог в виде осевых линий.

Для реализации данного проекта необходимы следующие ресурсы: *людские; программно-технические; организационно-технологические.*

Необходимо формирование технологической цепочки по занесению, обновлению и сопровождению пространственной информации (аналог — паспортный стол), обучение персонала управления архитектуры использованию формируемого архива, технологии ГИС, в перспективе с передачей функций сопровождения и ведения архива с четким разграничением полномочий и доступа.

В результате реализации данного проекта в полном объеме управление архитектуры получит цифровой архив карт города, обладающий эффективными средствами сопровождения; городской информационный центр получит отлаженную технологическую цепочку наполнения базовой ГИС географической информацией, позволяющей генерировать прикладные ГИС по службам; городские службы получат в свое распоряжение точную и свежую географическую информацию, систему генерации прикладных ГИС.

При формировании данной системы требует отдельной проработки вопрос разграничения доступа и прав использования создаваемой информации.

Прикладные ГИС формируются по службам, базовая ГИС используется для генерации необходимых им данных, организации и согласования взаимодействия с другими службами. На первом этапе прикладные ГИС формируются в виде пилотных проектов, — т.е. проектов, небольших по объему и сложности. Второй этап — на базе опыта, приобретенного в результате работы над пилотным проектом, формируется полноценная прикладная ГИС, работающая на сервере городского информационного центра. На третьем этапе возможно выделение

прикладной ГИС как удаленного рабочего места муниципальной ГИС. Формирование прикладной ГИС проходит в три этапа.

Первый этап. Выполняется в виде пилотного проекта по каждой городской службе. Выполнение пилотных проектов позволяет получить достоверные данные о наличии, доступности и достоверности обрабатываемой данной службой информации; ознакомить персонал с возможностями системы; сформулировать техническое задание на геоинформационную подсистему данной.

Второй этап. Происходит выделение прикладной ГИС в самостоятельную систему на базе сервера городского информационного центра и рабочих мест оператора (в том числе в составе службы). Производится постоянное, планомерное занесение и обновление пространственной и тематической информации по темам в порядке, согласованном со службой, в зависимости от актуальности и достоверности информации. По мере накопления информации и решения организационно-технических вопросов в рамках службы и городского информационного центра — организация связи по электронной сети.

Третий этап. Происходит выделение прикладной ГИС в самостоятельную систему на базе удаленного рабочего места службы, базовая ГИС выполняет роль генератора данной прикладной ГИС. администратора муниципальной ГИС. Производится постоянное, планомерное занесение и обновление пространственной и тематической информации по темам в порядке, согласованном со службой, в зависимости от актуальности и достоверности информации. По мере развития системы — организация рабочих мест по сопровождению системы в рамках службы.

Содержание каждого этапа зависит от потребностей каждой конкретной службы.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Дисциплина «Географические и земельно-информационные системы»

1. Геоинформатика. Предмет и метод геоинформатики.
2. Понятие объекта. Свойства геоданных.
3. Связь геоинформатики с геодезией, картографией, фотограмметрией, программированием.
4. Понятие информационной системы.
5. Понятие геоинформационной системы (ГИС).
6. Понятие земельно-информационной системы (ЗИС).
7. Структура ГИС.
8. Функциональные возможности ГИС.
9. Модули ГИС.
10. Классификация ГИС.
11. Понятие ГИС-технологии.
12. История развития ГИС.
13. Понятие слоя в ГИС.
14. Системы координат и проекции в ГИС.
15. Представление пространственных данных в ГИС.
16. Растровые и векторные модели геоинформации.
17. Растровая модель геоданных. Технические средства получения растровой модели. Основные форматы данных.
18. Сканирование. Форматы растровых файлов. Оценка размера растрового файла.
19. Векторная модель геоданных. Структура модели и форматы представления векторных моделей.
20. Классификация объектов предметной области.
21. Системы классификации.
22. Кодирование объектов предметной области.
23. Типы кодов объектов.
24. Понятие системы управления базами данных (СУБД).

25. Модели данных в СУБД. Стандартные форматы баз данных.
26. Позиционные базы данных ГИС.
27. Атрибутивные (тематические) базы данных ГИС.
28. Набор геометрических примитивов отображения объектов в ГИС.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Дисциплина «Географические и земельно-информационные системы»

1. Макарова Н.В. и др. Информатика. Учебник. Под ред. профессора Н.В. Макаровой – М.: Финансы и статистика, 1997 – 768 с.
2. Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. Под ред. доктора техн. наук Д.В.Лисицкого-М.: Картоцентр – Геодезист, 1993 – 213 с.
3. Айламазян А.К., Стась Е.В. Информатика и теория развития. Отв. ред. академик Н.Н.Моисеев – М.: Наука, 1989 г.
4. Капралов Е.Г. Геоинформатика: Учеб. Для студ. Вузов. – М: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
5. Капралов Е.Г. Основы геоинформатики: В 2 кн. Учебное пособие для студ. Вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.
6. Кошкарев, А.В. Геопортал как инструмент управления пространственными данными и геосервисами // Пространственные данные. — 2008. — № 1.
7. Кошкарев, А.В. США — национальная инфраструктура пространственных данных // ГИСинфо. — 2005. — № 4(10).
8. Капралов, Е.Г. Геоинформатика: Учеб. Для студ. вузов / А.В. Кошкарев В.С. Тикунов и др.; Под ред. Проф. В.С. Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 480 с.
9. Капралов, Е.Г. Геоинформатика: в 2 кн. Кн.2: учебник для студ. высш. учеб. заведений [Текст] / А.В. Кошкарев В.С. Тикунов и др.; Под ред. проф. В.С. Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
10. Карпик, А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий [Текст]/ А.П. Карпик. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 250 с.
11. Середович, В.А. Геоинформационные системы (назначение, функции, классификация) [Текст]: монография / В.А. Середович, В.Н. Ключниченко, Н.В. Тимофеева. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 192 с.

12. Дубровский, А.В. Разработка автоматизированной технологии инвентаризации земель нефтегазовых комплексов [Текст] //Автореферат дис. на соискание уч. ст. к.т.н. /СГГА.– Новосибирск, 2005 – 27 с.
13. Дубровский, А.В. Компьютерные технологии в землеустройстве и земельном кадастре [Текст]: практикум. Ч.1. Методика создания геоинформационного пространства объектов недвижимости/ А.В. Дубровский. – Новосибирск: СГГА, 2009. – 48 с.
14. Дубровский, А.В. Земельно-информационные системы в кадастре [Текст]: учеб. метод. Пособие / А.В. Дубровский. – Новосибирск: СГГА, 2010.-112 с.
15. Карпик, А.П. Управление территорией в геоинформационном дискурсе [Текст]/А.П. Карпик, А.Г. Осипов, П.П. Мурзинцев. – Новосибирск: СГГА, 2010.- 280 с.
16. Инженерная геодезия и геоинформатика: Учебник для вузов /Под ред. С.И. Матвеева. – М.: Академический проект, 2012. – 484 с.
17. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы – Москва: Техносфера, 2008. – 312 с.