

Нейронные сети (Введение в нейроматематику)



Лекция 1.

Введение в теорию нейронных сетей

- 1. История теории нейронных сетей.**
- 2. Свойства нейронных сетей.**
- 3. Нейрон, как биологический объект.**
- 4. Математическая модель нейрона.**

Литература

- С.Хайкин. Нейронные сети. - М.: Издательский дом “Вильямс”, 2006.
- А.И. Галушкин. Нейронные сети: основы теории. - М.: Горячая линия - Телеком, 2010.
- Дж. Ту, Р. Гонзалес. Принципы распознавания образов. – М.: Мир, 1978.
- А.Н. Горбань, Обучение нейронных сетей. – М.: СП ПараГраф, 1990.
- Ф. Блум, А. Лейзерсон, Л. Хофстедтер. Мозг, разум и поведение. – М.: Мир, 1988.
- Ф.Розенблатт. Принципы нейродинамики : перцептроны и теория механизмов мозга. - М.: Мир, 1965.
- Е.В. Бодянский, О.Г.Руденко. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения. – Харьков, 2004.

Def.

Введение



**Человеческий мозг- сложный
нелинейный параллельный компьютер**
Структурные компоненты мозга, выполняющие
определенные задачи – **нейроны.**

Нейронные сети можно рассматривать как современные
вычислительные системы, которые преобразуют информацию
по образу и подобию процессов происходящих в мозгу человека.

Мозг человека содержит **10^{11}** структурных единиц, которые
называются **Нейронами. 10^{15}** связей между ними (**Синапсы**).

Быстродействие человеческого мозга (**10^{-3}** сек).

Одним из основных свойств человеческого мозга является
пластичность, способность мозга настраиваться.

Нейронная сеть - это громадный распределительный
параллельный процессор, состоящий из элементарных частиц
для обработки информации и работающий по принципу
человеческого мозга.

1. История теории нейронных сетей

1911 год – работа Rumon, он впервые высказал гипотезу о том, что мозг состоит из нейронов.

1943 год -McCulloch & Pitts – впервые описали логику вычислений в нейронных сетях

1948 год – Wiener «Кибернетика» - впервые сформулированы концепции управления и статистической обработки сигналов

1949 год – Hebb сформулировал теорию обучения нейронных сетей.

1954 год – Marvin Minsky, Принстонский университет, первая реализация теории и ее применение в задачах моделирования мозга (PhD)

1950-1960 - работы Von Neumann (архитектура фон Неймана)

1960 год - Rosenblatt – новый подход к задаче распознавания образов на основе нейронных сетей

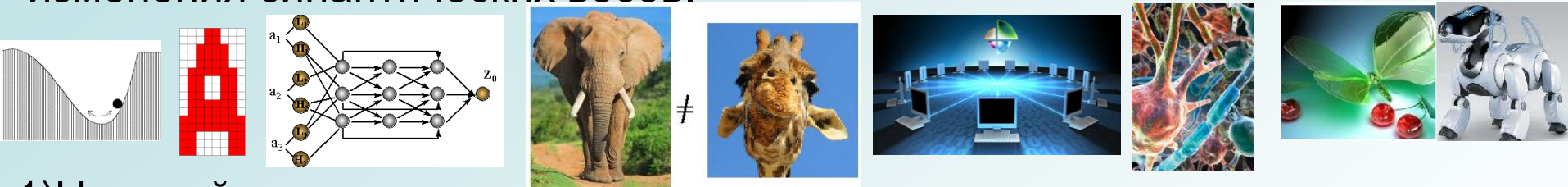
70-е годы – застой, нет нужных компьютеров + отсутствие финансирования в связи с признанием неперспективности разработок в этой области

1982 год - Hopfield, рекуррентные сети, провел аналогию между нейронными сетями и некоторыми задачами физики

2. Свойства нейронных сетей

Общие черты между нейронной сетью и человеческим мозгом:

- 1) Используется знания поступающие из окружающей среды и в процессе обучения
- 2) Для накопления знаний используются связи между нейронами (**синаптические веса**). Настройка нейронных сетей происходит путем изменения синаптических весов.



- 1) Нелинейность
- 2) Адаптивность
- 3) Отображение входной информации в выходную
- 4) Отказоустойчивость
- 5) Очевидность отклика
- 6) Контекстная информация
- 7) Масштабируемость (технология VLSI)
- 8) Аналогия с нейробиологией
- 9) Однородность при проектировании и дизайне



