

ТЕМА 2.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ГИС

- Многие разработчики автоматизированных систем не совсем уверенно могут дать ответ на вопрос, относятся ли системы к классу ГИС или нет. Это обусловлено разнообразием технологий и даже терминологией многочисленных существовавших ранее (и существующих теперь) систем сбора и обработки пространственно-временных данных.
- Сами ГИС также могут значительно отличаться друг от друга по возможностям, основным технологиям, обработки данных (и их числу), по требуемой технической конфигурации, вычислительным ресурсам и т.д. Например, в одних инструментальных пакетах ГИС термин «дуга» заимствован из теории графов и служит для обозначения полилинии, в других пакетах – полилинию называют «полилинией», а дугу – «дугой».

- В силу этого особую активность приобретает осуществляемая на основе методов системного анализа обобщенная оценка типичных признаков принадлежности информационной системы к классу ГИС и ее отличительных свойств.
- Необходимо подчеркнуть, что ГИС относится к классу интегрированных систем. Современные тенденции создания интегрированных автоматизированных систем (в том числе ГИС) включают разные аспекты интеграции – интеграцию данных, технологий и технических средств.

- **Интеграция данных** заключается в применении системного подхода проектирования моделей данных, создании некой универсальной информационной модели и соответствующих протоколов обмена данными.
- **Интеграция технических средств** в настоящее время выражается в создании распределенных систем обработки, применении концепций «открытых систем» и современных методов проектирования систем на основе CASE-технологий (Computer Aided System Engineering).

- Интеграция технологий подразумевает не простое суммирование известных технологических процессов и решений, а получение оптимальных технологических решений обработки информации на основе известных методов и разработки новых, ранее не встречавшихся технологий.
- Разработка автоматизированной информационной технологии на базе существовавших неавтоматизированных технологий в подавляющем большинстве случаев оказывается нерентабельной и неэффективной. Элемент новизны, как правило, определяет и эффективность новой автоматизированной технологии.

- Для анализа обобщенной ГИС дадим основные понятия иерархии информационной интегрированной системы (рис.1).
- Верхним уровнем понятий является **интегрированная система** – независимый комплекс, в котором выполняются все процессы обработки, обмена и представления информации. Схема системы включает в себя системные уровни, подсистемы, процессы, задачи.
- Система может быть полной и неполной.
- **Полной** будем называть ту систему, которая в процессе работы осуществляет технологический цикл, включающий следующие процессы:
 - - ввод (или возможность ввода) всех видов информации данной предметной области для решения задач, поставленных перед системой;



Рис. 2.1. Структура интегрированной системы

- - обработку информации с привлечением набора существующих средств, применяемых для решения данного класса задач;
- - вывод или представление данных в форматах вывода согласно заданию без использования других систем.
- **Неполной** называют систему, которая осуществляет частичную обработку данных, частичный ввод данных или использует другие системы в процессе обработки.
- Более низким уровнем по отношению к системе является **системный уровень**. Этот термин определяет часть системы, объединяющую подсистемы и процессы обработки по функциональным и технологическим признакам. Системный уровень может включать от одной до нескольких подсистем.

- **Подсистему** определим как часть системы, объединенную по функциональным методам обработки данных, включающим разные алгоритмы и способы моделирования. Подсистема может быть локальной или распределенной.
- **Распределенной** будем считать подсистему, состоящую из фрагментов, которые располагаются на различных узлах сети компьютеров, возможно, управляются различными системами и допускают участие в работе нескольких пользователей из разных узлов сети.
- В отличие от распределенной **локальная** подсистема сгруппирована в одной точке сети и, как правило, обслуживается одним пользователем.

- В подсистему входит *процесс обработки данных* – совокупность методов, обеспечивающих реализацию алгоритма обработки или одного метода моделирования, решающего одну или несколько задач обработки данных. Он подразделяется на локальный, системный, распределенный.
- Значение терминов *локальный и распределенный* аналогично значению их для подсистем. *Системный процесс* предназначен для обслуживания систем; как правило, он является «прозрачным» (т.е. незаметным) для пользователя.

