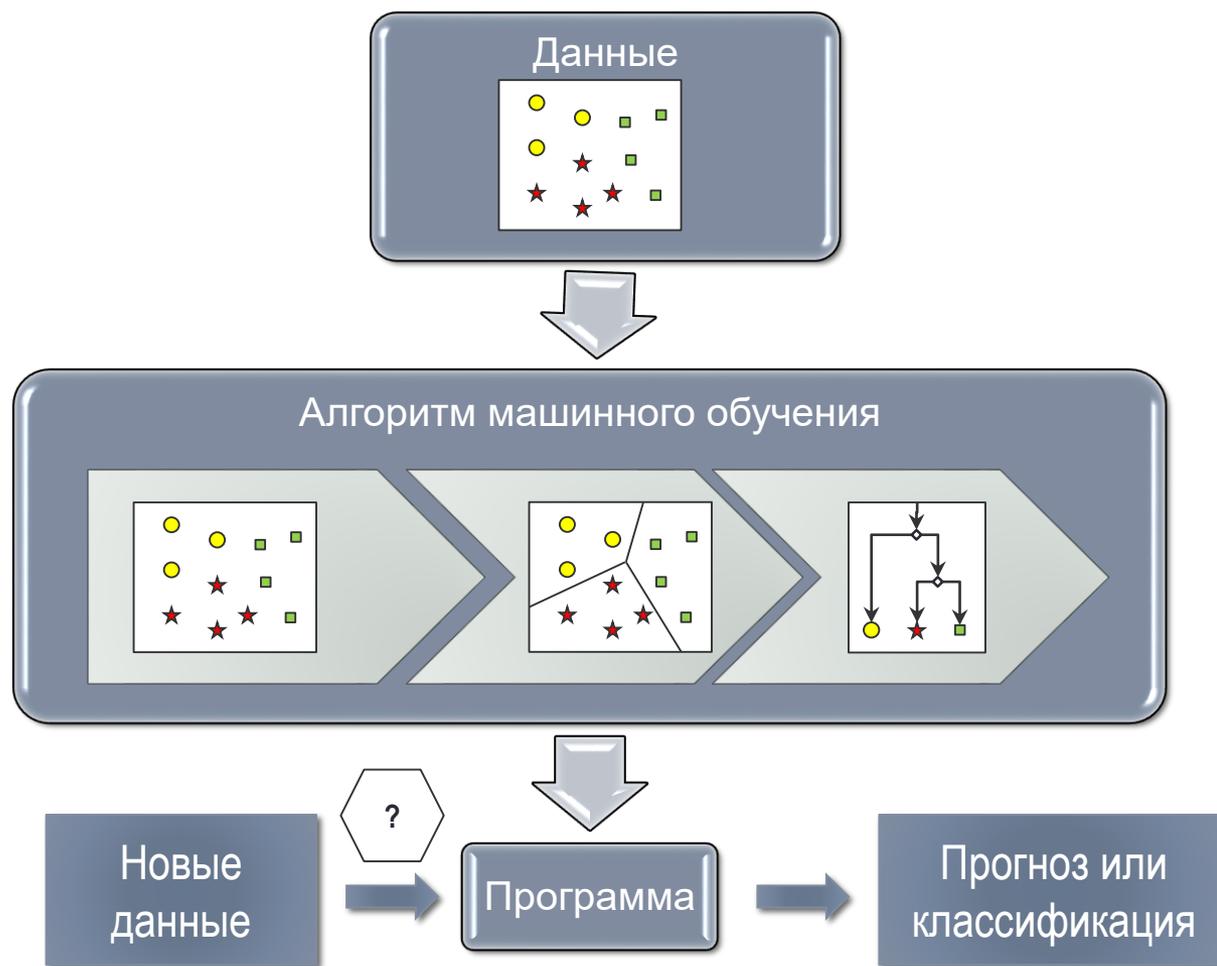


ВВЕДЕНИЕ В МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

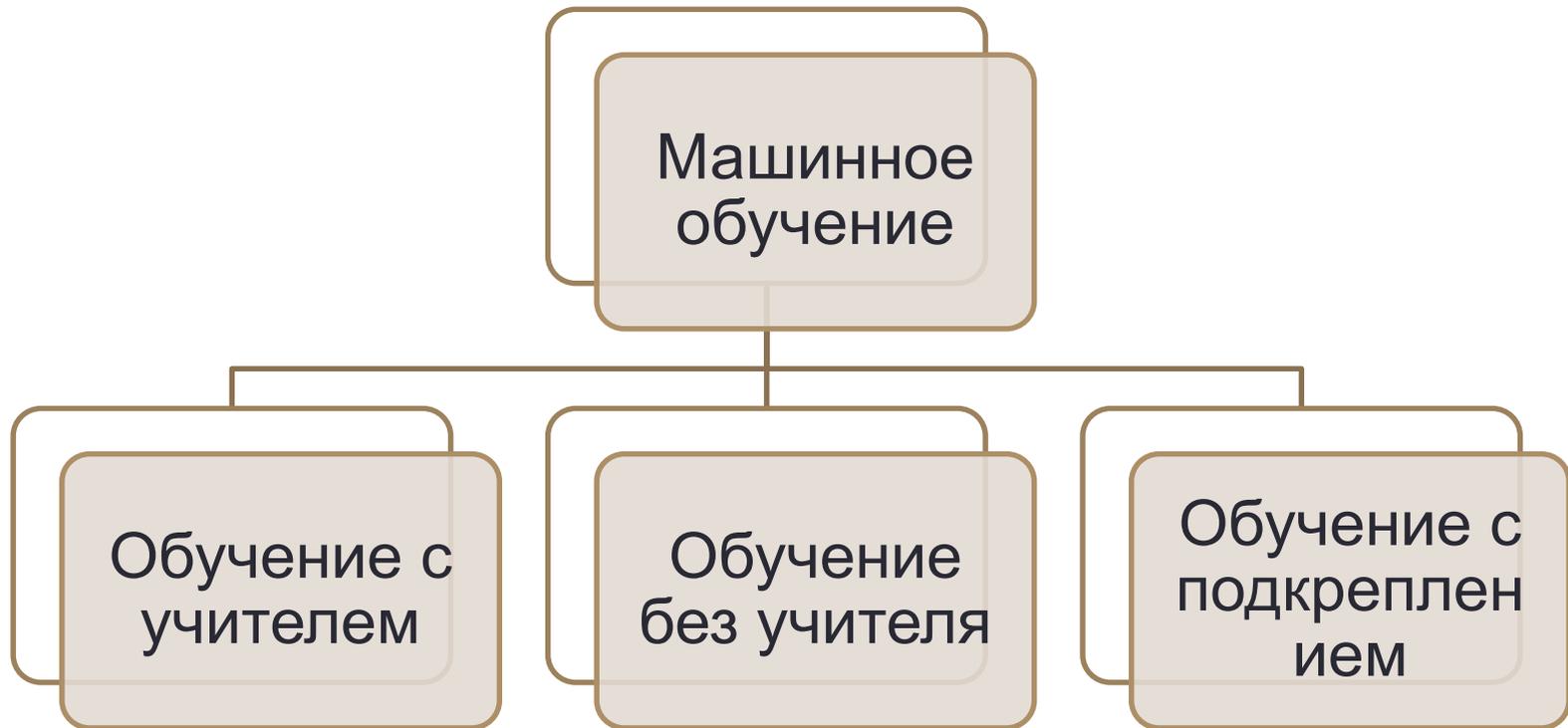
Краткое содержание лекции

- **Понятие машинного обучения**
- **Сравнение работы искусственной нейронной сети с биологической нейронной сетью**
- **Виды нейронных сетей**
- **Этапы построения моделей интеллектуального анализа данных**

