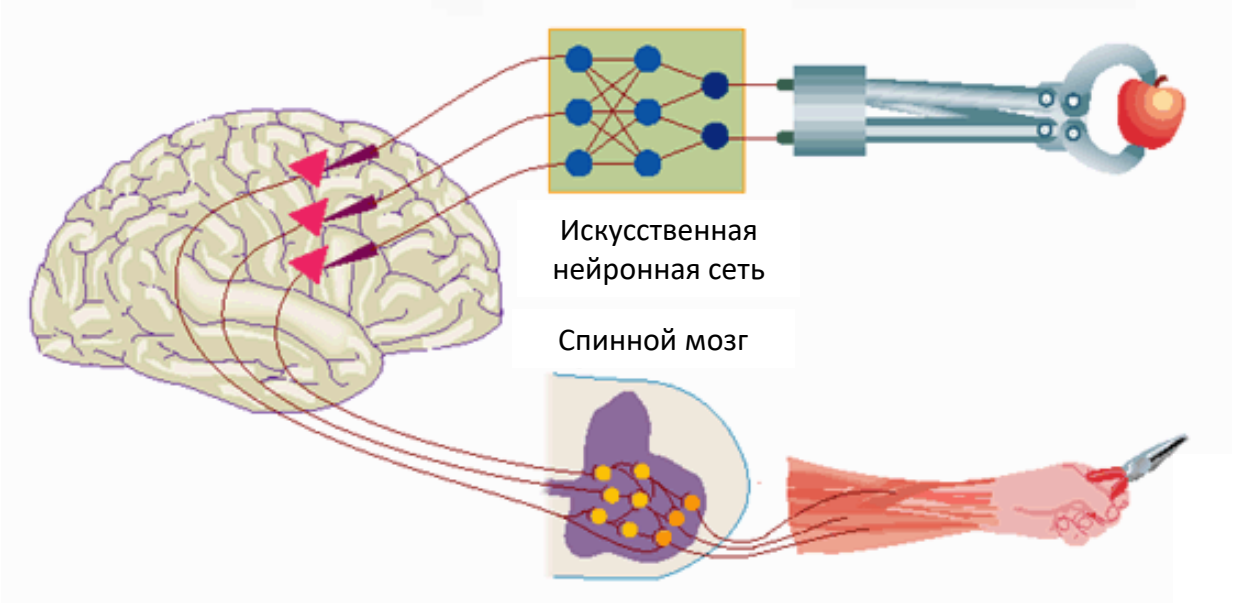
Лекция 8

Нейронные сети

Автор: д.т.н Джомартова Ш.А.

Общие сведения
об искусственных нейронных сетях

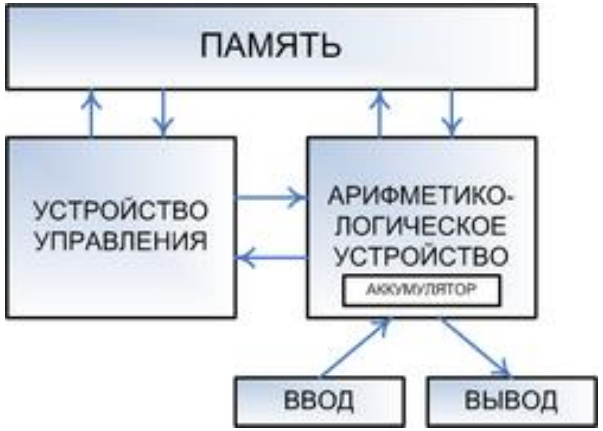


Искусственные нейронные сети (ИНС) представляют собой вычислительные структуры, которые обрабатывают информацию по образцу процессов, происходящих в нервных системах человека и других живых существ.

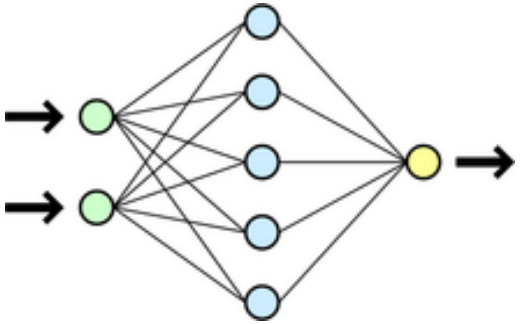
Подходы к созданию вычислительных машин

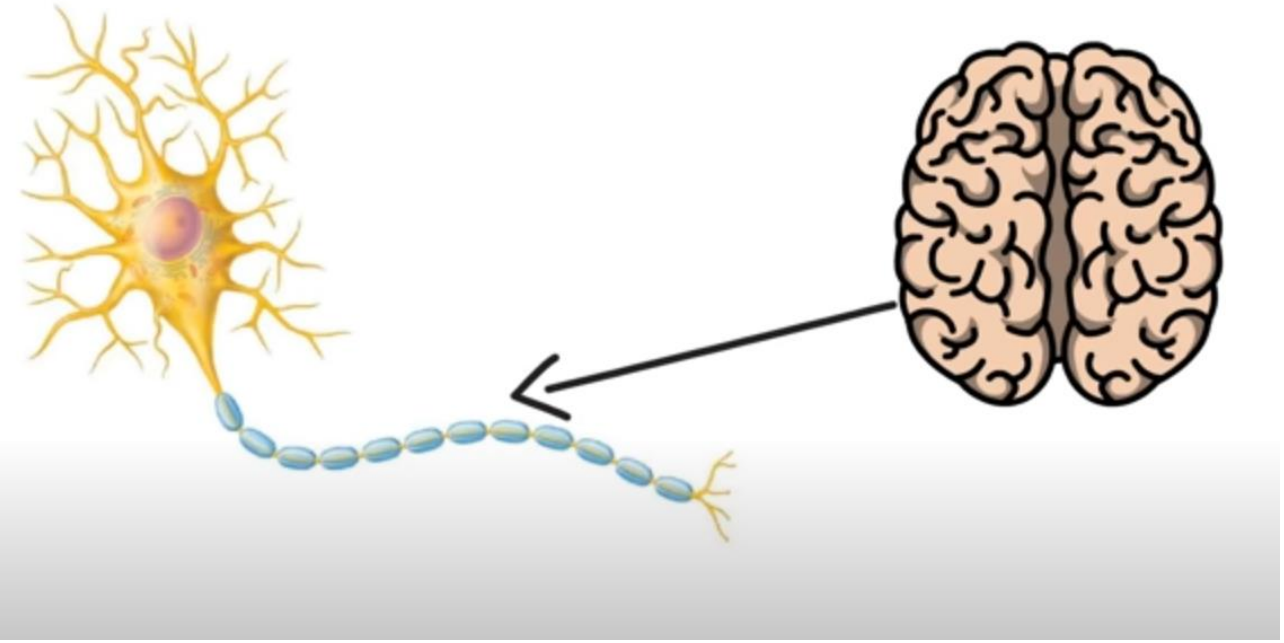
Теоретические основы ИНС были заложены в начале сороковых годов XX-го века при исследовании возможных подходов к созданию вычислительных машин.

- архитектура машины фон Неймана;



- искусственные нейронные сети.







СЕРОЕ ВЕЩЕСТВО
Нейроны и Дендриды
(ПРОЦЕССОР)



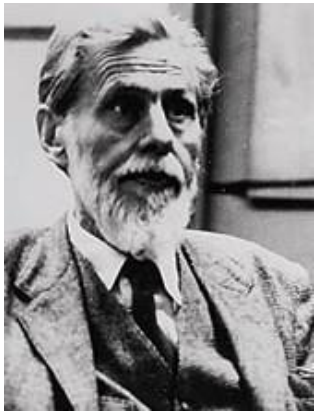
БЕЛОЕ ВЕЩЕСТВО
Пучки Аксонов
(ПРОВОДА)

Отличия ИНС от архитектуры фон Неймана

	Машина фон Неймана	Биологическая нейронная система
Процессор	Сложный	Простой
	Высокоскоростной	Низкоскоростной
	Один или несколько	Большое количество
Память	Отделена от процессора	Интегрирована в процессор
	Локализована	Распределенная
	Адресация не по содержанию	Адресация по содержанию
Вычисления	Централизованные	Распределенные
	Последовательные	Параллельные
	Хранимые программы	Самообучение
Надежность	Высокая уязвимость	Живучесть
Специализация	Численные и символьные операции	Проблемы восприятия
Среда функционирования	Строго определенная	Плохо определенная
	Строго ограниченная	Без ограничений

Теория нейровычислений

Теоретические основы нейровычислений были заложены У. МакКаллоком и В. Питтсом ещё в начале 1940-х годов. Но только в начале 1990-х годов, после преодоления некоторых теоретических барьеров, ИНС получили широкое распространение. В настоящее время ИНС серьёзно рассматриваются в качестве методологической основы для создания компьютера нового поколения.

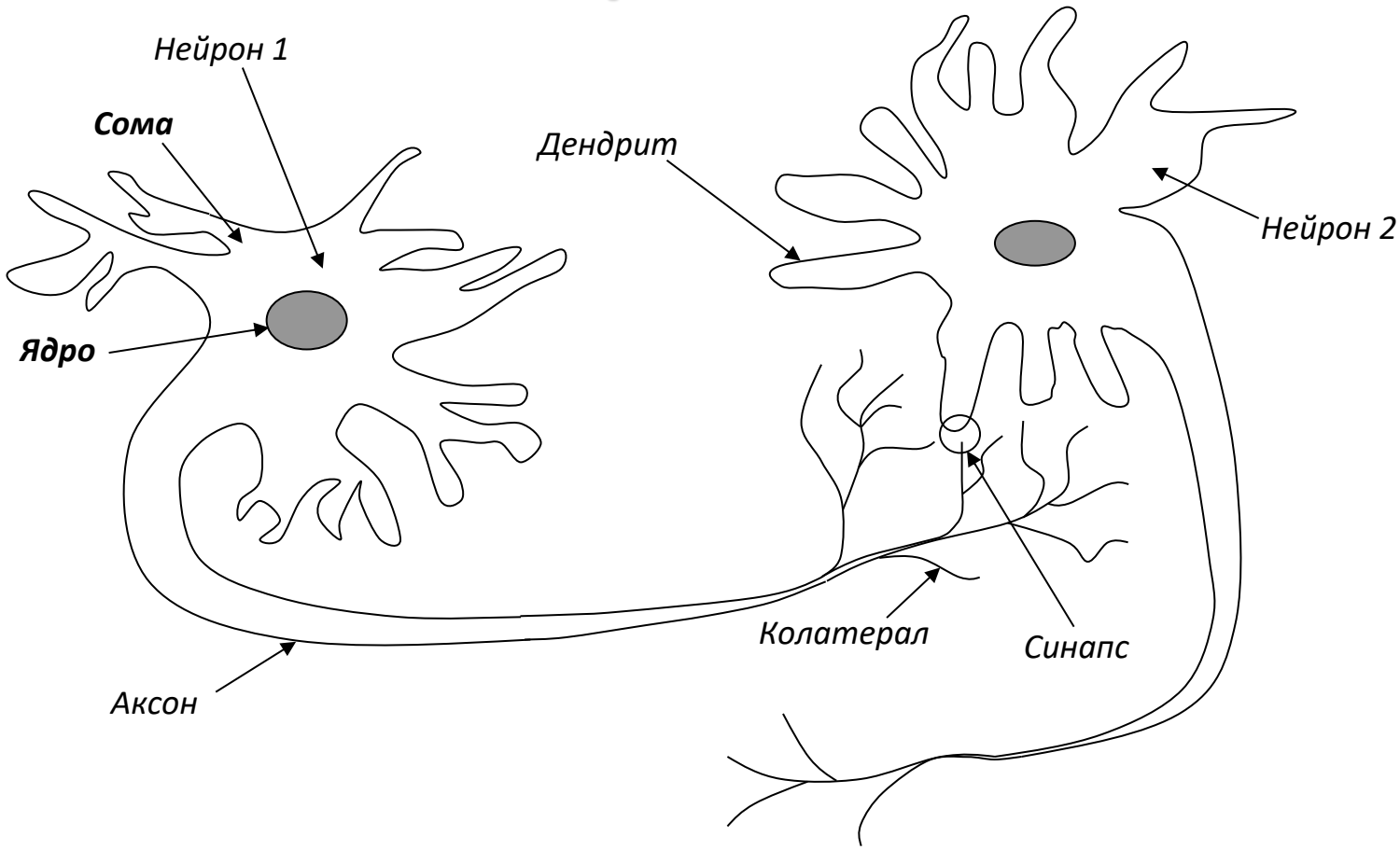


Уоррен Маккалок



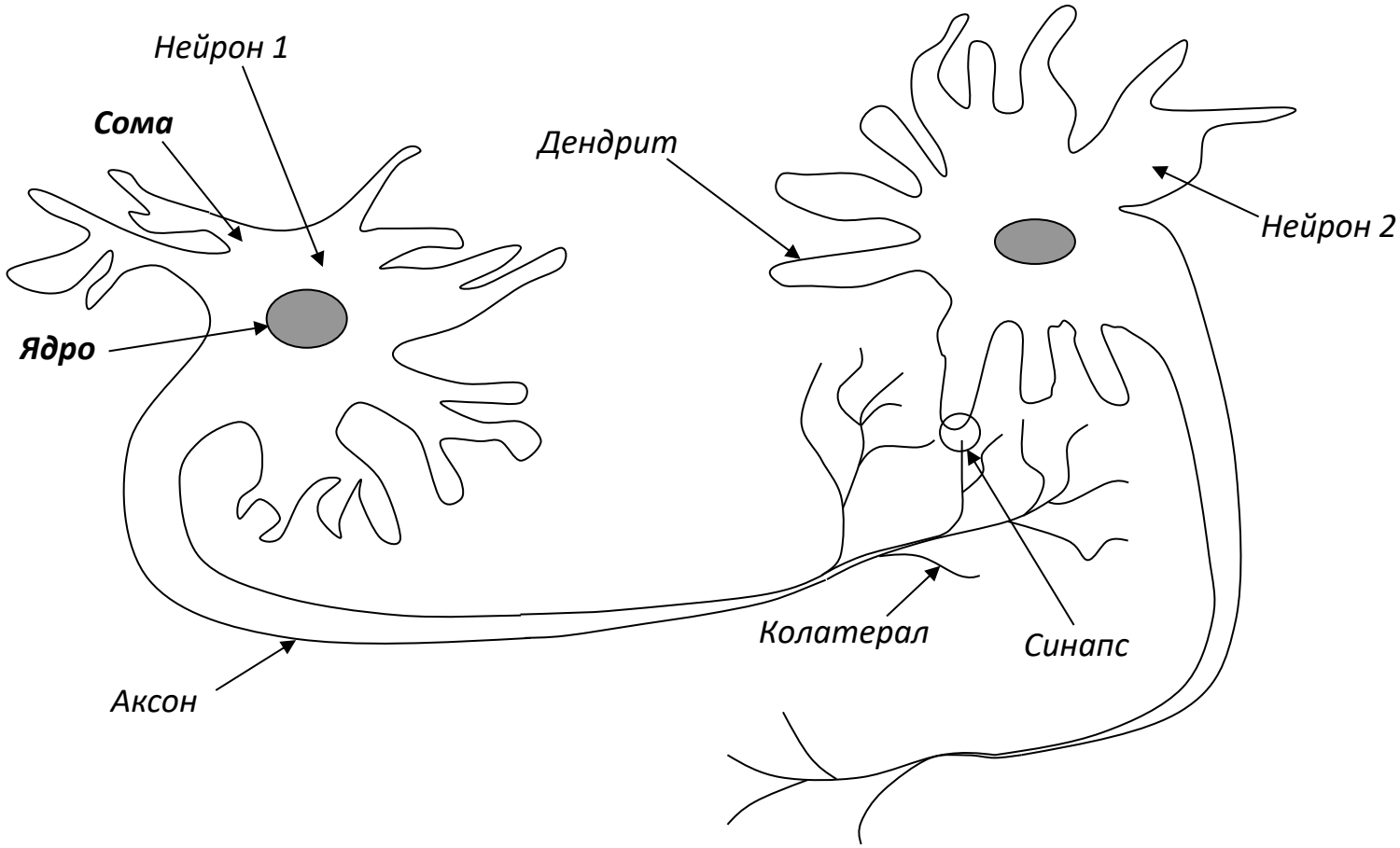
Валтер Питтс

Биологический нейрон



Биологический нейрон является особой биологической клеткой, обрабатывающей информацию.