- *Задача* как элемент системы определяется простейшим циклом обработки типизированных данных. В этом контексте задача может быть связана с алгоритмами обработки (с вычислениями) или технологическими процессами, не связанными с вычислениями типа ввода данных, формирования данных, визуального контроля данных, функционирования автоматизированных датчиков или устройств и т.п.
- Рассмотренные понятия относятся к элементам системы (ГИС).

- Системный подход позволяет в равной степени анализировать как системы, так и процессы. Поэтому для интегрированных процессов обработки данных (в ГИС) иерархия понятий аналогично рассмотренной выше для систем будет выглядеть так:
 - - интегрированный процесс;
 - - системный уровень обработки;
 - - блок процессов;
 - - процесс;
 - - класс задач;
 - - задача.

- Следует подчеркнуть разницу между системным уровнем и подсистемой. **Подсистема** имеет всегда технологическое назначение, логическое описание и физическую реализацию. Так, подсистема семантического моделирования может быть реализована как составная часть технологии сбора информации или как самостоятельная технология, например, при формировании графических моделей.
- **Системный уровень** является описательным понятием, т.е. имеет технологическое назначение и может иметь (а может и не иметь) логическое описание.

- Физическая реализация осуществляется обычно на уровне подсистемы. Определение основополагающих принципов функционирования любой автоматизированной системы (в том числе и ГИС), достижение ее целостности, оптимизация структуры осуществляется на основе методов системного анализа.
- Анализ, выполненный с использованием методов формализации общей теории, будет отвечать требованиям целостности и единства рассматриваемых проблем и задач, позволит определить структуру обобщенной ГИС и минимальные требования, которым должна удовлетворять такая система.

2.1. Общие сведения о системном построении информационной системы

- Для системного анализа обобщенной ГИС необходимо выбрать метод описания разнородных процессов. Целесообразно использовать положения общей теории систем (ОТС), обоснованные в работах М.ДЖ. Месаровича и Ю.А.Урманцева, и методы структурного анализа, широко применяемые при разработке программных проектов и систем.
- Отмеченные теоретические подходы имеют небольшие специфические различия в формах представления, но содержат концептуальное единство. Поэтому при их использовании будем применять положения, которые взаимно непротиворечивы и дополняют друг друга.

- При практических исследованиях приходится иметь дело с функциональными системами. Для формирования этого класса систем более удобно описание, даваемое М.Месаровичем.
- Системный подход позволяет представить процесс построения любой информационной системы в виде схемы, содержащей семь этапов (рис.2.2.), которые определяют создание системы от постановки задачи до ее реализации.
- Первый этап – формирование основных требований к системе на словесном (вербальном) уровне без должной формализации.

- Рис. 2.2. Схема построения автоматизированной системы

- Второй этап – определение концепции решения проблем и задач или построения системы.
- Третий этап – детализация общей задачи создания и применения системы, определение системы описаний для перехода от словесных формулировок к схемному или логически взаимосвязанному описанию функций и задач системы, которое позволит разбить систему на основные составляющие ее части. Говоря другими словами, осуществляется формализованное представление взаимосвязи частей и процессов системы. В результате определится структурная схема системы.
- На первых трех этапах происходит формирование *инфологической модели*.

- Четвертый этап – алгоритмизация методов и решений задач, стоящих перед системой, выбор моделей данных, математических и технологических решений.
- Пятый этап – оптимизация решений, осуществляемая на основе дополнительного исследования предметной области и специфики решаемых задач. Этим заканчивается построение системы на логическом уровне проектирования.
- Шестой этап – реализация системы. В терминах проектирования говорят о переходе к физическому (уровню) построения системы.
- Седьмой этап – модернизация создания информационной системы (в том числе ГИС), предусматривающая учет возможных ситуаций функционирования, а также тенденций развития программно-технологических средств.

- В соответствии с этой схемой мы находимся на третьем этапе исследований и наша задача – представление обобщенной ГИС как сложной системы в виде основных составляющих ее частей. Для решения этой задачи используем метод общей теории систем (ОТС).
- Определим функциональную систему S как отображение входного множества X (множества первичных элементов) на выходное множество Y . В формальном представлении ОТС это будет соответствовать записи:
 - $S: X \rightarrow Y$.
- В общем случае любая сложная система считается неоднородной (гетерогенной), поэтому целесообразно разбить ее на однородные компоненты (подсистемы) путем построения стратифицированной (многоуровневой) системы (рис. 2.3.).

