

## 1. Моделирование как метод познания.

Человечество в своей деятельности (научной, образовательной, художественной) постоянно создает и использует модели окружающего мира. Строгие правила построения моделей сформировать невозможно, однако человечество накопило богатый опыт моделирования различных объектов и процессов.

Модели позволяют представить в наглядной форме объекты и процессы, недоступные для непосредственного восприятия (очень большие или очень маленькие объекты, очень быстрые или очень медленные процессы и пр.). Наглядные модели часто используют в процессе обучения. Например, в курсе географии, модель Земли – глобус, а в биологии, строение тела человека – анатомический муляж.

Модели играют важную роль в проектировании и создании различных технических устройств, механизмов, зданий и т.д. Без предварительного создания чертежа невозможно изготовить даже простую деталь, не говоря уже о сложном механизме. В процессе проектирования зданий и сооружений кроме чертежей часто изготавливают макеты. География или военное дело невозможно без информационных моделей поверхности Земли в виде карт.

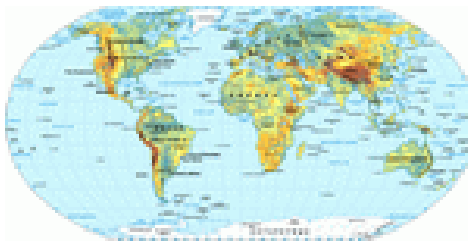


Рис. 1. Карта Земли.

Развитие науки невозможно без создания теоретических моделей (законы, гипотезы и пр.), отражающих строение, свойства и поведение реальных объектов. Создание новых теоретических моделей может коренным образом изменить представления человечества об окружающем мире. Примером может служить модель генома человека (см. рис. 2)

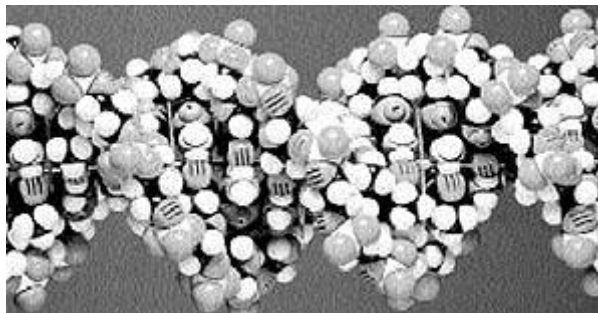


Рис. 2. Модель молекулы ДНК.

Все художественное творчество фактически является процессом создания моделей. Практически любое литературное произведение может рассматриваться как модель реальной человеческой жизни. Моделями, в художественной форме отражающими реальную действительность, являются также живописные полотна, скульптуры, театральные постановки и пр.

**Моделирование** - это процесс создания модели. При построении модели выделяются главные, наиболее существенные для проводимого исследования свойства. **Модель является неким новым упрощенным объектом, который отражает существенные особенности изучаемого объекта, явления или процесса.**

Однако, никакая модель не может заменить сам объект. Но при решении конкретной задачи, когда нас интересует определенные свойства изучаемого объекта, модель оказывается полезным, а подчас и единственным инструментом исследования.

## 2. Формы представления моделей. Формализация.

Все модели можно разбить на **два больших класса: модели предметные (материальные) и модели информационные.** Предметные модели воспроизводят геометрические, физические и другие свойства объектов в материальной форме (глобус, анатомические муляжи, макеты зданий или сооружений).



Рис. 3. Анатомический муляж сердца.

**Образные модели** (рисунки, фотографии и др.) представляют собой зрительные образы объектов, зафиксированные на каком-либо носителе информации (бумага, киноплёнка и т.п.). Очень часто образные модели используются в учебном процессе (например, учебные плакаты по различным предметам).

**Знаковые информационные модели** строятся с использованием различных языков (знаковых систем). Знаковая информационная модель может быть представлена в

форме текста (например, программы на языке программирования), формулы (например, второго закона Ньютона  $F = m \cdot a$ ), таблицы (например, периодической таблицы элементов Д.И. Менделеева).

