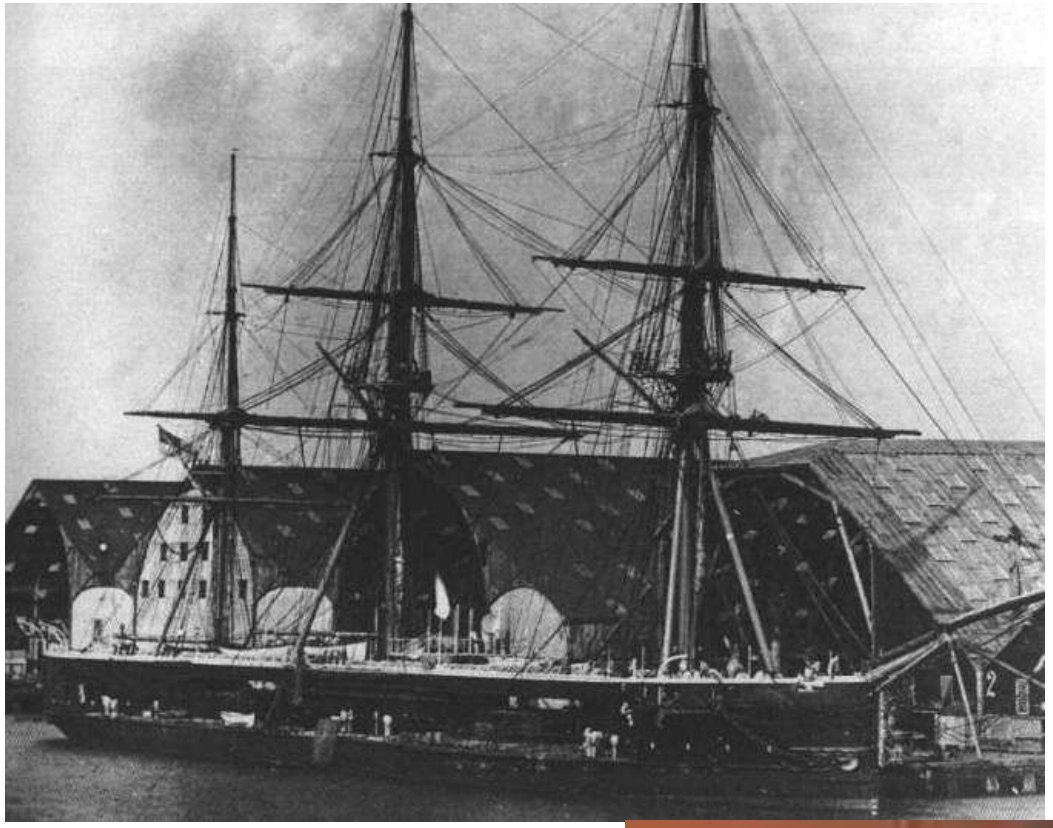
метод познания. Классификация моделей. Информационные модели. Методы моделирования.



- «Кэптен» был спроектирован Купером Кользом - английским создателем поворачивающейся орудийной башни. Ранее Кольз снабдил своими башнями «Ройял Соверен», а затем загорелся идеей построить целую серию новейших кораблей. И первым в этой серии должен был стать «Кэптен».

- **Моделирование** - это процесс исследования объекта познания на его модели.

- **Модель** – это условный (материальный) или мыслимый образ объекта (предмета, явления, процесса), который используется в определенных условиях в качестве его представителя («заместителя») и отражает его свойства и взаимосвязи, важные в рамках данного исследования.

- Между объектом и его моделью существует некоторое подобие, которое проявляется либо в сходстве физических характеристик, либо в сходстве реализуемых (осуществляемых) функций, либо в тождестве их поведения в конкретной среде.

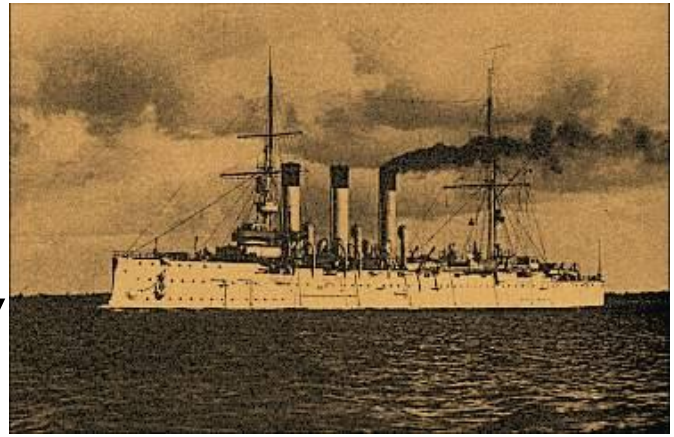
- **Цели моделирования**:
- понять, как устроен конкретный объект, как он функционирует;
- научиться управлять объектом (или процессом), определить наилучшие способы управления;
- прогнозировать последствия такого управления.

- **Моделировать можно:**
  - объекты (предметы)
  - процессы
  - явления.

Моделирование объекта

- *Оригинальный объект:*

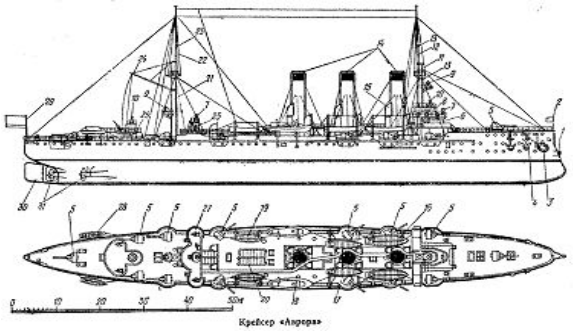
Крейсер «Аврора» в 1903 году



Модели крейсера:

1. Крейсер Аврора
   Модель 1:100 в музее Черноморского флота.

2. Крейсер "АВРОРА" - миниатюра из LEGO



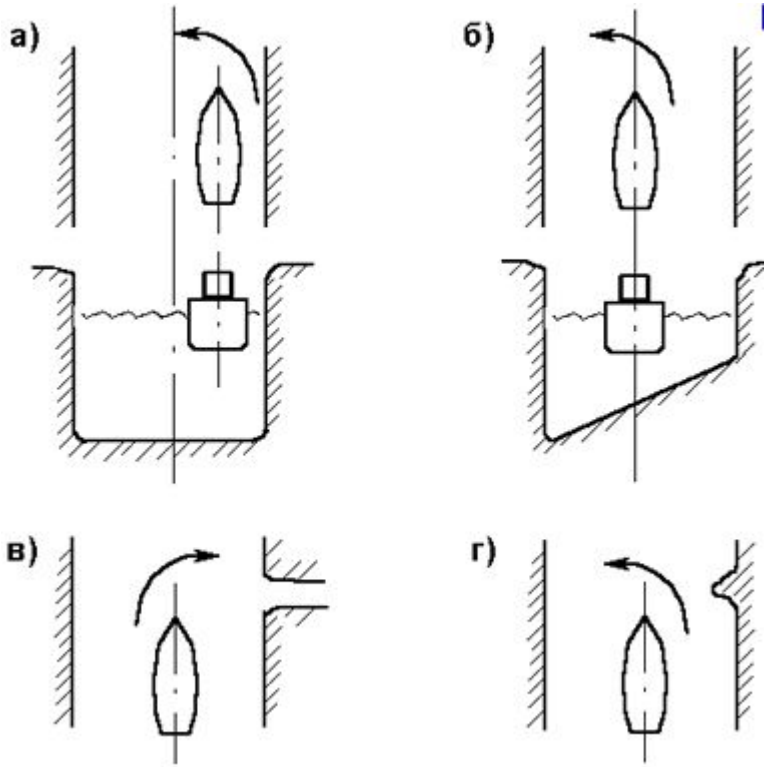
3. Чертёж крейсера «Аврора»

- Во всех случаях мы имеем образ реального объекта или явления, «заместителя» некоторого «оригинала», воспроизводящего его с той или иной достоверностью и подробностью.

Су-35

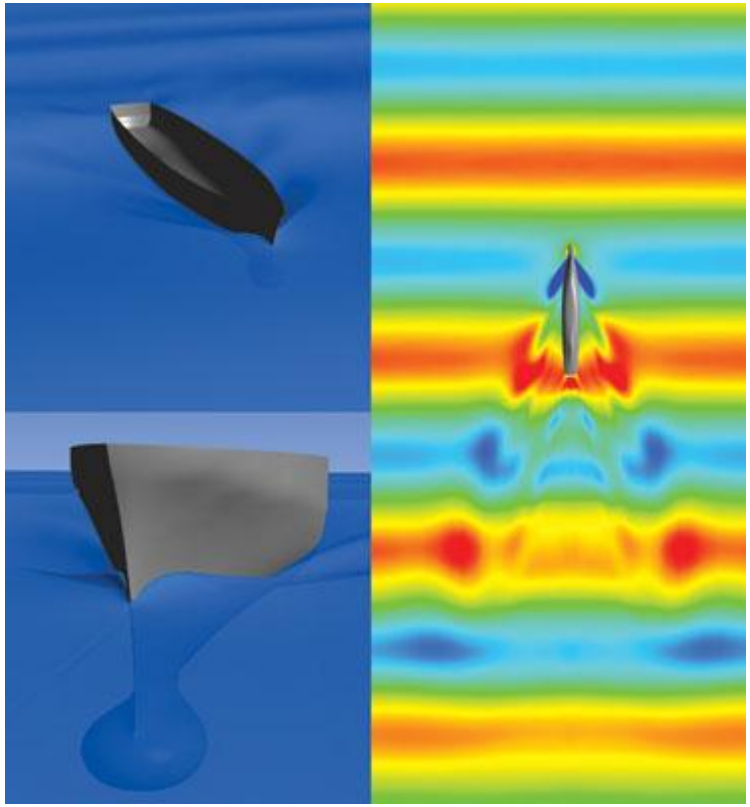
Моделирование процесса:

- Моделирование прохождения судном узкого канала (стрелкой показано направление смещения носа корабля из-за формирования поля высокого давления по правому борту судна).