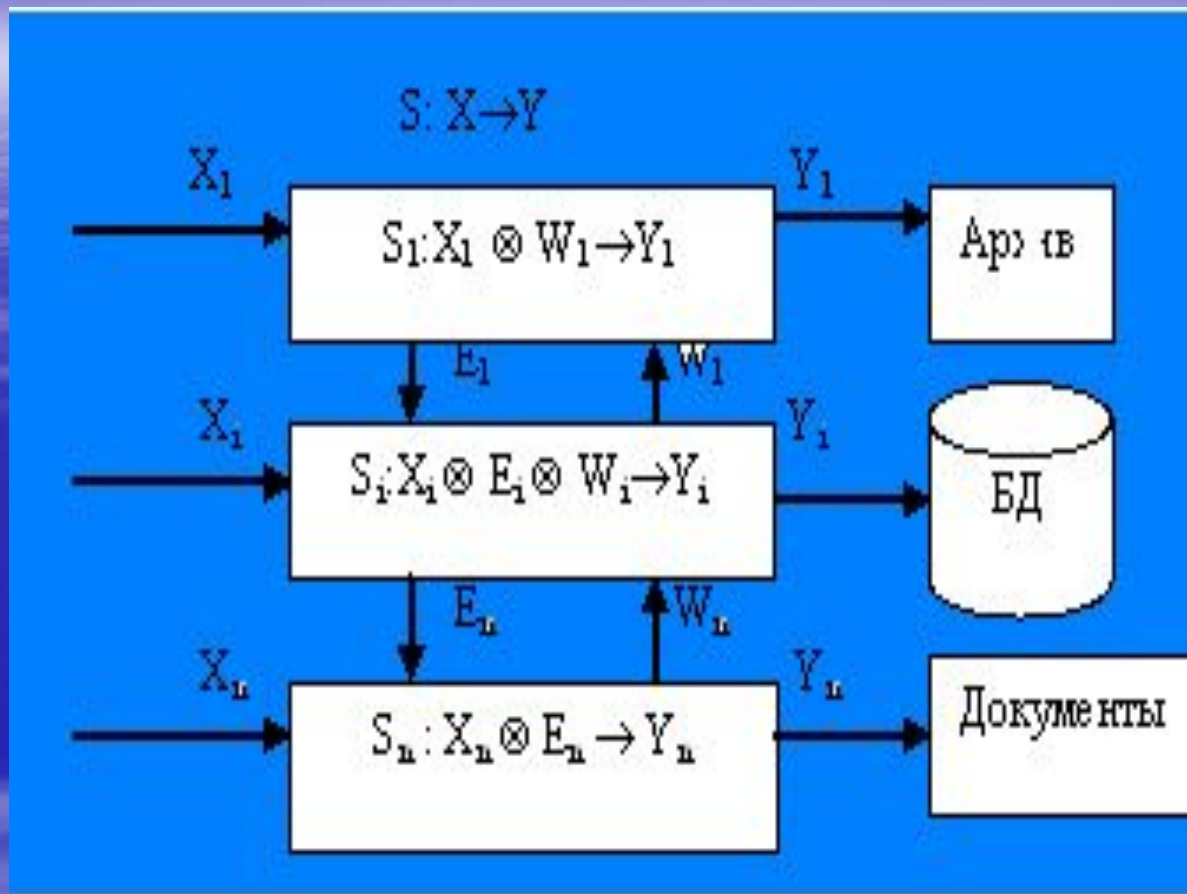


Рис. 2.3. Структура сложной стратифицированной системы

- **Страты** – это уровни, определяемые по совокупности сходных признаков. В зависимости от критериев оценки система может разбиваться по-разному, например, на системные уровни, если критерием являются технологические признаки.
- Стратификация (разделение системы S на уровни) возможна, если множества входной (X) и выходной (Y) информации неоднородны и представимы в виде декартовых произведений (\otimes), т.е. если входная и выходная информация образует два независимых базиса X_i и Y_i :
 - $X = (X_1 \otimes X_i \dots X_n)$;
 - $Y = (Y_1 \otimes Y_i \dots Y_n)$.

