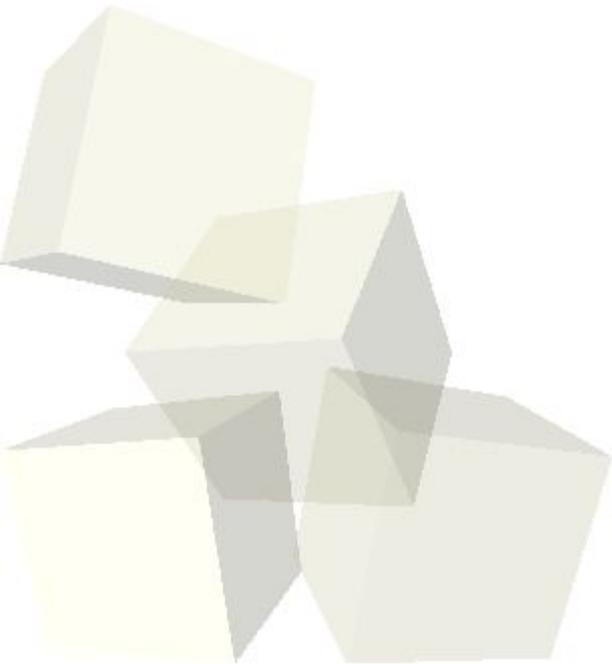




Курс «Нейронные сети и системы нечеткой логики»