Понятие машинного обучения

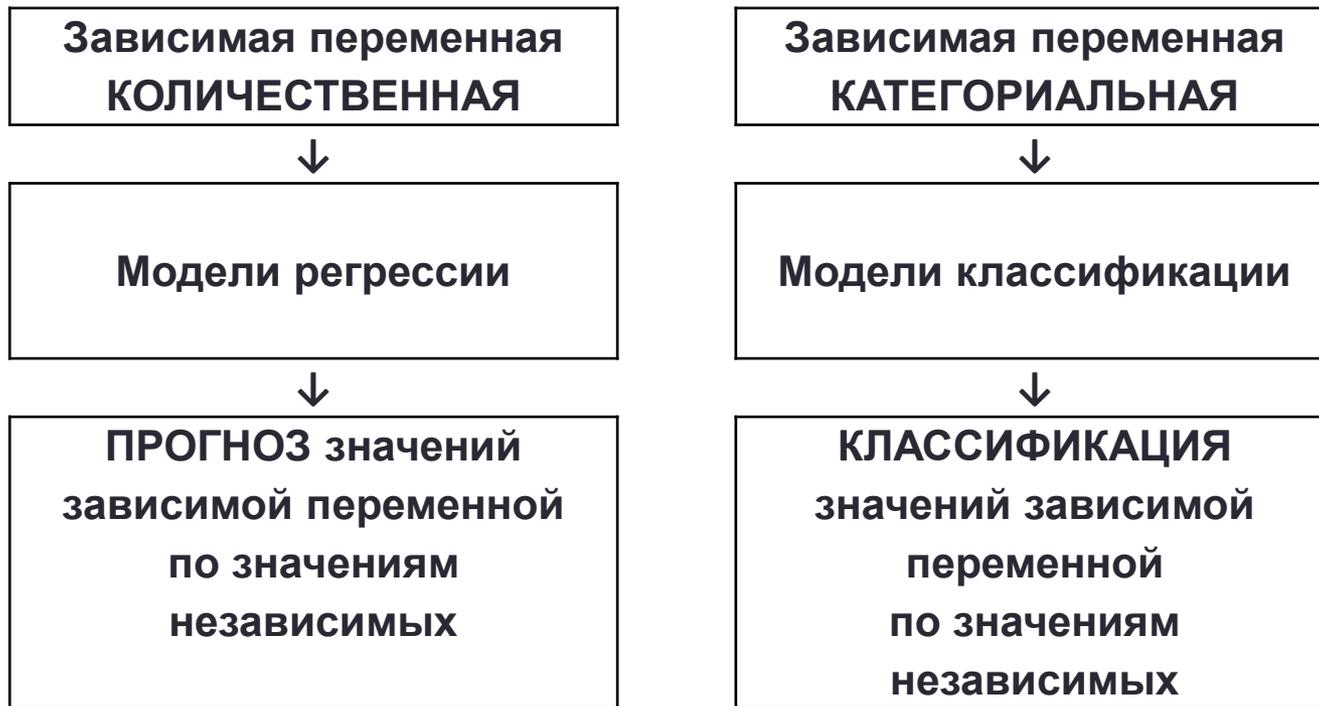


Основные виды машинного обучения

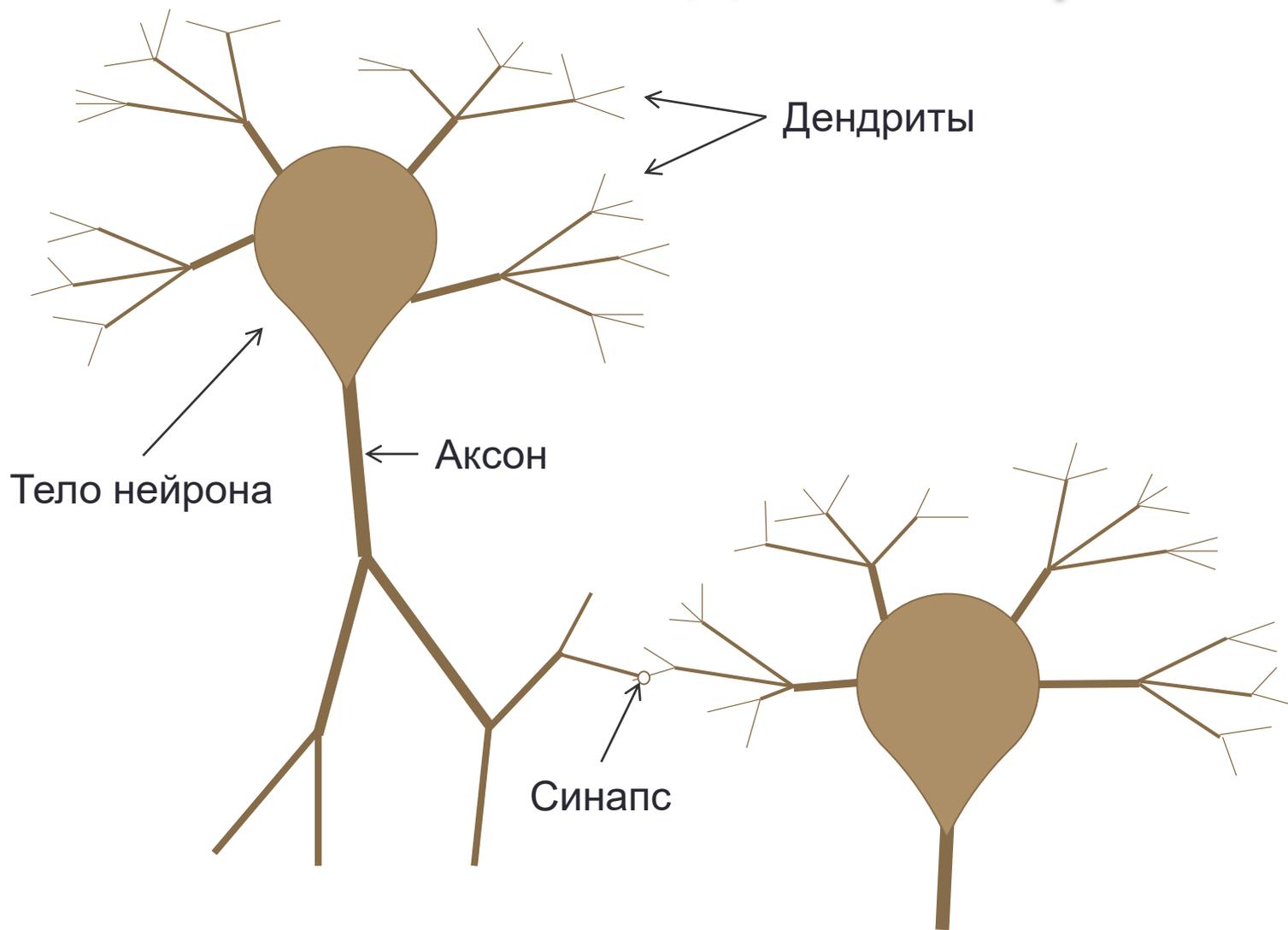


Задачи классификации и регрессии

- Цель: определить форму функциональной зависимости



Биологическая модель нейрона



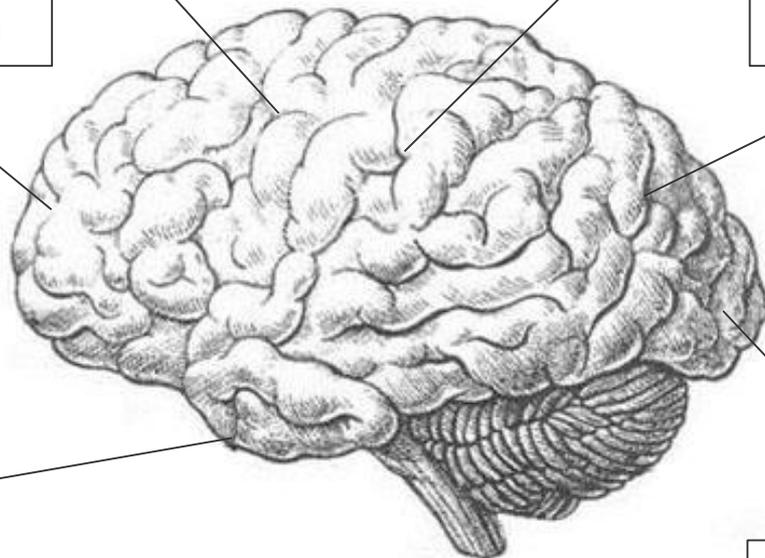
Основные принципы работы мозга

Двигательная зона коры
(движение)

Соматосенсорная зона коры
(ощущения)

Лобная доля
(мышление и речь)