(2.1)

- В этом случае система S может быть описана в виде совокупности n уровней. Для каждого уровня имеет место
 - $S_1: X_1 \otimes W_1 \rightarrow Y_1;$
 - $S_i: X_i \otimes E_i \otimes W_i \rightarrow Y_i;$
 - $S_n: X_n \otimes E_n \rightarrow Y_n,$
- где E, W – соответственно нисходящие и восходящие информационные потоки, обеспечивающие связь между уровнями (см. рис. 2.3.).
- Именно наличие нисходящих и восходящих потоков объединяет подуровни в единую систему. Отсутствие таких потоков приводит к тому, что исходная система S разбивается на совокупность независимых более мелких систем.

- Возможность разложения входных/выходных данных на независимые группы (2.1) и выявление нисходящих и восходящих информационных потоков позволяет разбивать систему на системные уровни, системные уровни – на подсистемы, процессы – на задачи и т.д.
- Многоуровневость может быть обусловлена различными критериями, в частности разнородностью входных/выходных данных или технологическими признаками. Например, выходные множества представляются в виде документов, и информационных данных. Следовательно, выявление такой разнородности служит основой построения систем в виде совокупности уровней.
- ОТС в равной мере применима для анализа как систем, так и процессов обработки данных. Это позволяет определить структуру создаваемой системы и описать ее технологии.

2.2. Построение схемы обобщенной ГИС

- При системном подходе процесс разработки ГИС интерпретируется как поиск оптимальной структуры системы путем разбиения ее на подсистемы. При этом реализуется концепция разработки «сверху вниз».
- Построение схемы обобщенной ГИС можно осуществить на основе анализа входных/выходных информационных потоков, функционирующих в автоматизированной системе.
- Совокупность входных и выходных данных ГИС может быть представлена в виде независимых технологических совокупностей трех групп: сбора, моделирования и хранения, представления. Действительно, сбор информации производится независимо от хранения данных.

- Данные хранятся независимо от процедур сбора и представления информации. На представление (выдачу) информации в той или иной форме дается задание независимо от способов моделирования.
- Эти условия являются достаточными для того, чтобы представить входные X и выходные Y потоки обобщенной ГИС в виде независимых совокупностей (в форме декартовых произведений), аналогично выражению (2.1):

$$\begin{aligned}
 & \text{■ } X = (X_1 \otimes TЗ_c \otimes TЗ_m \otimes TЗ_n); \\
 & \text{■ } Y = (X_y \otimes ЦММ \otimes ЦМК), \qquad \qquad \qquad (2.2)
 \end{aligned}$$

- где $TЗ_c$ – техническое задание на сбор информации;

- $TЗ_m$ – техническое задание на хранение, обновление и моделирование;
- $TЗ_n$ – техническое задание на представление данных после окончательной обработки;
- X_1 – множество первичных данных, измеряемых или собираемых с помощью различных технологий;
- X_y – множество унифицированных данных, получаемых после сбора и первичной обработки;
- ЦММ – цифровая модель местности, хранимая в базе данных ГИС;
- ЦМК – цифровая модель карты, сгенерированная для визуального представления на дисплее или для печати.