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

www.calc.ru



Д.И. Менделеев  
1834-1907

СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА: Rb  
ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР: 37

НАЗВАНИЕ ЭЛЕМЕНТА: РУБИДИЙ  
ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА: 85,468

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО СЛОЯМ

s-элементы  
 p-элементы  
 d-элементы  
 f-элементы

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ																a		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII											
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
1	1	H водород 1,008																	He гелий 4,003	
2	2	Li литий 6,941	Be бериллий 9,0122	B бор 10,811	C углерод 12,011	N азот 14,007	O кислород 15,999	F фтор 18,998											Ne неон 20,179	
3	3	Na натрий 22,99	Mg магний 24,312	Al алюминий 26,982	Si кремний 28,086	P фосфор 30,974	S сера 32,064	Cl хлор 35,453											Ar аргон 39,948	
4	4	K калий 39,102	Ca кальций 40,08	Sc скандий 44,956	Ti титан 47,88	V ванадий 50,942	Cr хром 51,996	Mn марганец 54,938	Fe железо 55,845	Co кобальт 58,933	Ni никель 58,69								Kr криптон 83,8	
	5	Cu медь 63,546	Zn цинк 65,37	Ga галлий 69,72	Ge германий 72,63	As мышьяк 74,922	Se селен 78,96	Br бром 79,904											Xe ксенон 131,3	
5	6	Rb рубидий 85,468	Sr стронций 87,62	Y иттрий 88,906	Zr цирконий 91,224	Nb ниобий 92,906	Mo молибден 95,94	Tc технеций 98	Ru рутений 101,07	Rh родий 102,905	Pd палладий 106,36									
6	7	Ag серебро 107,868	Cd кадмий 112,41	In индий 114,82	Sn олово 118,69	Sb сурьма 121,75	Te теллур 127,6	I йод 126,905												
6	8	Cs цезий 132,905	Ba барий 137,33	лантаноиды			Hf гафний 178,49	Ta тантал 180,948	W вольфрам 183,85	Re рений 186,207	Os осмий 190,23	Ir ирридий 192,22	Pt платина 195,08							
7	9	Au золото 196,967	Hg ртуть 200,59	Tl таллий 204,37	Pb свинец 207,19	Bi висмут 208,98	Po полоний 209	At астат 210												
7	10	Fr франций 223	Ra радий 226	актиноиды			Rf резерфордий 261	Db дубний 262	Sg сиборгий 263	Bh борий 264	Hn хансий 265	Mt мейтнерий 266								
		Высшие оксиды		R <sub>2</sub> O	RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	RO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>										
		Летучие водородные соединения				RH <sub>4</sub>	RH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> R	HR											
ЛАНТАНОИДЫ																				
		57 La лантан 138,905	58 Ce церий 140,12	59 Pr празеодим 140,909	60 Nd неодим 144,24	61 Pm прометий 145	62 Sm самарий 150,4	63 Eu европий 151,96	64 Gd гадолиний 157,25	65 Tb тербий 158,925	66 Dy диспрозий 162,5	67 Ho гольмий 164,93	68 Er эрбий 167,26	69 Tm тулий 168,934	70 Yb ytterбий 173,054	71 Lu лютеций 174,967				
АКТИНОИДЫ																				
		89 Ac актиний 227	90 Th торий 232,038	91 Pa протактиний 231	92 U уран 238,029	93 Np нептуний 237	94 Pu плутоний 244	95 Am амерций 243	96 Cm курий 247	97 Bk берклий 247	98 Cf калфорний 251	99 Es эйзенштейн 252	100 Fm фермий 257	101 Md менделеевий 258	102 No нобелий 259	103 Lr лутеций 260				

Рис. 4. Периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева.

Естественные языки используются для создания описательных информационных моделей. С помощью формальных языков строятся формальные информационные модели (математические, логические и др.). Одним из наиболее широко используемых формальных языков является математика. Модели, построенные с использованием математических понятий и формул, называются математическими моделями. Язык математики является совокупностью формальных языков. Процесс построения информационных моделей с помощью формальных языков называется формализацией.

### 3. Системный подход в моделировании.

Окружающий нас мир состоит из множества различных объектов, каждый из которых имеет разнообразные свойства, и при этом объекты взаимодействуют между собой. Например, такие объекты, как планеты Солнечной системы, имеют различные свойства (массу, геометрические размеры и пр.) и по закону всемирного тяготения взаимодействуют с Солнцем и друг с другом.