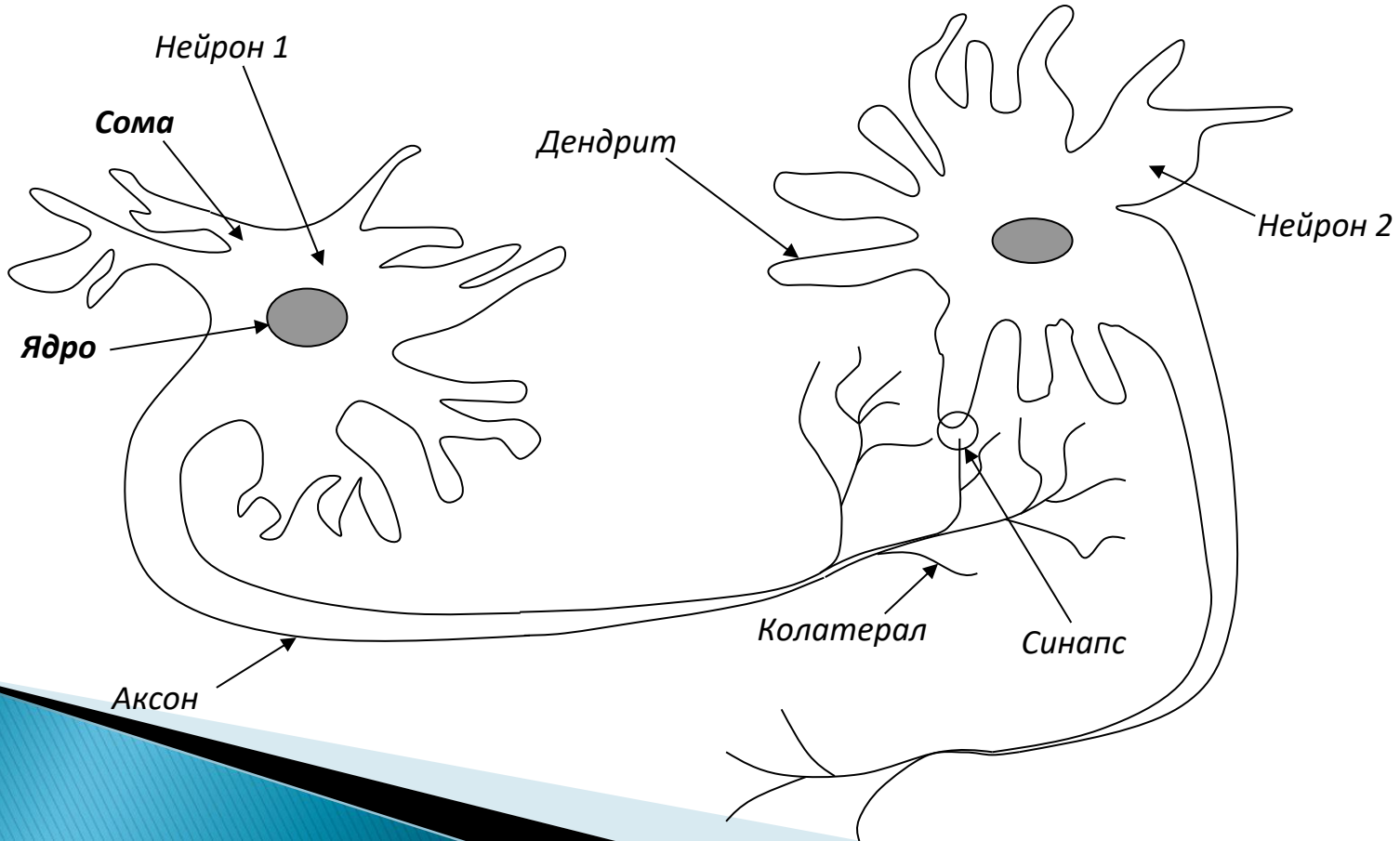
Биологический нейрон



Как и любая клетка, нейрон имеет тело (**со́му**), внутри которого располагается **ядро**. Из сомы нейрона выходят многочисленные отростки, обеспечивающие его взаимосвязь с другими нейронами.

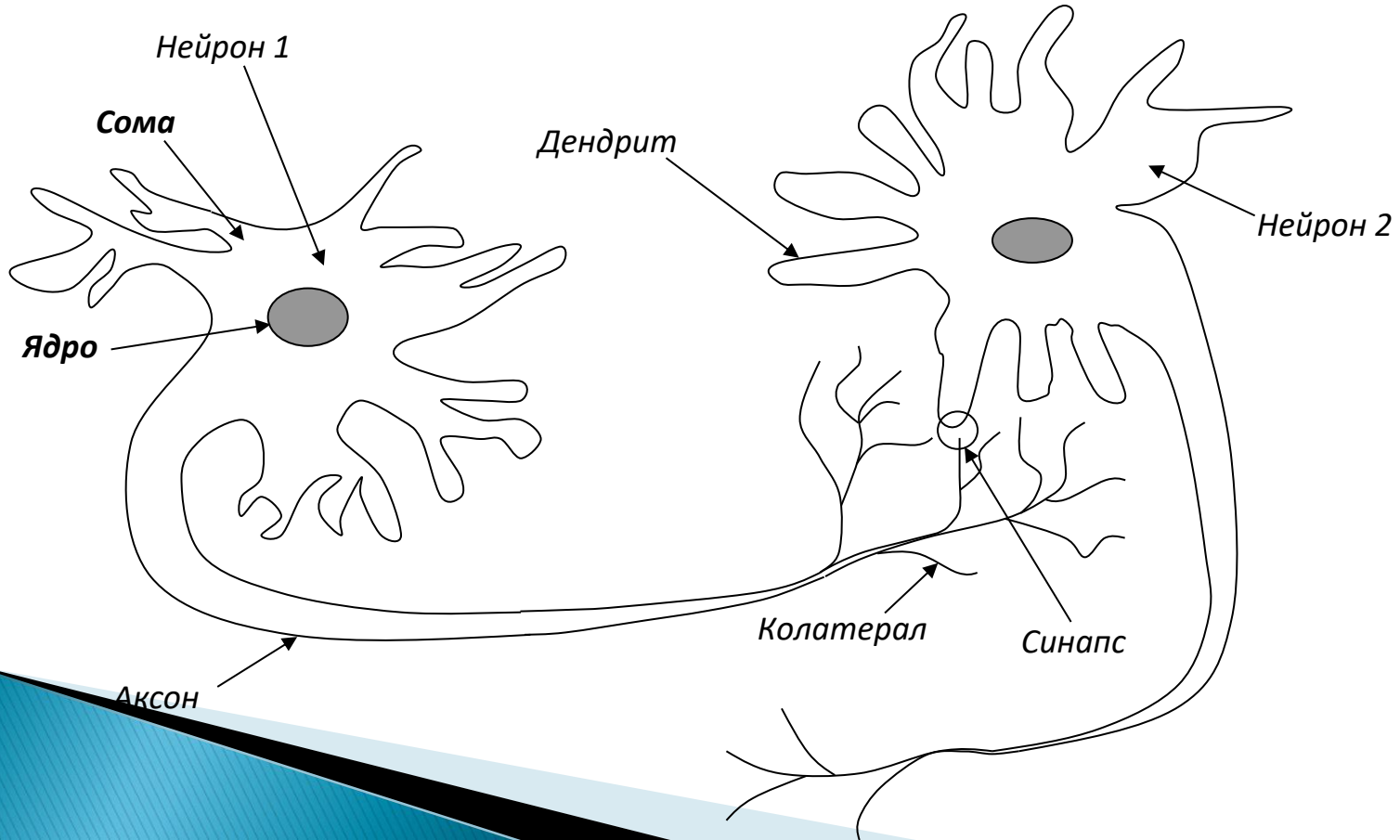
Биологический нейрон

Выделяется два вида отростков. Первый вид образуют многочисленные тонкие, густо ветвящиеся **дендриты**, по которым в нейрон поступает информация. Простейший биологический нейрон может иметь несколько дендритов, принимающих информацию от других нейронов.

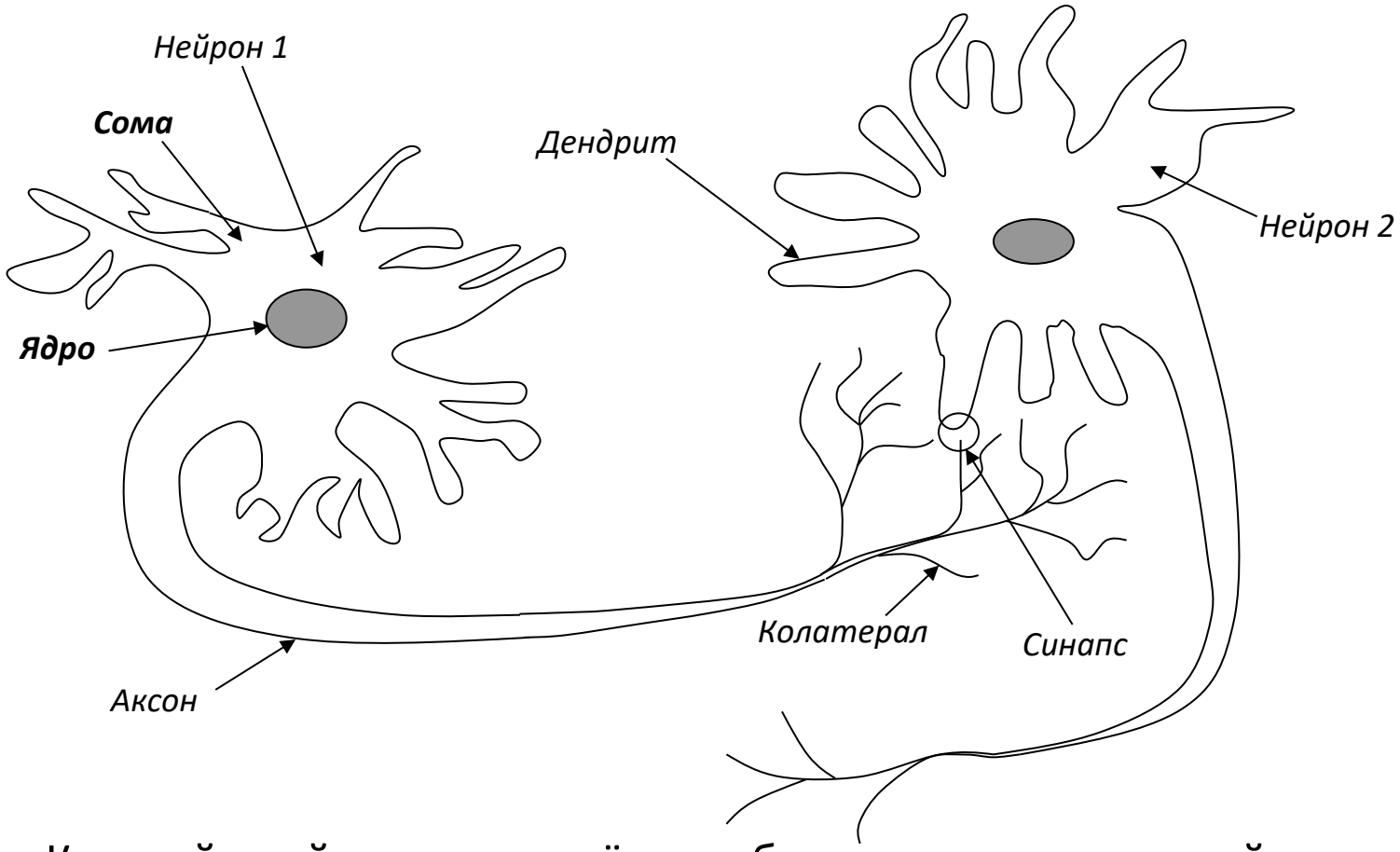


Биологический нейрон

Второй вид представляют более толстые отростки - **аксоны**, расщепляющиеся на конце на тысячи нервных окончаний – **колатералов**, передающих информацию на вход другим нейронам. Каждый нейрон имеет только один выходной отросток – аксон.



Биологический нейрон



Каждый нейрон передаёт возбуждение другим нейронам через особые нервные контакты, называемые **синапсами**, которые могут располагаться как на соме, так и на дендритах.

Биологический нейрон

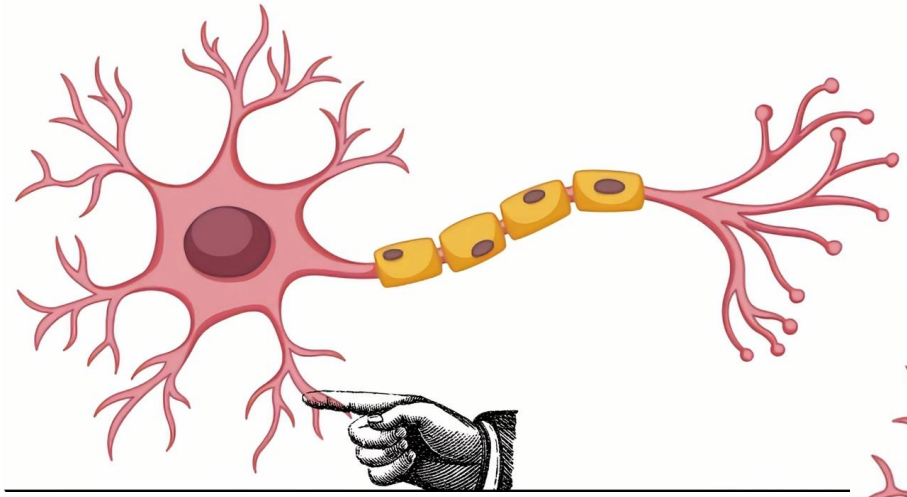
- Аксон с помощью колатерал может быть связан с 10^3-10^4 другими нейронами. Длина дендрита может достигать 1 мм, а длина аксона – сотен миллиметров.
- По некоторым оценкам человеческий мозг состоит из порядка 10^{11} нейронов, которые имеют между собой примерно 10^{14}-10^{15} соединений.
- Аксоны и дендриты выступают в роли электрических проводов, соединяющих нейроны друг с другом.
- Процесс обработки и передачи информации между нейронами имеет сложную электрохимическую природу.
- Нейроны человеческого мозга работают параллельно, выполняя около 10^{16} соединений в секунду, что намного превышает способность любого современного компьютера.

