

# Информатика

Биологический институт

Национальный исследовательский  
Томский государственный  
университет

Лекция 1

# Дмитрий Владимирович Курбатский

старший преподаватель каф. ихтиологии и гидробиологии, научный  
сотрудник ЛМБ БИ ТГУ, магистр биологии

Зоологический музей (к. 123)

Компьютерный класс (к. 028)

Главный  
корпус

Группа ВКонтакте «Курсы "Информатика" и  
"Информационные технологии"»:

[vk.com/i\\_it\\_bi\\_tsu](https://vk.com/i_it_bi_tsu)

Персональный раздел:

[zoo.tsu.ru/kdv](http://zoo.tsu.ru/kdv)

[Рейтинг на сайте Professorrating.ru](http://Professorrating.ru)

# Раздел статистики

[zoo.tsu.ru/kdv/inf/](http://zoo.tsu.ru/kdv/inf/)

Показывать занятия:

- л. 1 Лекция на тему "Криптография"
- п. 1–2 Язык разметки HTML (сайт)
- пп. 3–4 Стили CSS (раскраска)
- пп. 5–12 ГИС (основы; обводки; точки на карту; буферы; привязка; вышки; коллективное задание)
- пп. 13–14 3D моделирование в CAD КОМПАС
- пп. 15–18 3D моделирование в Blender
- пп. 19–20 Компьютерная математика и визуальное моделирование (формулы в SageMath; схемы в SciLab+Xcos)
- п. 21 Распределённые вычисления (Fold.it)
- п. 22 Семинар "Современные информационные технологии"

№ п.п.	Гр.	Ф.И.О. студента	П.з. 22		Опрос		ДБ	ОБ	Б.л.	Д.	Пр.	Примечание	
			Я	З	Пп.	%							Рз.
1 Б	01500п	<u>Абрамова Анна Вячеславовна</u>	+	1	1	74	м	-	-	20	0/5	0/2	
2 Б	01500п	<u>Володина Алиса Андреевна</u>	+	1	1	100	б	-	-	30	0/3	0	
3 Б	01500п	<u>Гузовская Алина Маратовна</u>	+	+	8	40.3	с	1	-	8	0/9	1/2	
4 Б	01500п	<u>Гуцал Никита Андреевич</u>	1	+	2	65.3	с	-	-	6	6/11	2/2	
5 Б	01500п	<u>Золотарёва Софья Юрьевна</u>	+	+	5	53.3	с	-	-	10	0/9	3/3	
6 Б	01500п	<u>Калицкий Даниил Игоревич</u>	+	с	2	44	о	-	1	-2	19/20	14/14	
7 Б	01500п	<u>Малыка Виолетта Васильевна</u>	1	+	1	68	м	-	-	10	0/5	0	
8 Б	01500п	<u>Меньшенина Мирослава Евгеньевна</u>	+	1	2	64	с	-	-	25	0/3	0	
9 Б	01500п	<u>Новиков Никита Михайлович</u>	+	+	7	54	с	-	-	14	0/10	3/3	
10 Б	01500п	<u>Степенко Антон Александрович</u>	1	+	1	38	о	-	1	3	8/12	2/2	
11 Б	01500п	<u>Фаевцева Елена Евгеньевна</u>	+	1	2	80	б	3	-	39	0/3	0	

Я

никогда

не буду



ставит

**два пробела**

**подряд!!!!**

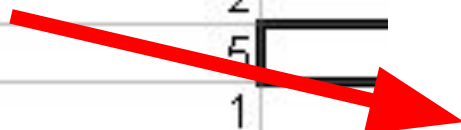
# Примеры

- На французской != На французской
- (на чужой планете) != ( на чужой планете)
- в университете. != в университете .
- Спирт 96° != Спирт 96<sup>0</sup>
- держу весло != Держу весло
- горькими слезами != горькими слезами
- И т.д.
- ... != ...

# На практике

Arial Cyr 10 Ж К Ч

	А	В	С
1	Вид	Количество	
2	воробей	1	
3	собака	1	
4	сырная муха	2	
5	сырная муха	2	
6	жужелица	5	
7	коала	1	
8	собака	2	
9	воробей	1	
10	сырная муха	1	



	А	В	С
1	Вид	Количество	
Сортировка по возрастанию			
Сортировка по убыванию			
(Все)			
(Первые 10...)			
(Условие...)			
сырная муха			
воробей			
жужелица			
коала			
собака			
сырная муха			
сырная муха			

# Примечание

- Здесь и далее – слова и выражения, записанные латиницей, являются английскими, если не указано иное.

# Блок 1

Информатика и кибернетика. Что это такое вообще – информация???



# Информатика

- Информáтика
  - нем. *Informatik*
  - англ. *Information technology*
  - фр. *Informatique*
  - англ. *computer science* — в США
  - англ. *computing science* — в Великобритании
- наука о способах получения, накопления, хранения, преобразования, передачи, защиты и использования информации.

# Существуют

- Теоретическая информатика
  - теории языков, вычислимости, сложности
  - логика
- Практическая информатика
  - структуры данных
  - практические алгоритмы
  - инженерия ПО
  - инструменты для разработки
- Техническая информатика
  - аппаратная часть
  - связь
- Прикладная информатика
  - отраслевые решения
- Естественная информатика
  - природные проявления и механизмы

# Теоретическая информатика

- Теория формальных языков
- Теория автоматов
- Теория вычислимости
- Теория сложности
- Теория графов
- Криптология
- Логика
- Формальная семантика

# Кибернетика

Кибернѐтика (от др.-греч. *κυβερνητική* — «искусство управления») — наука об общих закономерностях процессов управления и передачи информации в различных системах, будь то машины, живые организмы или общество.

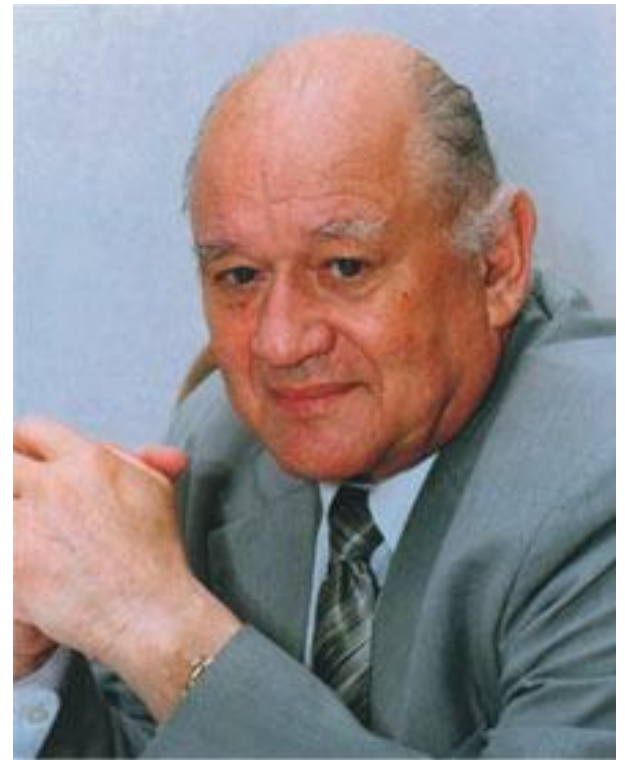
# Кибернетика

– ЭТО:

СИСТЕМЫ

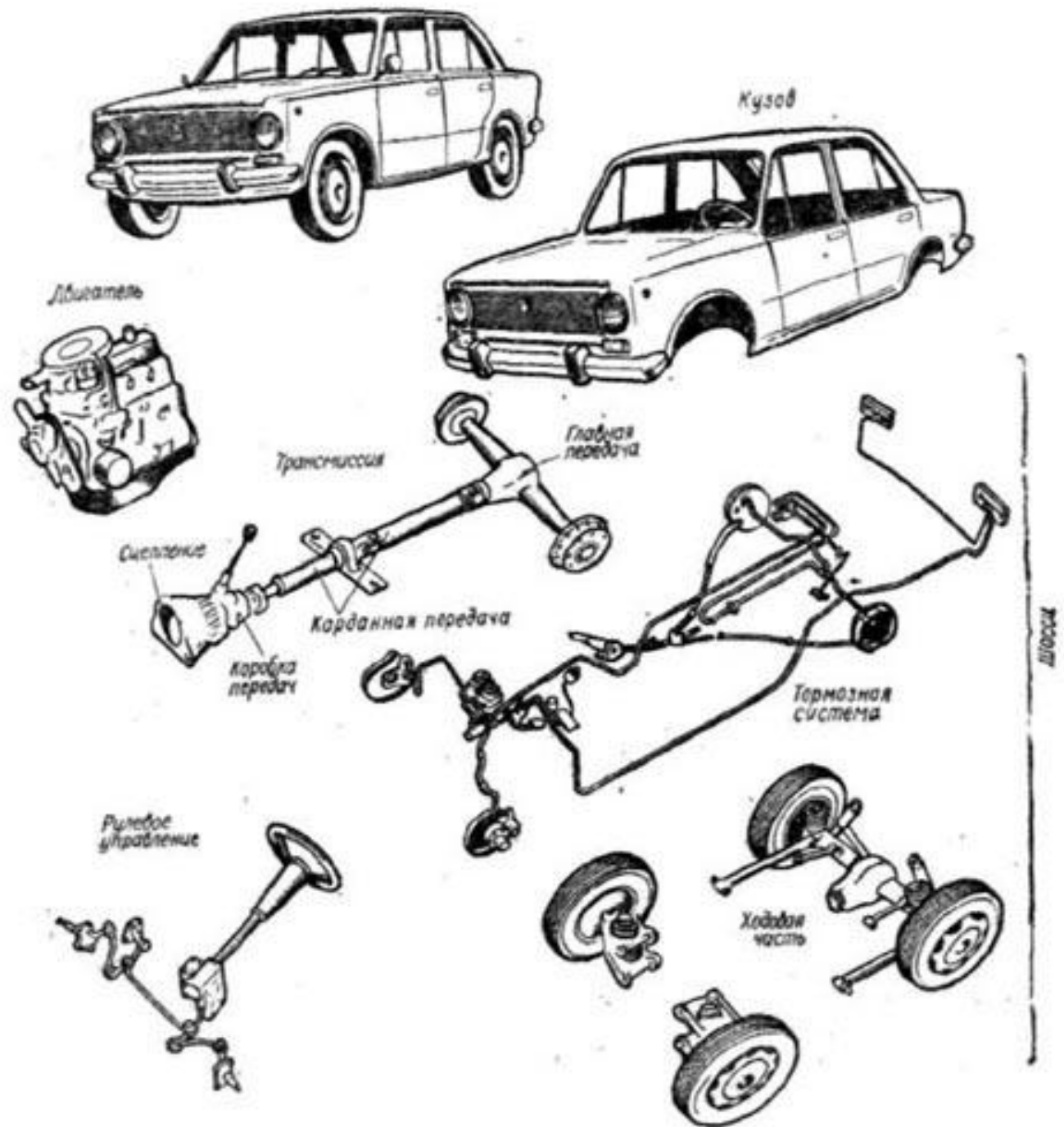
+

СВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ



👉 Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа: Учеб. пособие. — 3-е изд. — Томск: Изд-во НТЛ, 2001. — 396 с.