Планеты входят в состав Солнечной системы, а Солнечная система – в состав нашей галактики «Млечный путь». Можно сделать вывод, что практически каждый из объектов состоит из других объектов, т.е. представляет собой систему.

**Система является совокупностью взаимосвязанных объектов, которые называются элементами системы.**



Рис. 5. Планеты солнечной системы.

Важным признаком системы является ее целостное функционирование. Например, компьютер является системой, состоящей из различных устройств, при этом устройства связаны между собой аппаратно (физически подключены друг к другу) и функционально (между устройствами происходит обмен информацией).

Состояние системы характеризуется ее **структурой, т.е. составом и свойствами элементов, их отношениями и связями между собой.** Система сохраняет свою целостность до тех пор, пока она сохраняет неизменной свою структуру. Если структура системы меняется, то система может перестать функционировать как целое.

**Статические информационные модели.** Любая система существует в пространстве и во времени. В каждый момент времени система находится в определенном состоянии, которое характеризуется составом элементов, значениями их свойств, величиной и характером взаимодействия между элементами и так далее.

Так, состояние Солнечной системы в любой момент времени характеризуется составом входящих в нее объектов (Солнце, планеты и др.), их свойствами (размерами,

положениями в пространстве и др.), величиной и характером взаимодействия между собой (силами тяготения, с помощью электромагнитных волн и др.).

**Модели, описывающие состояние системы в определенный момент времени, называются статическими информационными моделями.**

В физике примером статических информационных моделей являются модели, описывающие простые механизмы, в биологии – модели строения растений и животных, в химии – модели строения молекул и кристаллических решеток и так далее.

**Динамические информационные модели.** Состояние системы изменяется во времени, т.е. происходят процессы изменения и развития систем. Так, планеты движутся, изменяется их положение относительно Солнца и друг друга; Солнце как и любая звезда, развивается, меняются ее химический состав, излучение и так далее.

**Модели, описывающие процессы изменения и развития систем, называются динамическими информационными моделями.**

В физике динамические информационные модели описывают движение тел, в биологии – развитие организмов или популяций животных, в химии – процессы прохождения химических реакций и так далее.

#### **4. Типы информационных моделей.**

Информационные модели отражают различные типы систем объектов, в которых реализуются различные структуры взаимодействия и взаимосвязи между элементами системы. Для отражения систем с различными структурами используются различные **типы информационных моделей: а) табличные, б) на основе графов (иерархические и сетевые).**

##### **а). Табличные модели.**

Одним из наиболее часто используемых типов информационных моделей является таблица, которая состоит из строк и столбцов. Такой тип моделей применяется для описания ряда объектов, обладающих одинаковыми наборами свойств. Построим табличную информационную модель, отражающую стоимость отдельных устройств

компьютера (табл. 1). В первом столбце таблицы содержится перечень объектов (устройств), входящих в состав компьютера, а во втором — их цена.

Наименование устройства	Цена (в у.е.)
Системная плата	80
Процессор Celeron (1 ГГц)	70
Память DIMM 128 Мб	15
Жесткий диск 40 Гб	130
Дисковод 3,5"	14
Видеоплата 16 Мб	30
Монитор 15"	180
Звуковая карта 16 битов	30
Дисковод CD-ROM □ 52	40
Корпус	25
Клавиатура	10
Мышь	5

Табл. 1. Цены устройств компьютера.

С помощью таблиц создаются информационные модели в различных предметных областях. Широко известно табличное представление математических функций, статистических данных, расписаний поездов и самолетов, уроков и т. д. Табличные информационные модели проще всего формировать и исследовать на компьютере посредством электронных таблиц и систем управления базами данных.

#### **б). Информационные модели на графах.**

Для того, чтобы представить информацию о составе и структуре системы графически, необходимо изобразить компоненты системы в виде чертежа и соединить их между собой какими-либо линиями. Такой чертеж называется граф.

Таким образом, **граф** — это средство для наглядного представления состава и структуры системы.

