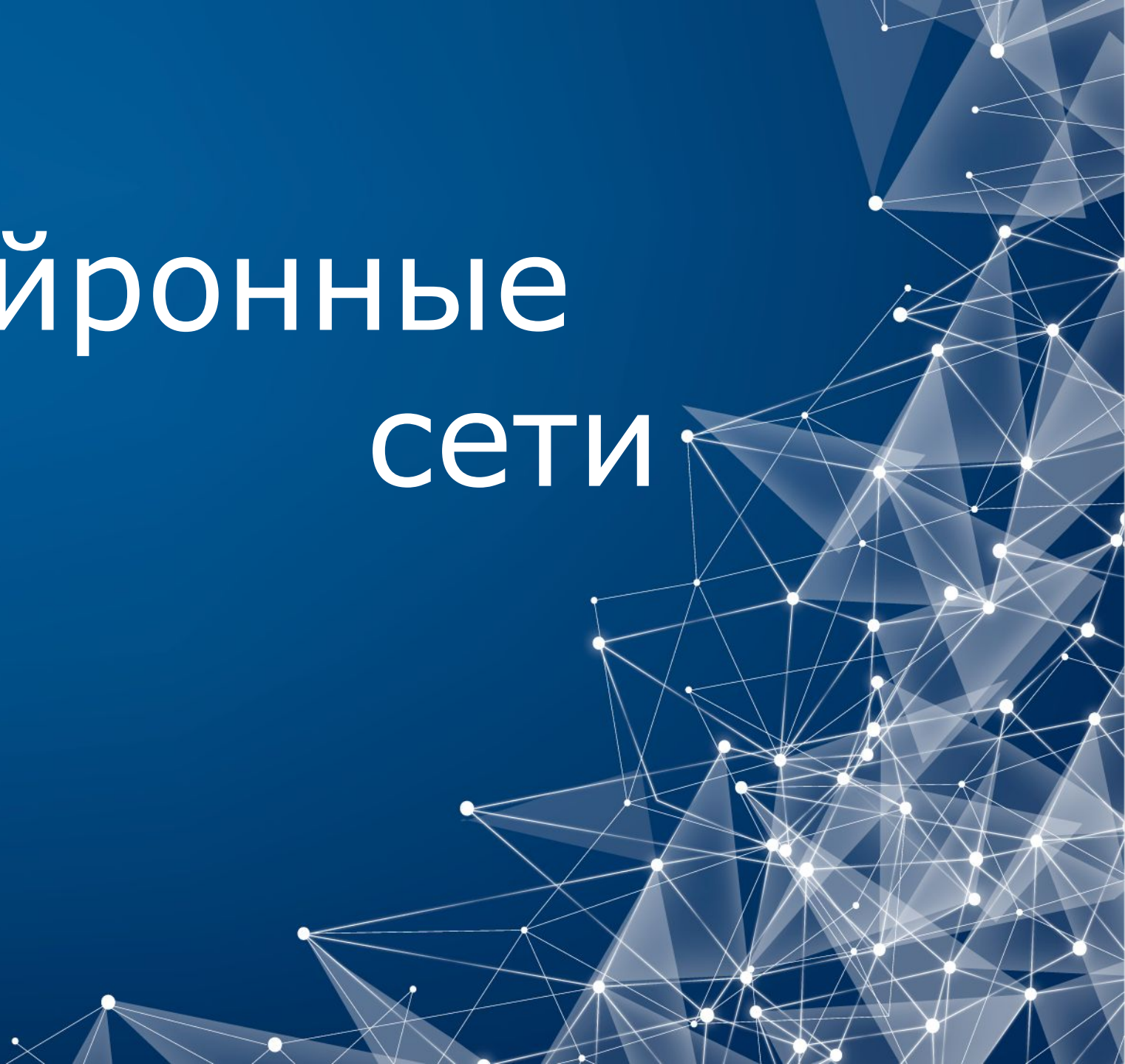


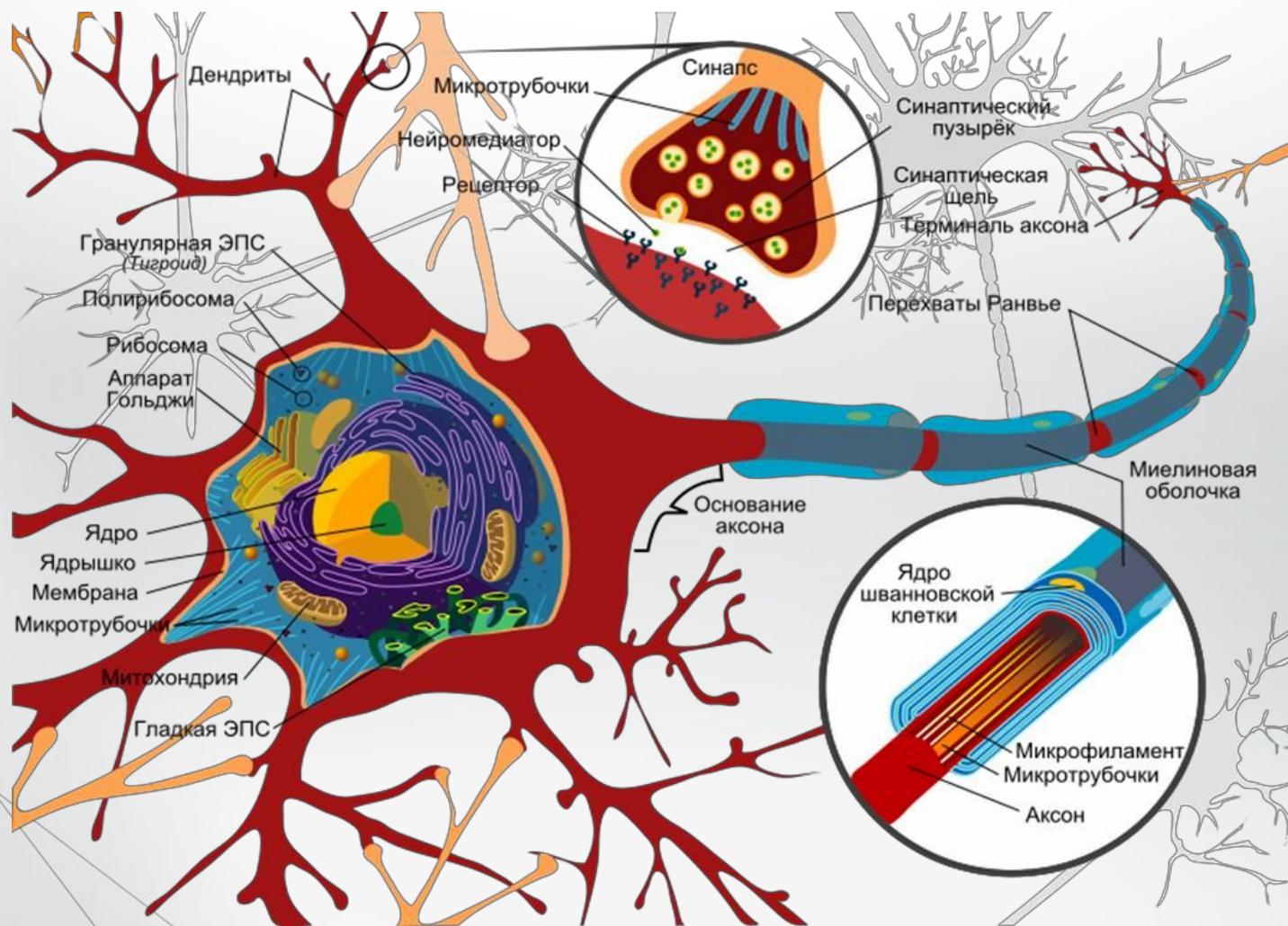
# Нейронные сети



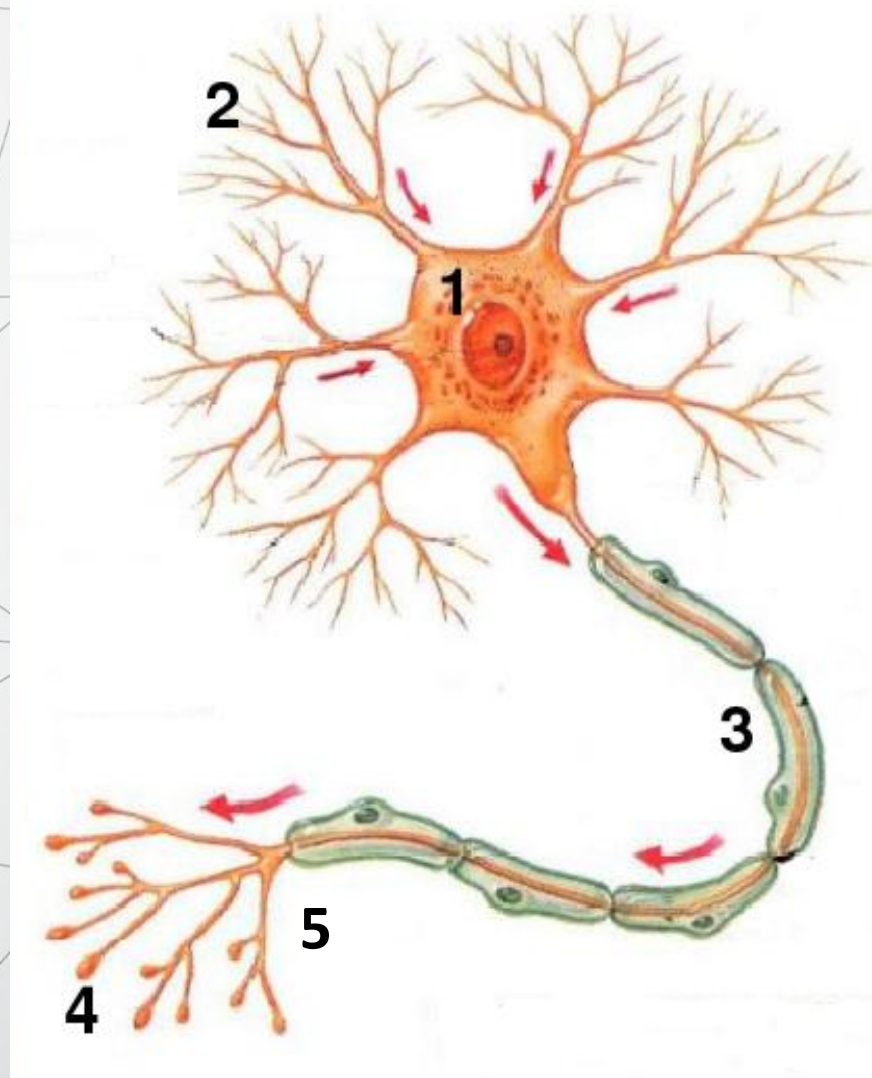
# Что такое нейронные сети?

- Мозг состоит из простейших клеток – нейронов
- Нейрон – элементарная структурная единица обработки информации
- Мозг человека содержит в среднем 100 миллиардов нейронов ( $10^{11}$ )
- Очевидно, из простейших нейронов можно собрать довольно сложную конструкцию
- Биологические модели мозга привели к математическим моделям
- Искусственная нейронная сеть – компьютерная программа, моделирующая способ обработки мозгом конкретной задачи