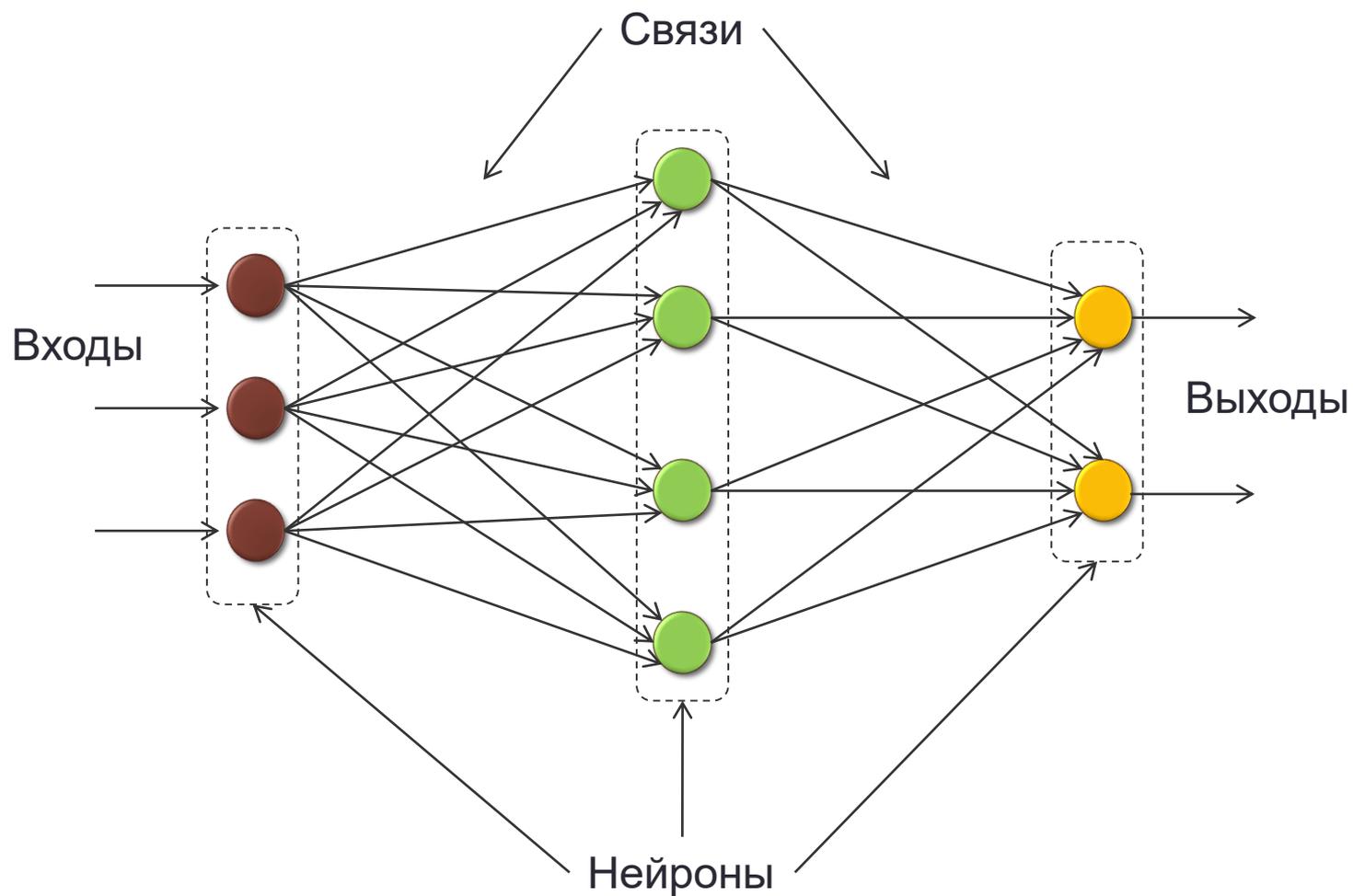
Теменная доля
(положение тела)



Височная доля
(обоняние)

Затылочная доля
(зрение)