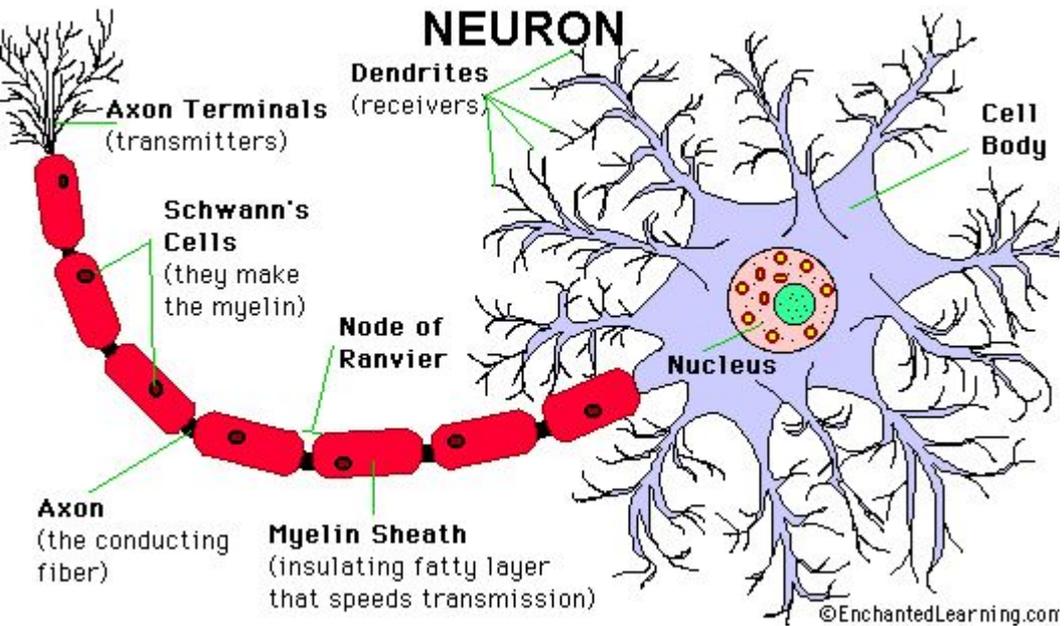
Лекция 1

Введение в теорию нейронных сетей

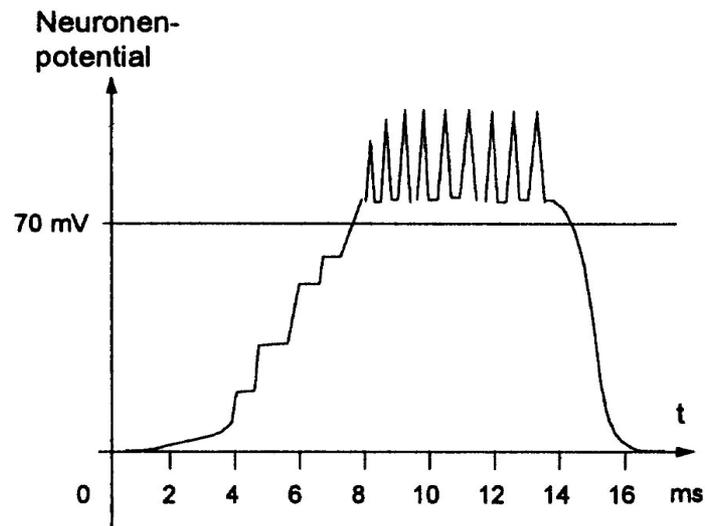




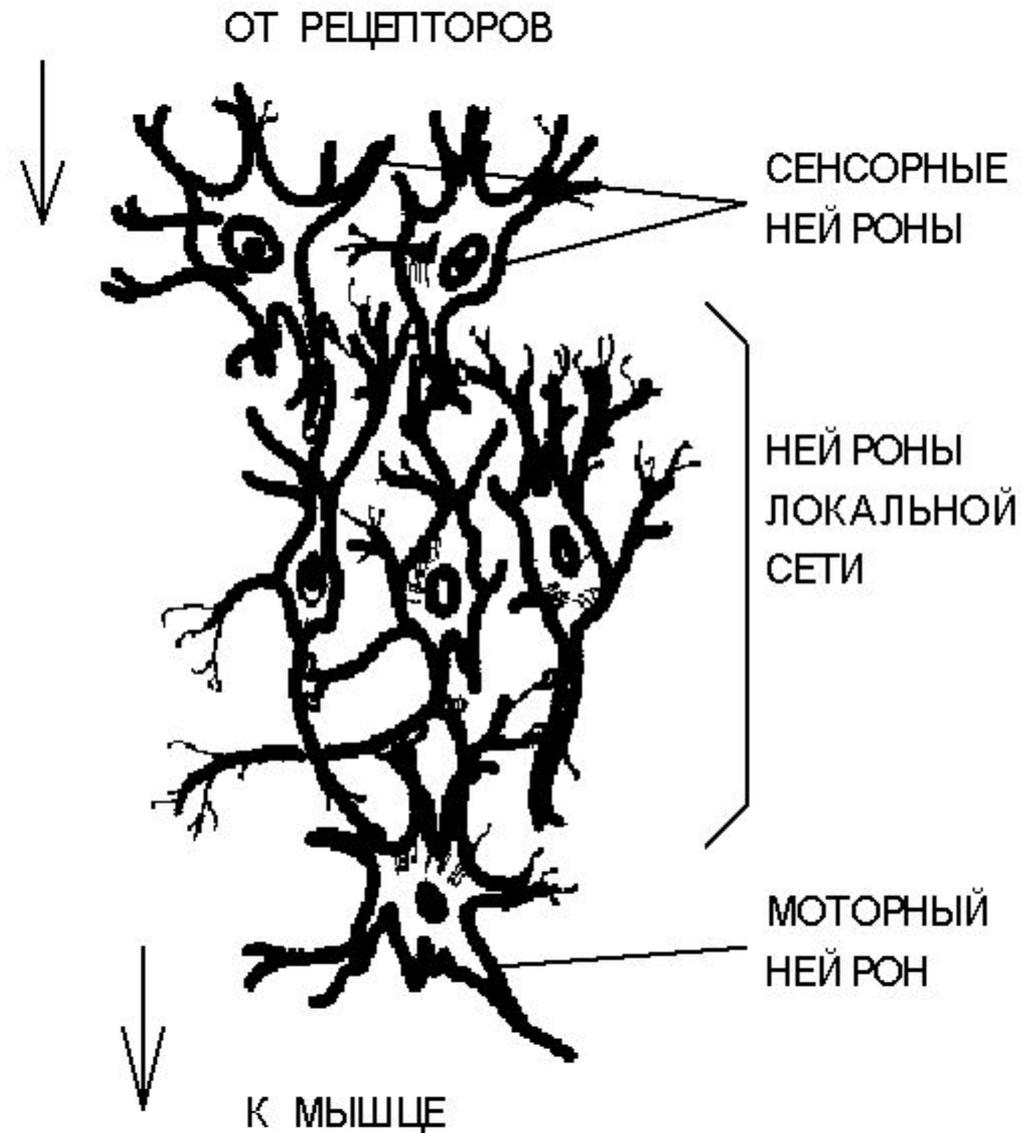
Биологическая нейронная сеть



Отдельный нейрон

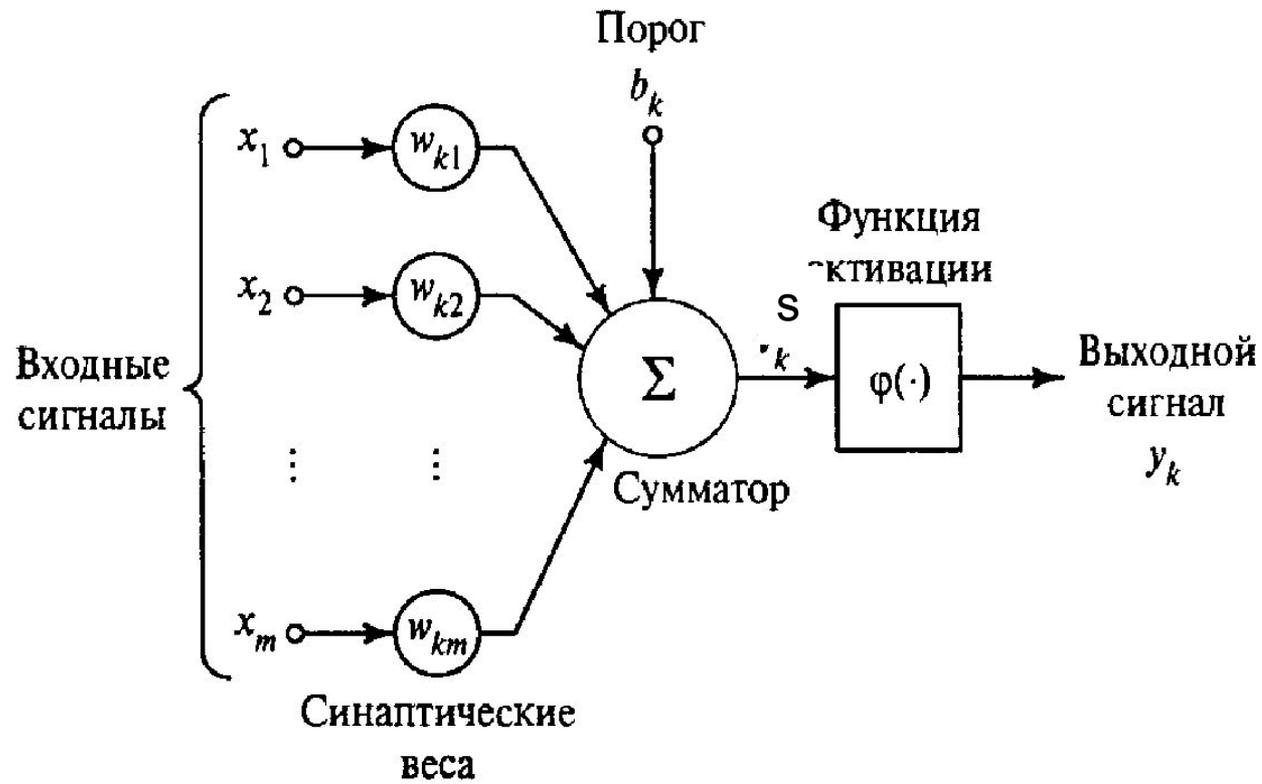


Передача нервных импульсов



Структура из нескольких нейронов (нейронная сеть)