# Системы



# Некоторые понятия

- система
  - подсистема
- открытые и закрытые системы
  - чёрный ящик
- прямая и обратная связь
  - положительная
  - отрицательная
- управление
  - оптимальное управление

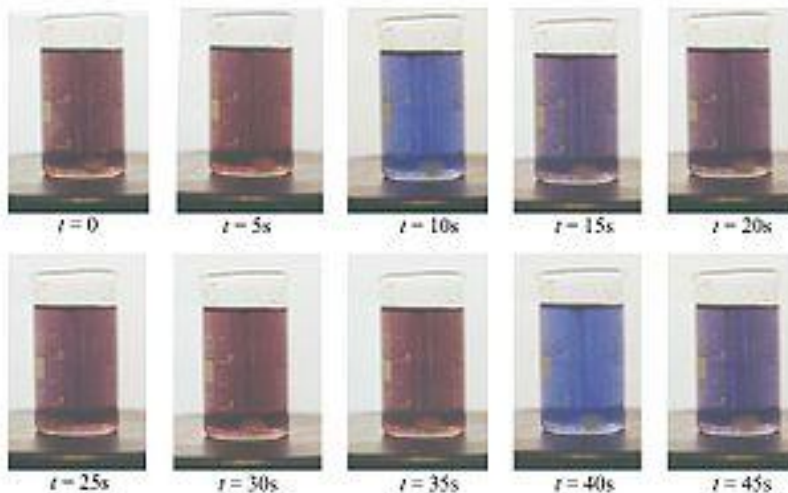
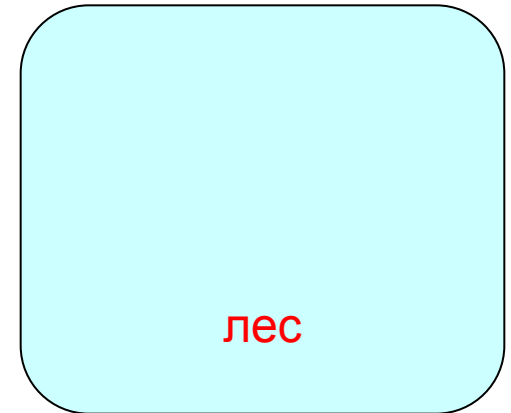


*«Много денег не бывает»*

*Модель «хищник – жертва»*

# Некоторые понятия

- эмерджентность
- синергетика
  - неравновесная термодинамика
  - теория катастроф
  - эволюция (в т.ч. биологическая)
  - реакция Белоусова – Жаботинского (1951 г., СССР)





# Кибернетика + биология

- Биоинженерия
- Биологическая кибернетика
- Биоинформатика
- Бионика
- Медицинская кибернетика
- Нейрокибернетика
- Гомеостаз
- Синтетическая биология
- Системная биология

# Информация

— (от лат. informatio, разъяснение, изложение, осведомленность) — сведения о чем-либо, независимо от формы их представления.

# ПО ИСТИННОСТИ

- истинная
- ложная

# по способу восприятия

- Визуальная — воспринимаемая органами зрения.
- Аудиальная — воспринимаемая органами слуха.
- Тактильная — воспринимаемая тактильными рецепторами.
- Обонятельная — воспринимаемая обонятельными рецепторами.
- Вкусовая — воспринимаемая вкусовыми рецепторами.

# по форме представления

- Текстовая — передаваемая в виде символов, предназначенных обозначать лексемы языка.
- Числовая — в виде цифр и знаков, обозначающих математические действия.
- Графическая — в виде изображений, предметов, графиков.
- Звуковая — устная или в виде записи передача лексем языка аудиальным путём.

# по назначению

- Массовая — содержит тривиальные сведения и оперирует набором понятий, понятным большей части социума.
- Специальная — содержит специфический набор понятий, при использовании происходит передача сведений, которые могут быть не понятны основной массе социума, но необходимы и понятны в рамках узкой социальной группы, где используется данная информация.
- Секретная — передаваемая узкому кругу лиц и по закрытым (защищённым) каналам.
- Личная (приватная) — набор сведений о какой-либо личности, определяющий социальное положение и типы социальных взаимодействий внутри популяции.

# по значению

- Актуальная — информация, ценная в данный момент времени.
- Достоверная — информация, полученная без искажений.
- Понятная — информация, выраженная на языке, понятном тому, кому она предназначена.
- Полная — информация, достаточная для принятия правильного решения или понимания.
- Полезная — полезность информации определяется субъектом, получившим информацию в зависимости от объёма возможностей её использования.

# Что такое информация?

- – порядок следования объектов материального мира.
- Это *свойство материи*.



# Что такое информация?

- Необходимые условия:
  - Наличие **не менее двух** различных объектов материального или нематериального мира.
  - Наличие у объектов **общего свойства**, позволяющего идентифицировать объекты в качестве носителя информации.
  - Наличие у объектов **специфического свойства**, позволяющего различать объекты друг от друга.
  - Наличие **свойства пространства**, позволяющее определить порядок следования объектов.
- А также:
  - Наличие **субъекта**, способного распознавать информацию.

...или же...

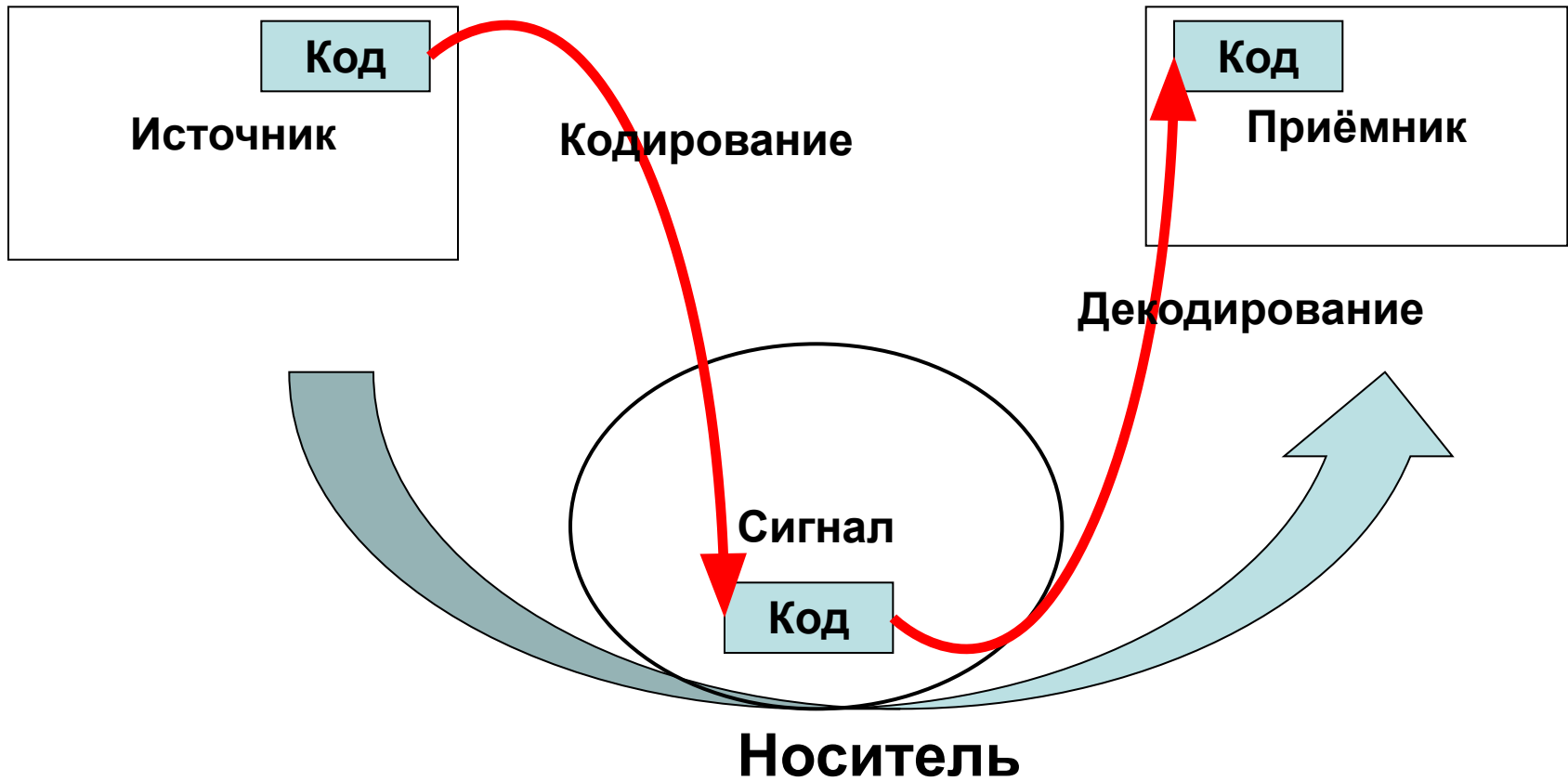
- Множество состояний\* материальной системы и всех её подсистем представляет *информацию* о системе.

\* — т.е. **КОДОВ**.

# Некоторые понятия

- полная и частная информация
- количество информации и единицы измерения
- аналоговая и дискретная информация
- канал связи, скорость передачи, искажения

# Передача информации



# Информационное взаимодействие

— *несимметрично!*

...что иногда приводит к  
разным неприятностям...



## 3 великих действия с сущностями

- создание
- изменение
- удаление

# Что можно делать с информацией?

- запись
- хранение
- чтение
- передача

# Блок 2

## Алгоритмы и вычислители



# Алгоритмы



- Без них – никуда ■

# Алгоритм

– Программист – это тот, кто умеет правильно разбивать целое на составные части.