# Нейрон головного мозга

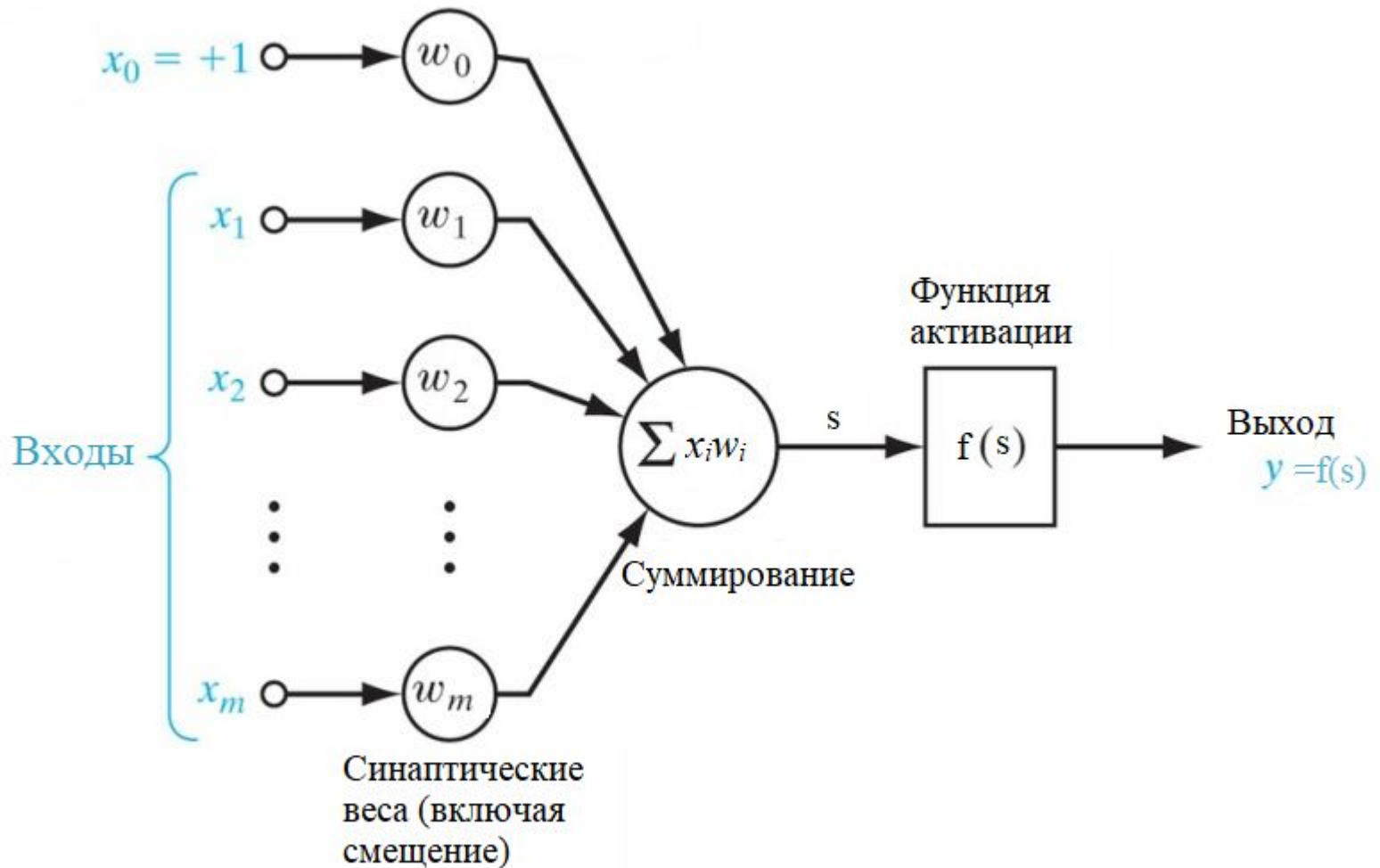


# Нейрон головного мозга



1. Тело нейрона (сома)
  2. Дендриты
  3. Аксон
  4. Синапсы
  5. Нервные волокна
- Нейрон получает сигналы (импульсы) от аксонов других нейронов через дендриты и передает сигналы, сгенерированные телом клетки, вдоль своего аксона, который в конце разветвляется на волокна. На окончаниях этих волокон находятся специальные образования - *синапсы*, которые влияют на величину импульсов.

# Модель искусственного нейрона

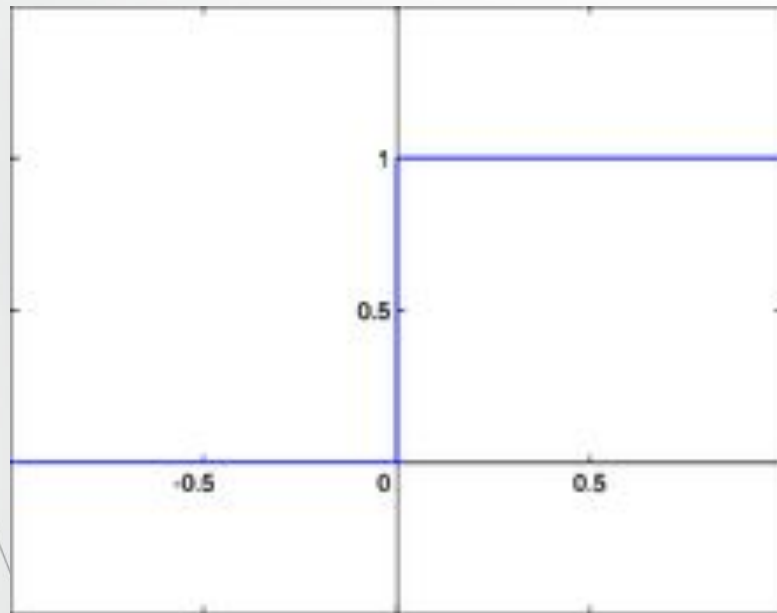


Маккалок Дж., Питтс У. Логические исчисления идей, относящихся к нервной деятельности // Автоматы. М.: ИЛ, 1956