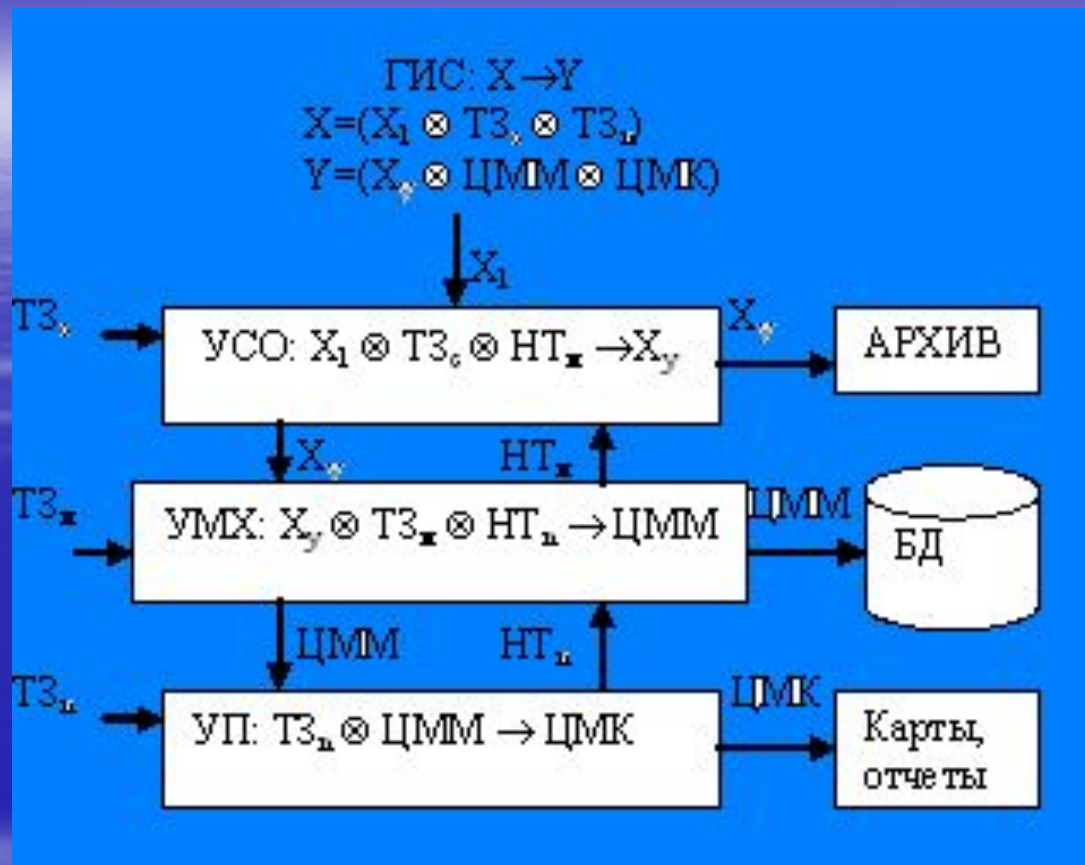
- В рамках данной теории цифровая модель карты представляет собой отображение цифровой модели местности с помощью средств компьютерной визуализации. Применение ЦММ и ЦМК наглядно прослеживается в технологии работы модульной системы MGE (Modular GIS Environment) и ряда других пакетов ГИС. В этой системе аналогом цифровой модели местности выступают объекты базы данных и географическая информация, аналогом цифровой карты – проект (карты). Для отображения проекта осуществляют преобразование проекта в чертеж – генерацию чертежа. Визуальному представлению ЦМК соответствует сгенерированный чертеж. Другими словами, ЦМК можно определить как результат формирования ЦММ для визуального отображения в виде карты.

- Множество X_1 представляет собой сложную совокупность данных, получаемых с помощью разных технологий: по фотоснимкам, геодезическими методами на местности, с карт, при помощи систем GPS (Global Position System), из архивных табличных данных и т.д.
- На основе ОТС с учетом выражения (2.2) представим обобщенную ГИС в виде стратифицированной трехуровневой структуры (рис. 2.4.):

- УСО: $X_1 \otimes T3_c \otimes HT_M \rightarrow X_y;$
- УМХ: $X_y \otimes T3_n \otimes HT_n \rightarrow ЦММ;$
- УП: $T3_n \otimes ЦММ \rightarrow ЦМК,$ (2.3)

- где УСО – системный уровень сбора и первичной обработки информации;

- УМХ – системный уровень моделирования, хранения и обновления;
- УП – системный уровень представления данных;
- $НТ_m$, $НТ_n$ – нормативные требования к данным при моделировании и представлении информации соответственно; они являются аналогами промежуточных восходящих информационных потоков.
- Для концептуального построения ГИС согласно (2.3) необходимо определить $НТ_m$, $НТ_n$, т.е. информационную основу.
- Таким образом, применяя системный подход, можно построить структурную схему обобщенной ГИС в виде трехуровневой системы (рис. 2.4) и по этим уровням проводить сравнение различных ГИС между собой, а также сравнение ГИС и других автоматизированных систем.