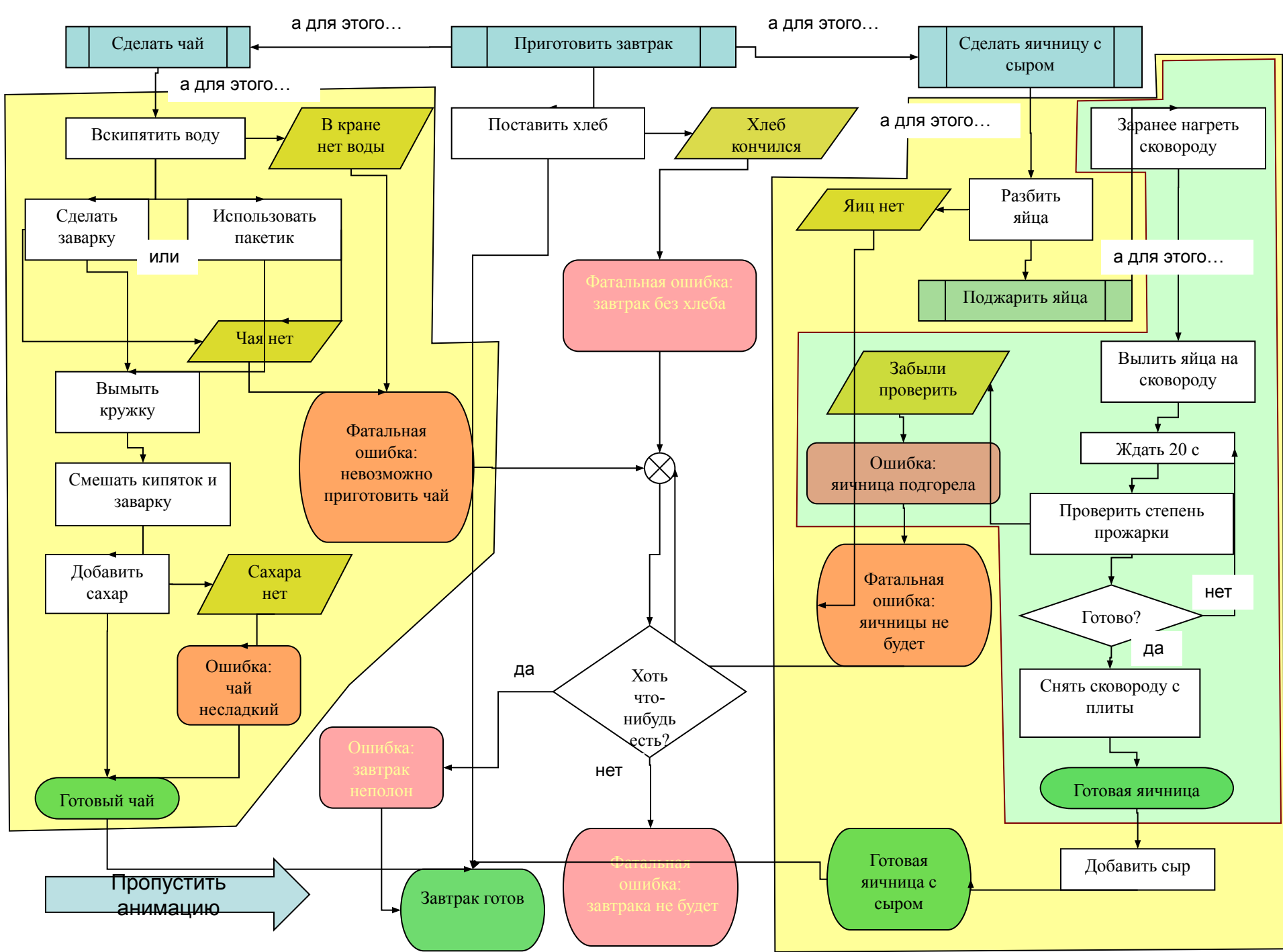
Д.В. Курбатский

– ...и при этом оперативно!...

коллеги Д.В. Курбатского

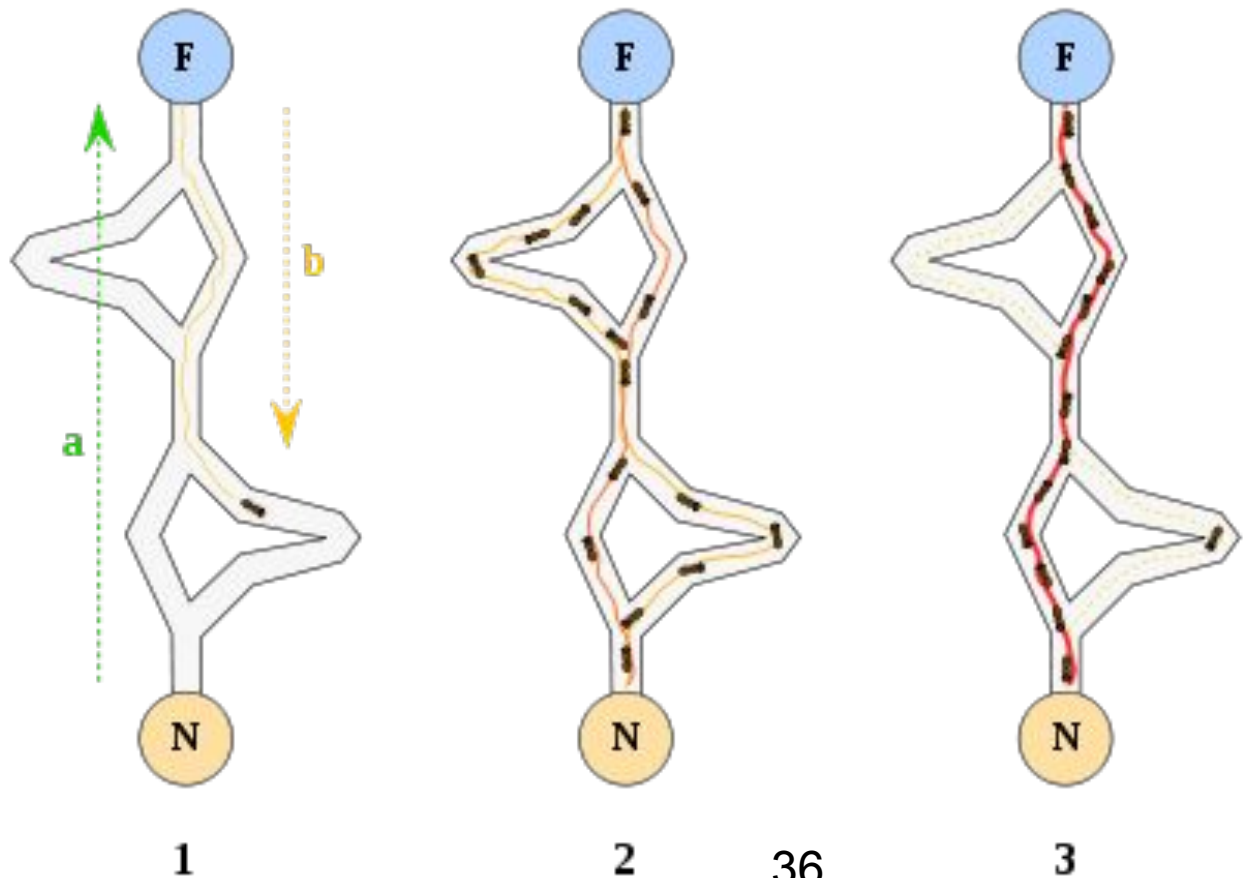
- Чтобы сделать  $A$ , ...
  - ...надо сделать  $B$ , ...
    - ...для чего надо сделать последовательно  $B$ ,
    - ... $\Gamma$ , ...
      - ...а здесь придётся сделать  $D$
      - ...и  $E$ ,
    - ...после этого  $\ddot{E}$ ,
  - ...и вот только теперь –  $\mathcal{Ж}$ , ...
    - ...для чего придётся делать  $З$
    - и  $И$ ;
- ...всё, теперь  $A$  готово.

На каждом шаге  
следует учитывать  
возможность  
появления ошибок!

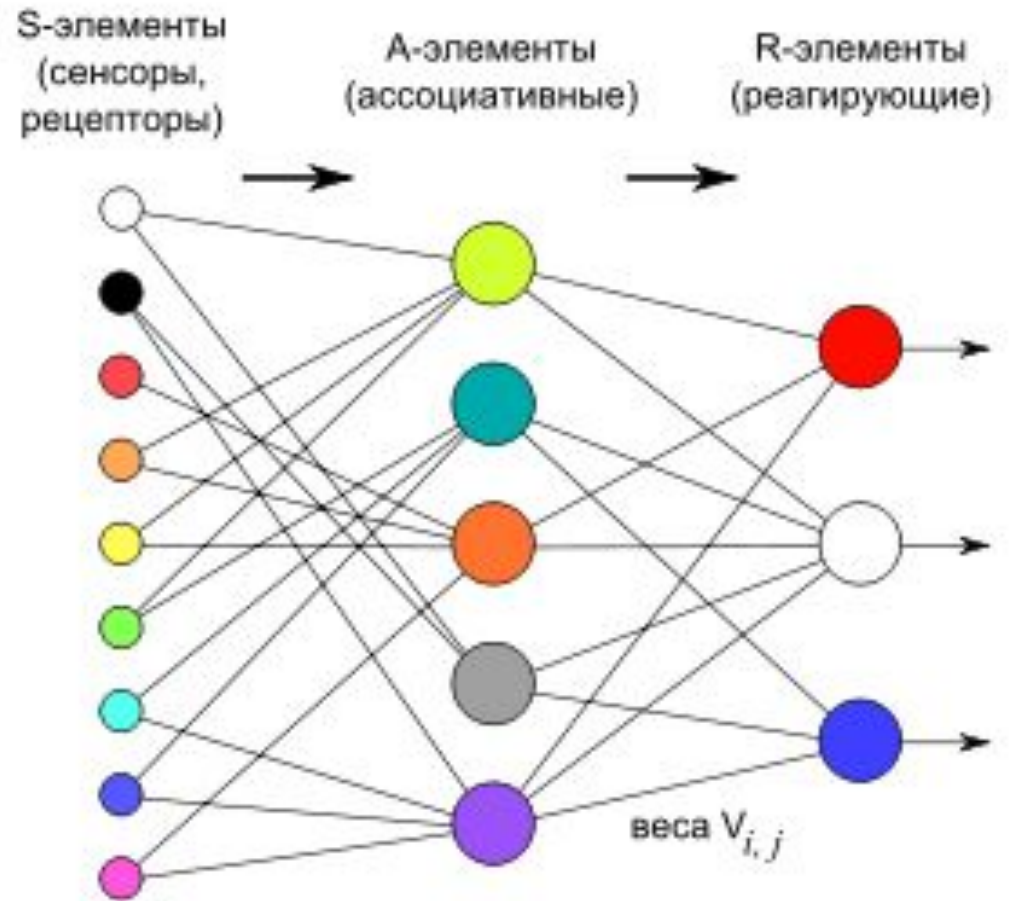
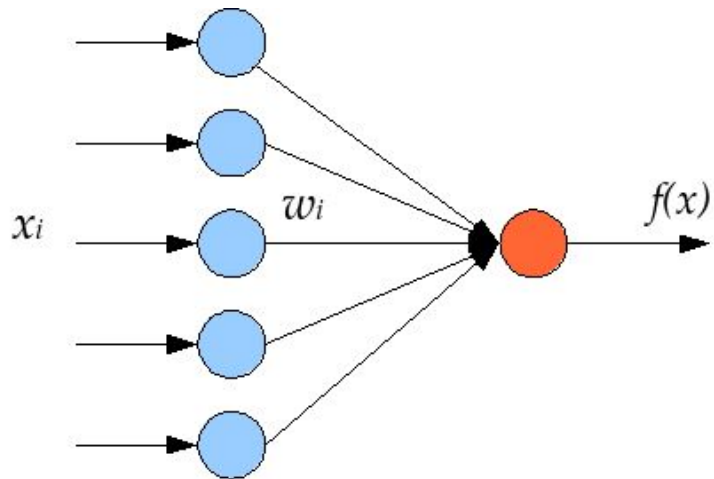