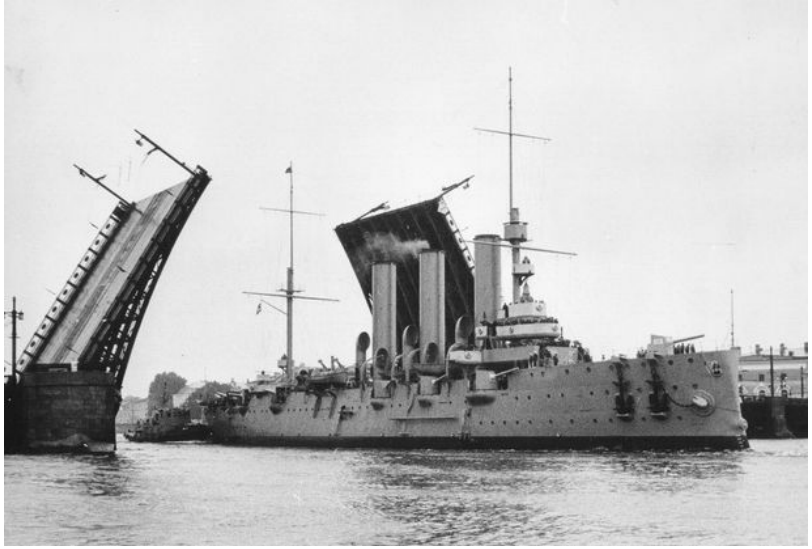
Моделирование явления -

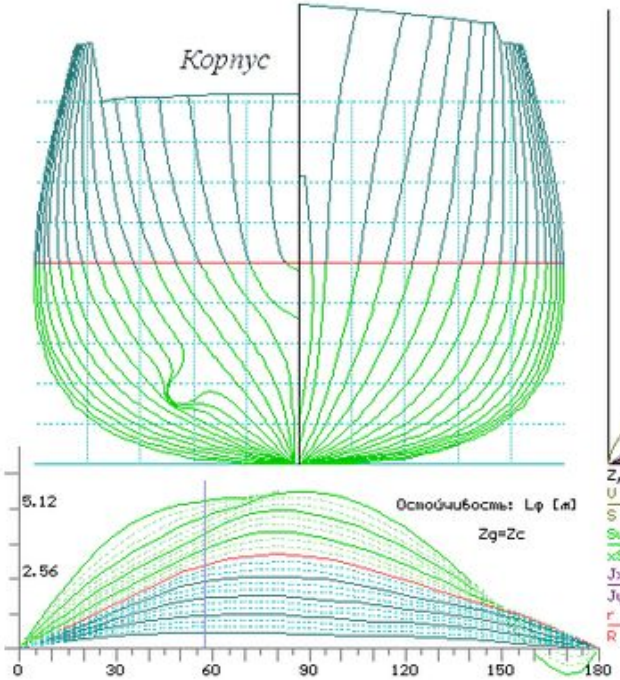
- Моделирование явления *образования волн вокруг корабля с использованием модели VOF в ANSYS CFX.*

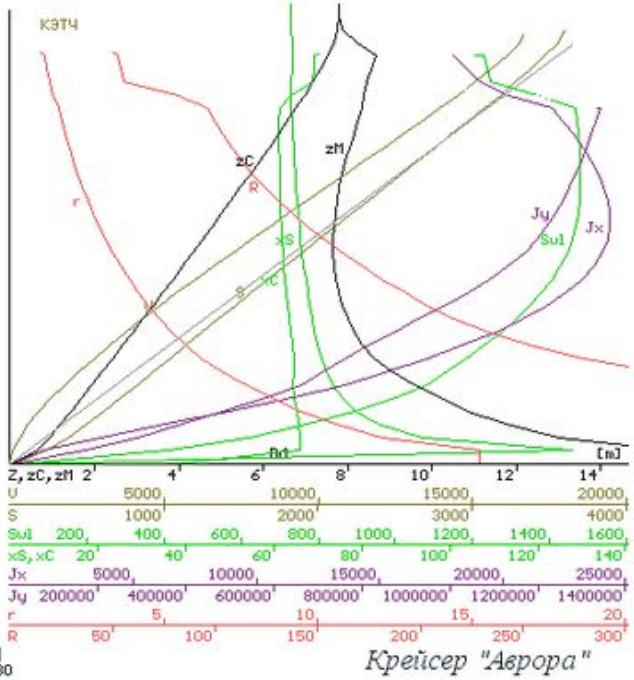


- Модель возникает из реальной ситуации, когда мы огрубляем ситуацию, отбрасывая менее значимые факты (естественно, с точки зрения решаемой задачи) и оставляя наиболее важные – *этап формализации.*
- После этого модель «живет» своей жизнью – *этап имитации* – до тех пор, пока мы снова не соотносим ее с реальной ситуацией – *этап интерпретации.*

- Важный вопрос – соответствие свойств модели свойствам исходного (натурного) объекта. Модель должна **адекватно** отражать исследуемые свойства изучаемого объекта. При изменении характера исследований необходимо убедиться, что модель не вышла за **границы применения**.
- Например, с помощью модели Крейсера Аврора (Модель 1:100), находящейся в музее Черноморского флота, можно познакомиться с боевой мощью корабля, но нельзя исследовать судно на мореходные качества.







Крейсер "Аврора"

Классификация моделей. Типы и свойства моделей.

Как правило, при подходе к классификации моделей учитывается:

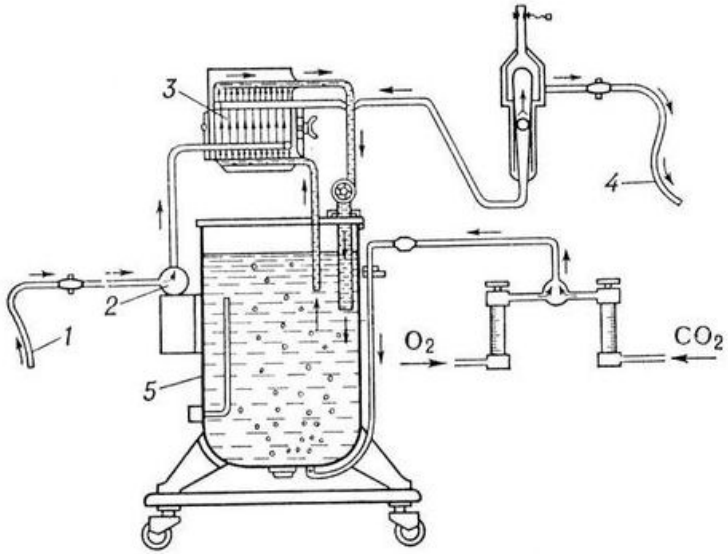
- - отрасль знаний;
- - область их использования;
- - способ представления;
- - учет в модели временного фактора, и т.д.

1. **Можно классифицировать модели по тому, «к какой отрасли» знаний или деятельности человека они относятся, например:**

- - физической;
- - биологической;
- - географической, и т.п.

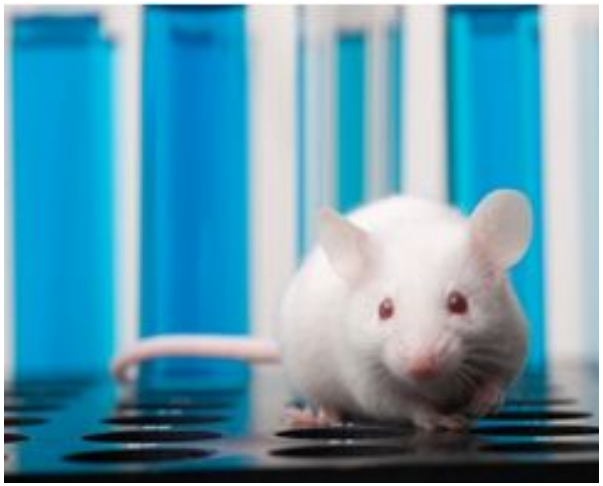
- **Физическое моделирование** позволяет изучать физико-химические и технологические процессы на моделях, имеющих ту же физическую природу, что и оригинал.
- *Примеры: в биофизике –*
- *1)* Сердце представляется насосом.