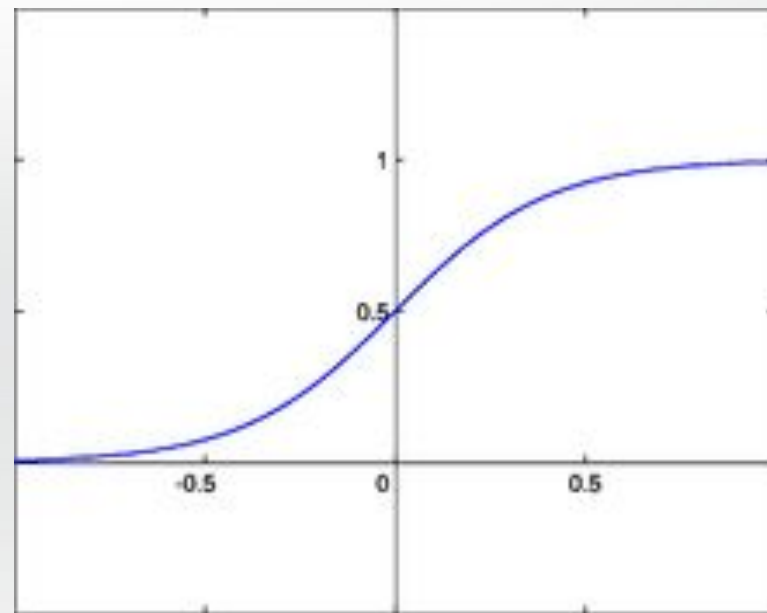
# Виды активационных функций нейрона

Название	Функция, $\varphi(x)$	Значения
Пороговая (Хевисайда)	$\begin{cases} 0, x < 0; \\ 1, x \geq 0 \end{cases}$	{0,1}
Логистическая	$\frac{1}{1+e^{-kx}}$	(0,+1)
Гиперболический тангенс	$\frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$	(-1,+1)
ReLU	$\max(0,x)$	(0, + $\infty$ )