# Биология в информатике

- генетические алгоритмы
- муравьиный алгоритм



# Перцептон



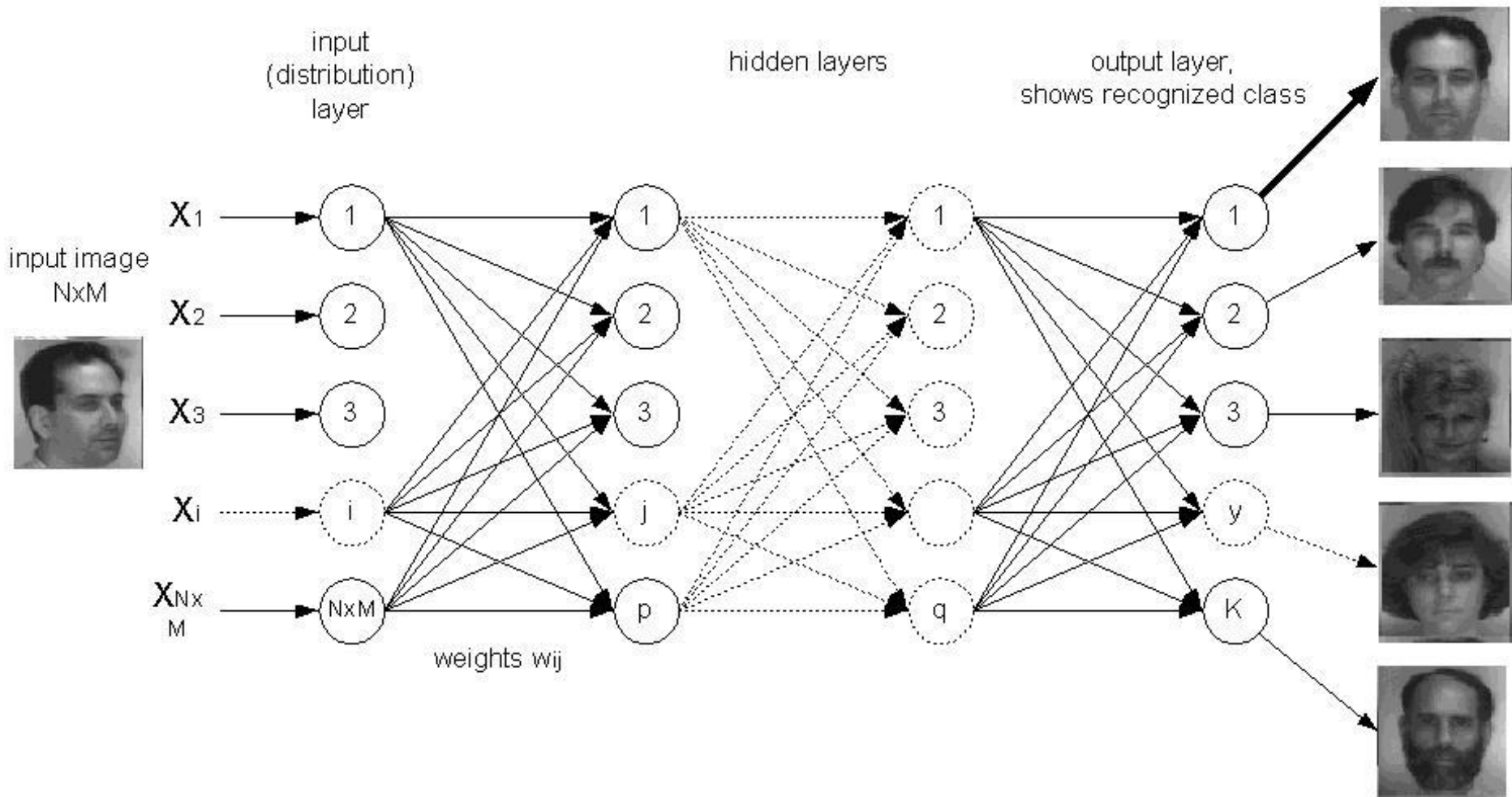
- Фрэнк Розенблатт
- Марк-1 (1960 г.)

# Нейронные сети

Этапы решения задач:

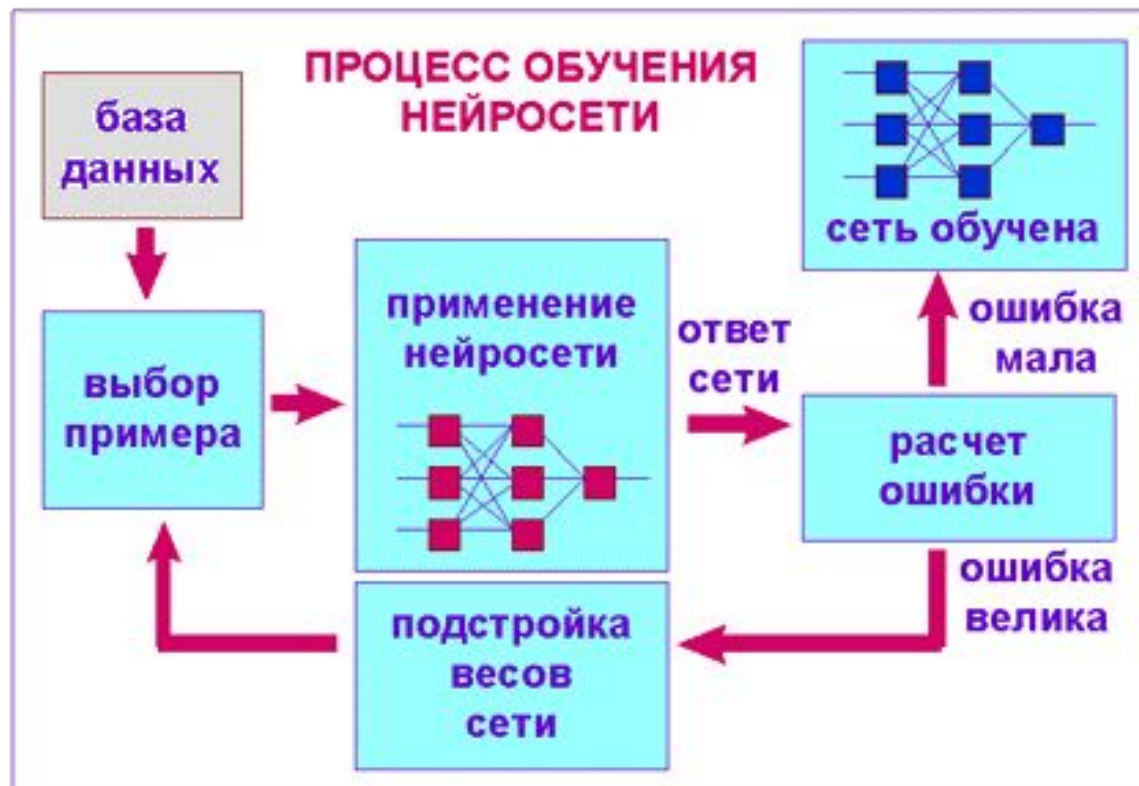
- сбор данных для обучения;
- подготовка и нормализация данных;
- выбор топологии сети;
- экспериментальный подбор характеристик сети;
- экспериментальный подбор параметров обучения;
- собственно обучение;
- проверка адекватности обучения;
- корректировка параметров, окончательное обучение;
- вербализация сети с целью дальнейшего использования.