Искусственный нейрон

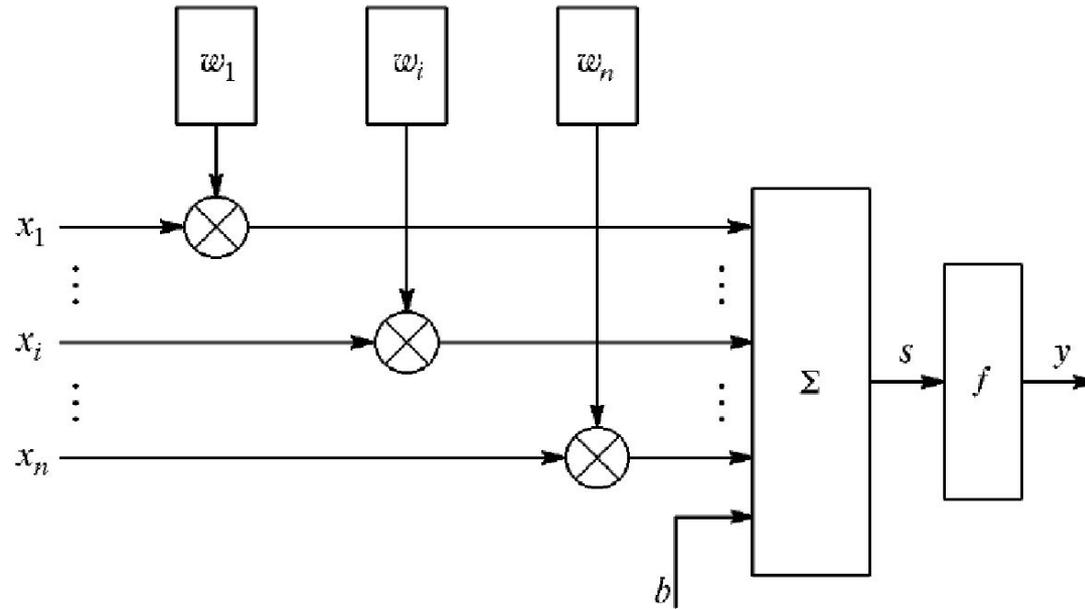


$$s = \sum_i (w_i x_i) + b$$

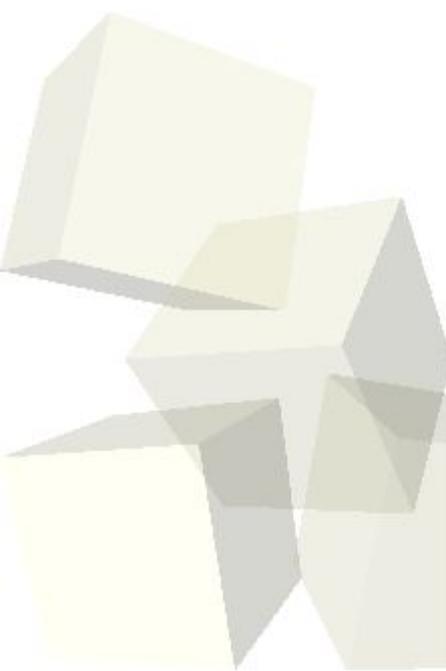
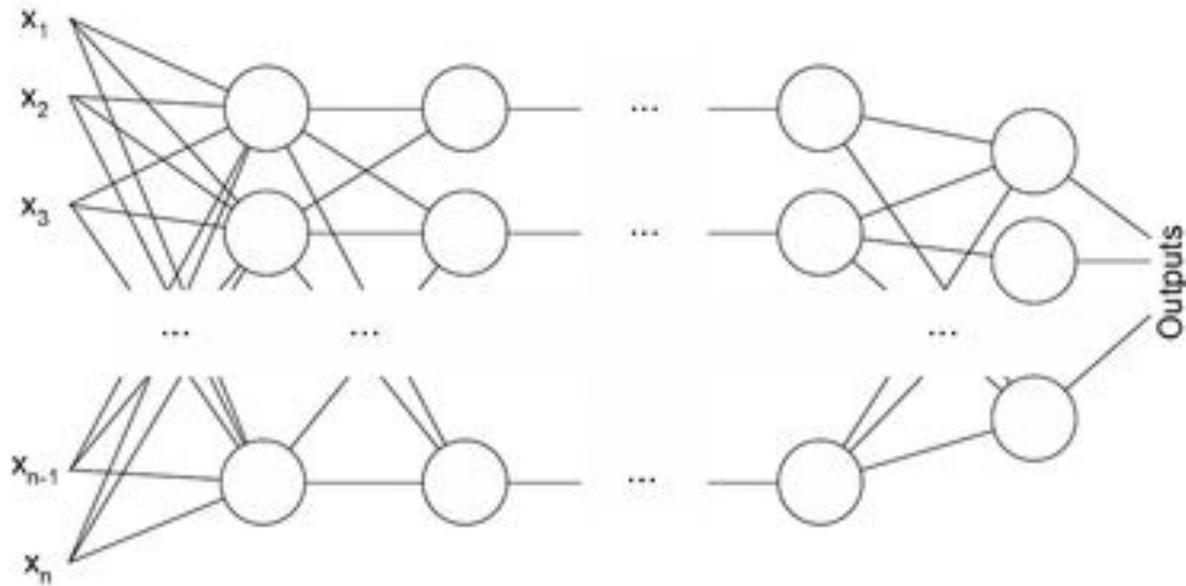


Искусственная нейронная сеть

Отдельный нейрон



Нейронная сеть



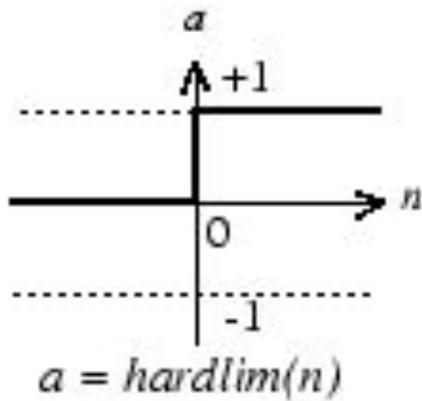


Функции активации нейрона

Функция активации нейрона – математическая зависимость между его входным и выходным сигналами.

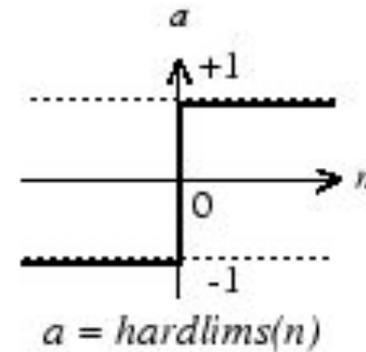
1. Ступенчатые функции

Пороговая
hardlim



$$y = \begin{cases} 0, & s < 0 \\ 1, & s \geq 0 \end{cases}$$

Знаковая (сигнатурная)
hardlims



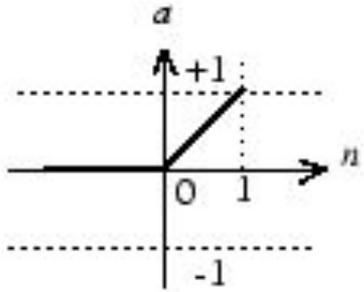
$$y = \begin{cases} -1, & s \leq 0 \\ 1, & s > 0 \end{cases}$$



Функции активации нейрона

Линейные функции

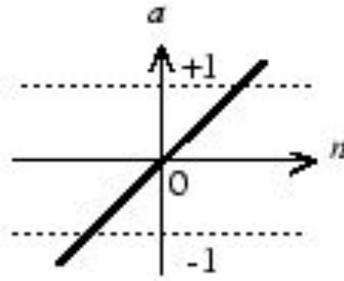
Полулинейная
poslin



$$a = \text{poslin}(n)$$

$$y = \begin{cases} 0, & s \leq 0 \\ s, & s > 0 \end{cases}$$

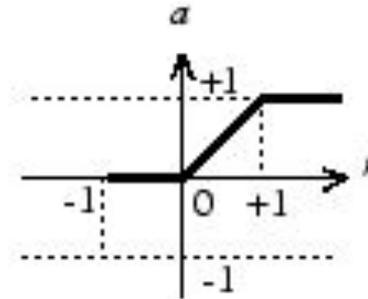
Линейная
purelin



$$a = \text{purelin}(n)$$

$$y = s$$

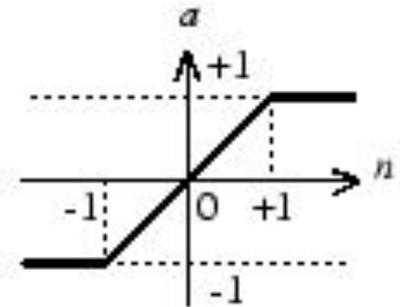
Полулинейная
с насыщением
satlin



$$a = \text{satlin}(n)$$

$$y = \begin{cases} 0, & s \leq 0 \\ s, & 0 < s < 1 \\ 1, & s \geq 1 \end{cases}$$

Линейная
с насыщением
satlins



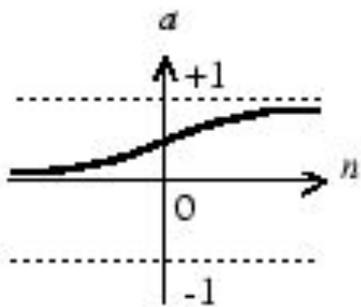
$$a = \text{satlins}(n)$$

$$y = \begin{cases} -1, & s \leq -1 \\ s, & -1 < s < 1 \\ 1, & s \geq 1 \end{cases}$$



S-образные функции

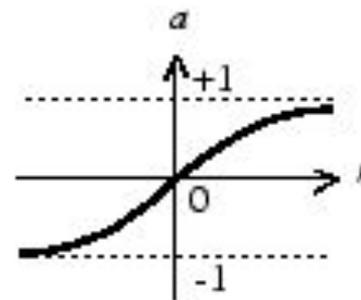
Сигмоидальная (логистическая)
logsig



$$a = \text{logsig}(n)$$

$$y = \frac{1}{1 + e^{-s}}$$

Гиперболический тангенс
(сигмоидальная)
tansig



$$a = \text{tansig}(n)$$

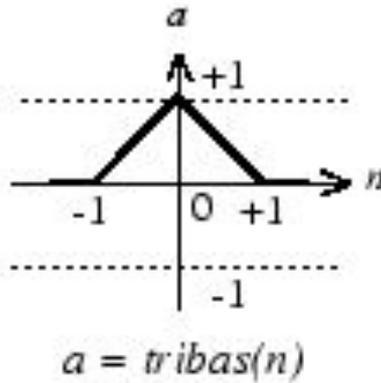
$$y = \frac{e^s - e^{-s}}{e^s + e^{-s}}$$