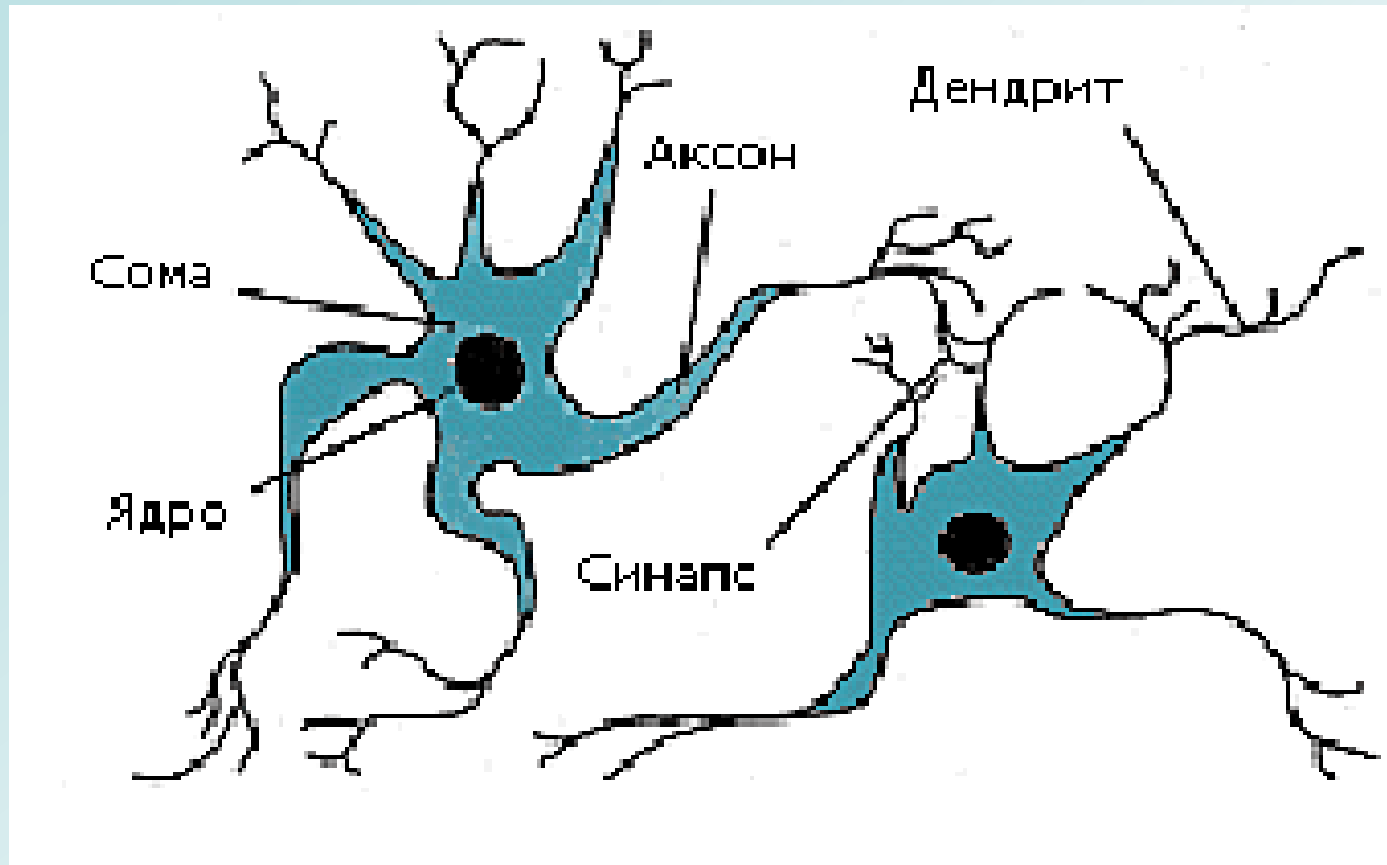
Новости

Журнал Science
апрель 2013

- Within five years, it should be possible to monitor tens of thousands of neurons; in 15 years, one million neurons should be possible. A fly's brain has about 100,000 neurons, a mouse's about 75 million, and a human's about 85 billion. "With one million neurons, scientists will be able to evaluate the function of the entire brain of the zebrafish or several areas from the cerebral cortex of the mouse.




3. Нейрон, как биологический объект.