# Пример работы НС



# Методы обучения

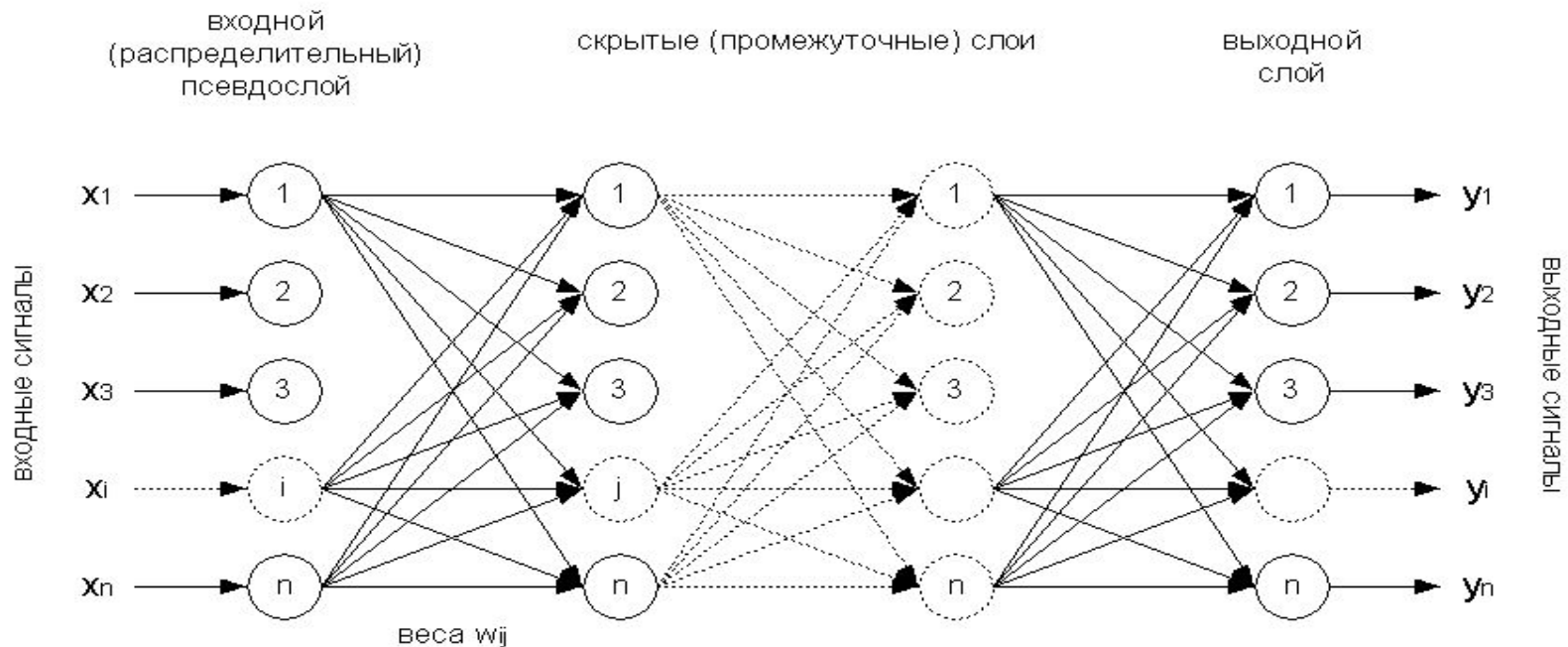
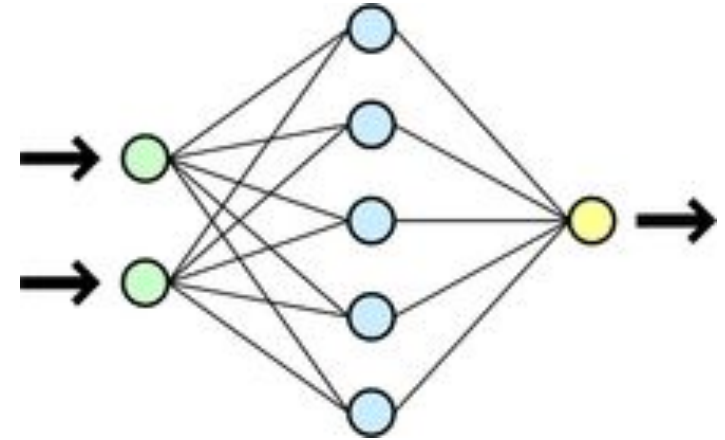
- Обучение без учителя
  - Обучение с подкреплением
- Обучение с учителем





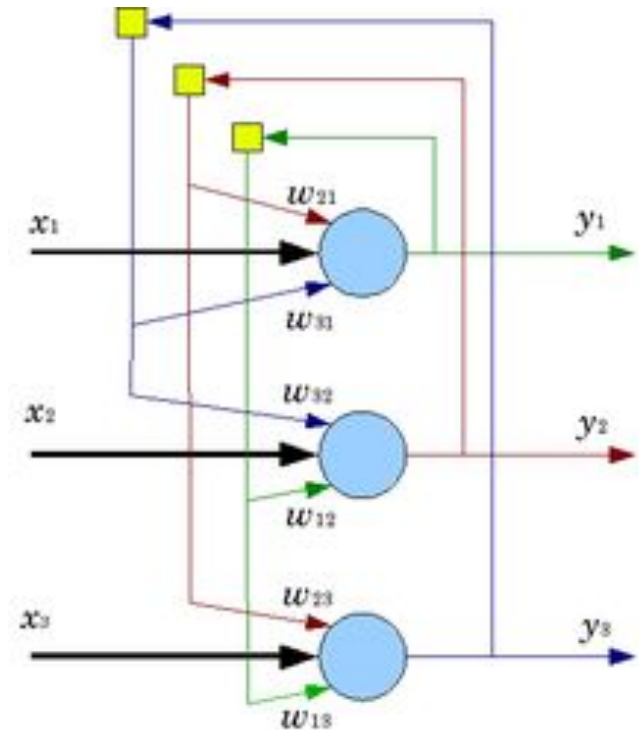
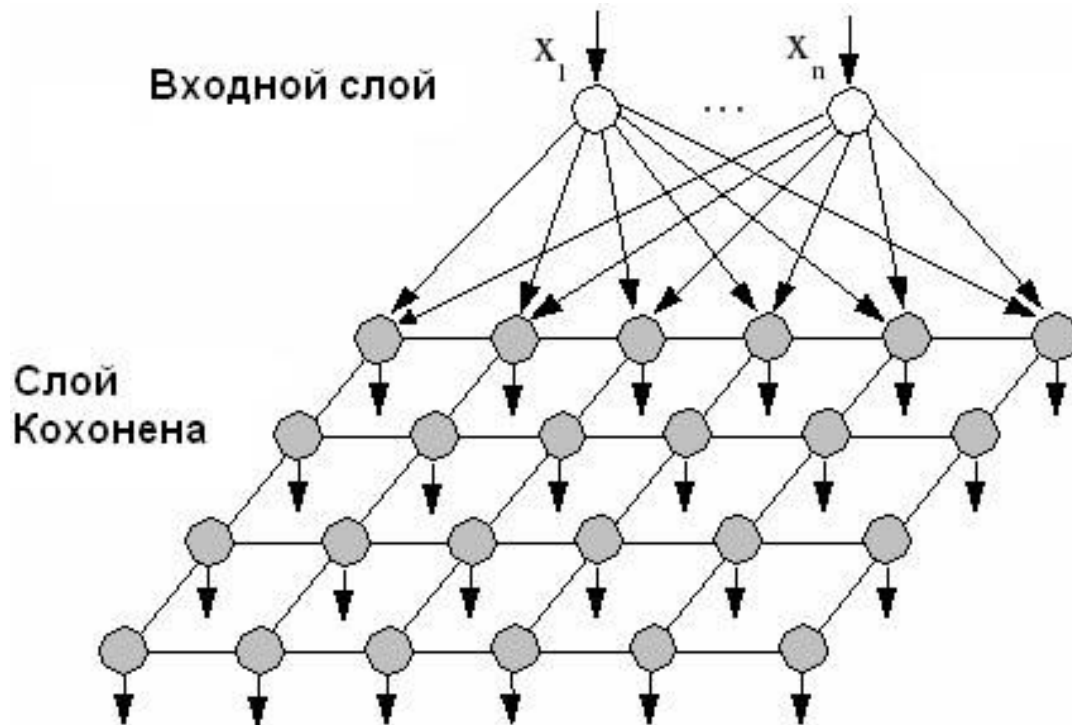
# НС прямого действия

- однослойные
- многослойные



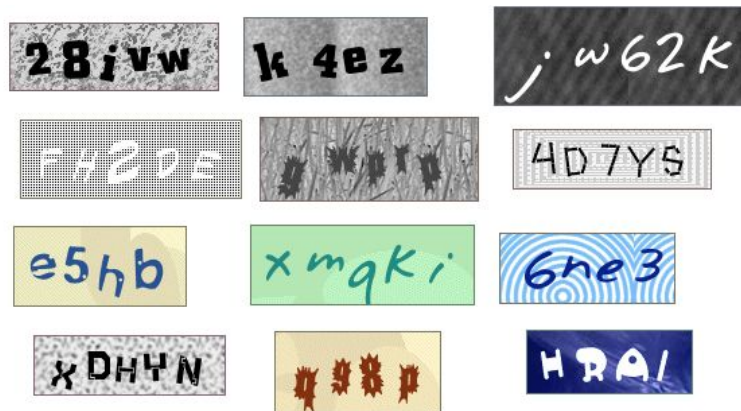
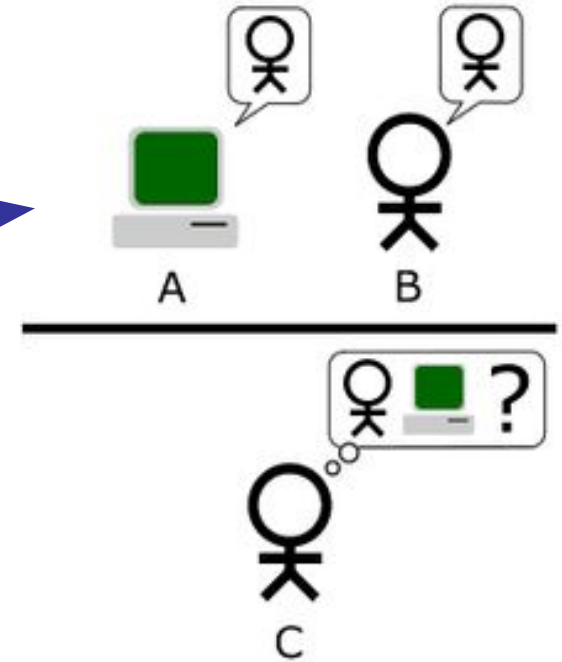
# Рекуррентные НС

- Нейронная сеть Хопфилда
- Сеть Кохонена



# Искусственный интеллект (*идиот?*)

- Тест Тьюринга
- Обратный тест Тьюринга
  - или *капча* (*captcha*)
- Китайская комната



# Разум

*Разумное существо* – это существо, которое...

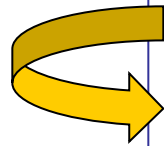
- осознаёт **себя** как разумное существо??
  - а как **мы** об этом узнаем???
- осознаёт **других** как разумные существа??
  - а может ему **и дела нет** до других???
- пытается **научиться говорить на языке** других существ??
  - автоматически **полагая их** также разумными???