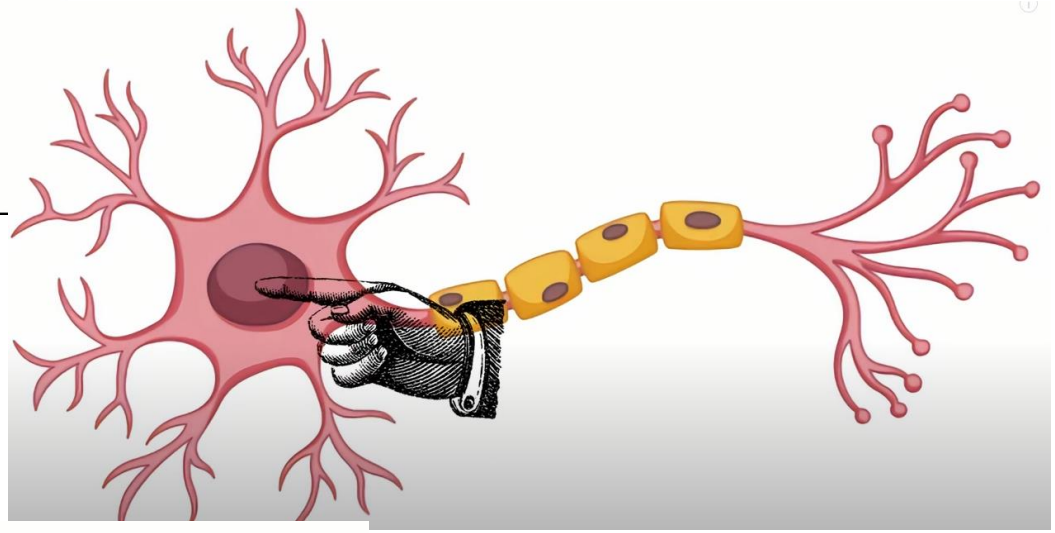
Передача информации между нейронами

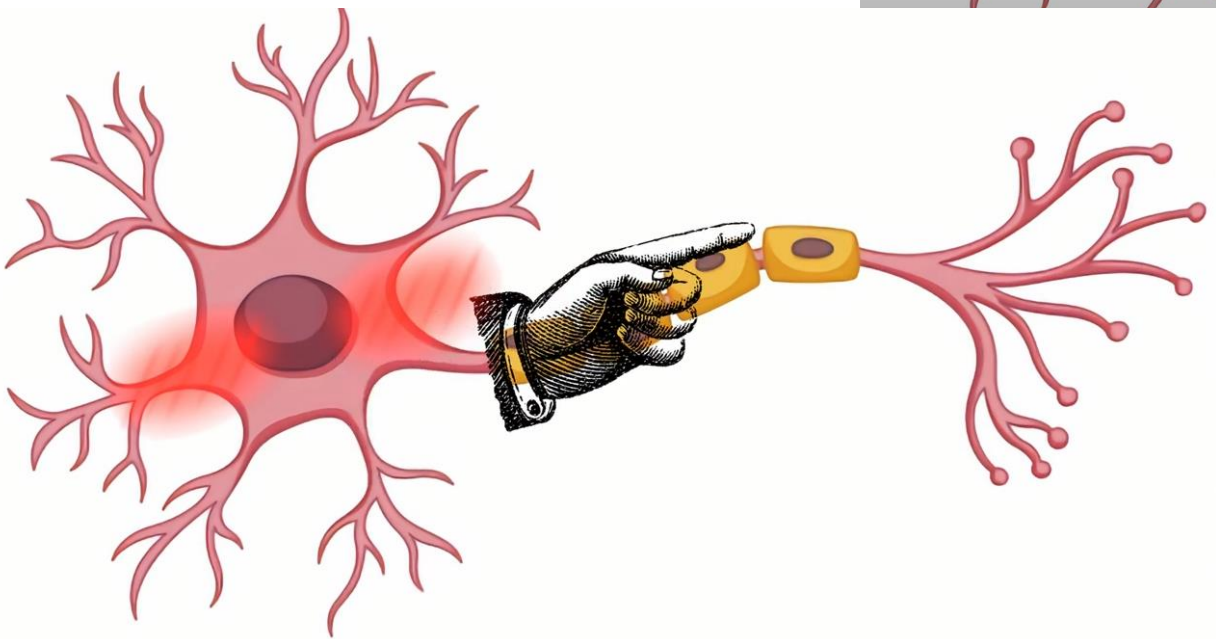
- Проходя через синапс электрический сигнал (импульс) может изменить свою амплитуду в сторону увеличения или уменьшения. Эти изменения следует интерпретировать как умножение амплитуды сигнала на весовой коэффициент, связанный с определенным синапсом. В зависимости от вида синапса входной сигнал нейрона может быть положительным или отрицательным (возбуждающим или тормозящим). Величина сигнала, генерируемого на входе нейрона, определяется синаптическим коэффициентом (весом синапса), который может меняться в процессе функционирования нейрона.

Состояние нейрона

- Каждый нейрон может находиться в возбужденном или невозбужденном состоянии.
- Состояние нейрона зависит от взвешенной алгебраической суммы возбуждающих и тормозящих сигналов, поступающих к нему от других нейронов. Если эта алгебраическая сумма превышает некоторое пороговое значение, то нейрон переходит в возбужденное состояние.
- В возбужденном состоянии нейрона на его аксоном выходе генерируется выходной сигнал (короткая серия импульсов продолжительностью несколько микросекунд), который поступает к другим нейронам.







Математическая модель нейрона

В настоящее время наибольшее распространение получила математическая модель нейрона, представленная следующим уравнением:

$$y = f(\sigma) = f(\sum_{i=1}^{n} w_i x_i + w_0),$$

где y – выходной сигнал нейрона (является функцией его состояния);

$f(\sigma)$ – функция выхода нейрона;

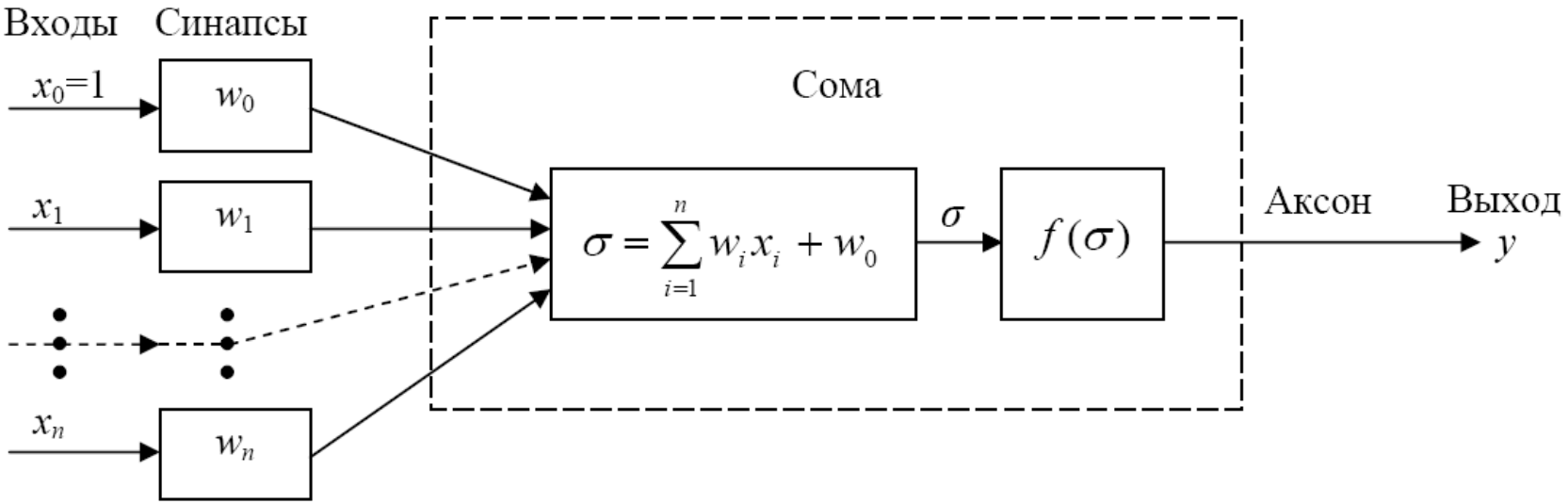
w_i – вес i-го входа (постоянный коэффициент);

i –номер входа нейрона;

n – число входов.

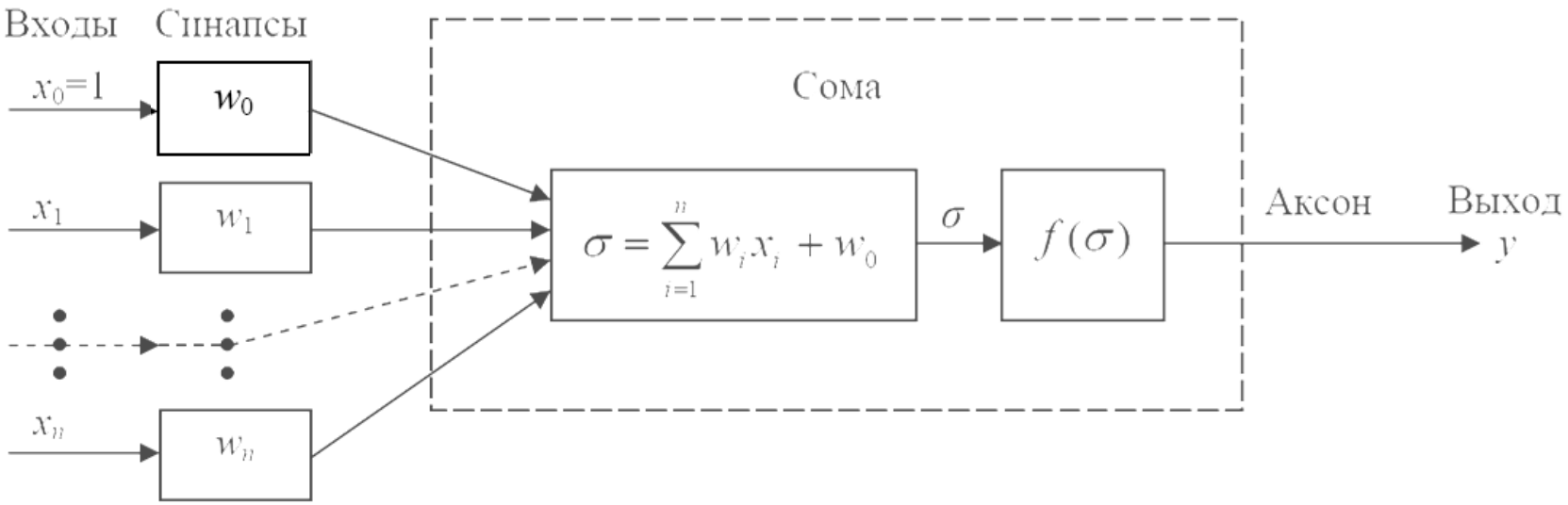
Коэффициенты w_i, представляют веса синаптических связей. Эти коэффициенты моделируют функции синапсов биологических нейронов, по физическому смыслу они эквивалентны электрической проводимости.

Структурная схема нейрона



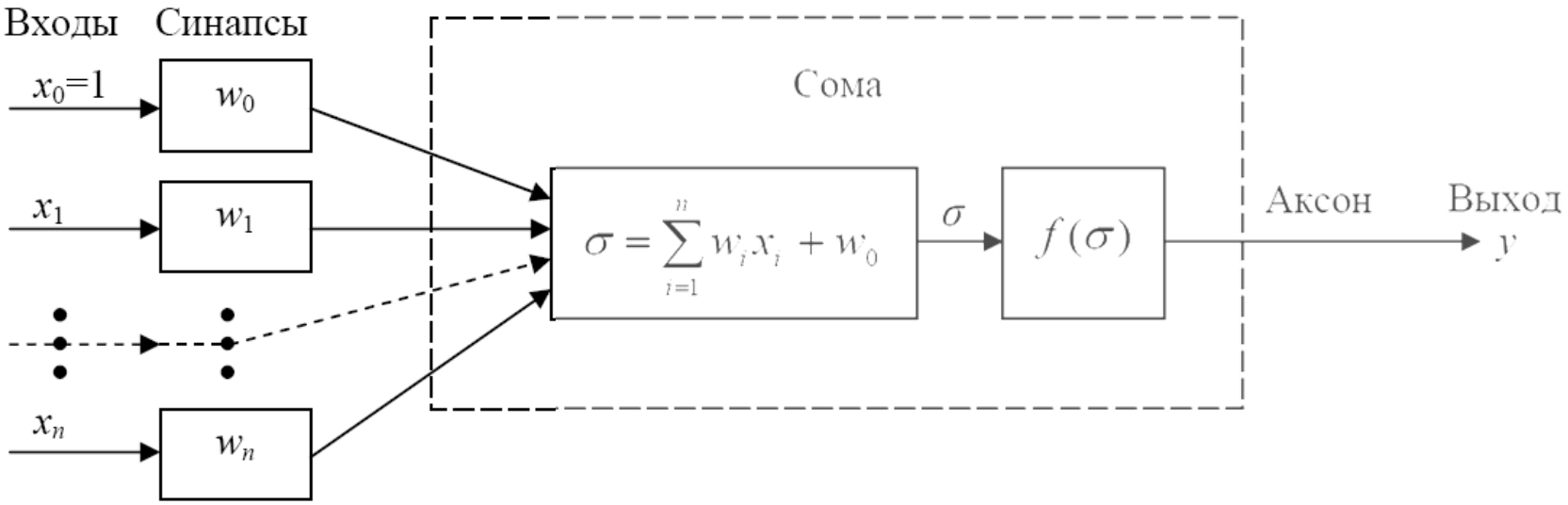
Структурная схема нейрона состоит из (n+1)-го входного блока умножения на коэффициенты w, одного сумматора и выходного блока функционального преобразования. Функция, которую реализует выходной блок, получила название функции активации.

Схема работы нейрона



Вначале на блок сумматора подается пороговый сигнал начального состояния или возбуждения w_0.