**Вершины графа** — это компоненты системы, изображаемые кругами, овалами, прямоугольниками и т.д.

**Дуги** — это направленные линии (стрелки), связывающие компоненты системы между собой определенным образом.

**Ребра** — это ненаправленные линии, связывающие компоненты между собой определенным образом.

Графом могут быть представлены: **иерархические** информационные модели (типа «**дерево**»), **сетевые** информационные модели, **блок-схемы** и т.д.

- **Иерархические информационные модели.**

Нас окружает множество различных объектов, каждый из которых обладает определенными свойствами. Однако некоторые группы объектов имеют одинаковые общие свойства, которые отличают их от объектов других групп. **Группа объектов, обладающих одинаковыми общими свойствами, называется классом объектов.** Внутри класса могут быть выделены подклассы, объекты которых обладают некоторыми особыми свойствами, в свою очередь, подклассы можно делить на еще более мелкие группы и т. д. Такой процесс называется процессом **классификации**. При классификации объектов часто применяются информационные модели, которые имеют **иерархическую (древовидную) структуру**. В иерархической информационной модели объекты распределены по уровням, причем элементы нижнего уровня входят в состав одного из элементов более высокого уровня. Например, весь животный мир рассматривается как иерархическая система (тип, класс, отряд, семейство, род, вид); для информатики характерна иерархическая файловая система и т. д. На рисунке 6 изображена информационная модель, которая позволяет классифицировать современные компьютеры. Полученная информационная структура напоминает дерево, которое растет сверху вниз (именно поэтому такие информационные модели называют иногда древовидными). В структуре четко просматриваются три уровня: от первого, верхнего, имеющего один элемент Компьютеры, мы спускаемся до третьего, нижнего, имеющего три элемента Настольные, Портативные, Карманные.



Рис.6 Иерархическая модель

- **Сетевые информационные модели.**

Сетевые информационные модели применяются для отражения систем со сложной структурой, в которых связь между элементами имеет произвольный характер. Например, сеть Internet (объединяет множество серверов и компьютеров конечных пользователей).