# Символы, алфавиты, грамматики

СИМВОЛ

– *это не только печатные значки!*

формальная  
грамматика



алфавит  
слово



Иерархия Хомского

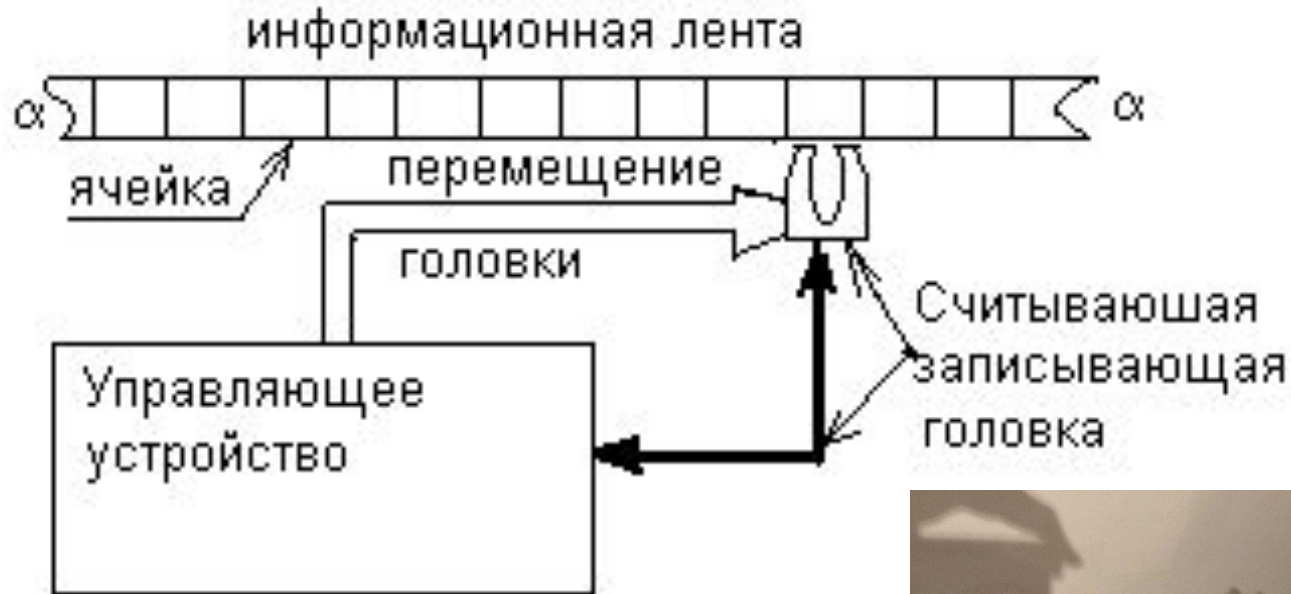
# Пример формальной грамматики

- Терминальный алфавит
  - $\Sigma = \{ '0', '1', '2', '3', '4', '5', '6', '7', '8', '9', '+', '-', '*', '/', '(', ')', '=', '\}$
- Нетерминальный алфавит:
  - { ФОРМУЛА, ЗНАК, ЧИСЛО, ЦИФРА }
- Правила:
  1. ФОРМУЛА  $\rightarrow$  ФОРМУЛА ЗНАК ФОРМУЛА (*формула есть две формулы, соединенные знаком*)
  2. ФОРМУЛА  $\rightarrow$  ЧИСЛО (*формула есть число*)
  3. ФОРМУЛА  $\rightarrow$  ( ФОРМУЛА ) (*формула есть формула в скобках*)
  4. ЗНАК  $\rightarrow$  + | - | \* | / | = (*знак есть плюс или минус, или умножить, или разделить, или равно*)
  5. ЧИСЛО  $\rightarrow$  ЦИФРА (*число есть цифра*)
  6. ЧИСЛО  $\rightarrow$  ЧИСЛО ЦИФРА (*число есть число и цифра*)
  7. ЦИФРА  $\rightarrow$  0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 (*цифра есть 0 или 1, или ... 9*)

Пример формулы:

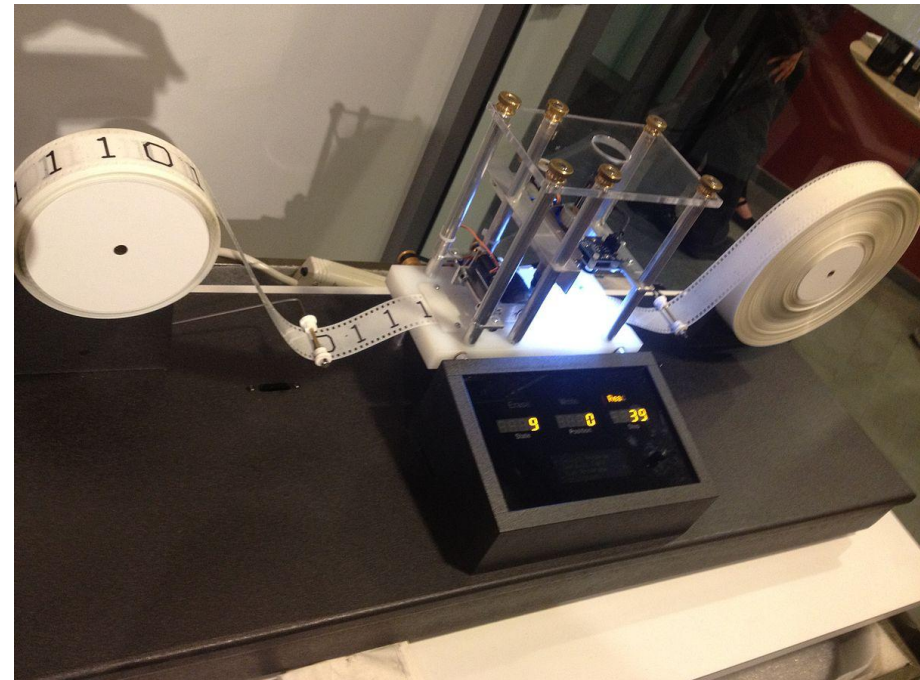
$$(2 + 6) * 4 = 32$$

# Машина Тьюринга



Состоит из:

- бесконечная лента
  - символы, в т.ч. пустые
- головка записи-чтения
  - и её состояния
- правила перехода





# Вычислитель (*computer*)

- Тезис Чёрча — Тьюринга: любая функция, которая может быть вычислена физическим устройством, может быть вычислена машиной Тьюринга.

также

- Вычислимая функция
  - т.е. та, у которой есть алгоритм вычисления
- Полнота по Тьюрингу
  - в частности, для языков программирования, *видимо, достаточно наличие команды «если – то»*



# а ещё есть

- Нормальный алгоритм Маркова
- Машина Поста
  - «двоичная» машина Тьюринга

Начальное  
состояние ленты

```
          v
00111110111000
      P      Q
```

Программа вычитания двух чисел

```
1. 0          - стираем левый символ у Q
2. →
3. ? 4, 5
4. Stop      - стоп если затерли Q=0
5. ←
6. ? 5, 7    - цикл поиска P
7. 0          - стираем правый символ у P
8. →
9. ? 8, 1    - ищем Q
```

# «Трясина Тьюринга»

- [OISC \(\*One Instruction Set Computer\*\)](#)
  - всего одна инструкция: *«вычислить и пропустить следующую инструкцию, если результат меньше нуля».*
- [Статья по теме](#)

# Эзотерические языки программирования

- Befunge

- Piet



```
62*1+v>01p001>+v>\:02p\:02gv
0          ^          <
.          :p
"          .1
      v 0," "<0
"  >1g12-+:|
,          @
>^
```

- Brainf\*ck

– 8 инструкций, 8 символов

```
+++++[>+++++>+++++>+++++>++++>+<
<<<<-]>+>+.+++++..+++>+>.<<+++++ ++++++>.>
+++>+>.>+>.
```

# Блок 3

## Двоичная система счисления

И НЕ ТОЛЬКО

# Вот так вот!

$$2 * 2 = 4$$

СС с основанием >4

$$2 * 2 = 10$$

4-ичная СС

$$2 * 2 = 11$$

3-ичная СС

$$2 * 2 = 100$$

2-ичная СС

# Обозначения

- **b** – двоичная СС (*система счисления*): *1000101b*
- **o** – восьмеричная СС: *1207o* (редка)
  - вариант: *0124* – права доступа Linux
- **d** – десятичная СС: *345 123*
  - обычно без обозначения
- **h** – шестнадцатеричная: *1FEEDh* (A..F – *цифры!*)
  - *0x00afdec1*
  - *&h12fe;* – HTML
  - *\$5e*
  - *#feed01a* – графические редакторы

# Сравнение СС в примерах

- Десятичная система счисления

$$3678d = 3 * 10^3 + 6 * 10^2 + 7 * 10^1 + 8 * 10^0$$

- Двоичная система счисления

$$01010111b = 0 * 2^7 + 1 * 2^6 + 0 * 2^5 + 1 * 2^4 + 0 * 2^3 + 1 * 2^2 + 1 * 2^1 + 1 * 2^0$$

- Шестнадцатеричная система счисления

$$1AF9h = 1 * 16^3 + A * 16^2 + F * 16^1 + 9 * 16^0$$

# Преимущества двоичной СС

- простота аппаратного устройства элементов
- соответствие многим элементарным значениям
- большая помехоустойчивость и скорость
- простота арифметики




# Преобразование СС: 2 в 10

**0 0 1 0 1 1 0 1** b =



*степень 2:* 7 6 5 4 3 2 1 0

*значение:* 128 64 32 16 8 4 2 1



$$\begin{aligned} &1 * 2^0 + \\ &0 * 2^1 + \\ &1 * 2^2 + \\ &1 * 2^3 + \\ &0 * 2^4 + \\ &1 * 2^5 + \\ &0 * 2^6 + \\ &0 * 2^7 = \end{aligned}$$

$$= \mathbf{45d}$$

Складываем степени двоек.

# Преобразование СС: 10 в 2

$$217_{10} = ?_2$$


$$217 / 2 = 108 \text{ (1 в остатке)}$$

$$108 / 2 = 54 \text{ (0)}$$

$$54 / 2 = 27 \text{ (0)}$$

$$27 / 2 = 13 \text{ (1)}$$

$$13 / 2 = 6 \text{ (1)}$$

$$6 / 2 = 3 \text{ (0)}$$

$$3 / 2 = 1 \text{ (1)}$$

$$1 / 2 = 0 \text{ (1)}$$

Делим на 2, пока не получим ноль, затем выписываем остатки в обратном порядке.


$$\Rightarrow 217_{10} = 11011001_2$$

# Степени числа 2

Степень Значение

0	1
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
9	512
10	1024

Степень Значение

11	2048
12	4096
15	32768
16	65536
20	1048576
30	1073741824
31	2147483648
32	4294967296

# Шестнадцатеричная СС

Соответствие:

0..9 ~ 0..9

A ~ 10

B ~ 11

C ~ 12

D ~ 13

E ~ 14

F ~ 15

$$\mathbf{D2h} = 13 * 16^1 + 2 * 16^0 = \mathbf{210d}$$

1 байт ~ 00h..FFh

2 байта ~ 0 .. FF FFh

4 байта ~ 0 .. FF FF FF FFh

# Применение 16-ичной СС

- кодирование цвета RGB(G):  
*#00 ff ff ff* = белый цвет
- запись IP и MAC адресов:  
*ff 0d 0d 0a 1a fc*
- запись Unicode:  
*U+045F*
- и вообще, так короче!