Схема работы нейрона



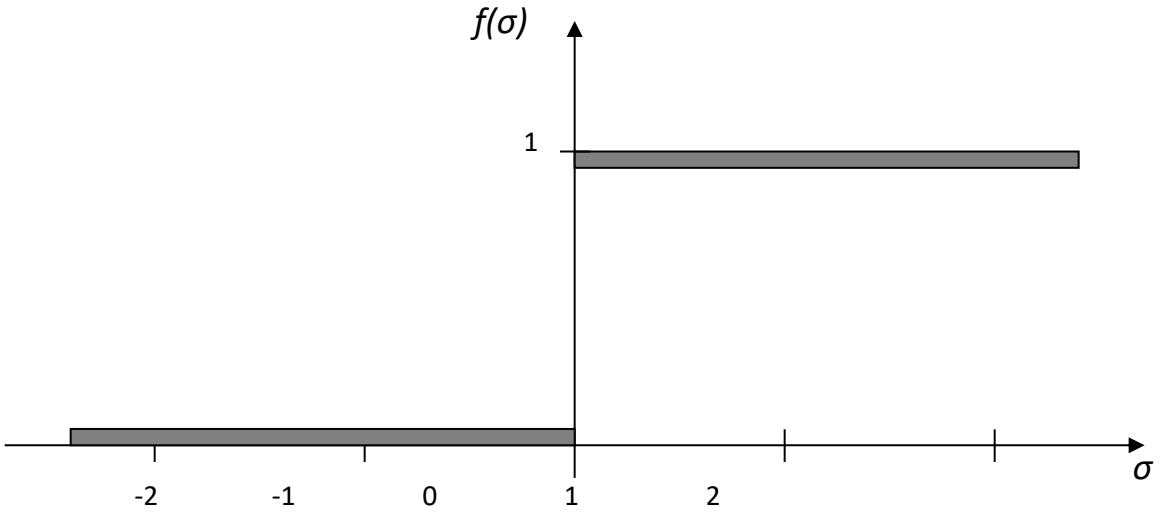
Далее на каждый *i*-й вход поступает сигнал x_i либо от других нейронов, либо с устройства ввода первичной информации.

Поступившие сигналы x_i умножаются на синаптические коэффициенты w_i и подаются на вход сумматора.

Схема работы нейрона

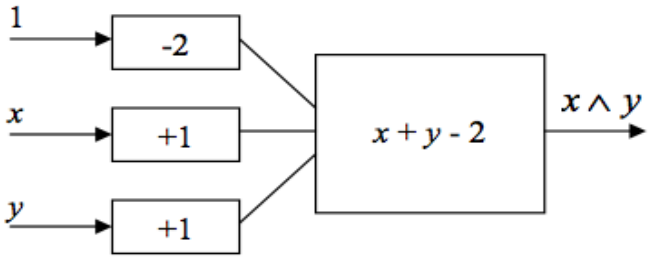
Вид функции преобразования (активационной функции) *f(σ)* во многом определяет функциональные возможности и метод обучения нейронной сети. В модели нейрона МакКаллока-Питтса это пороговая функция вида

$$f(\sigma) = \begin{cases} 1, & для\ \sigma \geq 0; \\ 0, & для\ \sigma < 0. \end{cases}$$

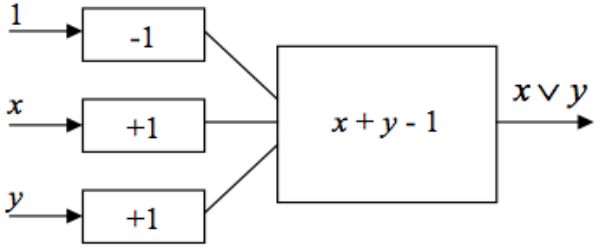


Логические функции, реализуемые нейроном

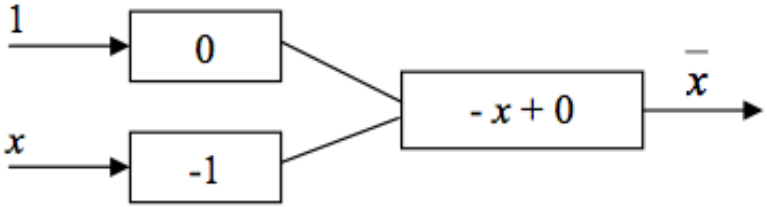
С помощью математической модели нейрона МакКаллока-Питтса можно реализовать различные логические функции.



«И»



«ИЛИ»

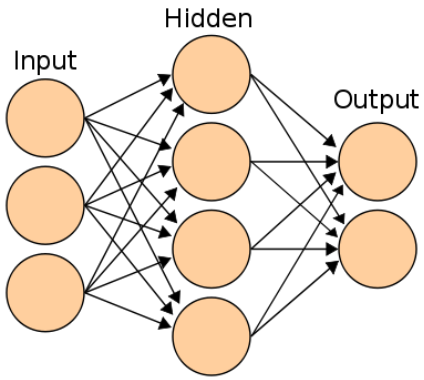


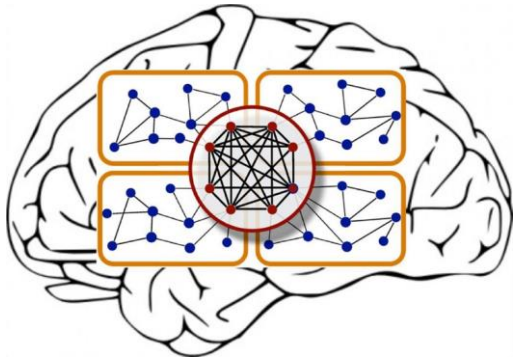
«НЕ»

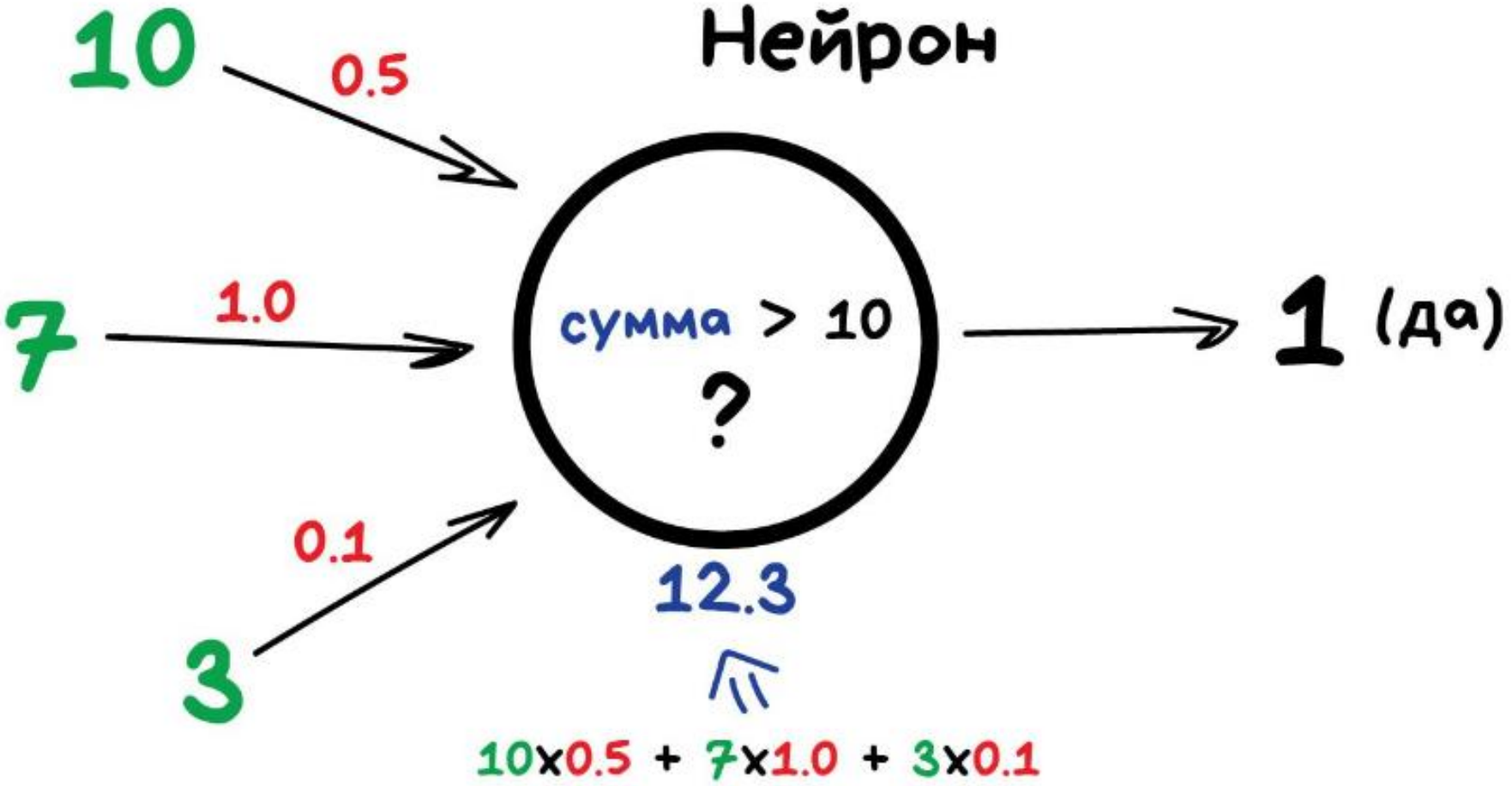
Что такое нейронные сети

(англ. Neural network)

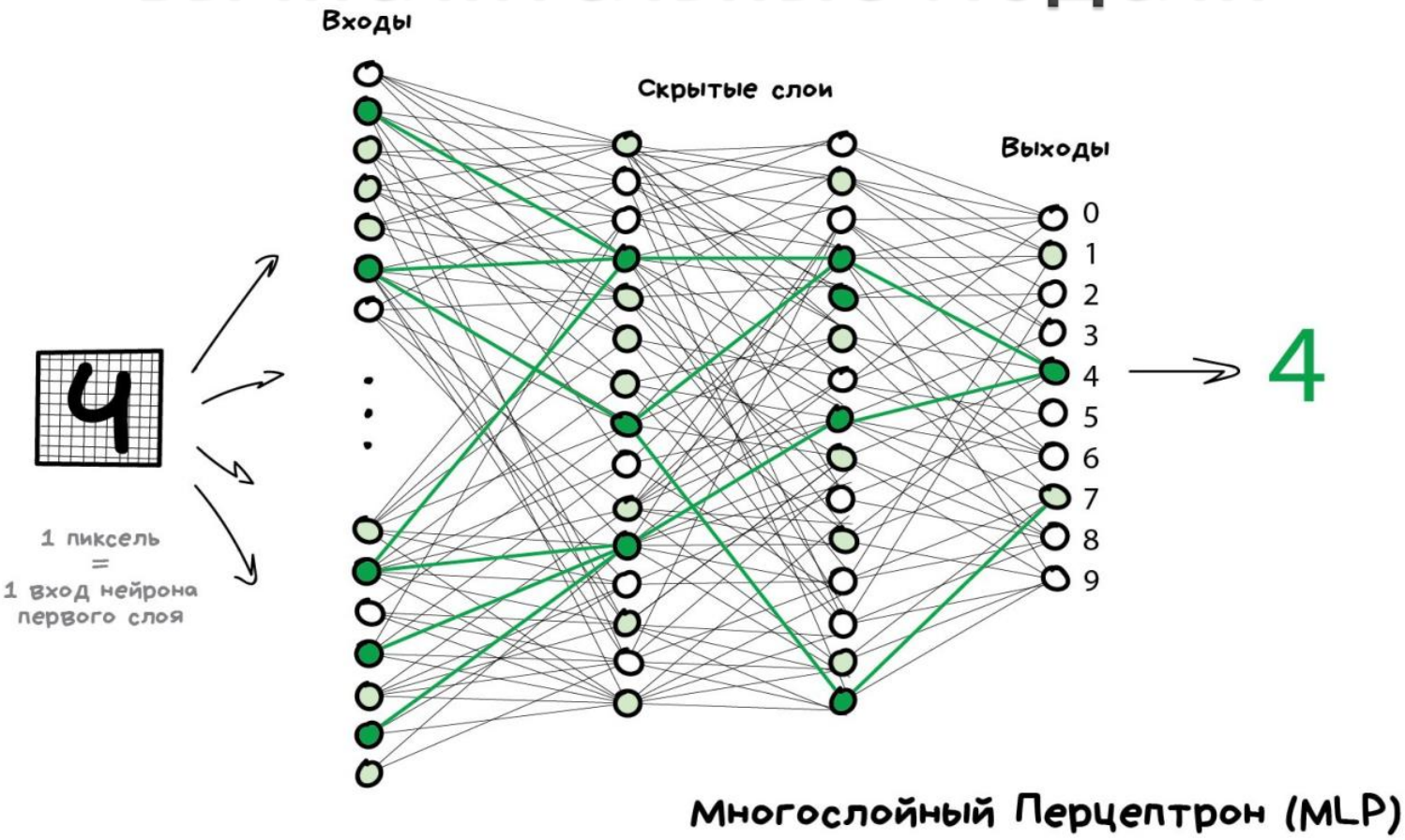
математическая модель, построенная по принципу организации биологических нейронных сетей живых организмов.