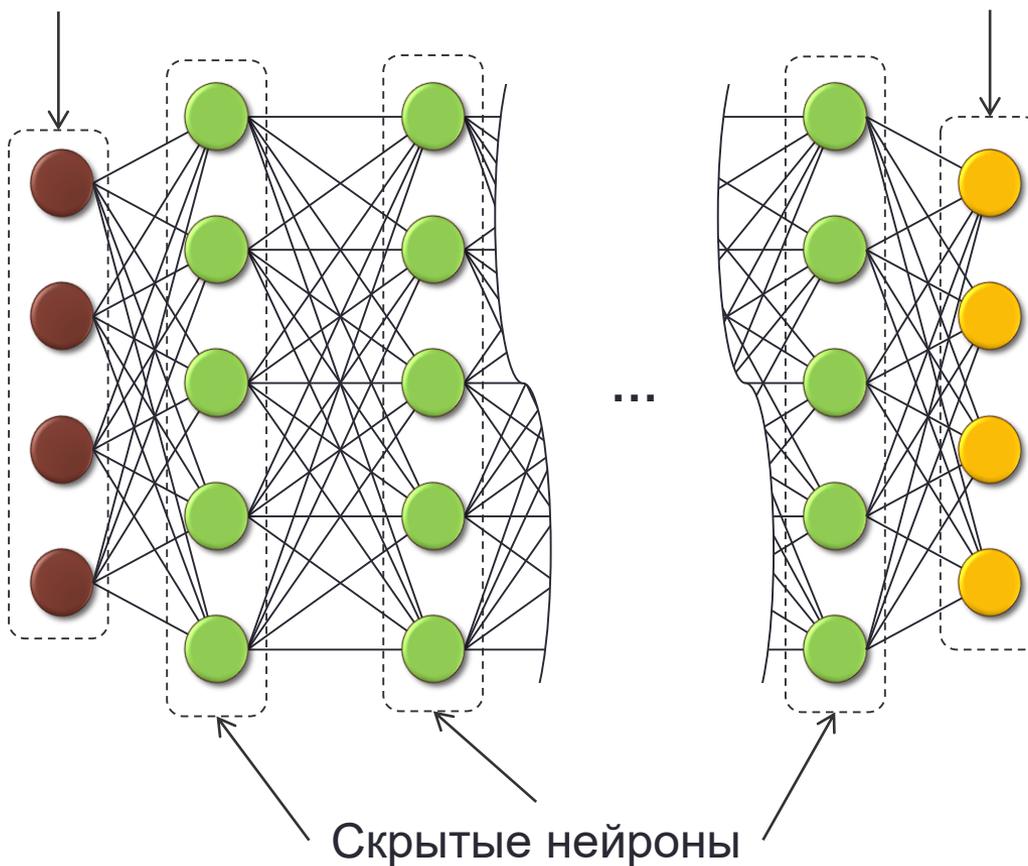
Понятие искусственной нейронной сети



Архитектура нейронных сетей

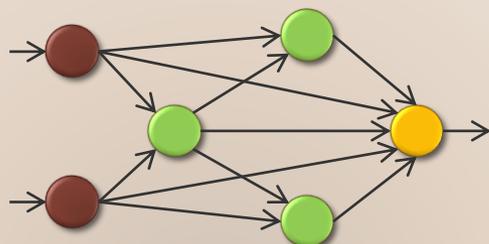
Входные
нейроны

Выходные
нейроны

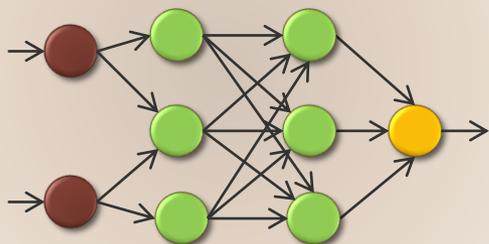


Виды нейронных сетей

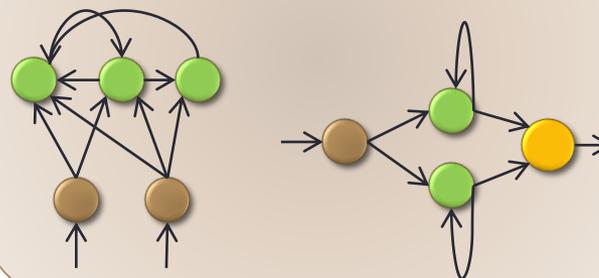
Нейронные сети прямого распространения



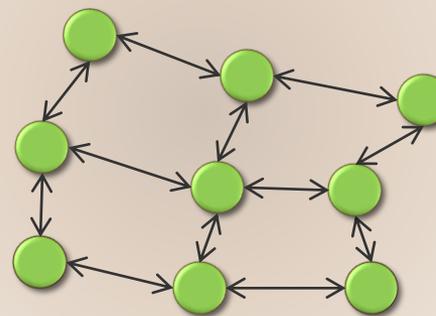
Многослойные сети прямого распространения



Рекурсивные нейронные сети



Самоорганизующиеся карты