# Двоично-десятичный код

- бывает в калькуляторах, на дискетах
- каждый полубайт (16 значений) кодирует 1 десятичную цифру:
- $0110\ 1001_{BCD} \sim 69d$
- => ещё 6 значений каждого полубайта теряется :(

# Блок 4

Немного логики

# Принципы формальной логики

## 1. Закон тождества

–  $X = X$

## 2. Закон непротиворечия

– верно или  $X$ , или *не*  $X$

## 3. Закон исключённого третьего

– «Третьего не дано»

## 4. Закон достаточного основания

–  $X$  надо доказать



# Термины логики

- высказывание и суждение
- посылка и следствие
  - силлогизм

- кванторы

- общности  $\forall$

- сущности  $\exists$

- СВЯЗКИ (СОЮЗЫ)

Пример:

*«У каждого студента найдётся нелюбимый предмет.»*

$$\forall x \in X, \exists y \in Y ( S(x, y) )$$

$X$  – студенты

$Y$  – предметы

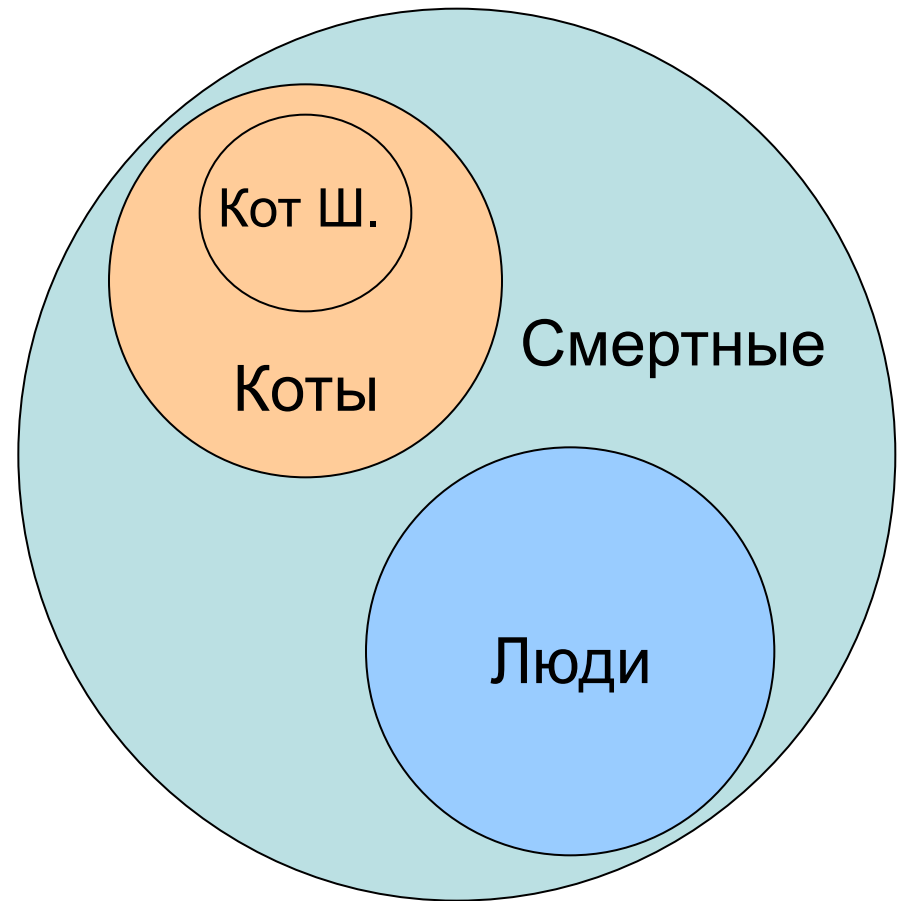
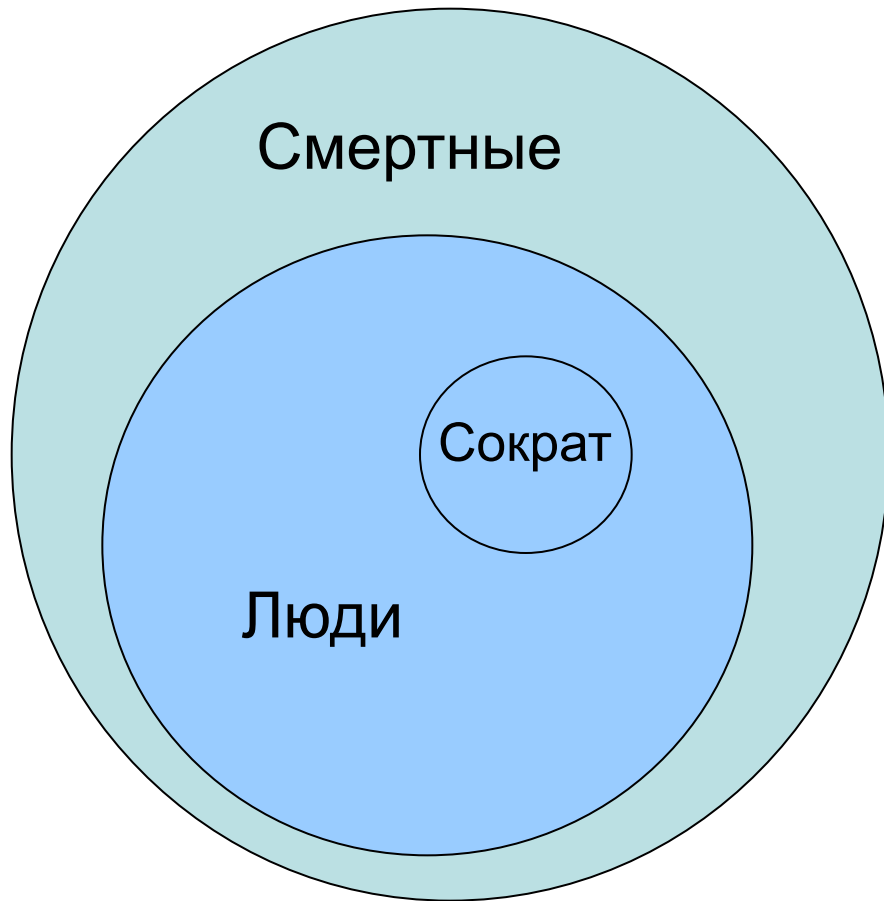
$S$  – отношение «нелюбимый»

# Силлогизм

1. Все люди смертны,
2. Сократ – человек,  
— следовательно, Сократ смертен.

1. Кот Шрёдингера смертен,
2. все люди смертны, ?!?!?  
— следовательно, кот Шрёдингера – человек.

# Диаграммы Эйлера-Венна



# Предикаты

- субъект
- предикат
  - $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$

- Язык Пролог

Пример программы на Prolog:

СМЕРТЕН( ЧЕЛОВЕК ).

ЧЕЛОВЕК( СОКРАТ ).

? СМЕРТЕН( СОКРАТ )

- ИСТИНА<sub>68</sub>

# Двоичная логика

## Операции

отрицание  $\neg$

конъюнкция  $\wedge$

- логическое умножение

дизъюнкция  $\vee$

- логическое сложение

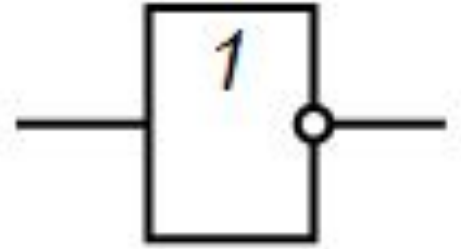
## Константы

$0$  (ЛОЖЬ, FALSE)

$1$  (ИСТИНА, TRUE)

- иногда =  $-1$

# Отрицание



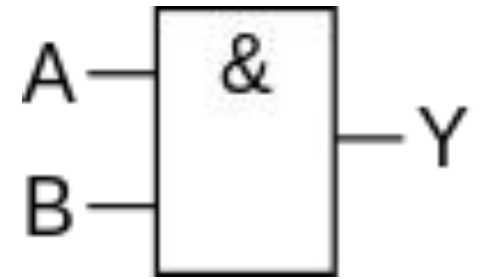
Обозначение:

- $\neg x$ ,  $\bar{x}$ , NOT  $x$ , ! $x$
- НЕ

Таблица истинности:

$x$	$\bar{x}$
0	1
1	0

# КОНЪЮНКЦИЯ



Обозначение:

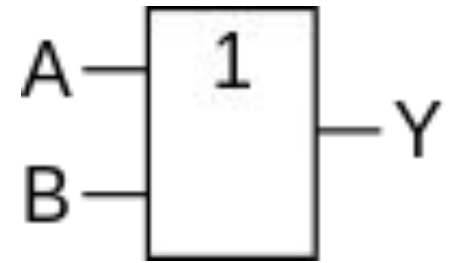
- $x \wedge y$ ,  $x \text{ AND } y$ ,  $x \&\& y$ ,  $x \cdot y$
- $\min(x, y)$
- И

*логическое умножение*

Таблица умножения:

$x$	$y$	$x \wedge y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

# ДИЗЪЮНКЦИЯ



Обозначение:

- $x \vee y$ ,  $x \text{ OR } y$ ,  $x \parallel y$ ,  $x + y$
- $\max(x, y)$
- *неисключающее ИЛИ*

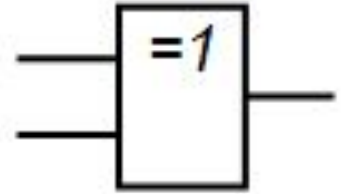
*логическое сложение*

Таблица сложения:

$x$	$y$	$x \vee y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



# Строгая дизъюнкция



Обозначение:

- $x \oplus y$ ,  $x$  XOR  $y$ ,  $x \wedge y$ ,  $x +_2 y$
- $\max(x, y) - \min(x, y)$
- *исключающее ИЛИ*

*сложение по модулю 2*

Таблица истинности:

$x$	$y$	$x \oplus y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

# Импликация

$x \rightarrow y$   
это вам не  
 $x \Rightarrow y!$

Обозначение:

- $x \rightarrow y, x \supset y$
- если  $x \leq y$ , то *ИСТИНА*

Таблица истинности:

X — достаточное условие для Y  
Y — необходимое условие для X

x	y	$x \rightarrow y$
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

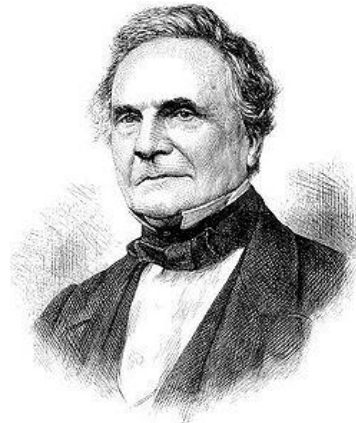
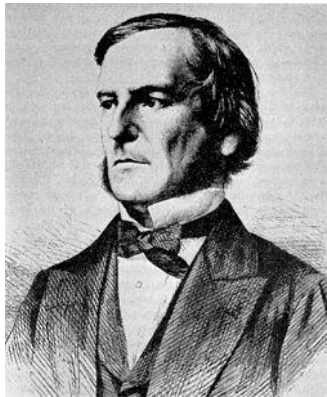
# Связанные понятия

- Нечёткая логика (*fuzzy logic*)
- Информационная система
- База знаний
- Хранилище данных

Напоследок

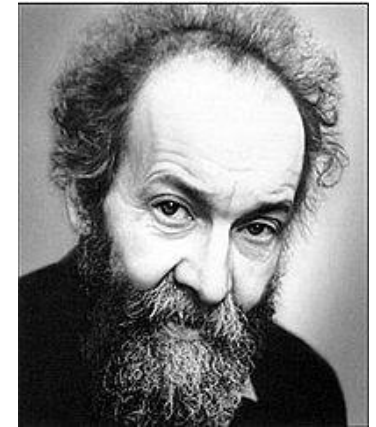
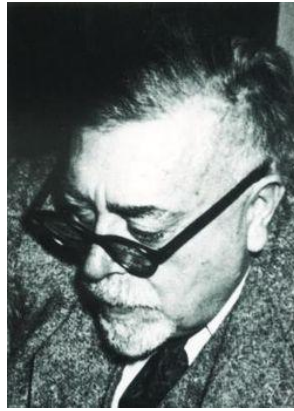
# Имена

- [Жозеф Мари Жаккар](#) – первая перфокарта и станок с ЧПУ
- [Джордж Буль](#) – алгебра логики
- [Льюис Кэрролл](#) – не только «Алиса в стране чудес», но и работы по логике
- [Чарльз Бэббидж](#) – первая вычислительная машина
- [Ада Лавлейс](#) – первая женщина-программист (и вообще программист!)