# Графики активационных функций нейрона

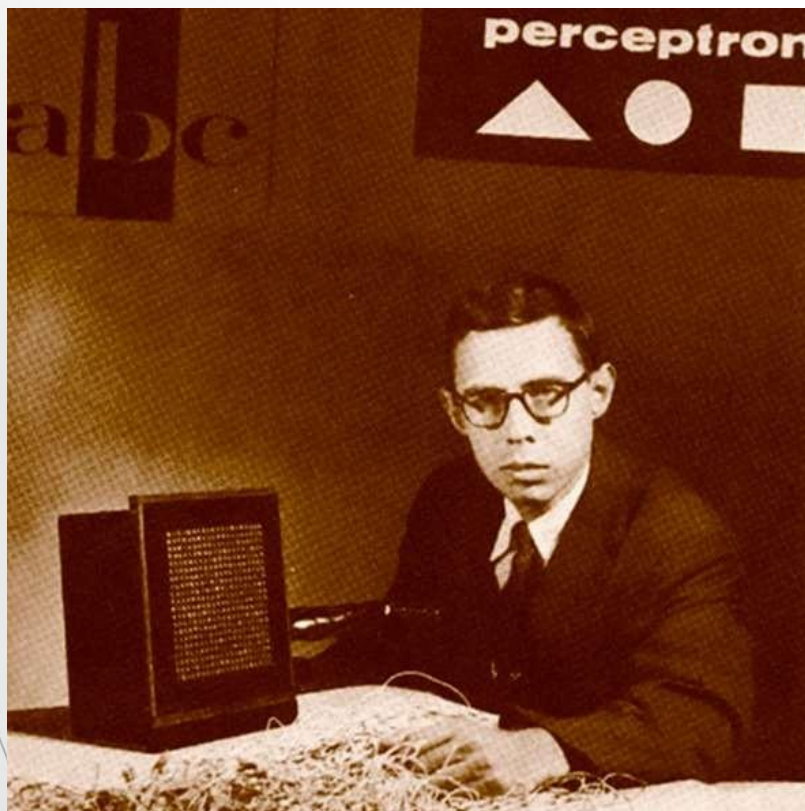


Пороговая передаточная функция



Логистическая функция

# Перцептрон Розенблатта



Модель Мак-Каллока – Питтса была реализована Фрэнком Розенблаттом: в 1958 г. в виде компьютерной модели (перцептрона), в 1960 г. в виде электронного устройства, распознававшего рукописные изображения некоторых букв и цифр – первого в мире нейрокомпьютера Марк-1.

Подробно свои теории и предположения относительно процессов восприятия и перцептронов Розенблатт описал в 1962 году в книге «Принципы нейродинамики: Перцептроны и теория механизмов мозга»



# Типы обучения нейронных сетей

## 1. Обучение с учителем

Есть обучающая выборка, содержащая данные с правильными ответами

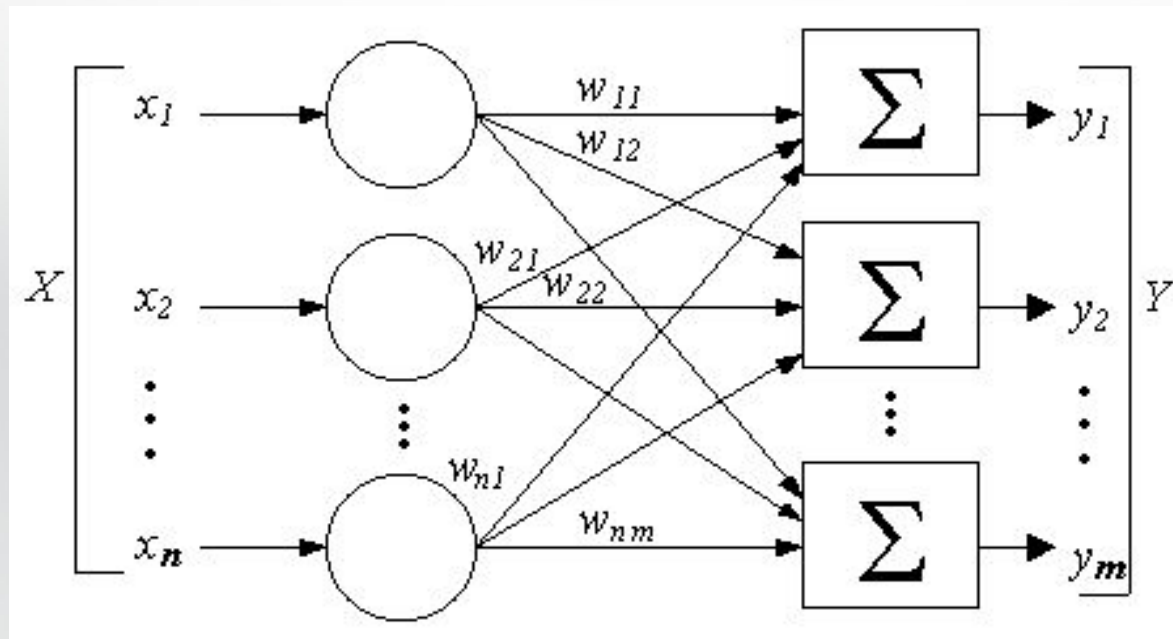
## 2. Обучение без учителя

Есть набор исходных данных без информации о правильных ответах

## 3. Обучение с подкреплением

Нет правильных ответов, но в процессе обучения сеть получает сигналы от внешней среды, которая при взаимодействии дает обратную связь . То есть, это обучение через опыт — так же, как учатся люди в течение жизни.