Области применения нейронных сетей



Преимущества и недостатки нейронных сетей



Могут моделировать сложные зависимости

Не требуют предположений о характере распределения данных

Могут адаптироваться при поступлении новых данных



Требуют большого объёма данных для обучения

Человеку сложно интерпретировать нейросетевые модели

Обучение нейронной сети требует понимания и опыта от исследователя

Вопросы по теме



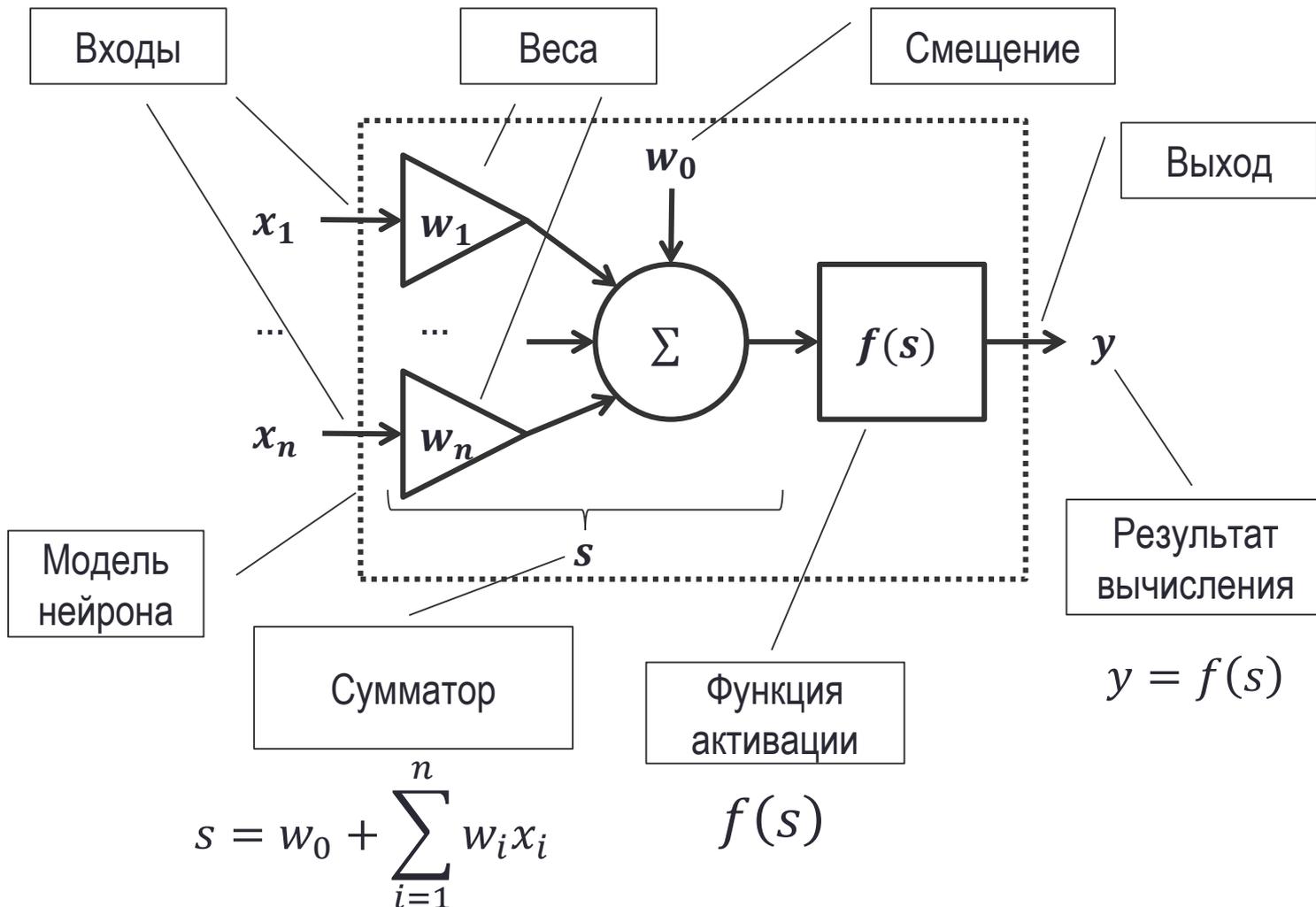
???