- Рис. 2.4. Структура обобщенной ГИС

- Нормативные требования в (2.3) определяются при дальнейшем анализе, т.е. при переходе к следующим этапам построения.
- Таким образом, функционирование обобщенной ГИС согласно формализованному описанию (2.3) и схеме (рис. 2.4) осуществляется следующим образом.
- На **первом** системном уровне (УСО) происходит сбор первичных данных X_1 , получаемых с помощью разных методов и технологий и потому имеющих разные структуру, формат и представление. В ходе первичной обработки эти разнородные данные корректируются и унифицируются. В результате формируется некое унифицированное подмножество данных X_u , которое частично хранится в виде архивов и полностью передается на уровень моделирования и хранения.

- На **втором** системном уровне (УМХ) осуществляются: анализ унифицированной информации X_u ; установление связей между частями модели; устранение избыточности, если такая имеется; проверка на целостность и непротиворечивость данных; определение первичных и внешних ключей; формирование методанных и т.д. Подмножество X_u содержит необходимые данные для построения цифровой модели местности, которая хранится в базе данных в виде совокупности графической и символьной информации. ЦММ служит основой для решения прикладных задач на базе различных методов моделирования. Эти процессы также происходят на уровне УМХ. В результате обработки сформированная цифровая модель или результат ее использования подготавливаются для визуального представления. Для этого она передается на третий системный уровень.

- На третьем системном уровне (УП) ЦММ преобразуется в цифровую модель карты, которая служит основой представления информации.
- Анализируя группы задач обработки данных на трех системных уровнях, можно отметить следующее.
- На первом уровне наиболее широко представлены задачи первичной обработки информации: распознавание, структуризация, декомпозиция, компоновка, измерения, сжатия, контроля, унификация.
- Для второго уровня определяющими являются задачи типизации, геометрического преобразования, экспертного типа, построения цифровых моделей, синтеза и т.п.

- На третьем уровне наиболее значимы задачи оптимизации, компоновки, синтеза и п.т.
- Естественно, что различные задачи и методы моделирования могут в разной степени присутствовать на каждом уровне, но вид уровня определяет их значение.

- В общем виде ГИС может включать следующие подсистемы:
 - - семантического моделирования (кодирования) собираемой информации (первый уровень);
 - - имитационного моделирования для контроля входной информации (первый уровень);
 - - геометрического моделирования (первый, второй и третий уровни);

- - имитационного моделирования для контроля модельных решений (второй уровень);
 - - коррекции информации на основе векторных или скалярных критериев (первый и второй уровни);
 - - интерактивного (эвристического) моделирования (второй уровень);
 - - семантического моделирования (кодирования) информации, хранимой в БД (второй уровень);
 - - документационного обеспечения (третий уровень).
- При сборе первичной информации основным является семантическое моделирование. Инвариантное моделирование имеет приоритет на втором уровне. Эвристическое моделирование занимает ведущее место при интерактивной обработке и в процессах контроля и коррекции. Наконец, информационное моделирование является основным в подсистемах документационного обеспечения.

- Таким образом, независимо от вида инструментальной системы, составляющей основу конкретной ГИС, любая ГИС должна обладать общими признаками и свойствами обобщенной ГИС.
- Определим ГИС как полную (информационную систему), если в ней присутствуют все три системных уровня, определяемых выше. В противном случае будем говорить о неполной ГИС.
- Данный метод анализа применим не только к ГИС, но и к любой автоматизированной системе, включая САПР, АСИС, АСУ. Таким образом, любая информационная система, система управления при аналогичных задачных условиях (2.2) представима в виде трехуровневой системы. Эта общность структур систем, различающихся задачами и целями, а также общность преобразования информации дает основание говорить и об общности концепций и методов обработки данных в этих системах.

- Следовательно, на уровне системной структуры ГИС и других АС существует общность принципов обработки данных для широкого круга прикладных задач, включая управление, организацию производства, проектирование, хранение и обновление данных. Эта общность является следствием интеграции.
- Таким образом, системный подход позволяет построить схему ГИС в виде основных уровней обработки информации и проводить сравнительный анализ, как с другими автоматизированными системами, так и среди геоинформационных систем, предназначенных для решения различных задач.