Функции активации нейрона

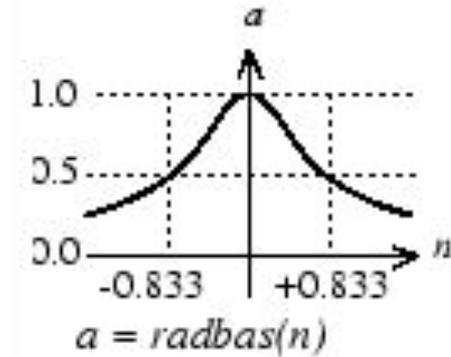
Пиковые (базисные) функции

Треугольная
tribas



$$y = \begin{cases} 1 - |s|, & |s| \leq 1 \\ 0, & |s| \geq 1 \end{cases}$$

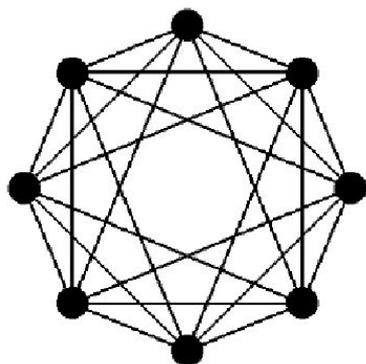
Радиальная базисная
(гауссова)
radbas



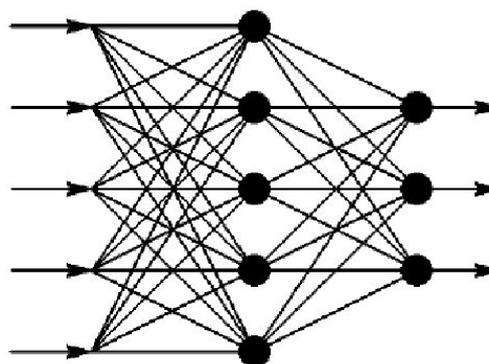
$$y = e^{-s^2}$$



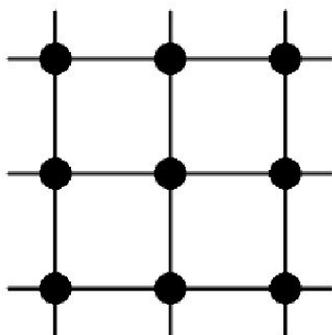
Топологии искусственных нейронных сетей



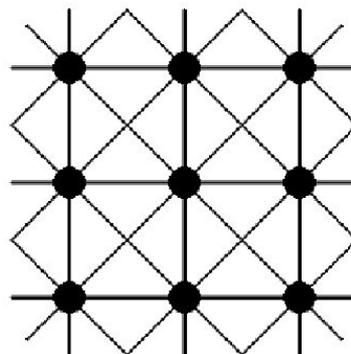
a



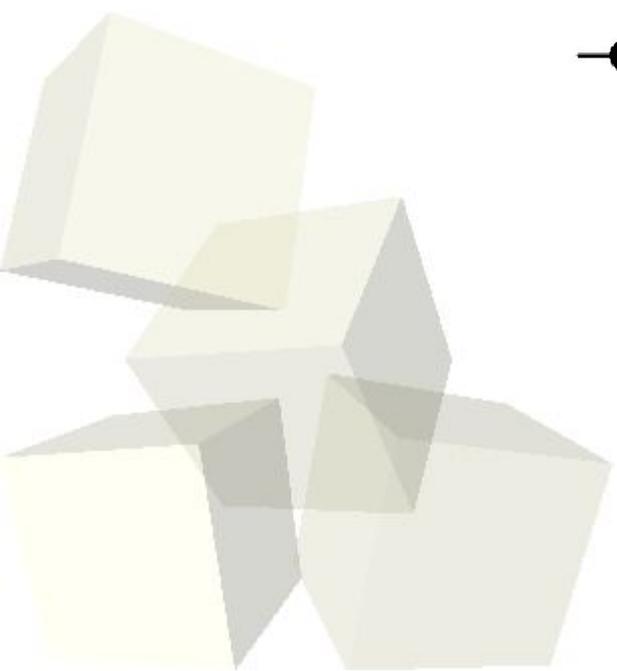
б



в



- а) Полносвязная сеть;
- б) Многослойная сеть;
- в) Слабосвязная сеть.



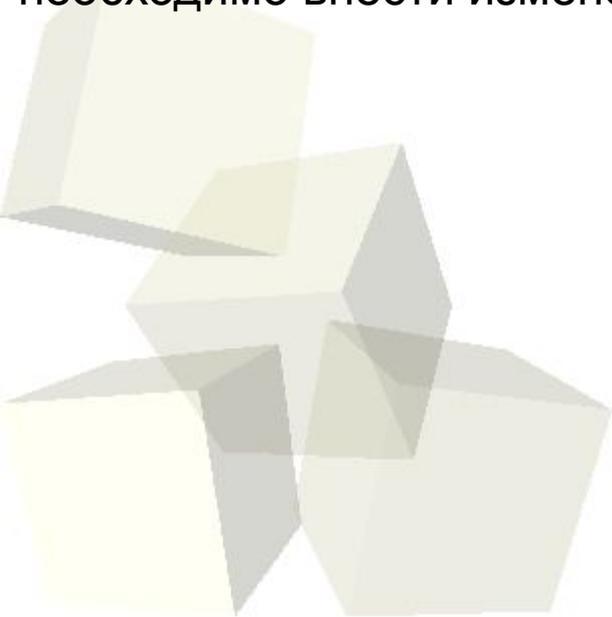


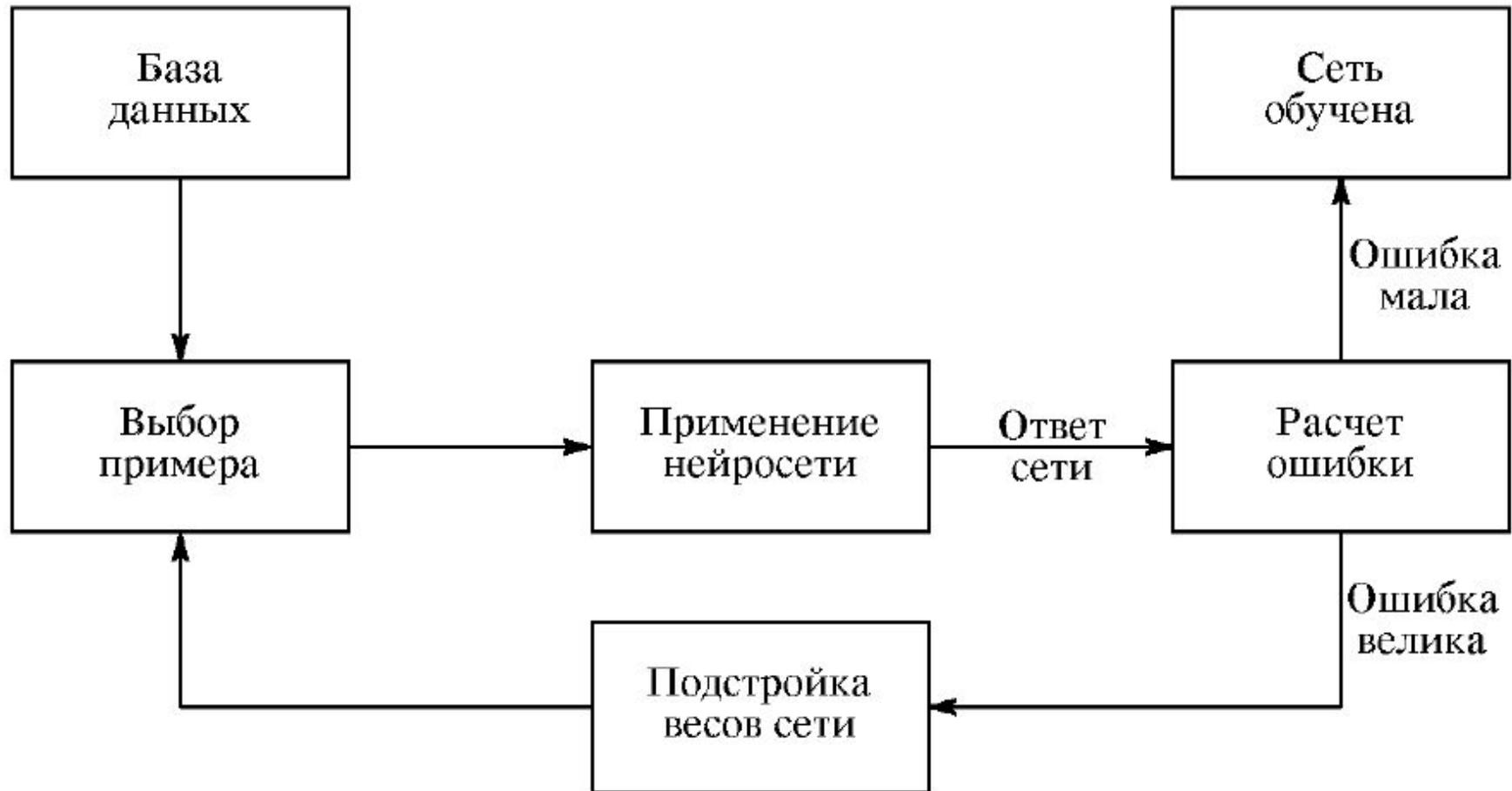
Создание нейронной сети

При создании нейронной сети необходимо четко представлять, какую задачу она будет выполнять. Процесс создания состоит из нескольких этапов:

1. Выбор входных и выходных сигналов нейронной сети, их типа и диапазона изменения.
2. Выбор топологии нейронной сети.
3. Подбор структуры нейронной сети.
4. Обучение нейронной сети.
5. Оценка качества работы нейронной сети.

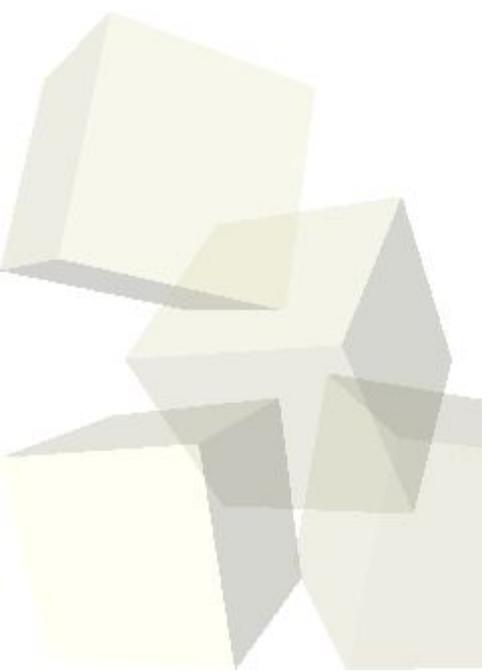
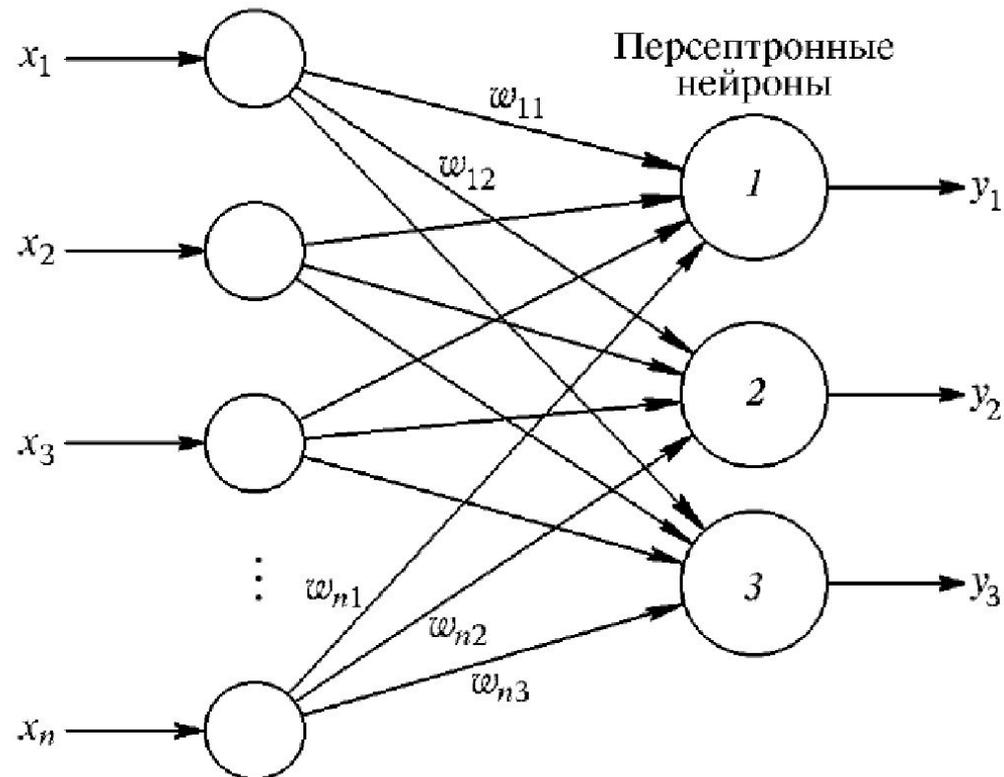
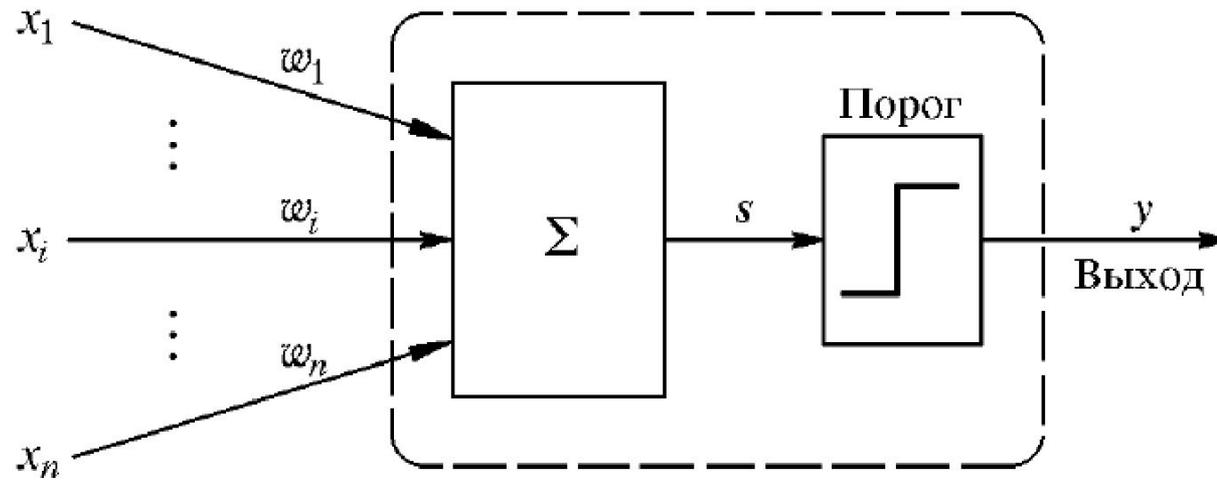
Если по окончании обучения нейронная сеть не даёт удовлетворительного результата, необходимо внести изменения и повторить алгоритм.