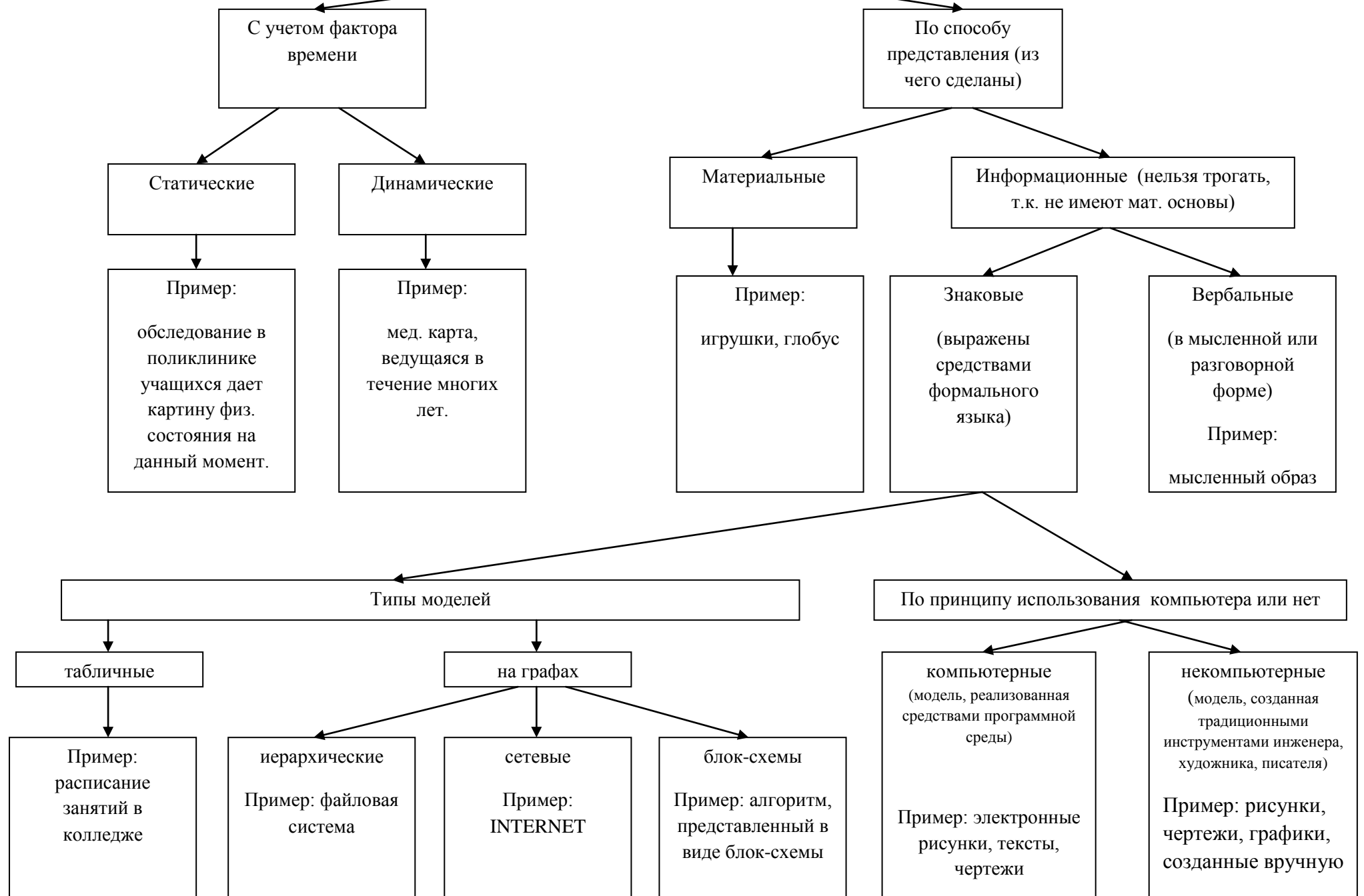
- **Блок-схемы**

Это граф, отображающий последовательность выполнения действий. Его вершины отображают отдельные действия и изображаются определенными геометрическими фигурами, а связи изображаются дугами. Пример, алгоритм любого процесса, изображенный в виде блок-схемы.

**Таким образом,** можно представить классификацию всех моделей как на рис.7



## Классификация моделей



## 5. Этапы разработки информационных моделей.

Использование компьютера для исследования информационных моделей различных объектов и систем позволяет изучить их изменения в зависимости от значения тех или иных параметров. Процесс разработки моделей и их исследование на компьютере можно разделить на несколько основных этапов.

**I этап – Постановка задачи.** **Задача** – это проблема, которую необходимо решить. **Описание задачи.** На первом этапе исследования объекта или процесса обычно строится *описательная информационная модель*, определяется **цель моделирования**, и производится **анализ объекта**. Такая модель **выделяет существенные**, с точки зрения целей проводимого исследования, **параметры объекта**, а несущественными параметрами пренебрегает. Главное на этом этапе определить **объект моделирования** и представить **результат**.

**II этап - Разработка модели.** На втором этапе создается сначала *формализованная модель*, т.е. описательная информационная модель записывается с помощью какого-либо формального языка. В такой модели с помощью формул, уравнений, неравенств и т.д. фиксируются формальные соотношения между начальными и конечными значениями свойств объектов, а также накладываются ограничения на допустимые значения этих свойств.

Однако далеко не всегда удается найти формулы, явно выражающие искомые величины через исходные данные. В таких случаях используются приближенные математические методы, позволяющие получать результаты с заданной точностью.

**Компьютерная модель.** Затем необходимо формализованную информационную модель преобразовать в *компьютерную модель*, т.е. выразить ее на понятном для компьютера языке. Существуют два принципиально различных пути построения компьютерной модели:

- создание проекта на одном из языков программирования;
- построение компьютерной модели с использованием электронных таблиц или другого приложения.

В процессе создания компьютерной модели полезно разработать удобный графический интерфейс, который позволит визуализировать формальную модель, а также реализовать интерактивный диалог человека с компьютером на этапе исследования модели.

**III этап - Компьютерный эксперимент.** Третий этап исследования информационной модели состоит в проведении компьютерного эксперимента, т.е. в тестировании модели. Если компьютерная модель существует в виде программы на одном из языков программирования, ее нужно запустить на выполнение и получить результаты.

**Тест** - это набор исходных данных, для которых результат известен заранее.

Если компьютерная модель исследуется в приложении, например, в электронных таблицах, можно провести сортировку или поиск данных, построить диаграмму или график и т.д.