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОГО НЕЙРОНА

Краткое содержание лекции

- **Общая математическая модель нейрона**
- **Основные элементы математического нейрона**
- **Основные функции активации**
- **Нейронные сети для решения задачи регрессии**
- **Нейронные сети для решения задачи классификации**

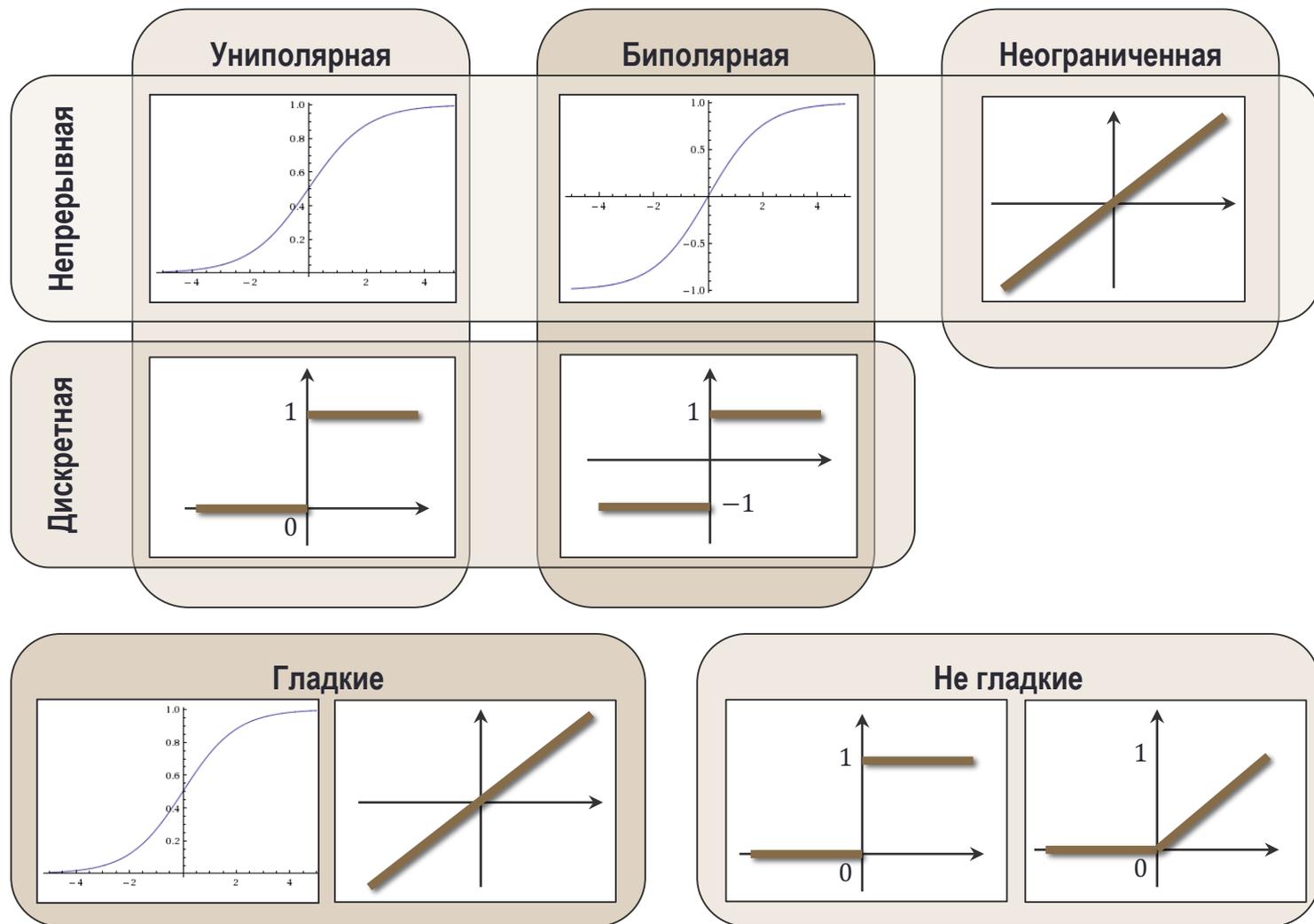
Математическая модель нейрона



Сравнение биологической и искусственной нейронной сети

Биологическая нейронная сеть	Искусственная нейронная сеть
Дендриты	Входы
Сила синаптической связи	Веса
Сложность активации нейрона	Смещение
Суммарное возбуждение нейрона	Значение сумматора
Реакция тела нейрона на суммарное возбуждение	Функция активации
Аксон	Выход

Виды функций активации



Требования к функции активации

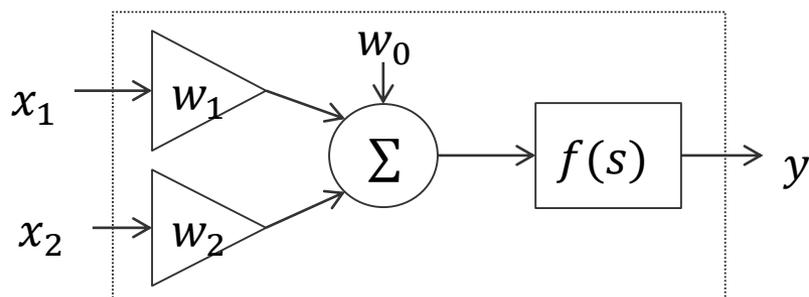
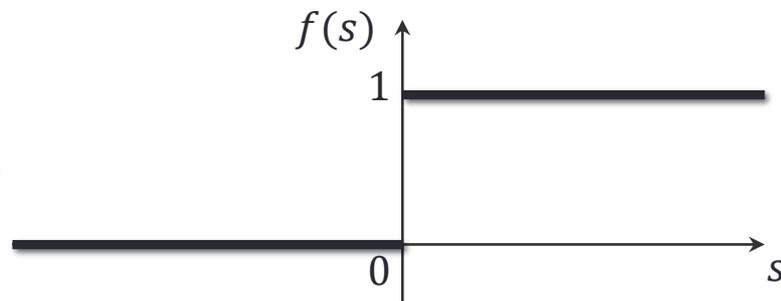
- **Общие требования:**
 - должна быть неубывающей
 - должна быть гладкой (почти везде)
- **Требования для скрытых слоёв:**
 - нелинейность
 - ограниченная область выходных значений
- **Требования для выходных слоёв:**
 - для задач регрессии должна быть непрерывной
 - для задач классификации может быть как дискретной, так и непрерывной