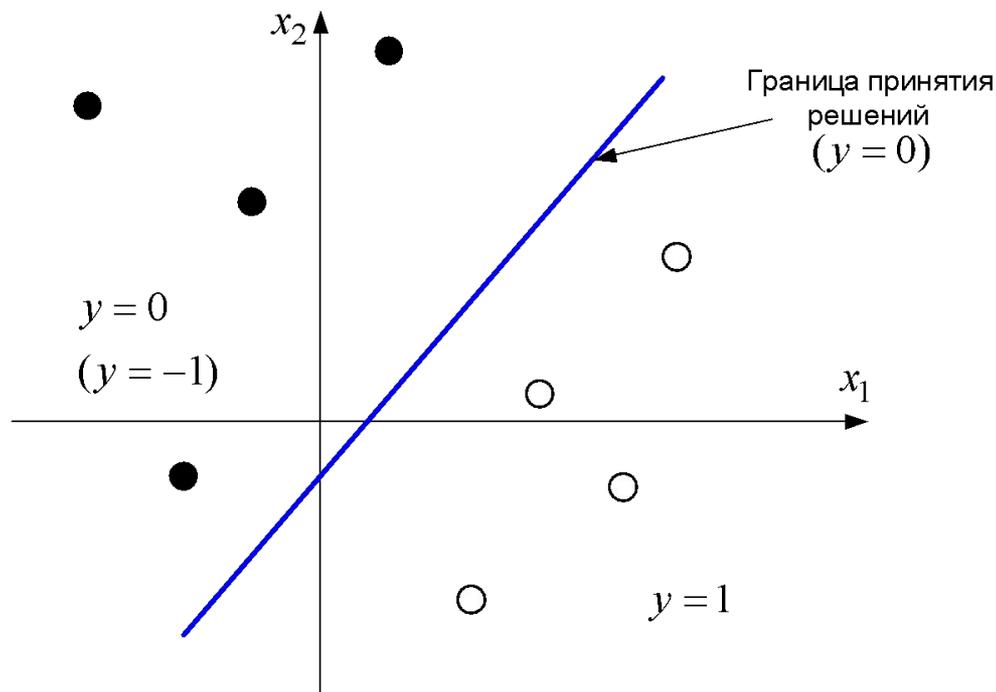


Персептрон





Персептрон



Уравнение границы принятия решений:

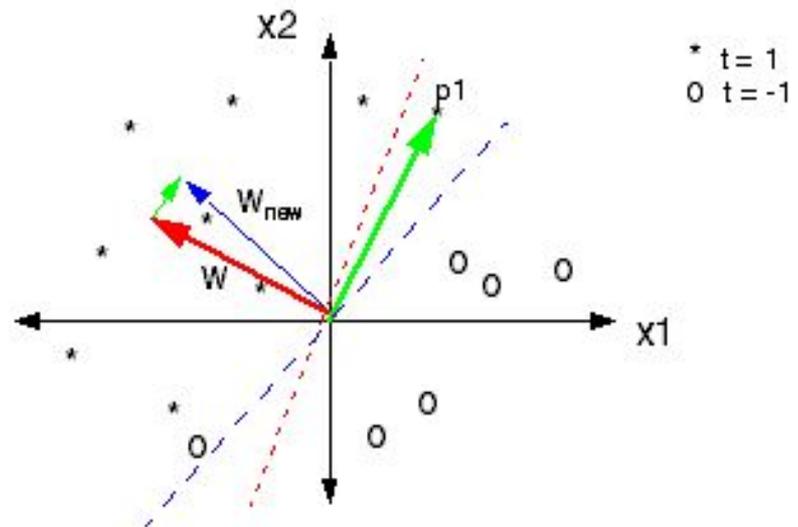
$$x_2 = ax_1 + k$$

Весовые коэффициенты можно рассчитать из уравнений:

$$\frac{b}{w_2} = k \quad -\frac{w_1}{w_2} = a$$



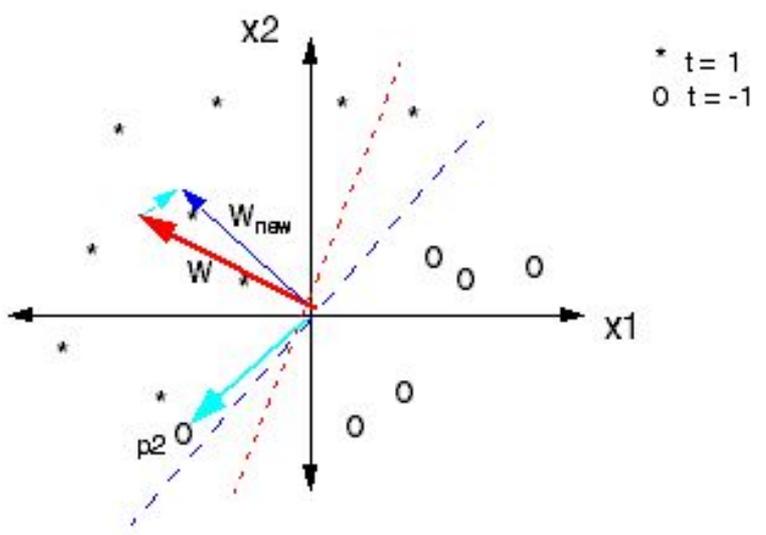
Правило обучения персептрона



Коррекция весовых коэффициентов:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \mu \delta x_i$$

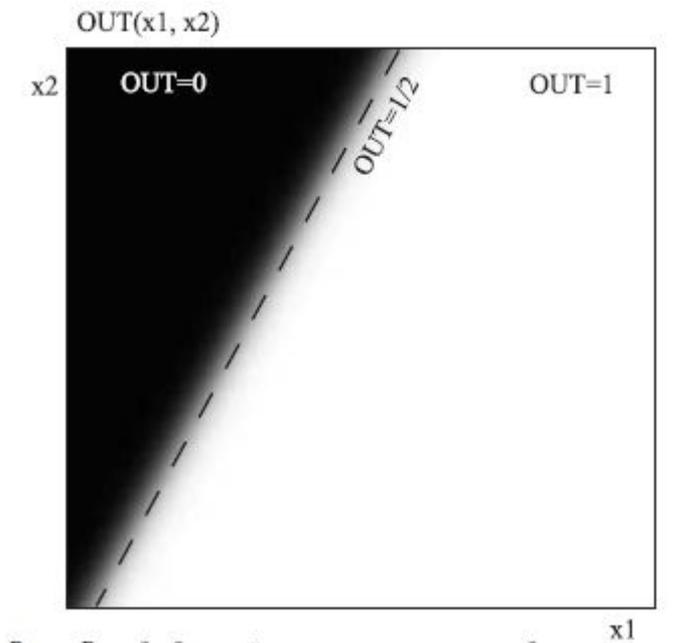
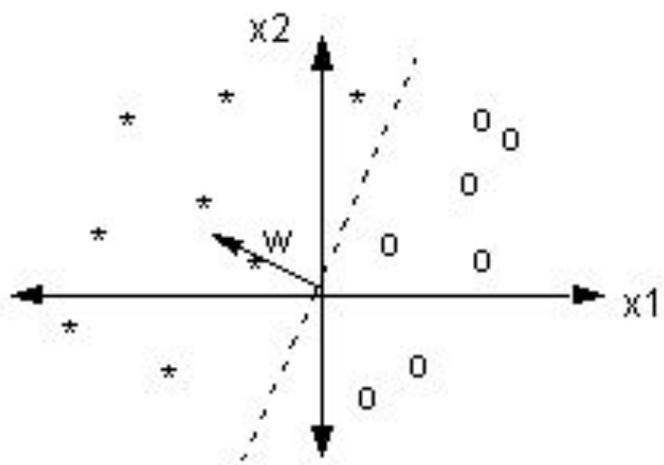
$$\delta = y - o$$



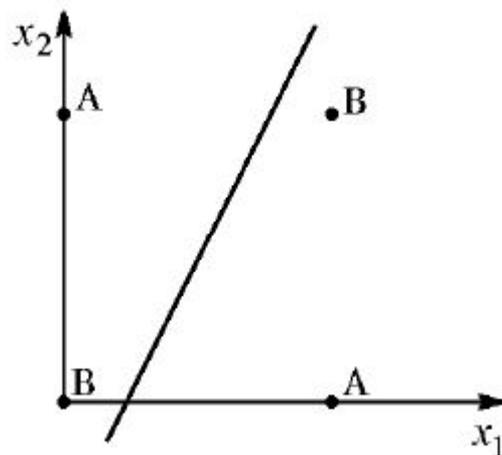
Для любой классификации обучающей последовательности можно подобрать такой набор элементарных нейронов, в котором будет выполнено разделение обучающей последовательности при помощи линейного обучающего правила, при чем, если в рамках этого набора решение проблемы существует, то оно будет найдено за конечный промежуток времени.