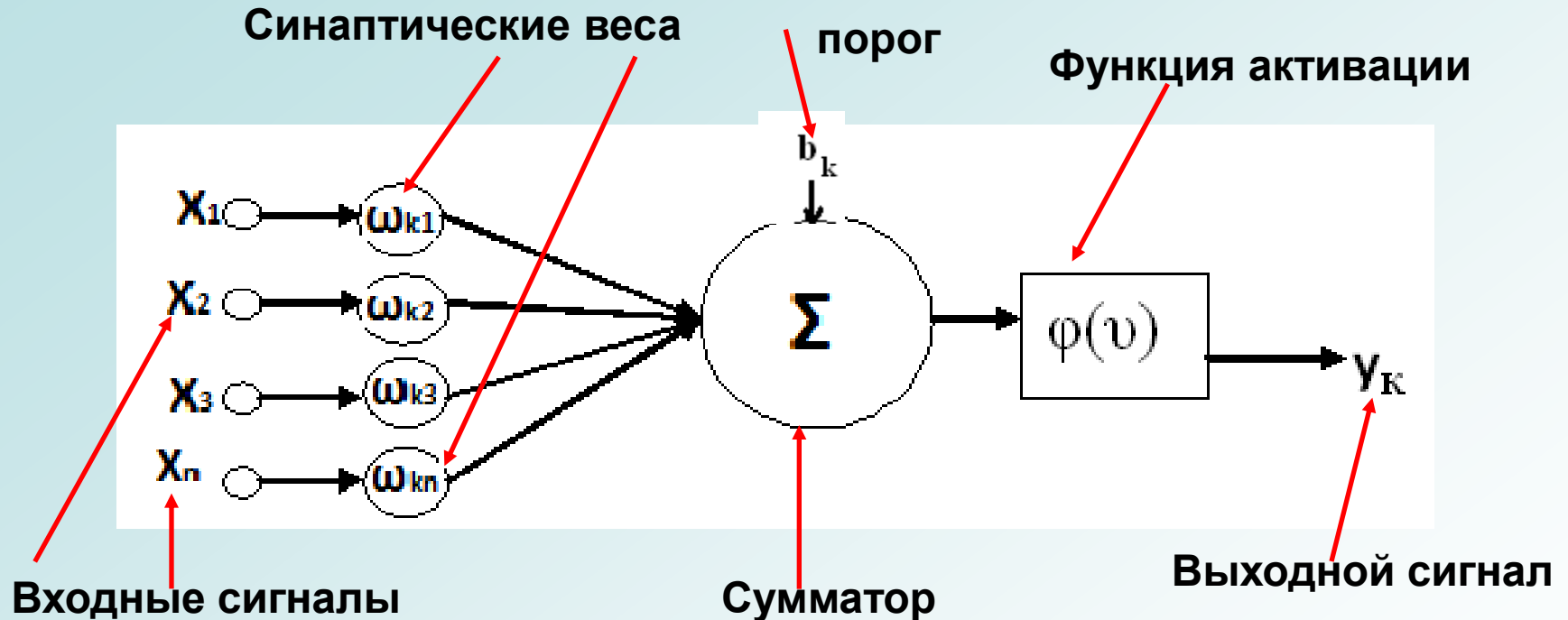
Нейрон состоит из **основного тела** (сома), **дендритов** (зоны получения и приема информации), **аксоны** (зоны передачи информации), **синапсы** (зоны для создания потенциала активации).
Размер – 100 микрон.

200 Гц

Структура человеческого мозга

- 8. Центральная нервная система
 - 7. Масштабные нейроконтурные
 - 6. Локальные контурные
 - 5. Нейрон
 - 4. Дендритные деревья
 - 3. Нейронные микроконтурные (набор синапсов)
 - 2. Синапсы
 - 1. Молекулы
 -
- 
- ```
graph BT; 1[1. Молекулы] --> 2[2. Синапсы]; 2 --> 3[3. Нейронные микроконтурные (набор синапсов)]; 3 --> 4[4. Дендритные деревья]; 4 --> 5[5. Нейрон]; 5 --> 6[6. Локальные контурные]; 6 --> 7[7. Масштабные нейроконтурные]; 7 --> 8[8. Центральная нервная система];
```

# 4. Математическая модель нейрона (математический нейрон)



$$U_k = \sum_{j=1}^M w_{kj} x_j$$

k - номер нейрона  
j - номер входного сигнала синапса

$$y_k = \varphi(U_k + b_k)$$

Потенциал активации

$$v_k = U_k + b_k \quad 10$$

# ВИДЫ ФУНКЦИЙ АКТИВАЦИИ

- 1) Пороговые функции
- 2) Сигмоидальные функции
- 3) Кусочно-линейные

## Пороговые функции

Функция единичного скачка (функция Хевисайда)

$$\varphi(v) = \begin{cases} 1 & v \geq 0 \\ 0 & v \leq 0 \end{cases}$$

## Выходной сигнал

$$y_k = \begin{cases} 1 & v_k \geq 0 \\ 0 & v_k \leq 0 \end{cases}$$

Модель МакКаллока-Питца

# ВИДЫ ФУНКЦИЙ АКТИВАЦИИ

## Кусочно-линейные

$$\varphi(v) = \begin{cases} 1, & v \geq 0.5 \\ 0, & v \leq -0.5 \\ |v|, & -0.5 \leq v \leq 0.5 \end{cases} \quad [0,1]$$

## Сигмоидальные функции

(логистическая)

$$\varphi(v) = 1/(1 + \exp(-\alpha v)) \quad [0,1]$$

$$\varphi(v) = \tanh(v) = (e^v - e^{-v})/(e^v + e^{-v}) \quad [-1,1]$$

$$\varphi(v) = e^{-v} \quad [0, +\infty]$$

# ЗАДАЧА

- Нейрон  $j$  получает входной сигнал от четырех других нейронов, состояния которых известны. Вычислить выходной сигнал нейрона  $j$  для случая, когда нейрон представлен моделью Мак-Каллока-Питтса или моделью с логистической функцией активации.

**Состояния нейронов- 1- Н, 2- В, 3 –В, 4- В;**

**Синаптические веса: 1- 0.5, 2- -0.2, 3 – -0.8, 4- 0.1.**

**Порог -  $b=8$**