Нейрон
10
0.5
7
1.0
3
0.1
сумма > 10
?
12.3
1 (да)
10x0.5 + 7x1.0 + 3x0.1

Нейронные сети — это вычислительные модели



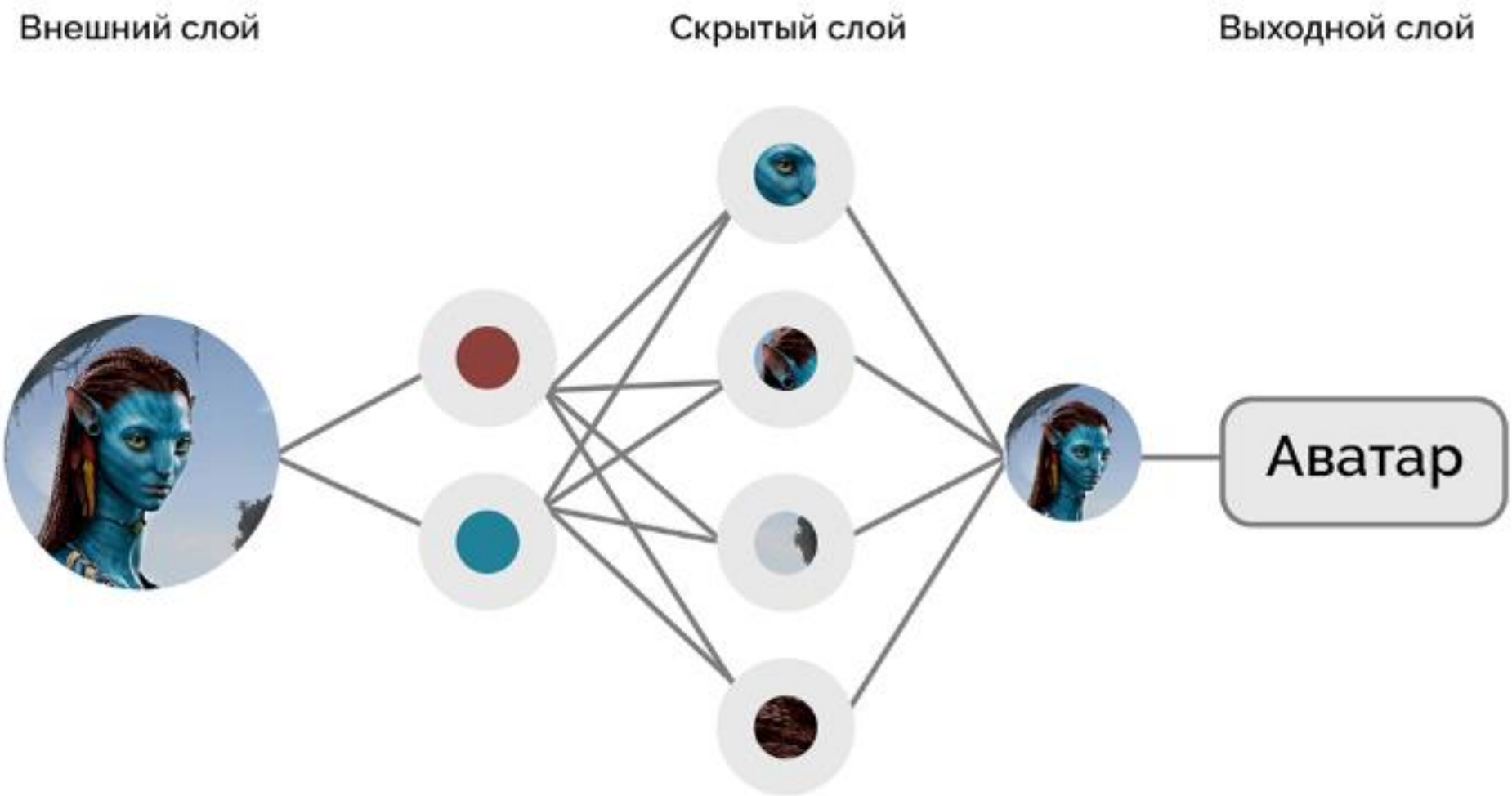
СТРУКТУРА НЕЙРОСЕТИ

01
Искусственные нейроны

02
Синапс

03
Слои

Принцип работы



ТИПЫ НЕЙРОСЕТЕЙ

01
В зависимости от числа слоев

- Персептрон
- Однослойные
- Многослойные
- Сверточные
- Генеративные

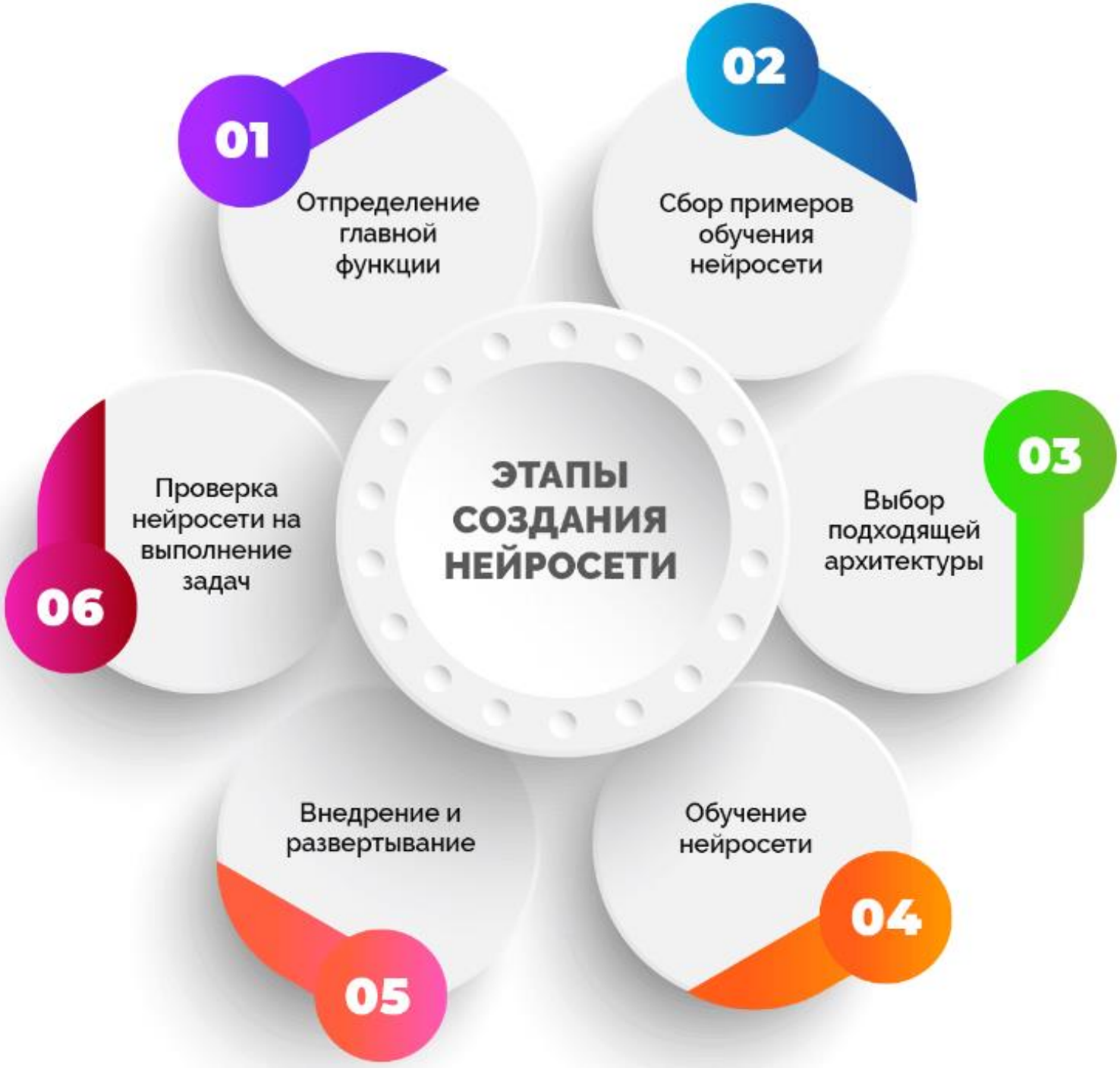
02
В зависимости от распределения данных

- Однонаправленные
- Рекуррентные

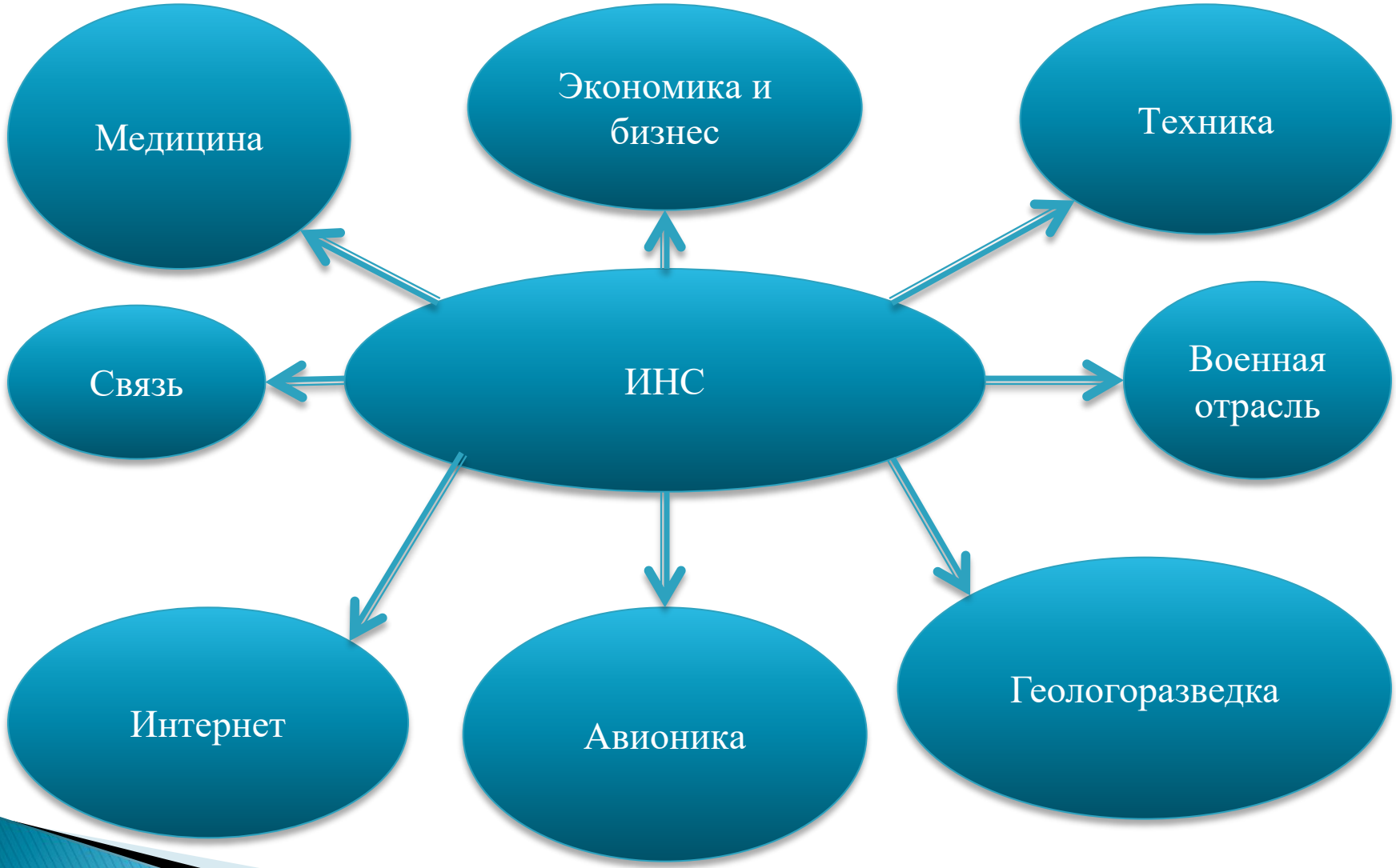

ЗАДАЧИ РЕШАЕМЫЕ НЕЙРОСЕТЯМИ
01 Классификация
02 Регрессия
03 Распознавание
04 Кластеризация
05 Генерация
06 Прогнози-рование

МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ



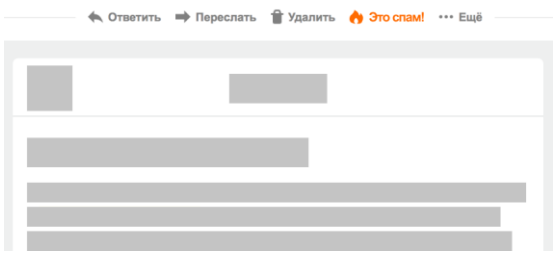

ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ НЕЙРОСЕТИ
01
Отпределение главной функции
02
Сбор примеров обучения нейросети
03
Выбор подходящей архитектуры
04
Обучение нейросети
05
Внедрение и развертывание
06
Проверка нейросети на выполнение задач

Сферы применения ИНС



Нас окружают приложения машинного обучения, но мы их уже не замечаем





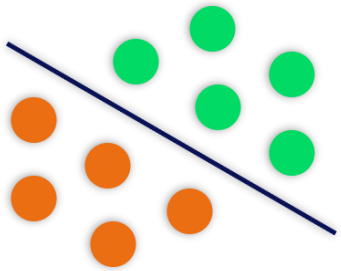


Поисковые системы

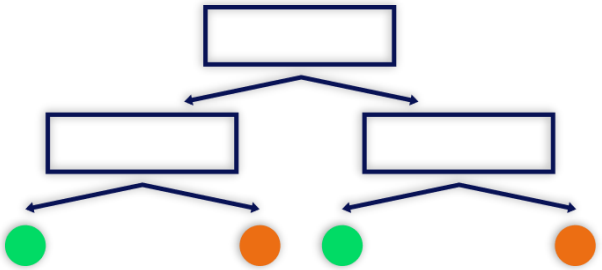
Антиспам

Разговорные агенты

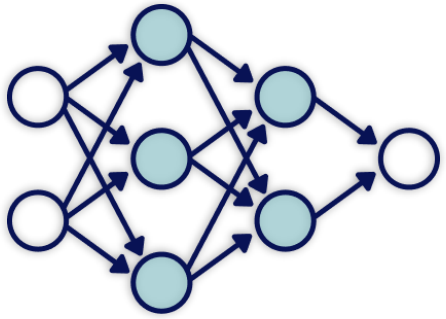
Моделей машинного обучения десятки тысяч, но можно выделить 3 самых популярных класса:



Линейные модели



Деревья решений

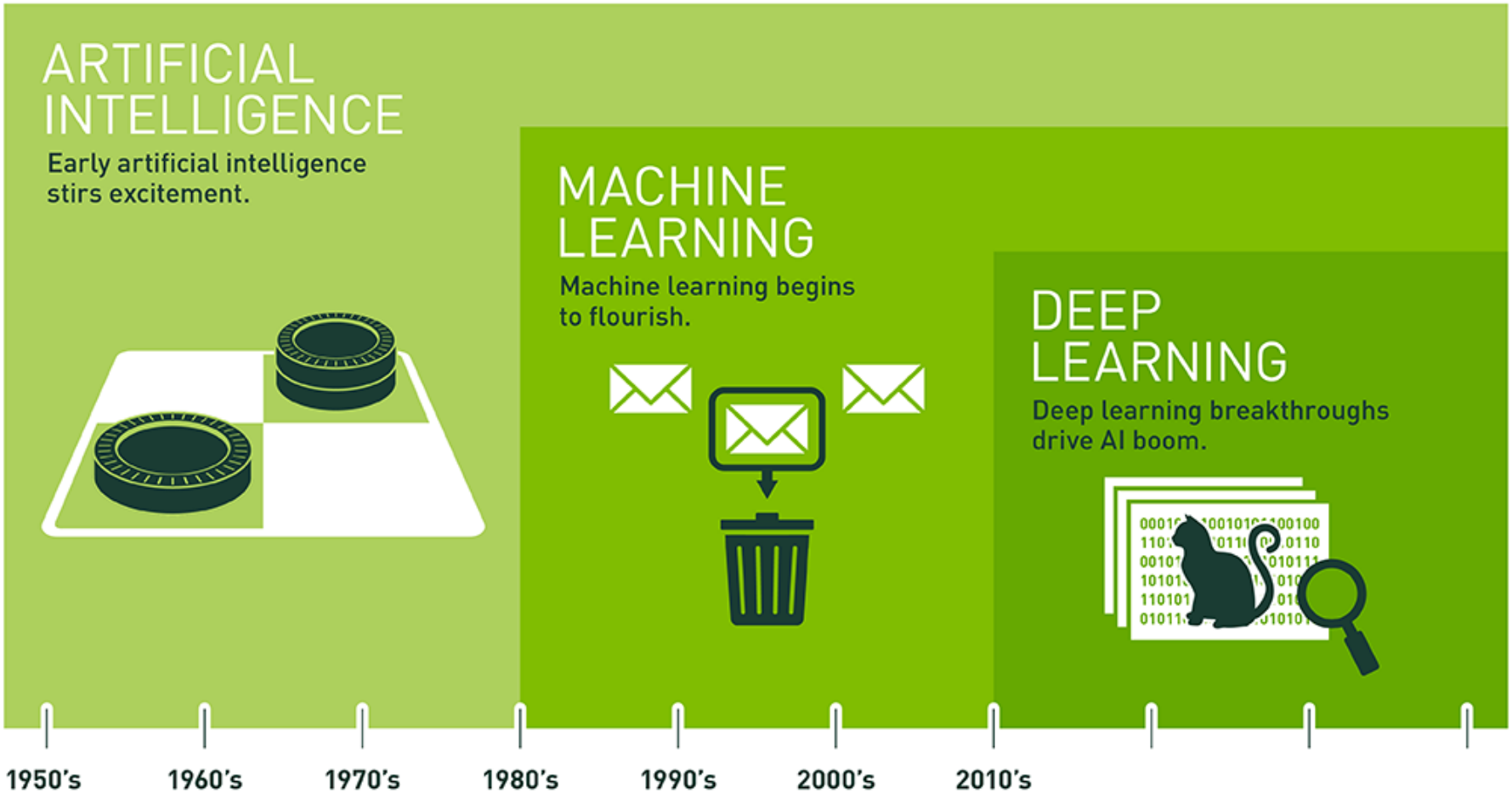


Нейронные сети

НОВЫЕ ПРОФЕССИИ

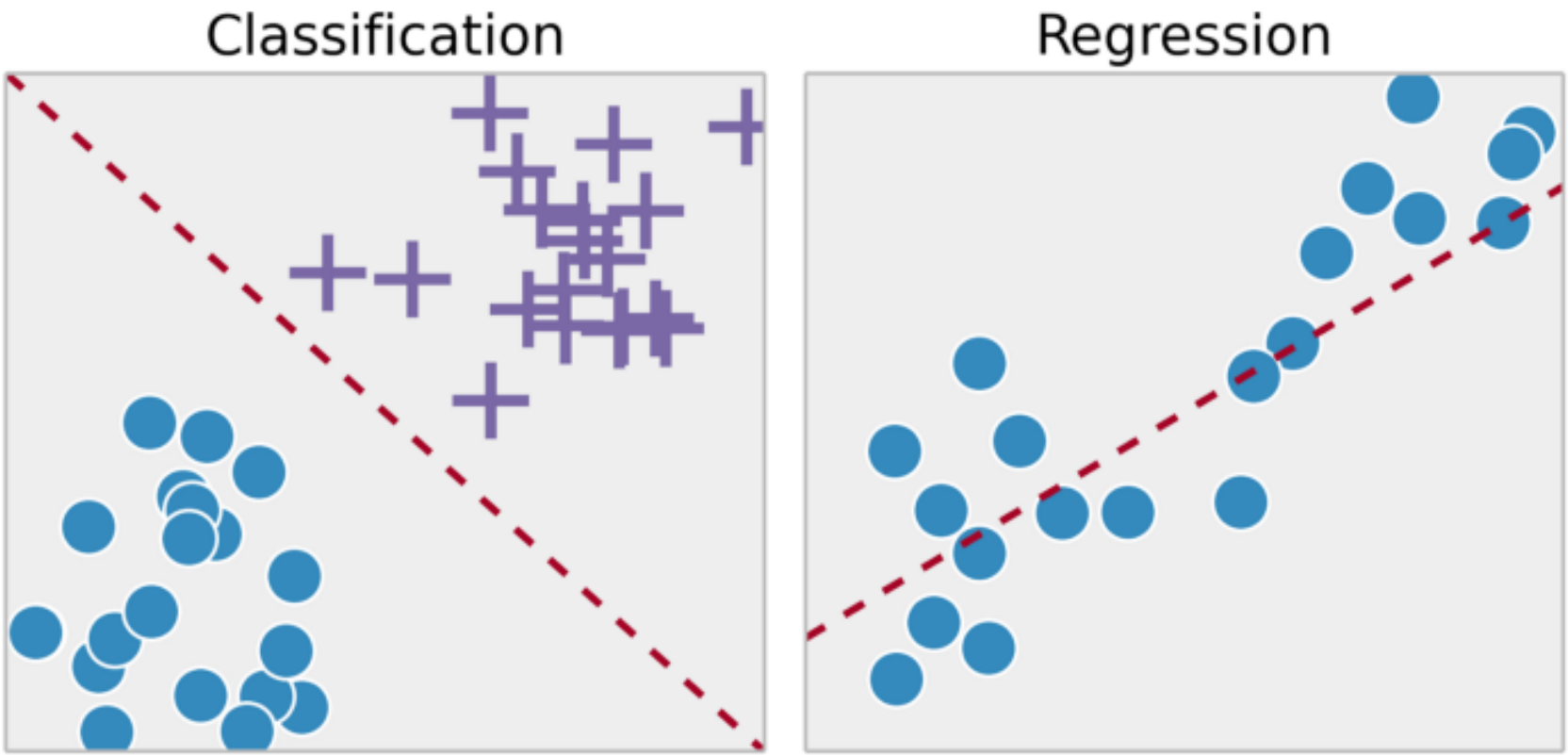
	 Data Engineer (DE)	 Data Analyst (DA)	 Data Scientist (DS)
Hard skills	Архитектура баз данных, ETL, SQL	Описательная статистика, SQL	Мат. статистика, machine learning, SQL
Продукт	Витрины данных	Отчетность и поиск insights	Прогнозные модели

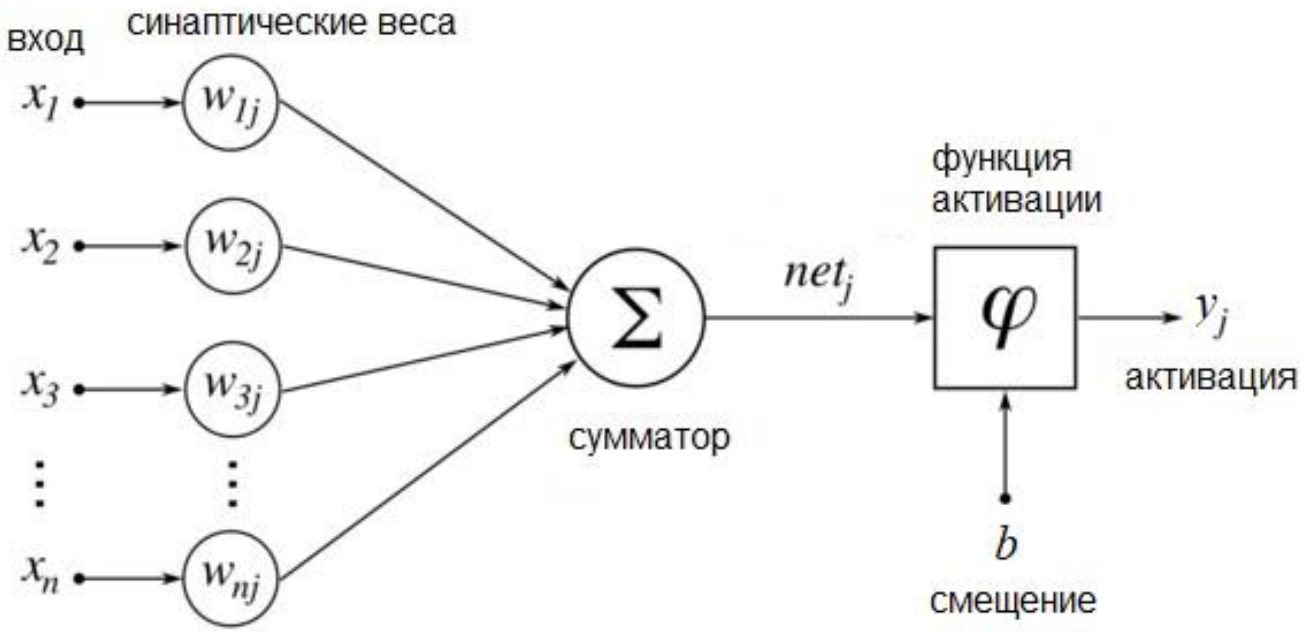
Какое место занимают нейросети



Since an early flush of optimism in the 1950s, smaller subsets of artificial intelligence – first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning – have created ever larger disruptions.

Нейронные сети принадлежат к классу алгоритмов, обучающихся с учителем (supervised learning), и решает типовые задачи этого класса:





ИН – формализованная модель биологического нейрона, предложенная в 1943 году У. Маккалоком и У.Питтсом.

Он работает следующим образом:

- Нейрон получает на вход вектор $\boldsymbol{x}$
- Его компоненты умножаются на соответствующий вес и складываются. Также прибавляется смещение $\boldsymbol{b}$.
- К взвешенной сумме применяется функция активации.

$$Y = \varphi(\sum w_i x_i + b)$$

Прогнозирование результатов выборов президента США







Условия моделирования

- Предвыборные компании кандидатов отработаны добросовестно
- Все участники сделали все возможное
- Выбор практически предопределяется лишь объективными признаками?
- Прогноз составлялся в 1992 году по данным выборов начиная с 1864

Входные данные

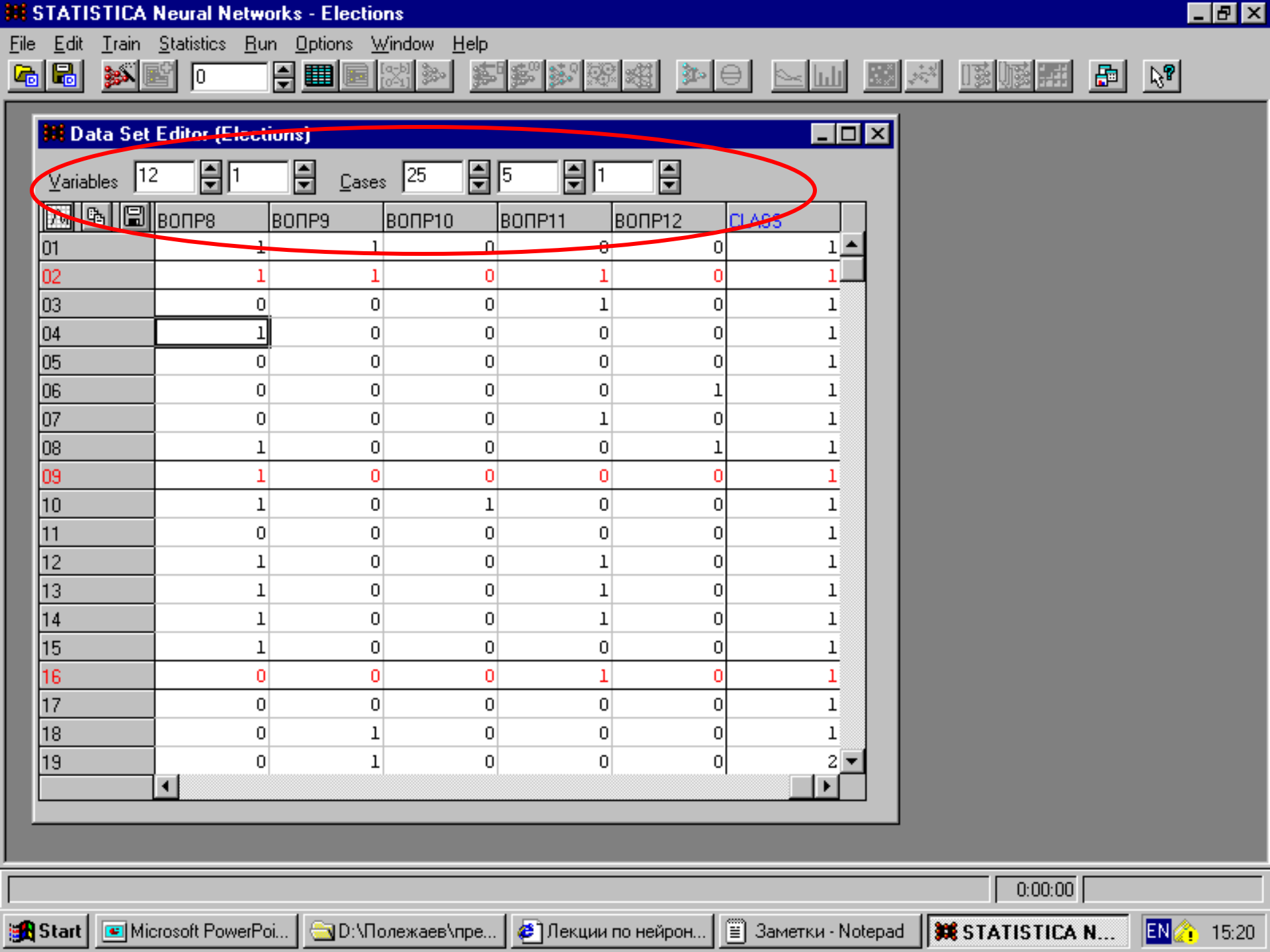
- Правящая партия у власти более 1 срока?
- Правящая партия получила больше 50% на прошлых выборах?
- В год выборов была активна третья партия?
- Была серьезная конкуренция при выдвижении кандидата от правящей партии?

Входные данные

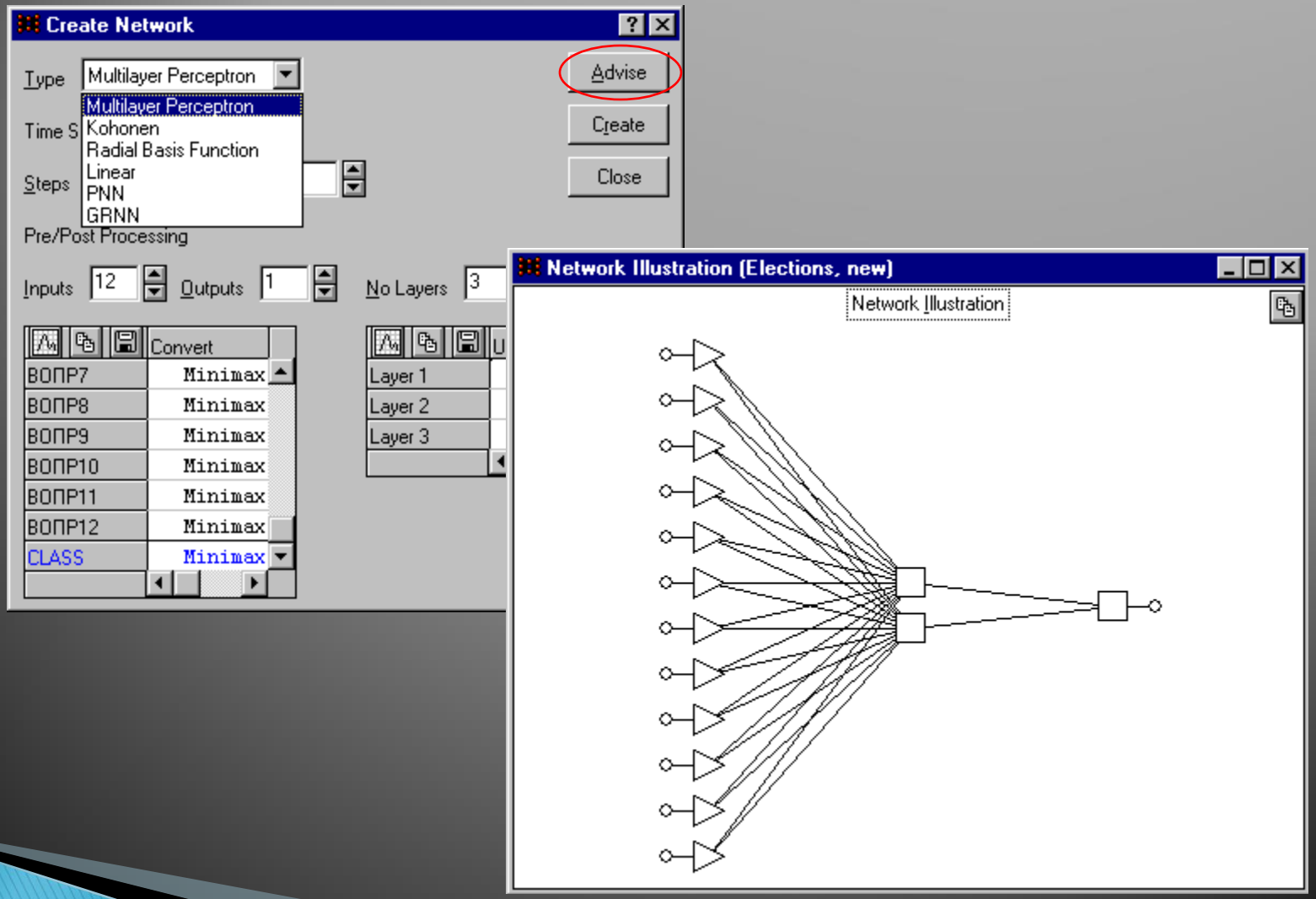
- Кандидат от правящей партии был президентом в год выборов?
- Был ли год выборов временем спада или депрессии?
- Был ли рост среднего национального валового продукта на душу населения более 2,1%?
- Произвел ли правящий президент существенные изменения в политике?