- 2) Почка человека и аппарат «искусственной почки».

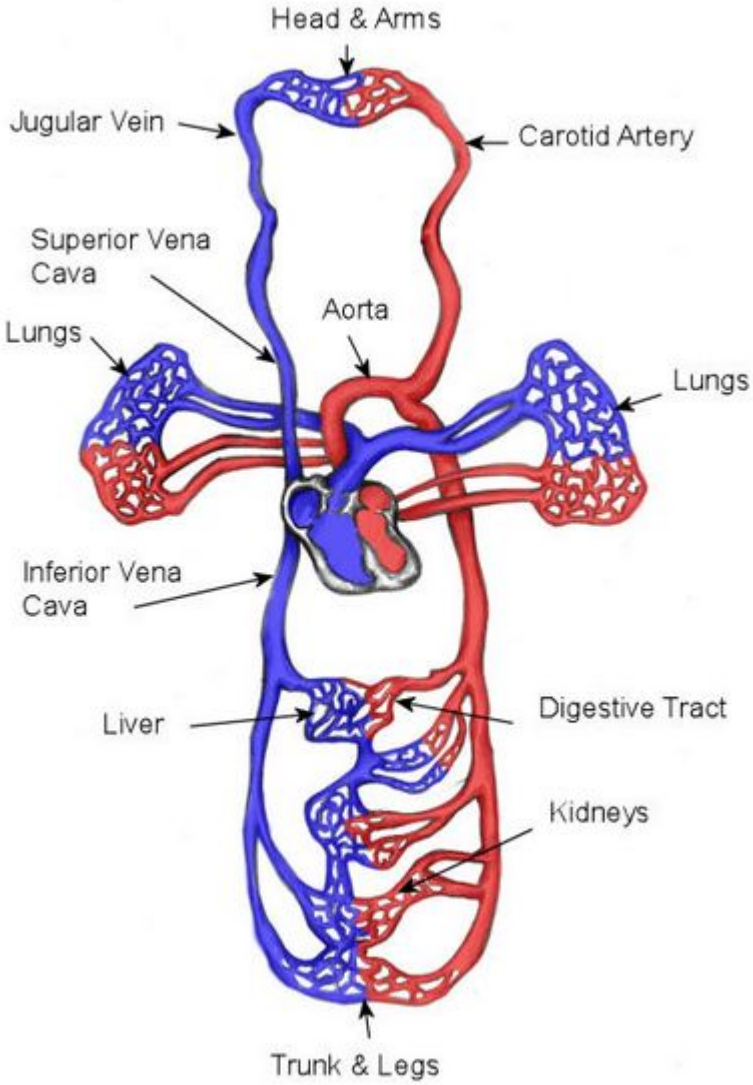


- **Биологические** - один живой объект заменяется другим.

1). Лабораторные крысы



2)Кровеносная система свиньи может служить адекватной моделью кровеносной системы человека.



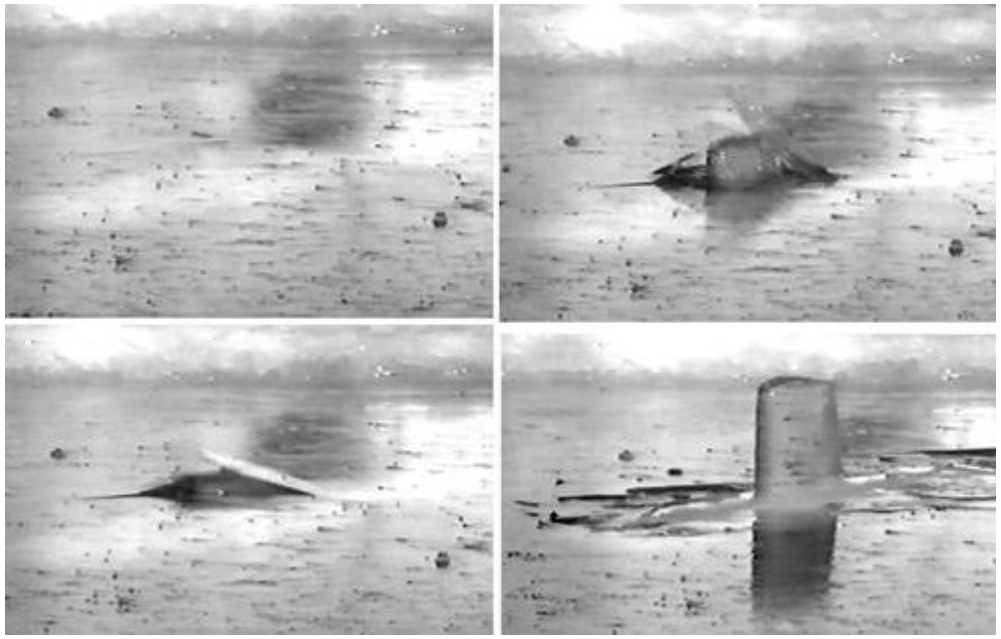
- **3)Географическая модель.**
- Пример: Топографическая карта содержит и графические образы, и специальные символы (знаки).

2. Классификация моделей по области использования:

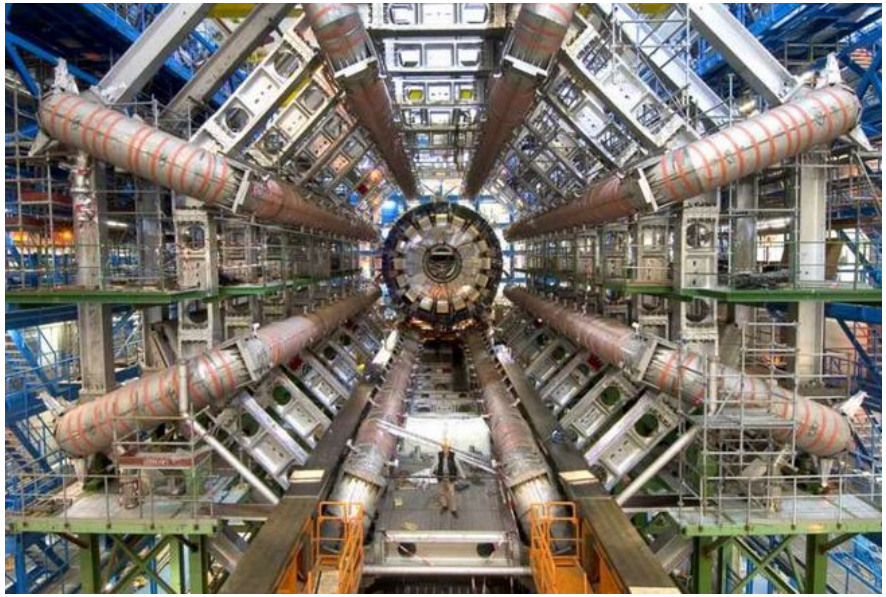
- **1)Учебные модели** – используются при обучении (это наглядные пособия (картины, таблицы, схемы), различные тренажеры (клавиатурный тренажер), обучающие программы (мультимедийные обучающие программы для изучения иностранных языков, овладения компьютерными навыками, снятия стрессов, и др.).

Пример: учебная модель «Сменный прикус».

- **2)Опытные модели** – это уменьшенные или увеличенные копии проектированного объекта. Они используются для исследования объекта и прогнозирования его будущих характеристик.
- **Пример:** модель подводной лодки помогает понять, как должно проходить всплытие подводного корабля во льду.



- **3)Научно-технические модели** создаются для исследования процессов и явлений.
- **Пример:** большой адро́нный колла́йдер (англ. **L**arge **H**adron **C**ollider, LHC; сокращенно **БАК**) — ускоритель заряженных частиц на встречных пучках, предназначенный для разгона протонов и тяжёлых ионов (ионов свинца) и изучения продуктов их соударений.



- **4)Игровые** – репетиция поведения объекта в различных условиях. Это военные, экономические, спортивные, деловые игры. Модели как бы репетируют поведение объекта в различных ситуациях, проигрывая их с учетом возможной реакции со стороны конкурента, союзника или противника. С помощью игровых моделей можно оказывать психологическую помощь больным, разрешать конфликтные ситуации, прививать ситуации успешности личности и т.д.

Пример: Трехсторонние российско-британо-американские военно-морские маневры.

- **5)Имитационные модели –** это отражение реальности в той или иной степени (это метод проб и ошибок). Имитационные модели не просто отражают реальность с той или иной степенью точности, а имитируют её. Эксперименты с моделью проводятся при разных исходных данных. По результатам исследования делаются выводы. Это своеобразный метод проб и ошибок в поиске правильного решения.

Пример: система моделирования виртуального дома.