Линейно разделимые и неразделимые задачи

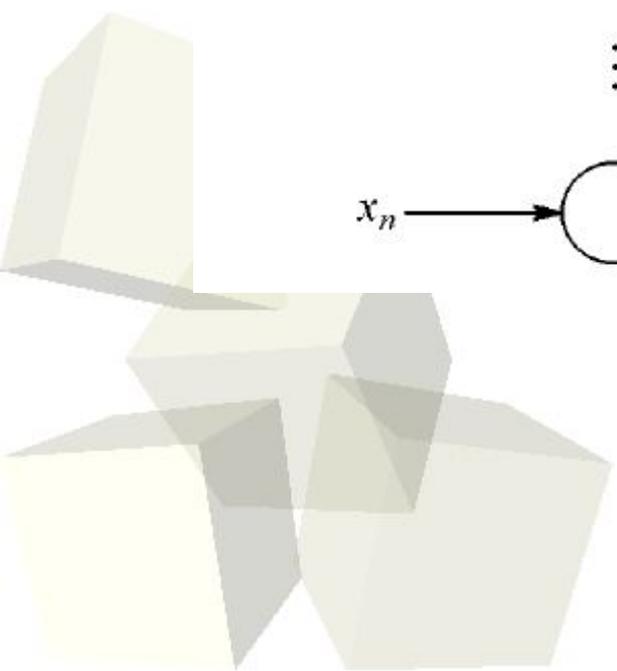
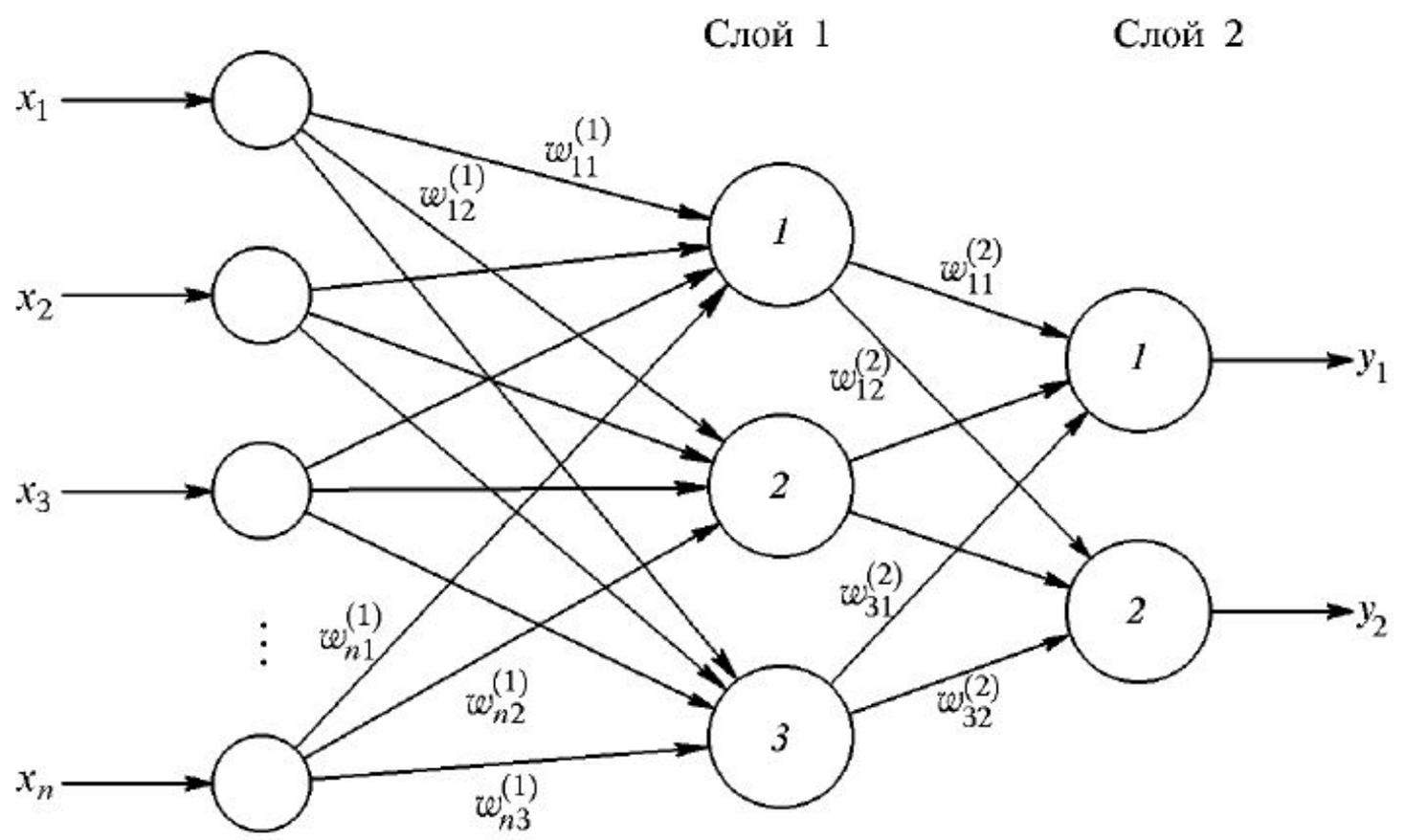


Исключающее «ИЛИ»



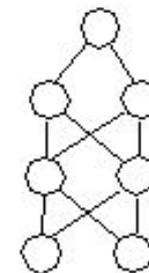
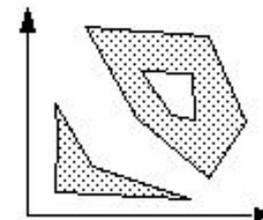
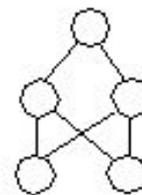
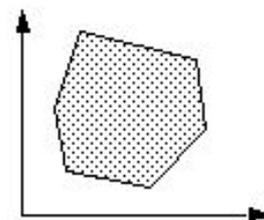
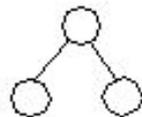
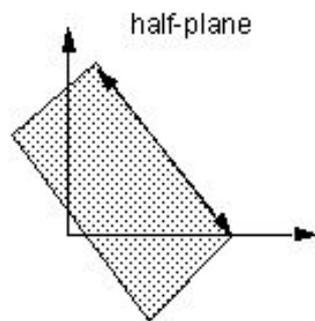
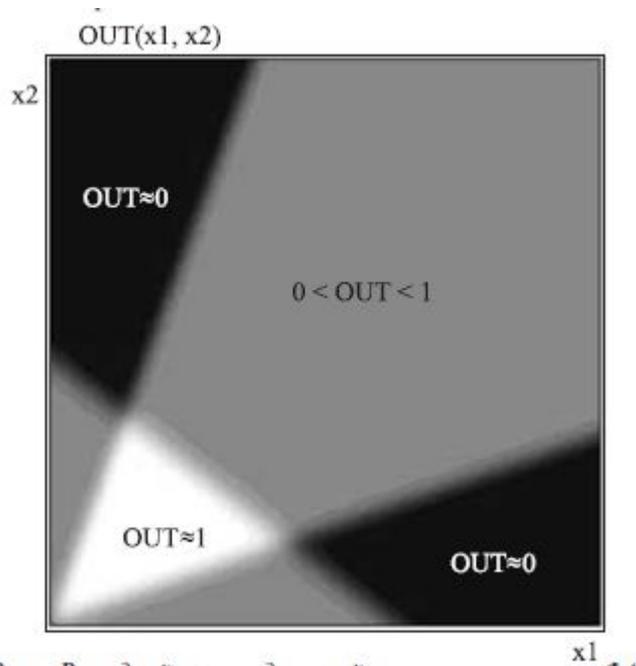