Входные данные

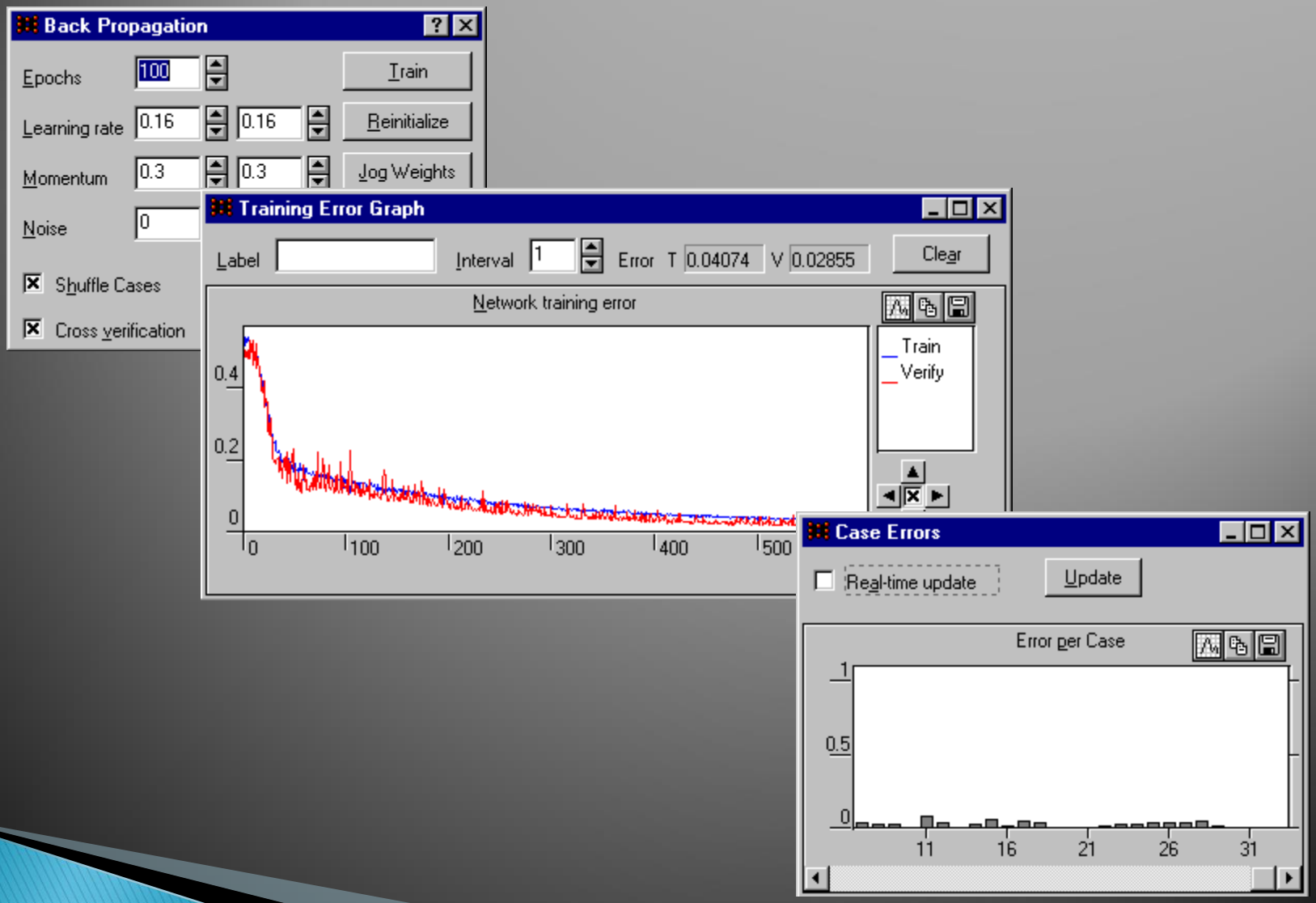
- Во время правления были существенные социальные волнения?
- Администрация правящей партии виновна в серьезной ошибке или скандале?
- Кандидат правящей партии – национальный герой?
- Кандидат оппозиционной партии – национальный герой?

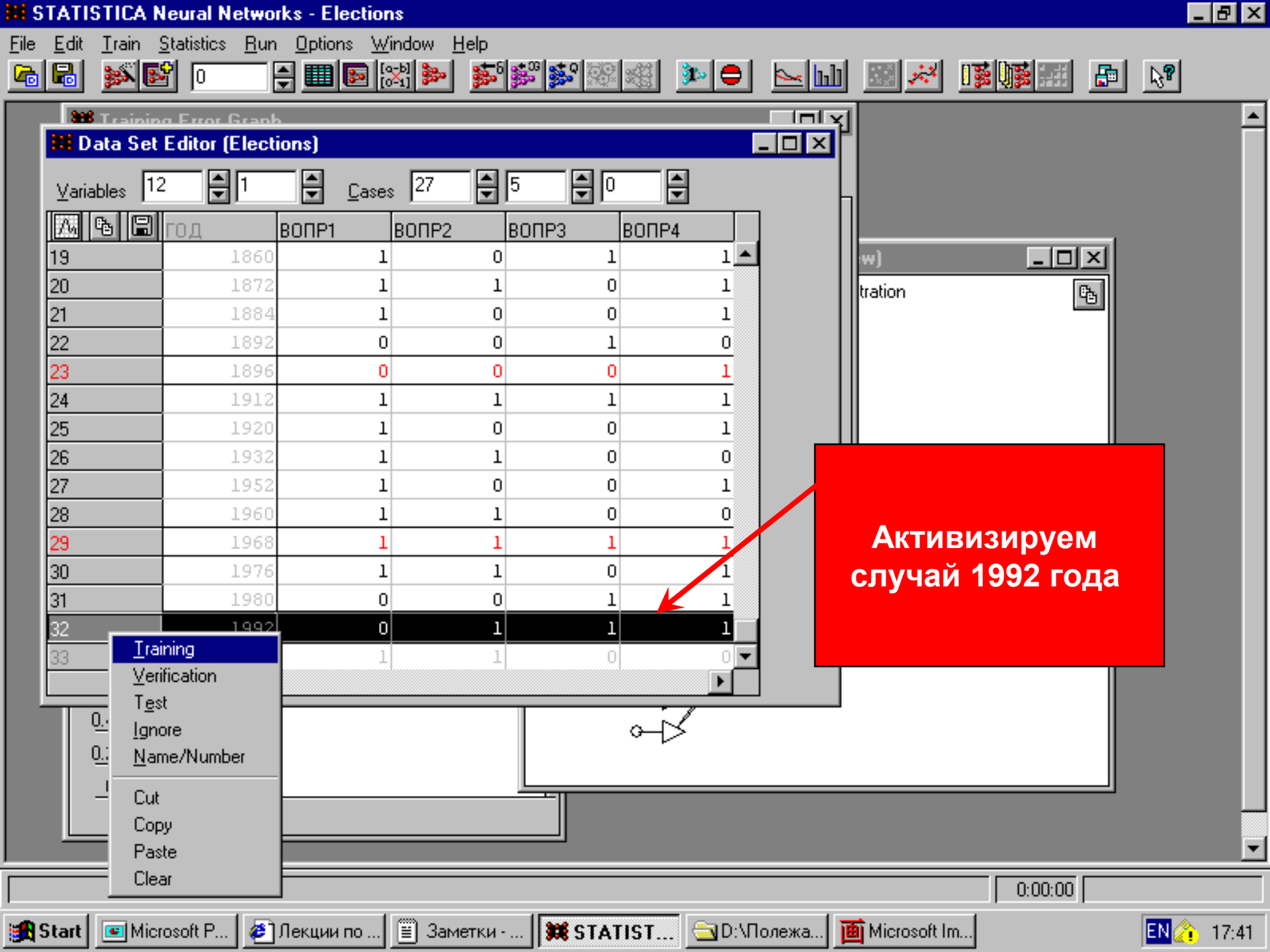

STATISTICA Neural Networks - Elections
File Edit Train Statistics Run Options Window Help
Data Set Editor (Elections)
Variables 12 1
Cases 25 5 1
ВОПР8 ВОПР9 ВОПР10 ВОПР11 ВОПР12 CLASS
01 1 1 0 0 0 1
02 1 1 0 1 0 1
03 0 0 0 1 0 1
04 1 0 0 0 0 1
05 0 0 0 0 0 1
06 0 0 0 0 1 1
07 0 0 0 1 0 1
08 1 0 0 0 1 1
09 1 0 0 0 0 1
10 1 0 1 0 0 1
11 0 0 0 0 0 1
12 1 0 0 1 0 1
13 1 0 0 1 0 1
14 1 0 0 1 0 1
15 1 0 0 0 0 1
16 0 0 0 1 0 1
17 0 0 0 0 0 1
18 0 1 0 0 0 1
19 0 1 0 0 0 2
0:00:00
Start
Microsoft PowerPoi...
D:\Полежаев\пре...
Лекции по нейрон...
Заметки - Notepad
STATISTICA N...
EN
15:20

Создание сети

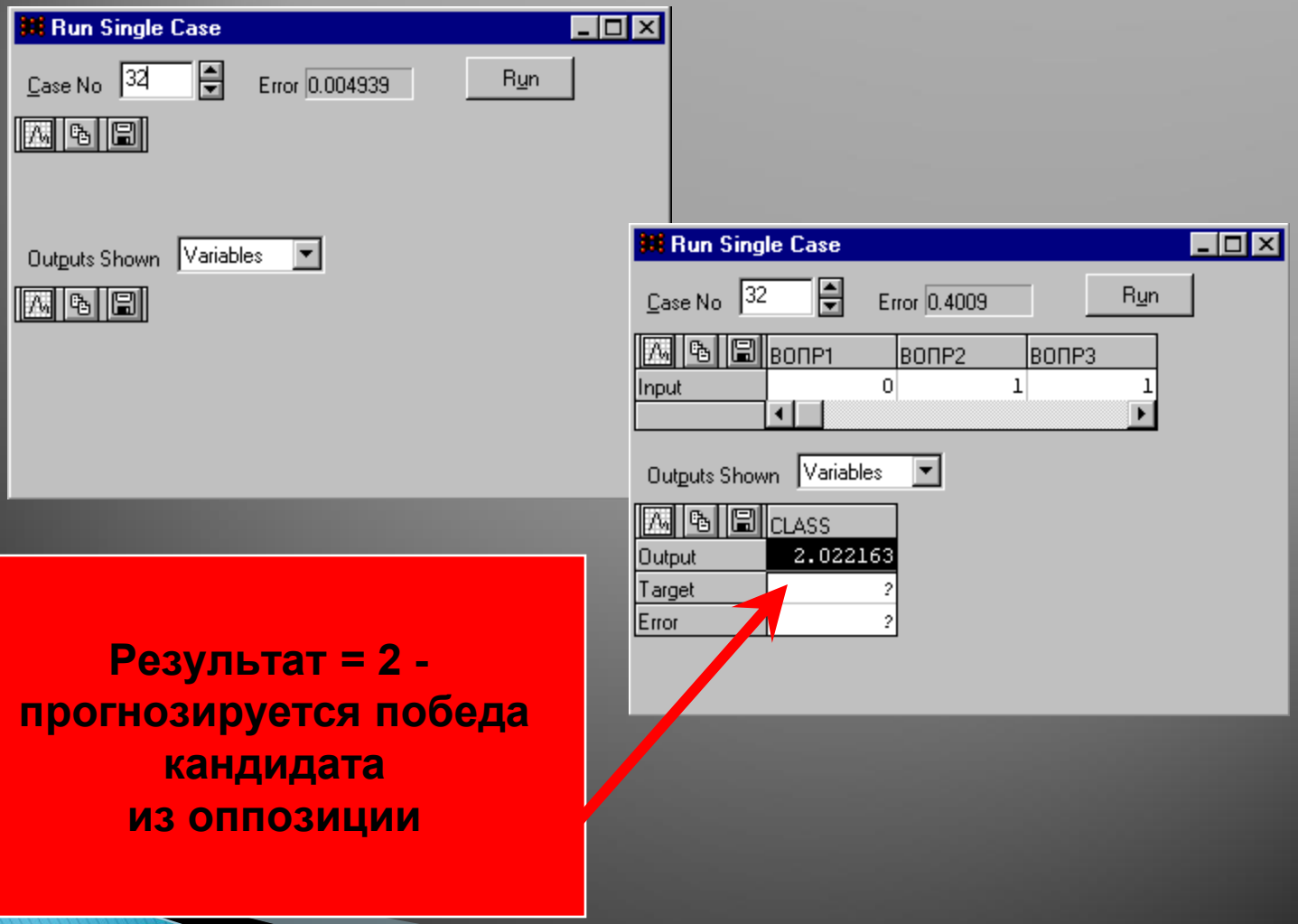


Обучение


Back Propagation
Epochs
100
Train
Learning rate
0.16
0.16
Reinitialize
Momentum
0.3
0.3
Jog Weights
Noise
0
Shuffle Cases
Cross verification
Training Error Graph
Label
Interval
1
Error T 0.04074 V 0.02855
Clear
Network training error
Train
Verify
0.4
0.2
0
0
100
200
300
400
500
Case Errors
Real-time update
Update
Error per Case
1
0.5
0
11
16
21
26
31