# Однослойный персептрон



**Обучение нейронной сети** – подбор синаптических весов таким образом, чтобы сеть решала поставленную задачу

# Алгоритм обучения однослойного персептрона (дельта-правило)

**Шаг 0.** Проинициализировать элементы весовой матрицы  $W$  небольшими случайными значениями.

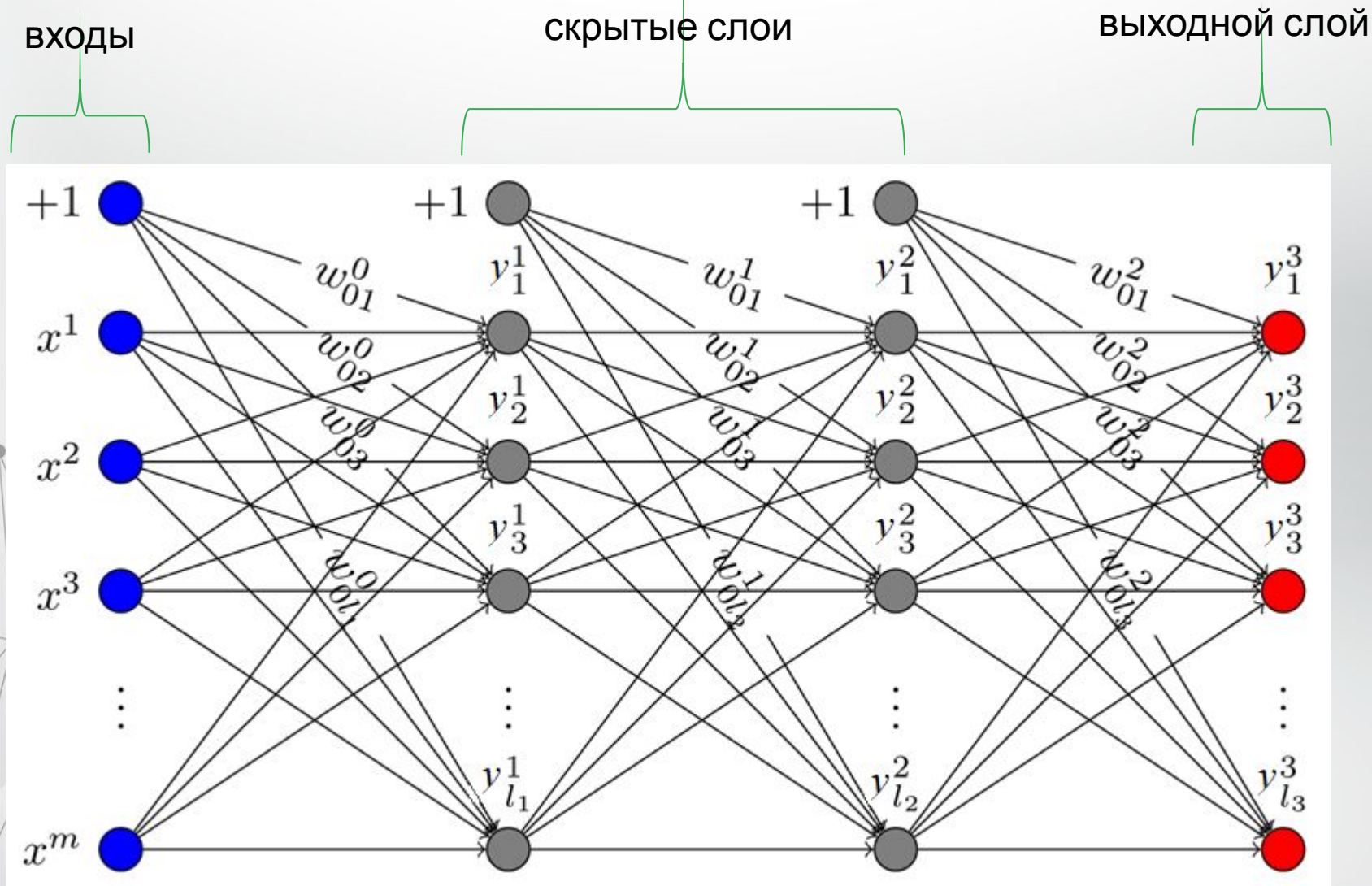
**Шаг 1.** Подать на входы один из входных векторов  $X^k$  и вычислить ее выход  $Y$ .

**Шаг 2.** Если выход правильный ( $Y = Y^k$ ), перейти на шаг 4. Иначе вычислить вектор ошибки - разницу между идеальным и полученным значениями выхода:  $\delta = Y^k - Y$ .