Многослойный персептрон



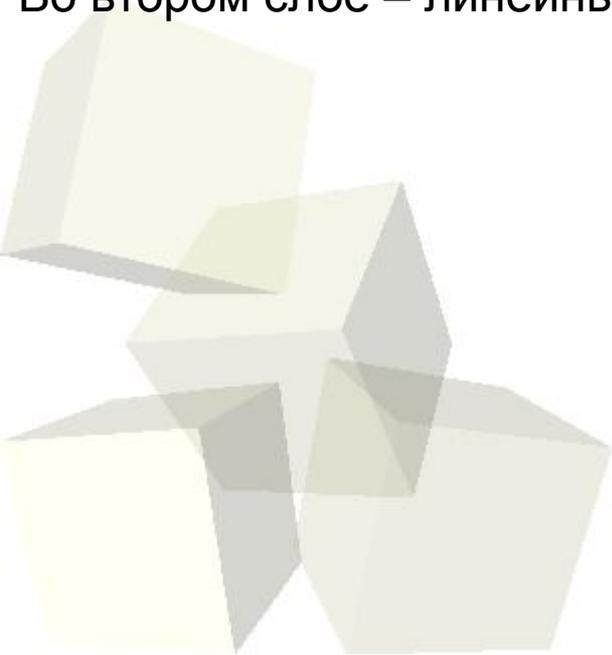


Многослойный персептрон



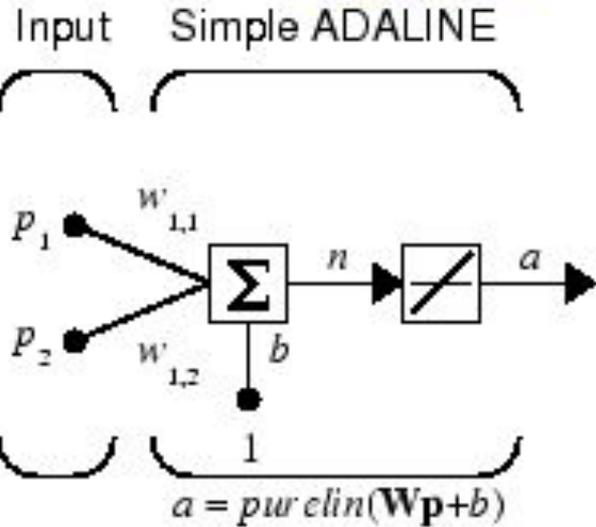
Во втором слое – линейный нейрон

Все нейроны с пороговой функцией активации





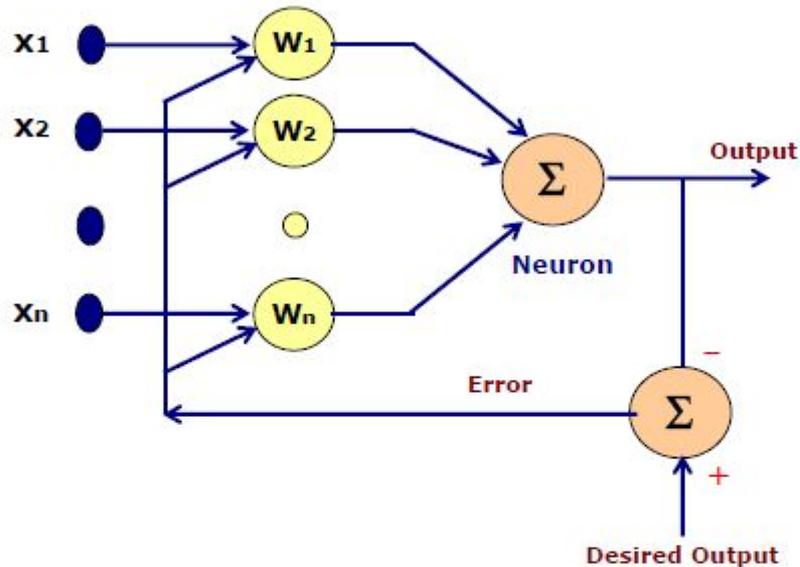
Адаптивный линейный нейрон (элемент) ADALINE



Адаптивный линейный элемент имеет такую же структуру, как и обычный линейный нейрон, но замкнутый обратной связью по функции ошибки, которая выполняет адаптацию весовых коэффициентов нейронной сети.

Обучение производится по правилу Уидроу-Хоффа, выведенное как усовершенствование правила обучения персептрона и ставшее основой для более сложных алгоритмов обучения..

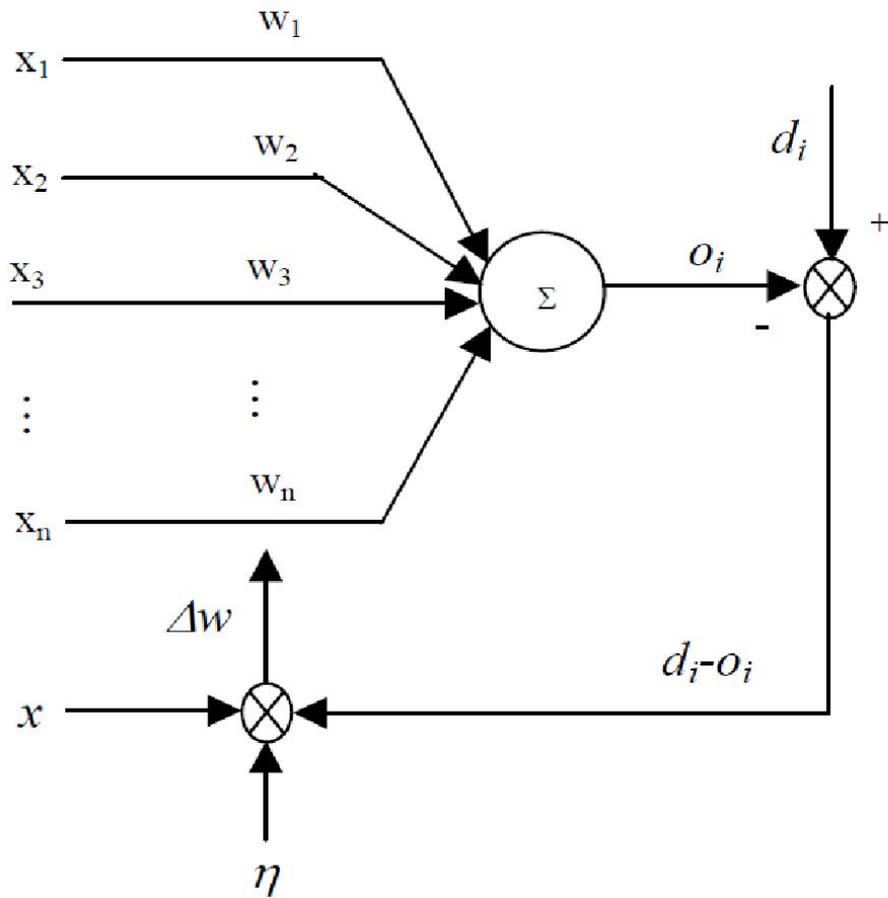
Часто сети такой структуры применяются для фильтрации сигналов.



Иногда в литературе встречаются упоминания адаптивного линейного нейрона с пороговой функцией активации, что позволяет применять такие сети для реализации логических операций над линейно-разделимыми множествами входных воздействий.



Алгоритм обучения Уидроу-Хоффа



$$\Delta w = (d_i - o_i) \mu x_i$$