**IV этап - Анализ полученных результатов и корректировка исследуемой модели.** Четвертый этап состоит в анализе полученных результатов и корректировке исследуемой модели. В случае различия результатов, полученных при исследовании информационной модели, с измеряемыми параметрами реальных объектов, можно сделать вывод, что на предыдущих этапах построения модели были допущены ошибки или неточности.

Например, при построении описательной качественной модели могут быть неправильно отобраны существенные свойства объектов, в процессе формализации могут быть допущены ошибки в формулах и т.д. В этих случаях необходимо провести корректировку модели, причем уточнение модели может проводиться многократно, пока анализ результатов не покажет их соответствие изучаемому объекту.

## **6. Примеры различных информационных моделей.**

- **Исследование математических моделей.**

Исследование математических моделей начинается с записи формальной модели на языке определенной области математики: алгебры, геометрии и т.д.

На языке алгебры формальные модели записываются с помощью уравнений, точное решение которых основывается на поиске равносильных преобразований алгебраических выражений, позволяющих выразить переменную величину с помощью формулы. Точные решения существуют только для некоторых уравнений определенного вида (линейные, квадратные, тригонометрические и др.), поэтому для большинства

уравнений приходится использовать методы приближенного решения с заданной точностью (графические, числовые и др.).

Пространственные соотношения между реальными объектами (положение и ориентация объектов в пространстве и их размеры) изучаются с помощью геометрических моделей. Для визуализации геометрических моделей используются идеализированные геометрические объекты (точка, линия, плоскость и др.), которые в отличие от реальных объектов обладают набором только наиболее существенных свойств. Так геометрическая точка отличается от реальной точки на чертеже тем, что имеет только координаты, но не имеет размеров, геометрическая линия не имеет ширины, геометрическая плоскость - толщины и т.д.

В школьном курсе геометрии не только изучаются различные геометрические модели (теоремы), но рассматривается процесс их построения. Важное место занимают геометрические построения с использованием линейки и циркуля. Для создания геометрических моделей на компьютере удобно использовать системы автоматизированного проектирования (САПР).

- **Биологические модели развития популяции.**

В биологии при исследовании развития биосистем строятся динамические модели изменения численности популяций различных живых существ с учетом различных факторов.

Изучение динамики численности популяций естественно начать с простейшей модели неограниченного роста, в которой численность популяции ежегодно увеличивается на определенный процент. Математическую модель можно записать с помощью формулы, связывающей численность популяции следующего года с численностью популяции текущего года, с использованием коэффициента роста  $a$ :

$$x_{n+1} = a * x_n$$

Например, если ежегодный прирост численности популяции составляет 5%, то

$$a = 1,05.$$

В модели ограниченного роста учитывается эффект перенаселенности, связанный с нехваткой питания, болезнями и так далее, который замедляет рост популяции с увеличением ее численности.

$$x_{n+1} = (a - b * x_n) * x_n ,$$

где  $b$  – коэффициент перенаселенности.

Также можно построить электронную таблицу компьютерной модели, она позволяет исследовать численность популяции с использованием различных моделей (неограниченного роста, ограниченного роста и т.п.). А для визуализации компьютерной модели строят графики изменения популяций с течением времени.

- **Геоинформационные модели.**

Геоинформационное моделирование базируется на создании многослойных электронных карт, в которых опорный слой описывает географию определенной территории, а каждый из остальных – один из аспектов состояния этой территории. На географическую карту могут быть выведены различные слои объектов: города, дороги, аэропорты и т.д.

Широкое распространение получили интерактивные географические карты в Интернете. Такие карты обычно реализуются с использованием векторной графики,

ПОЭТОМУ ДАЮТ ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ ВЫБИРАТЬ НУЖНЫЙ ЕМУ МАСШТАБ.



Рис. 6. Географическая карта.

Геоинформационные модели позволяют с помощью географических карт представлять статистическую информацию о различных регионах. Хранящаяся в базах данных информация о количестве населения, развитии промышленности, загрязнении окружающей среды и др. может быть связана с географическими картами и отображена на них. Статистические данные на карте могут отображаться различными способами.