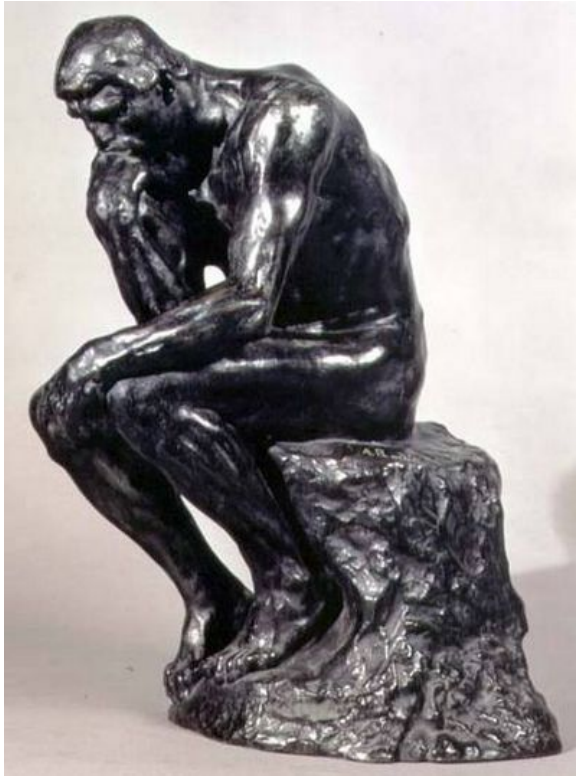
3. Классификация моделей по способу их представления.

- По способу представления модели разделяются на **материальные (предметные) и абстрактные.**
- Материальные модели воспроизводят геометрические и физические свойства оригинала и всегда имеют реальное воплощение (глобус, детские игрушки, макеты машин, кораблей, самолетов, ракет и т.д.)

Пример: модель порта с железной дорогой

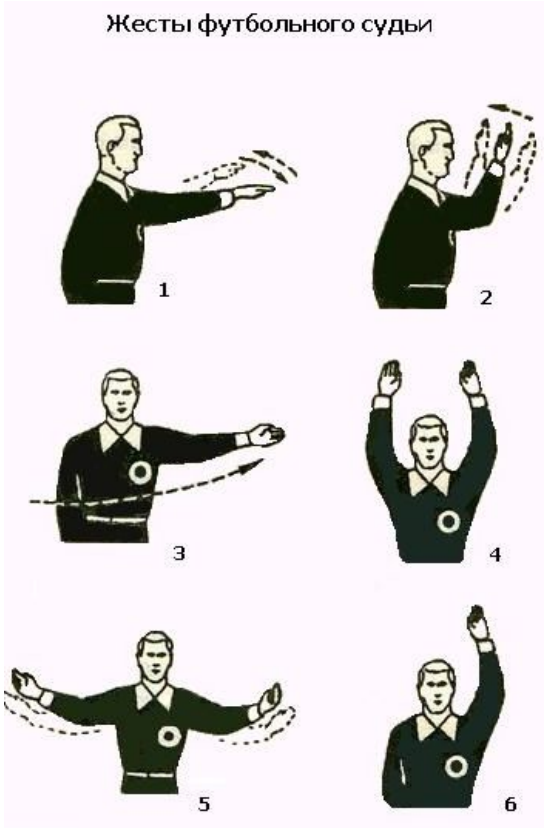
- Абстрактные модели – основу таких моделей составляет информация, а такой тип моделирования реализует теоретический метод познания окружающей действительности. В свою очередь абстрактные модели имеют свою внутреннюю классификацию и делятся на:
  - - мысленные,
  - - вербальные,
  - - информационные.
- Мысленные модели формируются в воображении человека в результате раздумий, умозаключений, иногда в виде некоторого образа.

- Пример: «Мыслитель» Огюста Родена и «мысленная» модель скульптуры со стороны врача-ортопеда.

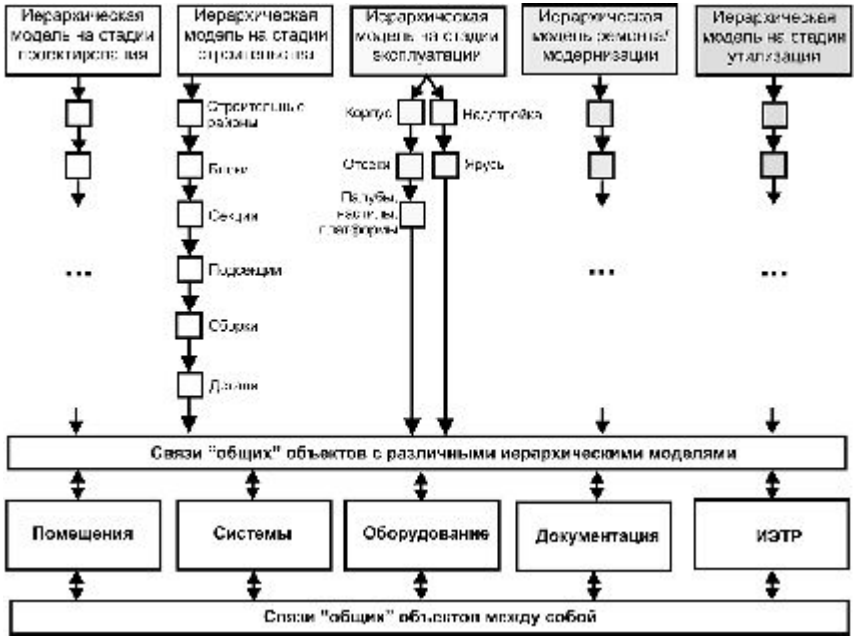


- Вербальные модели: мысленная модель может быть выражена в разговорной форме в этом случае она часто называется вербальный (от лат. Verbalis - устный). Вербальную модель человек использует для передачи своих мыслей другим.

1.Гол забит неправильно
2.Назначенный удар разрешается произвести
3.Гол забит – мяч на центр
4.Время первой половины матча или всей игры истекло
5.Нарушения нет, продолжать игру
6.Свободный удар



- Информационные модели – целенаправленно отобранная информация об объекте (совокупность информации об объекте), которая отражает наиболее существенные для исследователя свойства этого объекта, связи между ними.



Пример: информационная модель корабля

- **Информационная модель** – это связанная совокупность информационных объектов, описывающих информационные процессы в исследуемой предметной области.

Типы информационных моделей:

- Пример: **Табличные *информационные модели*** – объекты и их свойства представлены в виде списка, а их значения размещаются в ячейках прямоугольной формы. Перечень однотипных объектов размещен в первом столбце (или строке), а значения их свойств размещаются в следующих столбцах (или

5	Argentina	1320
6	England	1205
7	Uruguay	1167
8	Portugal	1123
9	Croatia	1086
10	Russia	1061
11	Egypt	1034
12	Greece	1026
13	Norway	989

- **Иерархические** – объекты распределены по уровням. Каждый элемент высокого уровня состоит из элементов нижнего уровня, а элемент нижнего уровня может входить в состав только одного элемента более высокого уровня.

Пример: Файловая структура как пример иерархической модели.

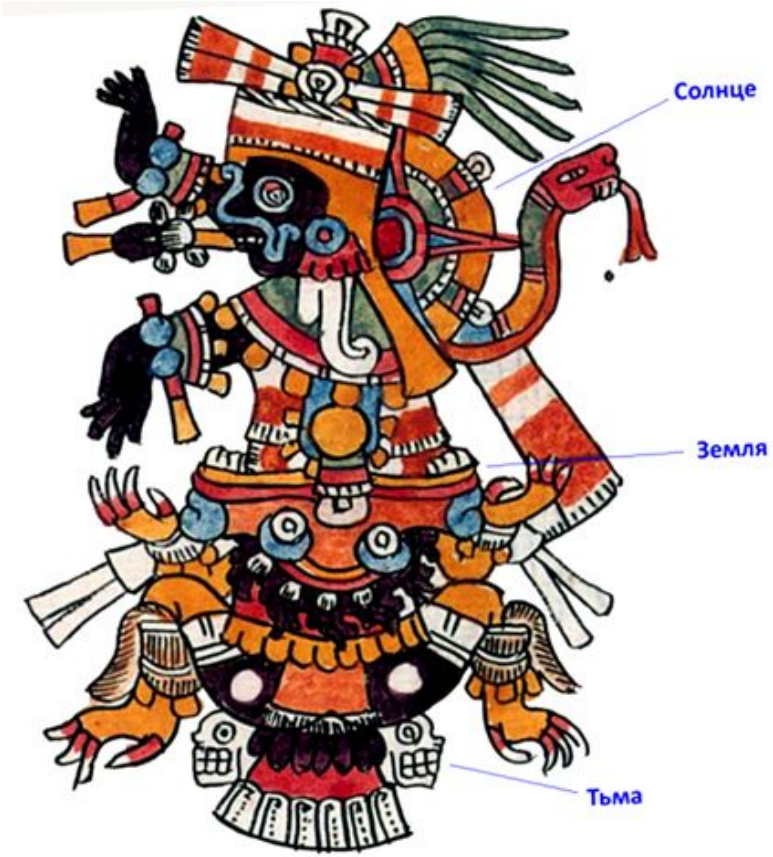
- ***Сетевые*** – применяют для отражения систем, в которых связи между элементами имеют сложную структуру.