# Ещё имена

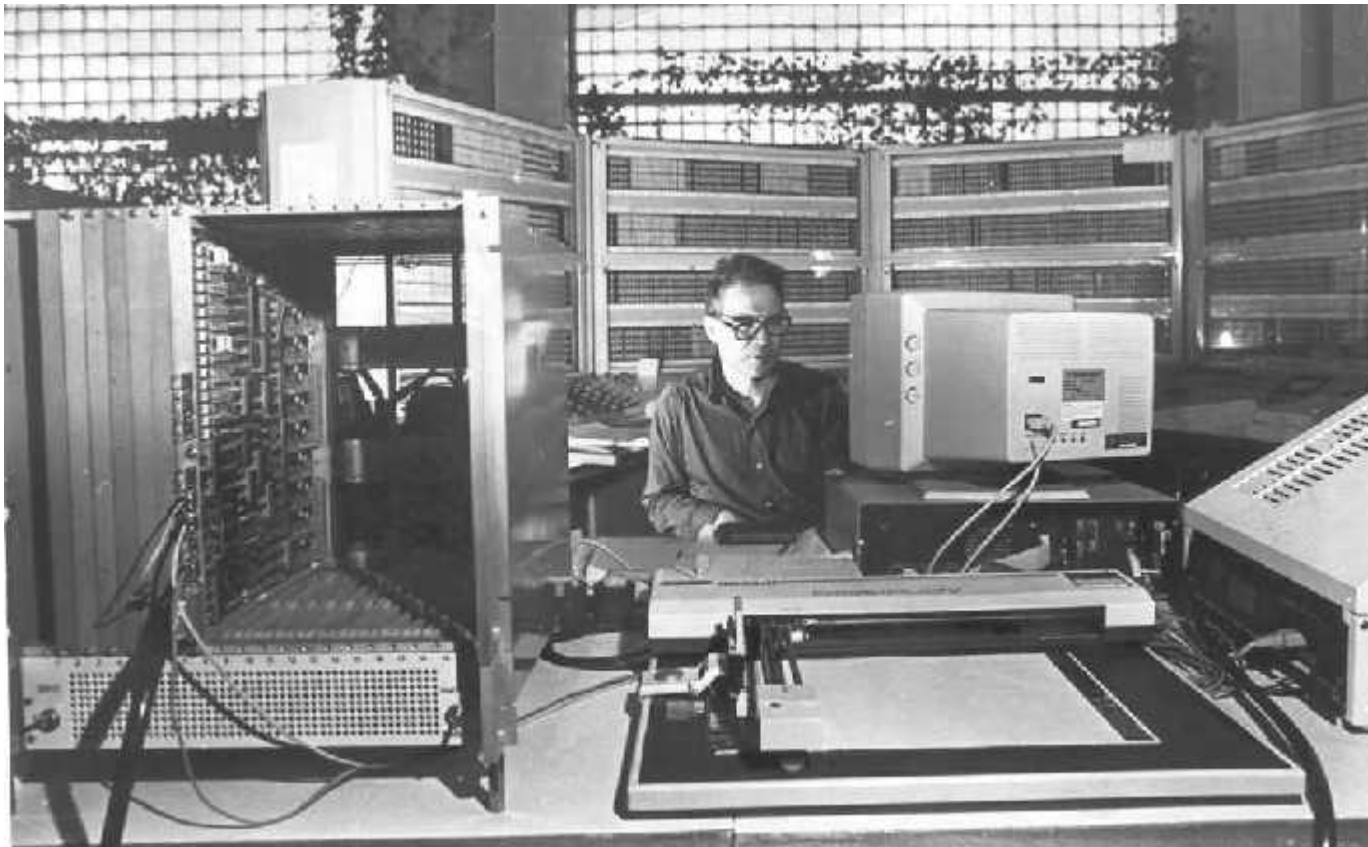
- [Алан Мэ́тисон Тью́ринг](#) – теоретическая машина и тест его имени
- [Джон фон Нейман](#) – теория автоматов, архитектура компьютера
- [Норберт Винер](#) – «отец» кибернетики и теории искусственного интеллекта
- [Андрей Николаевич Колмогоров](#) – великий математик
- [Ляпунов, Алексей Андреевич](#) – то же, в т.ч. в Новосибирске



- Билл Гейтс, Сергей Брин, Ричард Столман, Линус Торвальдс, Стив Джобс, Кевин Митник, Деннис Ритчи, Крис Касперски и многие другие

# Сделано в СССР (было)

- БЭСМ-6 (1965 г.)
- Общегосударственная автоматизированная система учёта и обработки информации
- и не только...



Конец (ну, почти)



# P.S. Игра «Жизнь»

- Клеточный автомат
- Джон Конвэй (*John Horton Conway*), 1970
- Сайт по теме (ENG)
- Приложение Golly
  - лицензия GNU GPL v2 (т.е. *открытое, бесплатное и свободное*)
  - все платформы, включая Android и iPhone

# Правила игры «Жизнь»

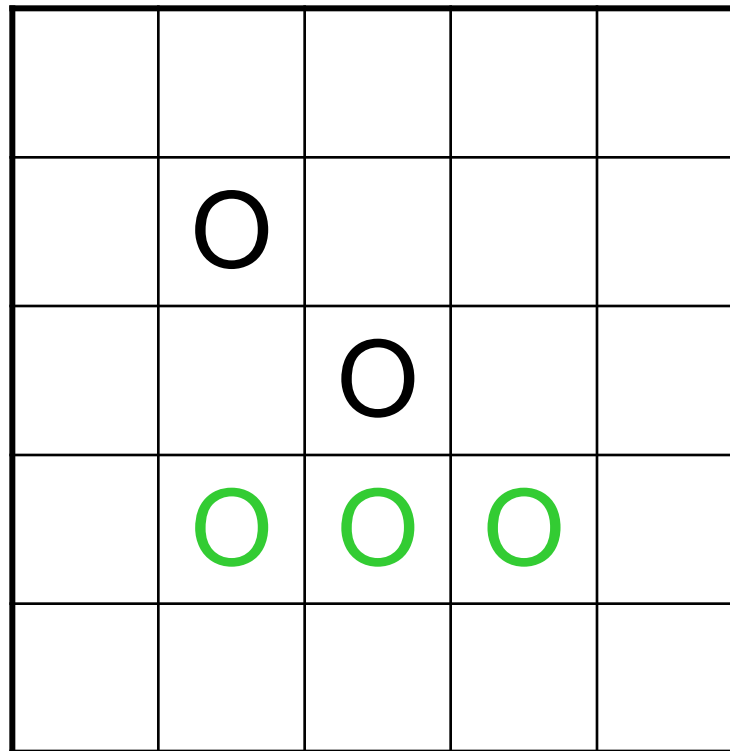
- Бесконечная клеточная доска.
- Фишки имеют один цвет.
- У каждой клетки – 8 соседних.
- Всего 3 правила «выживания» и «рождения» фишек.

1	2	3
8	0	4
7	6	5

82

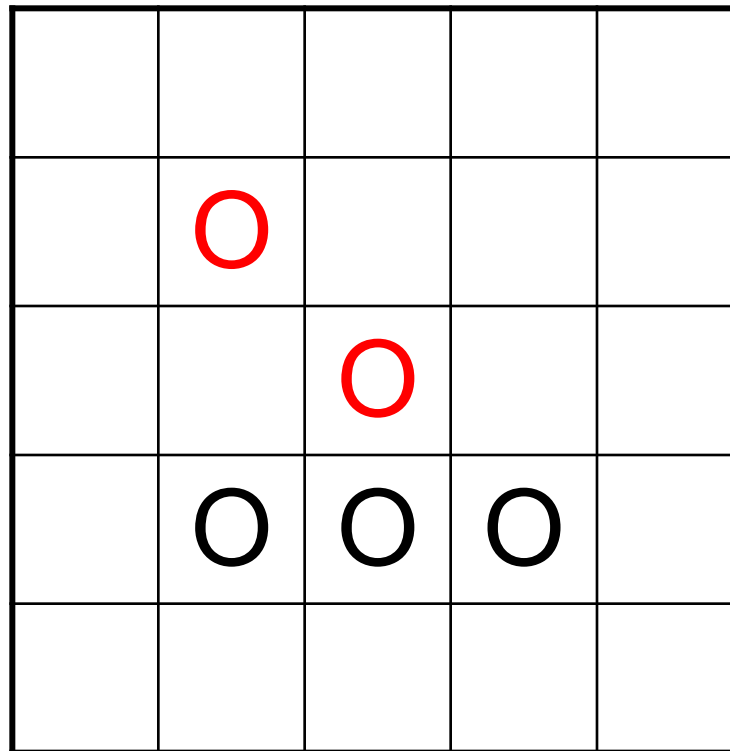
# 1. Выживание

- Фишка «выживает», если у неё 2 или 3 соседа.



## 2. Гибель

- Фишка «погибает», если у неё более 3 или менее 2 соседей.



# 3. Рождение

- Если с любой пустой клеткой доски граничит ровно 3 фишки – то на этой клетке «рождается» новая фишка.

	○			
		○	+	
	○	○	○	
		+		

# Пример

- Один ход
  - 2 фишки «погибли»
  - 3 «выжили»
  - 2 «родились»