Униполярная пороговая функция активации

Значения функции:

$$y = f_u(s) = \begin{cases} 0, & s < 0; \\ 1, & s \geq 0. \end{cases}$$

График функции:



$$s = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_0$$

$$w_1 = 1$$

$$w_2 = -1$$

$$w_0 = -0,5$$

Входы: $x_1 = 1, x_2 = 0$

Сумматор: $s = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_0 =$
 $= 1 \cdot 1 + (-1) \cdot 0 + (-0.5) = 0.5$

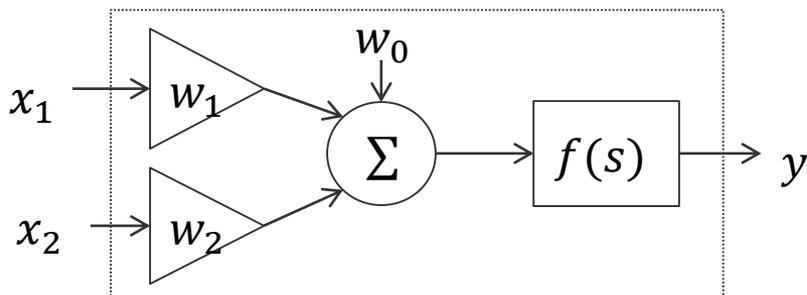
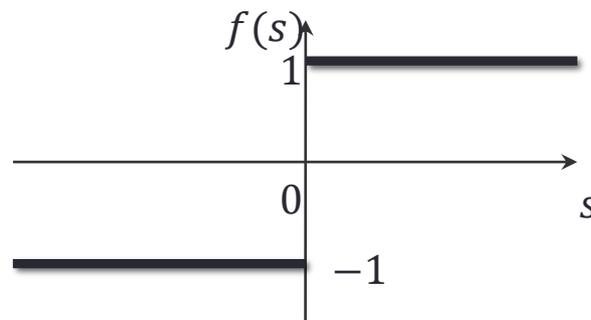
Выход: $y = f(s) = f(0.5) = 1$

Биполярная пороговая функция активации

Значения функции:

$$f_b(s) = \begin{cases} -1, & s < 0; \\ 1, & s \geq 0. \end{cases}$$

График функции:



$$s = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_0$$

$$w_1 = 1$$

$$w_2 = -1$$

$$w_0 = -0,5$$

Входы: $x_1 = -1, x_2 = 1$

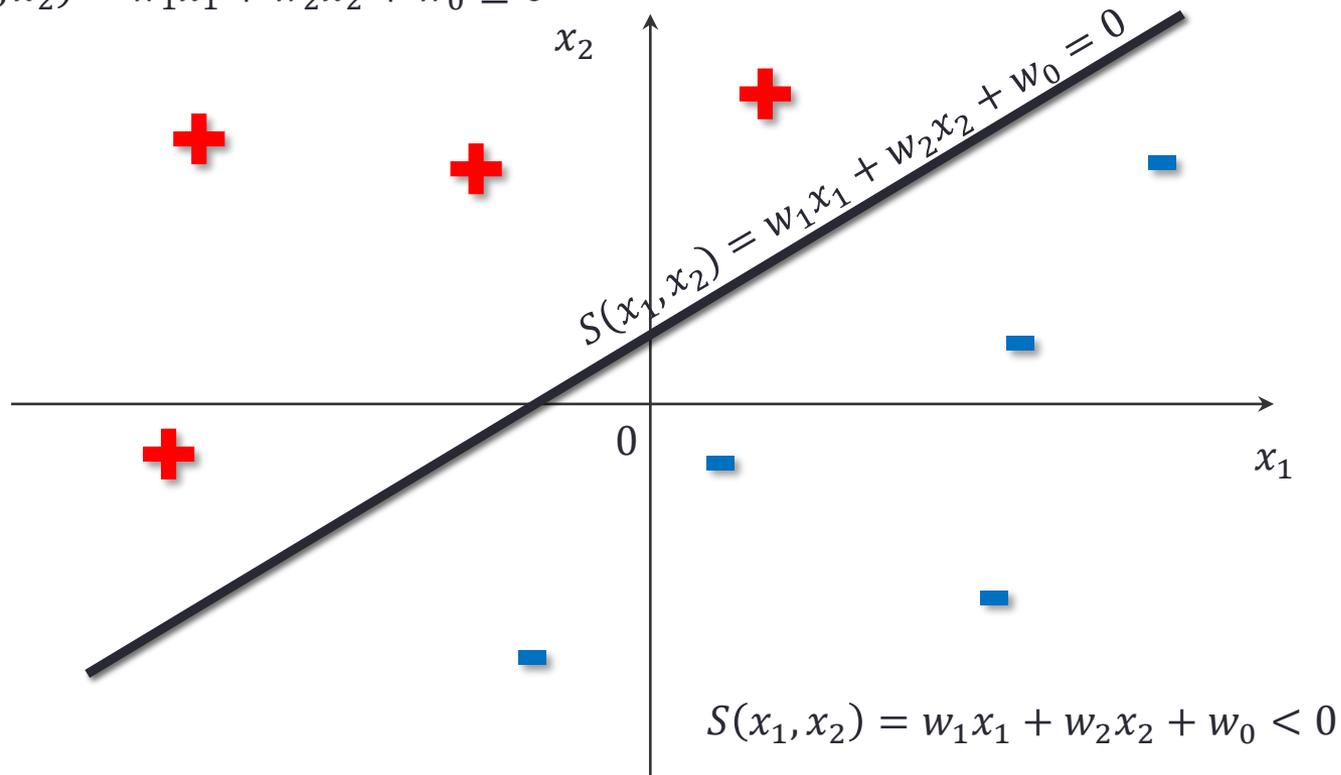
Сумматор: $s = w_1 x_1 + w_2 x_2 + w_0 =$
 $= 1 \cdot (-1) + (-1) \cdot 1 + (-0.5) = -2.5$