Пример: Образное представление Глобальной сети

- **Классификация моделей по степени формализации** (от лат. forma - вид, образ) отображение объектов некоторой предметной области с помощью символов к. л. языка.).
- По степени формализации информационные модели бывают **образно-знаковые и знаковые.**

Образно-знаковые модели:

- Геометрические - рисунок, пиктограмма, чертеж, карта, план, объемное изображение.



Пример: Ацтекская пиктограмма «мир»

- 2) Структурные - таблица, граф, схема, диаграмма.

- 3) Словесные - описание естественными языками.

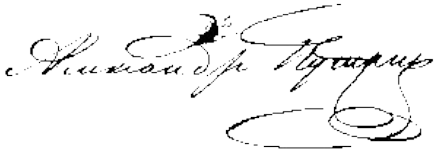
Мой портрет

«Вы просите у меня мой портрет,
Но написанный с натуры;
Мой милый, он быстро будет готов,
Хотя и в миниатюре.

Я молодой повеса,
Еще на школьной скамье;
Не глуп, говорю не стесняясь,
И без жеманного кривлянья.

Никогда не было болтуна,
Ни доктора Сорбонны –
Надоедливее и крикливее,
Чем собственная моя особа…»

(1814)



- 4. Алгоритмические - нумерованный список, пошаговое перечисление, блок-схема.

Пример: Блок-схема решения квадратного уравнения.

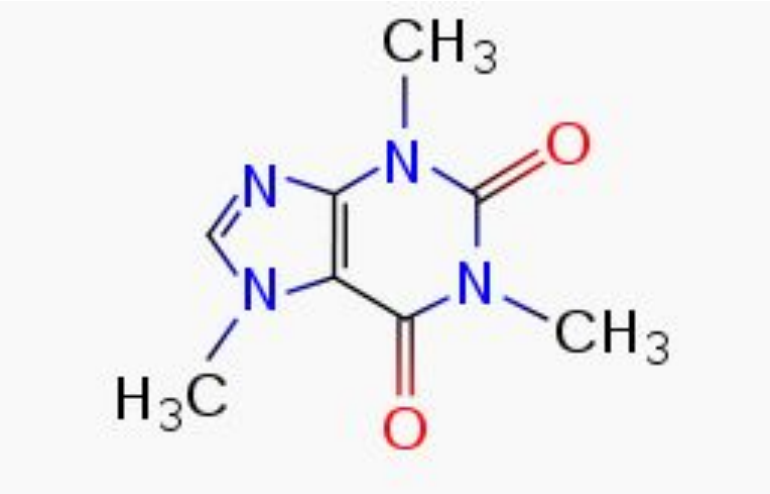
Знаковые модели:

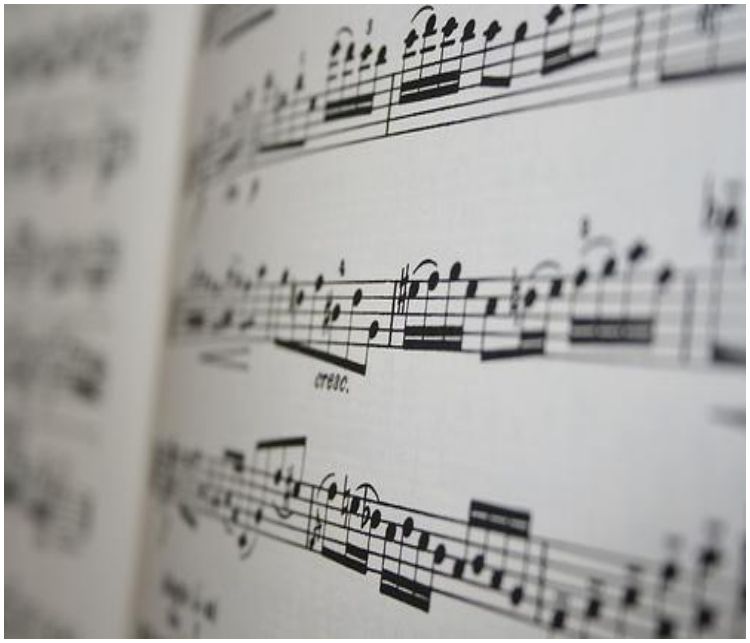
1. **Математическая модель** представлена математическими формулами, отображающими связь параметров.

Пример: $<A+<B+<C=180°$, $AB^2=AC^2+BC^2$

Знаковые модели:

2. Специальные модели – представлены на специальных языках: ноты, химические формулы и т.д.





3. **Алгоритмические –** компьютерные программы:

Пример:

Photostage 1.0: бесплатная программа для создания слайд-шоу.

- **5.По отношению к фактору времени модели можно разделить на статические и динамические** (по тому, как отражается в них динамика происходящих процессов).
-
- **Статическая модель** – это единовременный срез информации по данному объекту (содержит один элемент).
- Примеры:
- Результаты контрольной работы по одной из тем.
- Фотография человека

Стивен Хокинг - один из самых известных ученых в мире, вошедший в список "100 гениев современности", автор теории черных дыр, британский математик и астрофизик.

- **Динамическая модель** - это картина изменения объекта во времени (если состояний больше одного, или они могут изменяться во времени).

Примеры:

1. Анализ успеваемости по предмету за год
2. Изменение внешности человека со временем.

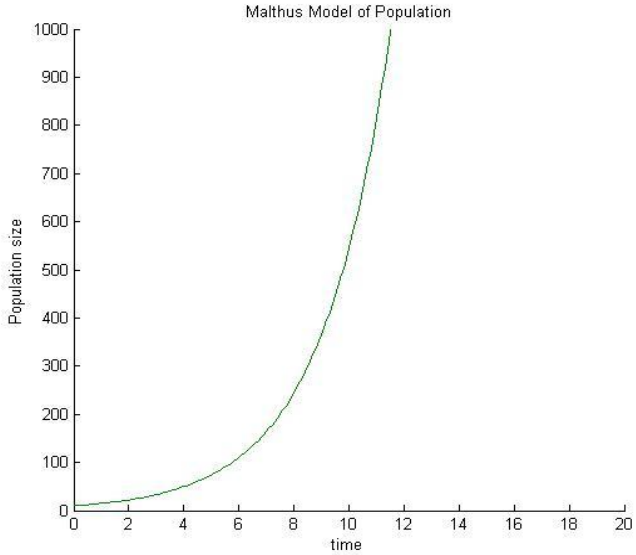
www.g0ZeroG.com

6. По характеру времени динамические модели подразделяют на:

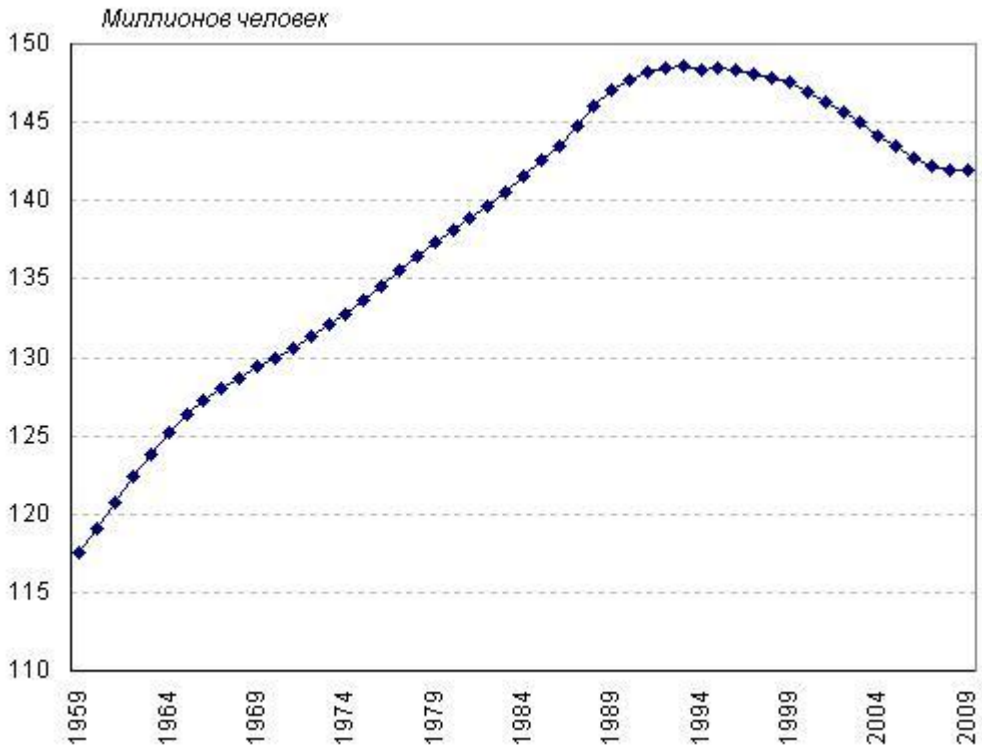
- **непрерывные** (с непрерывным множеством состояний),
- **дискретные** (множество состояний конечно или счетно);

Примеры:

1).Динамическая модель- модель изменения численности популяции со временем (модель Мальтуса).



- 2).Дискретная модель - модель численности населения в России.