**Шаг 3.** Матрица весов модифицируется по следующей формуле:  $w_{ij}^{t+1} = w_{ij}^t + \nu \cdot \delta \cdot x_i$ . Здесь  $t$  и  $t+1$  – номера соответственно текущей и следующей итераций;  $\nu$  – коэффициент скорости обучения, ( $0 < \nu \leq 1$ );  $x_i$  –  $i$ -тая компонента входного вектора  $X^k$ ;  $j$  – номер нейрона в слое.

**Шаг 4.** Шаги 1-3 повторяются для всех обучающих векторов. Обучение завершается, когда сеть перестанет ошибаться.

# Многослойный перцептрон (MLP)



# Обучение нейронной сети

Для обучения нейронной сети (нахождения оптимальных значений всех весовых коэффициентов) необходимо задать:

- a) топологию сети со всеми функциями активации;
- b) функцию потерь.

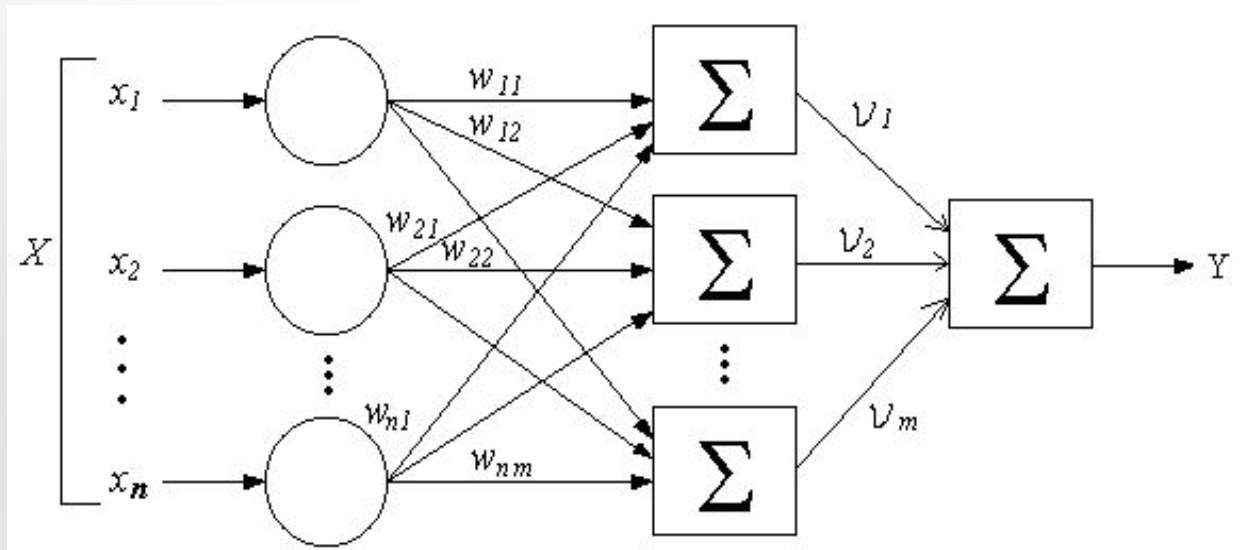
Для обучения нейронной сети MLP обычно используется **метод обратного распространения ошибки (backpropagation)\***.

\*Впервые метод был описан в 1974 г. А. И. Галушкиным, а также независимо и одновременно Полом Дж. Вербосом. Далее существенно развит в 1986 г. Дэвидом И. Румельхартом, Дж. Е. Хинтоном и Рональдом Дж. Вильямсом. Это итеративный градиентный алгоритм, который используется с целью минимизации ошибки работы многослойного перцептрона и получения желаемого выхода.

# Квадратичная функция ошибки при обучении с учителем

$$E(W, V) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^p (y_k - d_k)^2$$

# Теорема Колмогорова



$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^m v_i \sigma \left( \sum_{j=1}^n x_j \cdot w_{ji} \right)$$

$$\sigma(s) = \frac{1}{1 + e^{-as}}$$

**Теорема Колмогорова.** Любая непрерывная функция от  $n$  переменных  $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$  на замкнутом ограниченном множестве может быть представлена в виде

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^{2n+1} g_i \left( \sum_{j=1}^n h_{ij}(x_j) \right),$$

где  $g_i$  и  $h_{ij}$  — непрерывные функции, причем  $h_{ij}$  не зависят от функции  $F$ .

Спасибо  
за  
внимание!