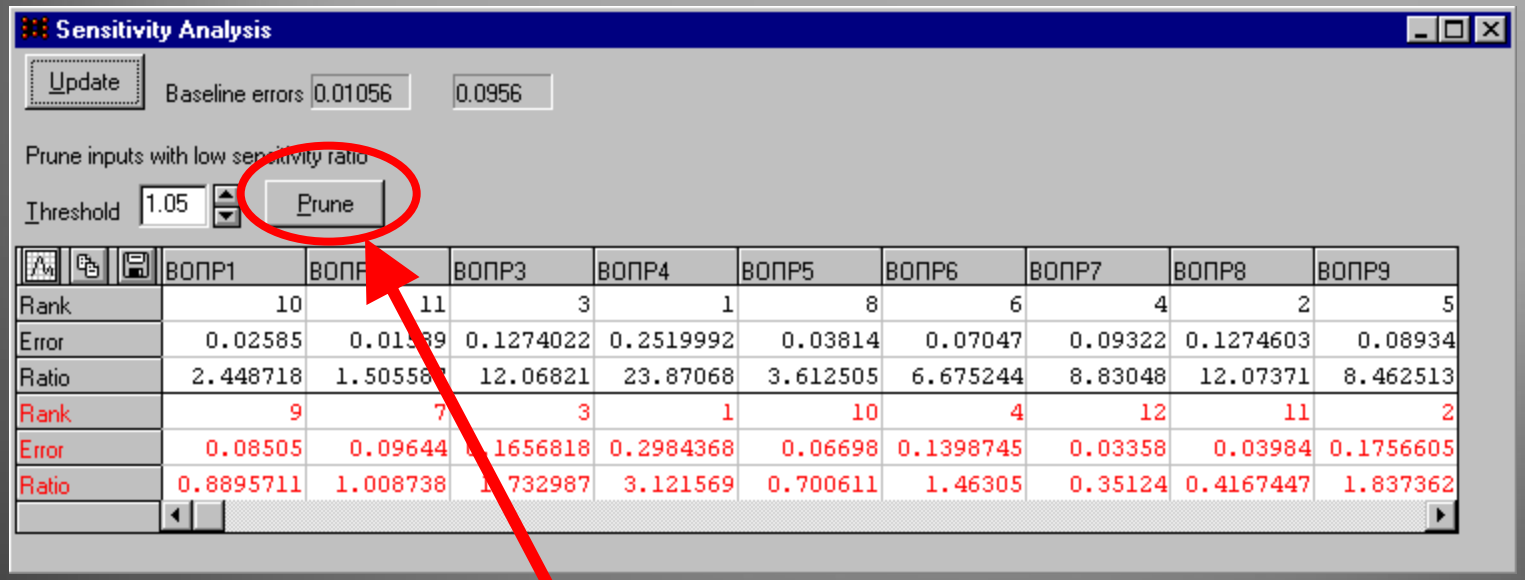

STATISTICA Neural Networks - Elections
File Edit Train Statistics Run Options Window Help
Data Set Editor (Elections)
Variables 12 1 Cases 27 5 0
год ВОПР1 ВОПР2 ВОПР3 ВОПР4
19 1860 1 0 1 1
20 1872 1 1 0 1
21 1884 1 0 0 1
22 1892 0 0 1 0
23 1896 0 0 0 1
24 1912 1 1 1 1
25 1920 1 0 0 1
26 1932 1 1 0 0
27 1952 1 0 0 1
28 1960 1 1 0 0
29 1968 1 1 1 1
30 1976 1 1 0 1
31 1980 0 0 1 1
32 1992 0 1 1 1
33 1 1 0 0
Training
Verification
Test
Ignore
Name/Number
Cut
Copy
Paste
Clear
Активизируем случай 1992 года
0:00:00
Start
Microsoft P...
Лекции по ...
Заметки - ...
STATIST...
D:\Полежа...
Microsoft Im...
EN
17:41

Прогноз



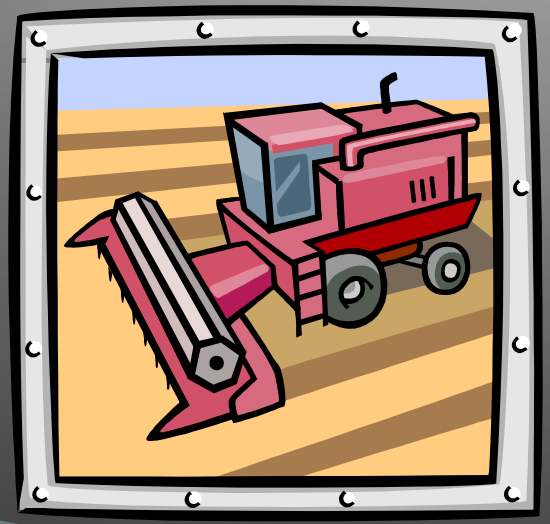
Результат = 2 - прогнозируется победа кандидата из оппозиции

Анализ чувствительности



Нажатие этой кнопки автоматически исключает незначимые переменные из анализа

На основе экспертных данных выявить факторы, наиболее влияющие на прибыль предприятия



Представлены факторы

- Затраты на материалы
- Объем зарплаты
- Производительность труда
- Курс доллара США

STATISTICA Neural Networks - Pribil

File Edit Train Statistics Run Options Window Help

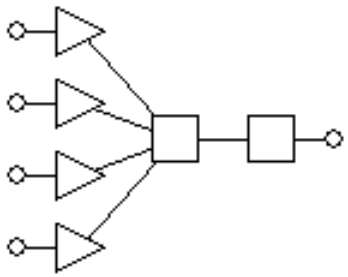
Data Set Editor (Pribil)

Variables 4 1 Cases 12 0 0

	PAY	PERFOMAN	RATE$	DIVIDENT
01	122	6003	6	99.2
02	126	4474	6.1	29.1
03	126	4474	6.1	-41.6
04	104	4798	6.1	51.3
05	112	5273	6.2	111.9
06	74	3410	6.2	8.4
07	102	4237	6.2	54.7
08	76	2673	7.9	-3.6
09	123	4406	16.1	-45.4
10	117	4711	16	30.1
11	107	4833	17.9	65.5

Network Illustration (Pribil, new)

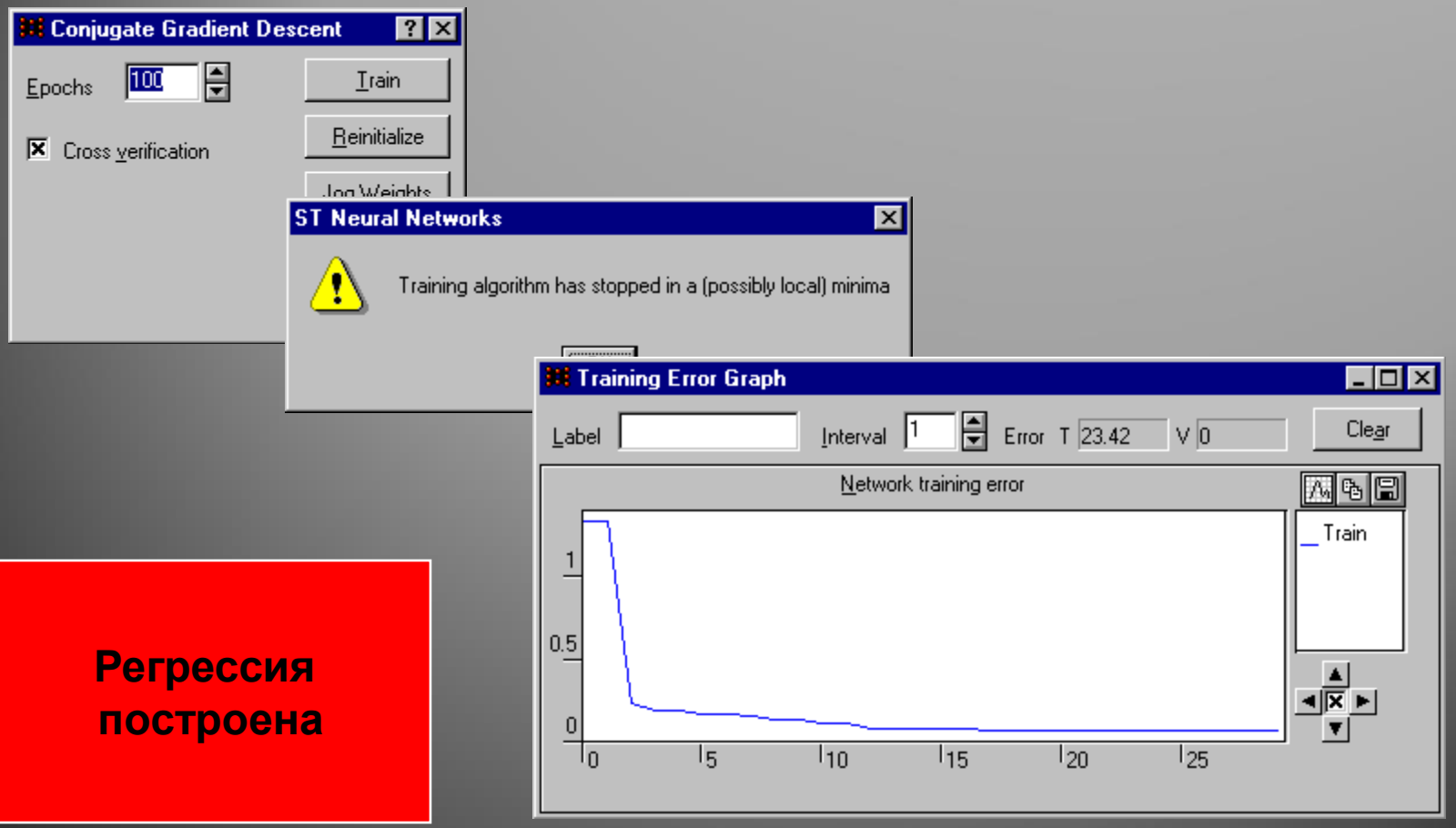
Network Illustration



Edit the Current Neural Network 0:00:00

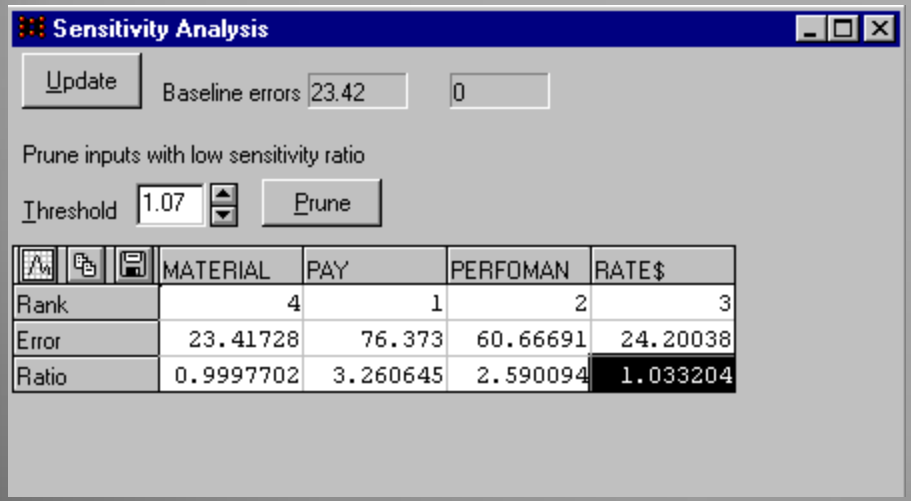
Start Microsoft Powe... Заметки - Not... STATISTIC... Microsoft Imag... Big Eng-Rus-E... EN 18:41

Обучение



Регрессия построена

Анализ чувствительности



	MATERIAL	PAY	PERFOMAN	RATE$
Rank	4	1	2	3
Error	23.41728	76.373	60.66691	24.20038
Ratio	0.9997702	3.260645	2.590094	1.033204

Объем зарплаты и производительность труда сильно влияют на прибыль предприятия

STATISTICA Neural Networks - Pribil

File Edit Train Statistics Run Options Window Help

Data Set Editor (Pribil)

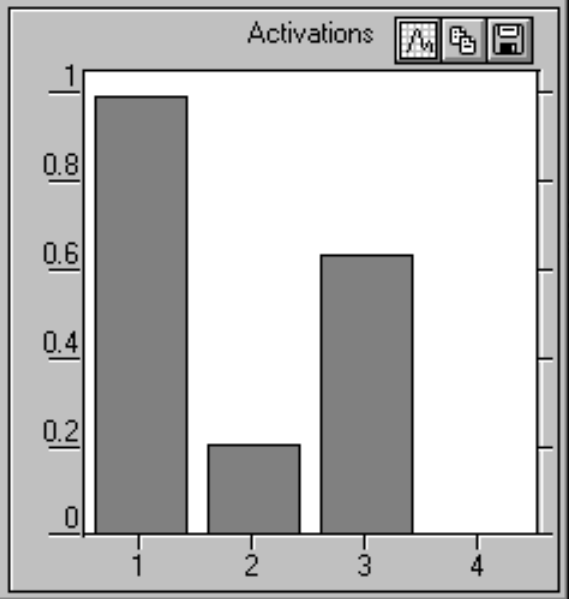
Variables 4 1 Cases 12 0 0

	MATERIAL	ZARPLATA	PROIZVOD	KURS$	PRIBIL
01	53	122	6003	6	99.2
02	58	126	4474	6.1	29.1
03	44	126	4474	6.1	-41.6
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					

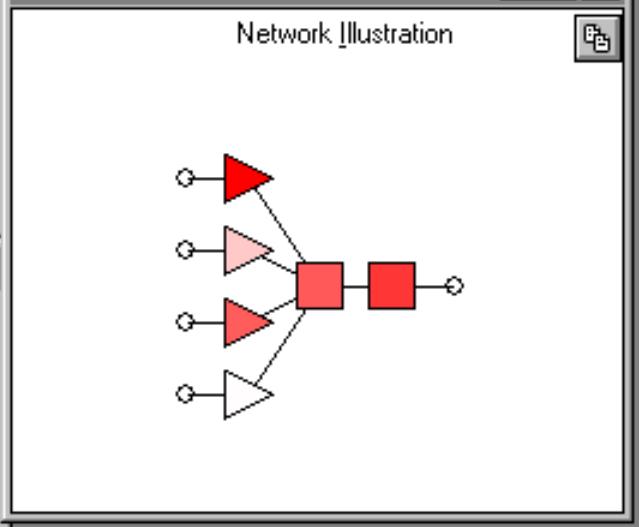
Network Activations

Case No 4 Layer 1 Maximum 1 Run

	Activation
a1	1
a2	0.2083333
a3	0.6381381
a4	0.007092



Network Illustration (Pribil, new)



Current r

Retain and Restore Best Network During Training

0:00:00

Start | Microsoft PowerPoint - [Ab... | STATISTICA Neural ... | STATISTICA Neural Netw... | EN | 11:22

Спасибо за внимание!