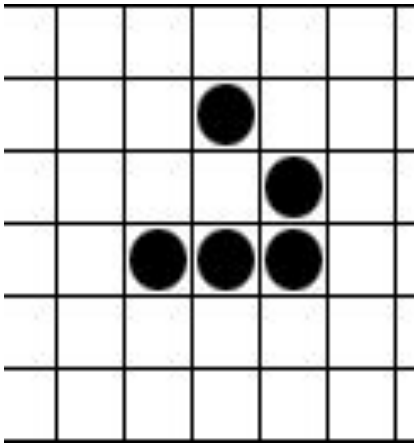
- **7. По условиям перехода из одного состояния в другое различают детерминированные модели и стохастические.**
- В **детерминированных моделях** новое состояние зависит только от прошедшего времени и текущего состояния системы, (если есть условия, определяющие переход системы в новое состояние, можно однозначно указать, в какое именно состояние она перейдет.
- Для **стохастической модели (вероятностной)** можно указать лишь множество возможных состояний перехода и, в некоторых случаях, - вероятностные характеристики перехода в каждое из этих состояний.

Примеры:

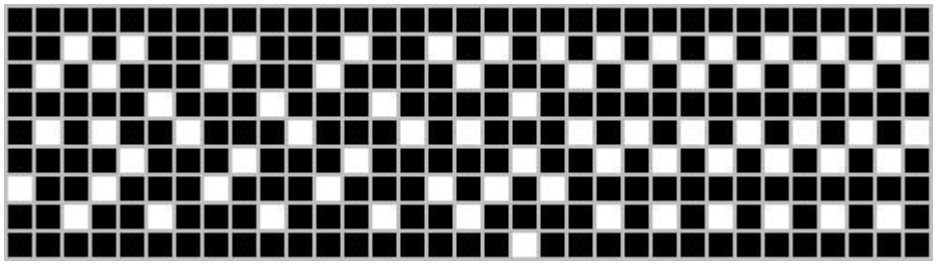
1)Пример детерминированной модели - игра «Жизнь», придуманная Д. Конвеем в 1970 году.

- Место действия этой игры — размеченная на клетки поверхность. Каждая клетка на этой поверхности может находиться в двух состояниях: быть живой или быть пустой. Клетка имеет восемь соседей. Распределение живых клеток в начале игры (первое поколение) задается игроком. После этого клетки взаимодействуют согласно правилам уже без его участия. Каждое следующее поколение рассчитывается на основе предыдущего по двум правилам:

- Пустая клетка, рядом с которой ровно три живые клетки, становится живой;
- Если у живой клетки есть две или три живые соседки, то эта клетка продолжает жить; в противном случае (если соседей меньше двух или больше трёх) клетка умирает (от «одиночества» или от «перенаселённости»).



1.Колония клеток перемещается в пространстве, не меняя своей численности.



2."Райский сад". Статическая (стационарная) ситуация.

- Джон Хортон Конвей (род. 1937) — английский математик.

2).Пример стохастической модели:
Процесс выбора модели для уличного художника носит вероятностный характер.

7. По области возможных приложений модели подразделяют на:

1.)специализированные и универсальные.

- Специализированные модели представлены на специальных языках (знаковых системах).
- **Примеры:** ноты песни, химические формулы и т.д. Специализированные модели более дорогие, они применяются для описания уникальных систем.

2.) универсальные:

принципиально разные реальные явления могут описываться одной и той же моделью.

Пример универсальной модели:

- **Закон гармонических колебаний** описывает не только поведение груза на пружине, но и другие колебательные процессы, зачастую имеющие совершенно иную природу: колебания уровня жидкости в *U*-образном сосуде или изменение силы тока в колебательном контуре.
- К универсальным моделям принято относить базы данных, базы знаний, экспертные системы.

Методы и технологии моделирования
Этапы построения модели

1-й этапПостановка задачи *Описание задачи* *Цель моделирования* *Анализ объекта*	**2-й этап. Разработка модели** *Информационная модель* *Знаковая модель* *Компьютерная модель*	**3-й этап. Компьютерный эксперемент** *План моделирования* *Технология моделирования*	**4-й этап. Анализ результатов моделирования**

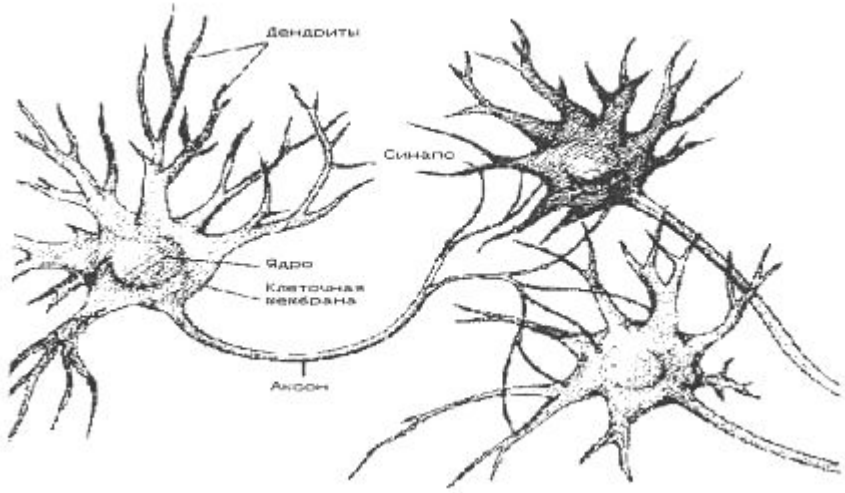
I-й этап:

- **Постановка задачи:**
- Под задачей в самом общем смысле этого слова понимается некая проблема, которую надо решить. На этапе постановки задачи необходимо отразить три основных момента: описание задачи, определение целей моделирования и анализ объекта или процесса.
- **Описание задачи**
- По характеру постановки все задачи можно разделить на две основные группы: первая группа - как изменятся характеристики объекта или процесса, при некотором воздействии на него (задачи типа что будет, если...) и вторая группа- какое воздействие нужно произвести, чтобы произвести изменение характеристик объекта или процесса до определенных значений (как сделать, чтобы...)
- **Цель моделирования**
- Познание окружающего мира, создание объектов с заданными свойствами, определение последствий воздействия на объект, эффективность управления объектом или процессом.
- **Анализ объекта**
- Результат анализа объекта появляется в процессе выявления его составляющих (элементарных объектов) и связей между ними.

Пример:

- *Проблема:* распознавание зрительных, слуховых образов, на основе попытки воспроизвести механизмы мышления, происходящие в мозгу человека (возможна огромная область применения: от распознавания текста до распознавания целей на экране радара)
- *Постановка задачи*: Как сделать так, чтобы компьютер мог распознавать (понимать?) отдельные символы?
- *Цель:* создание систем искусственного интеллекта, основанных на имитации умственной деятельности человека, моделирующих процессы, протекающие в мозге.
- *Анализ* объекта:

- Мозг человека состоит из белого и серого веществ: белое - это тела нейронов, а серое - это соединительная ткань между нейронами, или аксоны и дендриты, связанные между собой. Мозг любого человека насчитывает примерно из 10^{11} нейронов. Каждый нейрон получает информацию через свои дендриты, а передает ее дальше только через единственный аксон, разветвляющийся на конце на тысячи синапсов.



- Простейший нейрон может иметь до 10000 дендритов, принимающих сигналы от других клеток. Таким образом, мозг содержит примерно 10^{15} взаимосвязей. Если учесть, что любой нейрофизиологический процесс активизирует сразу множество нейронов, то можно представить себе то количество информации или сигналов, которое возникает в мозгу.

- Нейроны взаимодействуют посредством серий импульсов, длящихся несколько миллисекунд, каждый импульс представляет собой сигнал с частотой от нескольких единиц до сотен герц.

- Это невообразимо медленно по сравнению с современными компьютерами, но в тоже время человеческий мозг гораздо быстрее машины может обрабатывать аналоговую информацию, как-то: узнавать изображения, чувствовать вкус, узнавать звуки, читать чужой почерк, оперировать качественными параметрами.

- Все это реализуется посредством сети нейронов, соединенных между собой синапсами. Другими словами, мозг — это система из параллельных процессоров, работающая гораздо эффективнее, чем популярные сейчас последовательные вычисления.

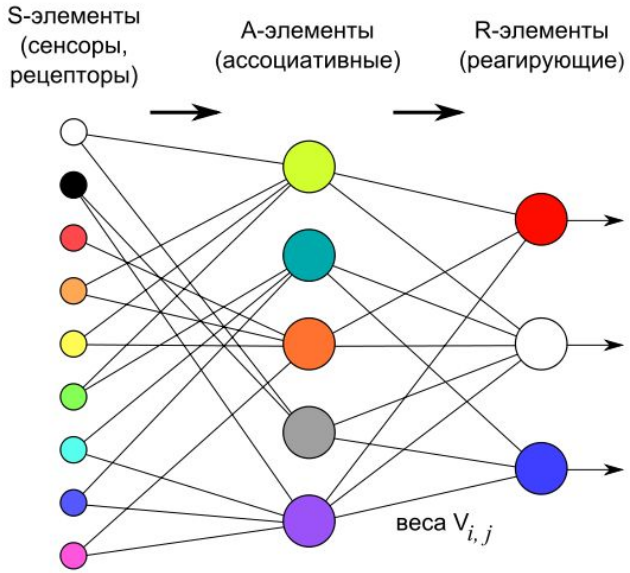
2-й этап:

- **Разработка модели.**
- Построение **информационной модели** является отправным пунктом разработки модели. моделирования.
- **Знаковая модель** Информационная модель, как правило, представляется в той или иной знаковой форме, которая может быть компьютерной или некомпьютерной.
- **Компьютерная модель**- модель реализованная средствами программной среды. При моделировании на компьютере необходимо иметь представление о классах программных средств, их назначении, инструментарии и приемах работы (тогда легко можно преобразовать информационную знаковую модель в компьютерную и провести эксперимент).

Пример:

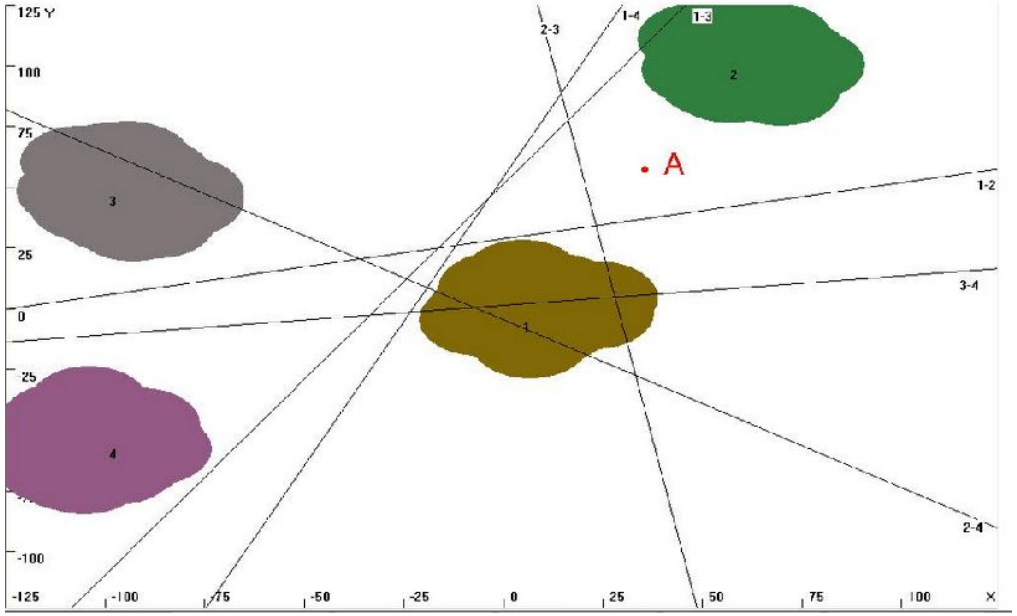
- Информационная модель, представленная в знаковой форме:
- Первые нейросети были созданы в конце 50-х годов 20 века американскими учеными Розенблаттом и Мак-Кигюком. Это были попытки создать системы, моделирующие человеческий глаз и его взаимодействие с мозгом.

- Устройство, созданное ими, получило название персептрона (*perception* — восприятие). Оно умело различать буквы алфавита. Но главной особенностью этого устройства была способность к обучению.

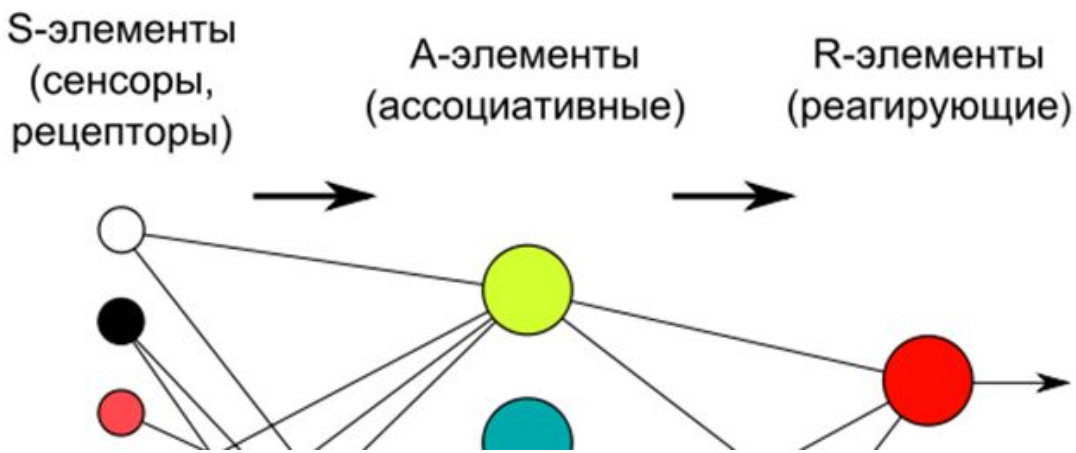


Элемент атта

- Перед началом работы устройству демонстрировались обучающие примеры символов, а затем, после завершения обучения, персептрон мог различать различные символы, которым его обучили. То есть в общем случае, обучение - такой выбор параметров сети, при котором сеть лучше всего справляется с поставленной проблемой.



- Простейший классический персептрон содержит нейроподобные элементы трех типов, назначение которых в целом соответствует нейронам рефлекторной нейронной сети. S-элементы формируют сетчатку сенсорных клеток, принимающих двоичные сигналы от внешнего мира. Далее сигналы поступают в слой ассоциативных или А-элементов (для упрощения изображения часть связей от входных S-клеток к А-клеткам не показана).



- Только ассоциативные элементы, представляющие собой формальные нейроны, выполняют нелинейную обработку информации и имеют изменяемые веса связей. R-элементы с фиксированными весами формируют сигнал реакции персептрона на входной стимул.
- Компьютерная программа (фрагмент), реализующая однослойный персептрон:

```
PROGRAM PERC;

(* P E R C  -  Учебная программа, реализующая однослойный
               PERCEPTRON.

               ДАТА:  26 октября 1994 г.
               АВТОР: С.А.Терехов (email: sta@ch70.chel.su)
*)

CONST
    CMaxInp     = 20;       (* Максимальное число входов *)
    CMaxOut     = 10;       (* Максимальное число выходов *)
    CMaxImages  = 200;      (* Максимальное число образов *)
    CEta        = 0.75;     (* Темп обучения *)
    CError      = 5.0e-3;   (* Граница требуемой ошибки *)
    CCounter    = 1000;     (* Максимальное число итераций *)
    CInitWeight = 5.0;      (* Максимальное начальное значение
                               случайных синаптических весов *)
    CBiasNeuron = 1.0;      (* Активность нейрона-порога *)

TYPE
    TMatrix     = ARRAY[0..CMaxInp,1..CMaxOut] OF REAL;
                    (* Нулевой столбец содержит значения порогов *)
    TInpVector  = ARRAY[1..CMaxInp] OF REAL;
    TOutVector  = ARRAY[1..CMaxOut] OF REAL;

    (* Структура сети *)
    TPerceptron = RECORD
```

- **3-й этап. Компьютерный эксперимент.**
- С развитием вычислительной техники появился новый уникальный метод исследования - компьютерный эксперимент. Этап проведения компьютерного эксперимента включает две стадии: составление *плана моделирования и технологию моделирования.*
- *План моделирования* должен четко отражать последовательность работы с моделью. Первым пунктом плана часто является разработка теста, а вторым -тестирование модели.
- *Тестирование - проверка правильности модели. Тест - набор исходных данных, для которых заранее известен результат.*
- *Технология моделирования - совокупность целенаправленных действий пользователя над компьютерной моделью.*

Пример:

- Для тестирования качества обучения персептрона разработана отдельная программа TEST (текст и результаты работы которой тоже приводятся). Структуры используемых данных и работа программы аналогичны программе PERC. Для тестирования также используются случайные вектора. Результаты теста весьма удовлетворительны, нейронная сеть успешно справляется с задачей с точностью до ошибок во 2-3 знаке ответа. Интерпретация этих ошибок не вызывает затруднений или недоразумений.

Текст программы TEST.

```
PROGRAM TEST;

(* T E S T - Тестирующая программа для
нейроимитатора PERC *)

CONST
    CMaxInp     = 20;
    CMaxOut     = 10;
    CMaxImages  = 15;
    CBiasNeuron = 1.0;

TYPE
    TMatrix     = ARRAY[0..CMaxInp,1..CMaxOut] OF REAL;
    TInpVector  = ARRAY[1..CMaxInp] OF REAL;
    TOutVector  = ARRAY[1..CMaxOut] OF REAL;
    TPerceptron = RECORD
        NInp : INTEGER;
        NOut : INTEGER;
```

Результат работы программы TEST.

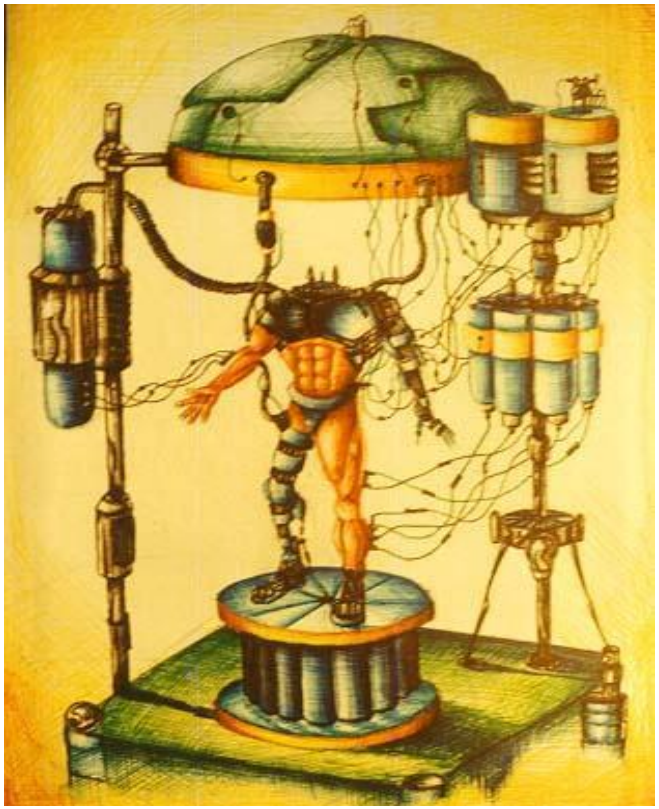
```
<<P E R C E P T R O N>> (Тестирующая программа)
-----------------------------------------------
 ВОПРОС                  ОТВЕТ    ВЕРНЫЙ ОТВЕТ
-----------------------------------------------
 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0     0.00      0
 0 0 1 0 0 0 0 1 0 1     0.00      0
 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0     0.00      0
 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1     1.00      1
 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0     0.01      0
 1 0 1 0 1 0 1 1 1 0     0.99      1
 1 0 1 1 1 0 0 1 1 0     0.98      1
 1 0 1 1 1 1 0 0 1 1     1.00      1
 1 1 0 1 1 1 1 0 1 0     1.00      1
 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1     1.00      1
 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1     0.00      0
 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1     0.00      0
 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0     0.00      0
 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0     0.02      0
 1 1 1 1 1 1 0 1 1 0     1.00      1
-----------------------------------------------
```

- На основе модели персептрона Розенблатт построил первый в мире автомат для распознавания изображений букв, который был также назван “персептроном” Этот автомат имел очень простую однослойную структуру и мог решать только относительно простые (линейные) задачи.

Персептрон передавал сигналы от фотоэлементов, представляющих собой сенсорное поле, в блоки электромеханических ячеек памяти.

- В 1957 году в Корнелльской Лаборатории Аэронавтики успешно было завершено моделирование работы персептрона на компьютере IBM 704, а два года спустя, 23 июня 1960 года в Корнелльском университете, был продемонстрирован первый нейрокомпьютер — «Марк-1», который был способен распознавать некоторые из букв английского алфавита.
- Фрэнк Розенблатт (11.7.1928, Нью-Рошелл, — 1971, США), американский психолог со своим творением —

- и …шуточный рисунок на тему персептрона…



4-й этап: Анализ результатов моделирования:

- Конечная цель моделирования - принятие решения, которое должно быть выработано на основе всестороннего анализа полученных результатов.

Пример:

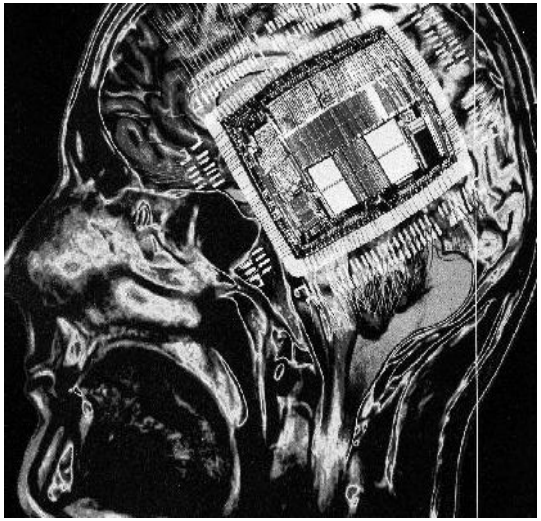
- В результате анализа результатов моделирования персептрона, сам Розенблатт выделил два фундаментальных ограничения для трёхслойных перцептронов (состоящих из одного S-слоя, одного A-слоя и R-слоя): отсутствие у них способности к обобщению своих характеристик на новые стимулы или новые ситуации, а также неспособность анализировать сложные ситуации во внешней среде путём расчленения их на более простые.

- В 1969 году Марвин Минский и Сеймур Паперт опубликовали книгу «Персептроны», где математически показали, что персептроны, подобные розенблаттовским, принципиально не в состоянии выполнять многие из тех функций, которые хотели получить от персептронов.

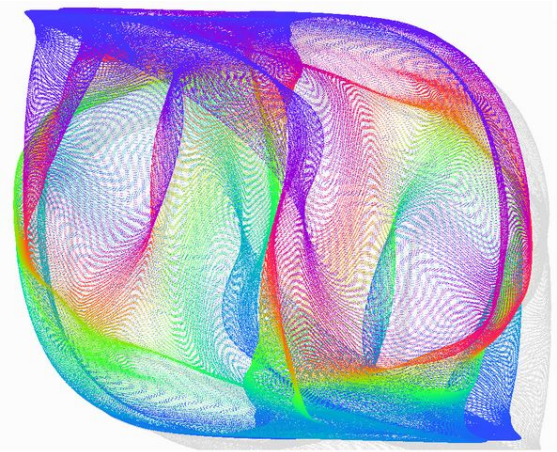
К тому же, в то время была слабо развита теория о параллельных вычислениях, а персептрон полностью соответствовал принципам таких вычислений.

- После периода, известного как «Зима искусственного интеллекта», интерес к кибернетическим моделям возродился в 80-х годах, Минский публично выразил сожаление, что его выступление нанесло урон концепции персептронов, хотя книга лишь показывала недостатки отдельно взятого устройства и некоторых его вариаций.

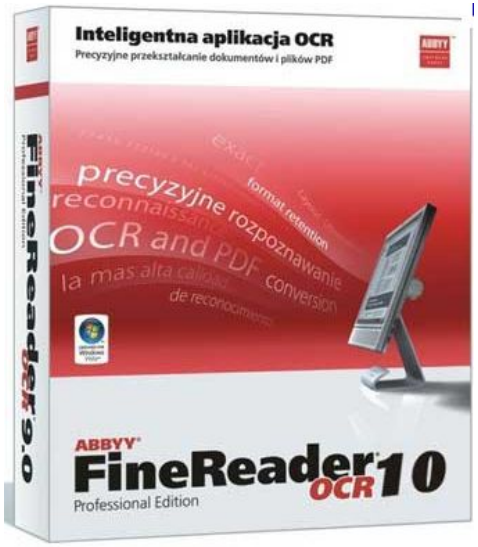
VS



- Искусственные нейронные сети прочно вошли в нашу жизнь и в настоящее время широко используются при решении самых разных задач и активно применяются там, где обычные алгоритмические решения оказываются неэффективными или вовсе невозможными.



- В числе задач, решение которых доверяют искусственным нейронным сетям, можно назвать следующие: распознавание текстов, игра на бирже, контекстная реклама в Интернете, фильтрация спама, проверка проведения подозрительных операций по банковским картам, системы безопасности и видеонаблюдения — и это далеко не все.



Здравоохранение.

- В свое время в США была введена в действие система обнаружения мошенничеств в области здравоохранения. Было подсчитано, что потери бюджета от такого рода фальсификаций составляют около 730 млн. долл. в год. Создание специализированной нейросетевой системы заняло у фирмы ITC более года и обошлось всего в 2,5 млн. долл. Тестирование новой системы показало, что нейронная сеть позволяет обнаруживать 38% случаев мошенничества, тогда как использовавшаяся до нее экспертная система давала только 14%.

- В медицинской диагностике нейронные сети нередко используются вместе с экспертными системами. Компанией «НейроПроект» была создана система объективной диагностики слуха у грудных детей. Общепринятая методика диагностики состоит в том, что в процессе обследования регистрируются отклики мозга в ответ на звуковой раздражитель, проявляющиеся в виде всплесков на электроэнцефалограмме.

- Для диагностики слуха ребенка опытному эксперту-аудиологу необходимо провести около 2 тыс. тестов, нейронная сеть способна с той же достоверностью определить уровень слуха уже по 200 наблюдениям в течение всего нескольких минут, причем без участия специалиста.

- Между тем нейронные сети уверенно продолжают проникать в нашу жизнь, и примеров тому немало. Чего только стоит развлекательный робот AIBO — электронная самообучающаяся собака с элементами искусственного интеллекта, выпускаемая Sony.
- Ну что, вы готовы к встрече с будущим?

Развлекательный робот aibo компании SONY