Выход: $y = f(s) = f(-2.5) = -1$

Решение задачи классификации с помощью модели нейрона

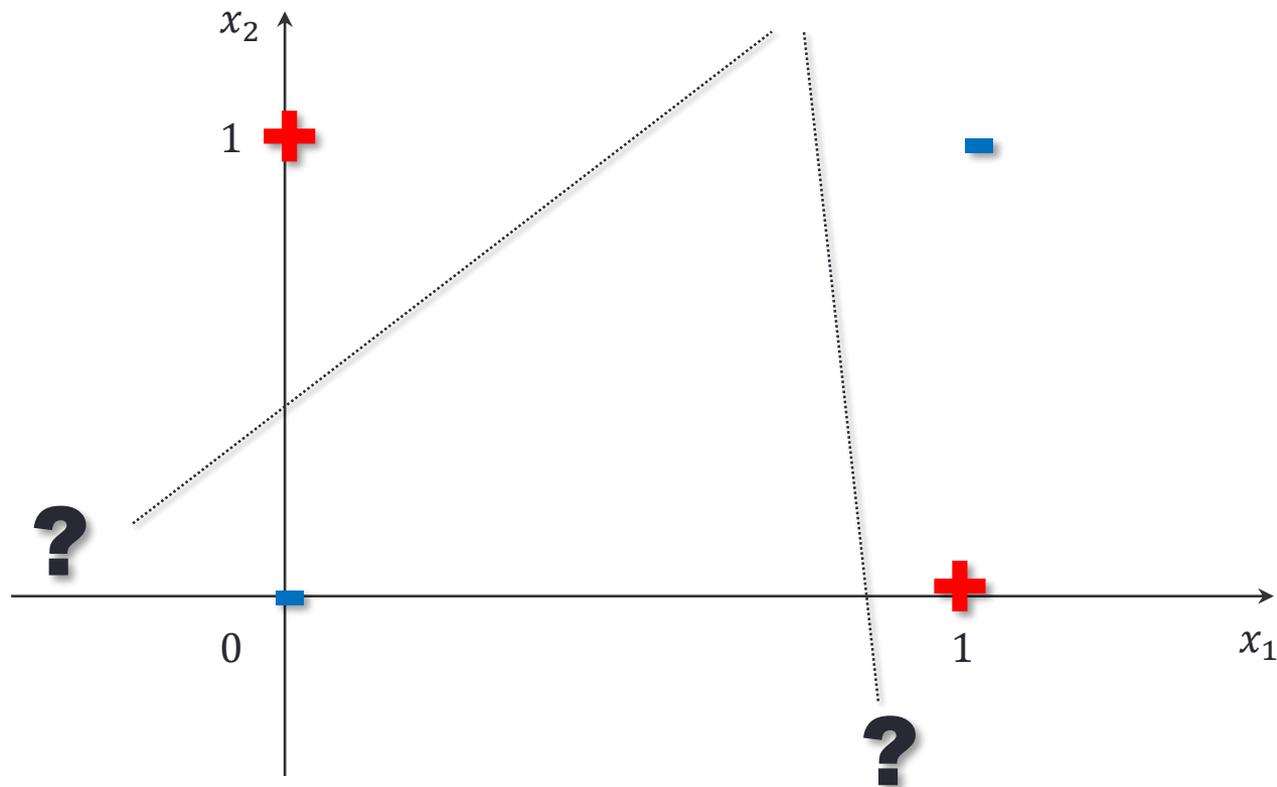
- Нейрон с двумя входами x_1 и x_2 и пороговой функцией активации

$$S(x_1, x_2) = w_1x_1 + w_2x_2 + w_0 \geq 0$$

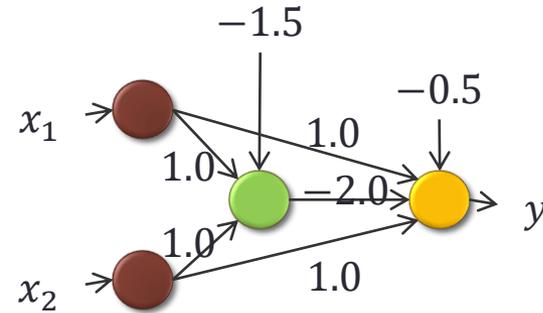
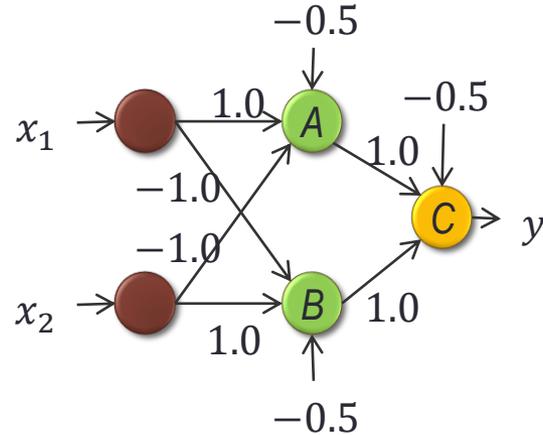


Проблема линейной неразделимости в задачах классификации

- Не существует прямой, которая бы разделила эти 4 точки:



Решение проблемы линейной неразделимости



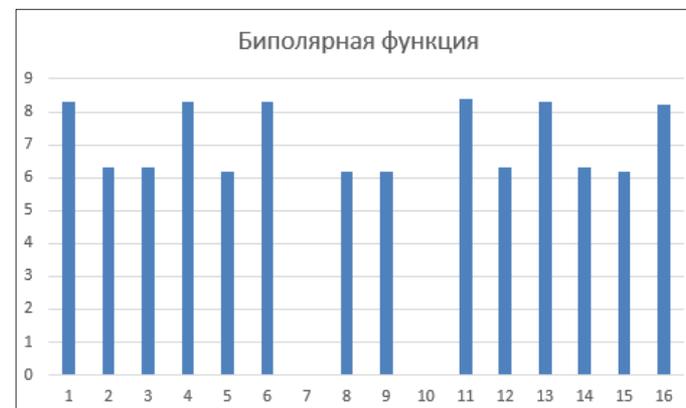
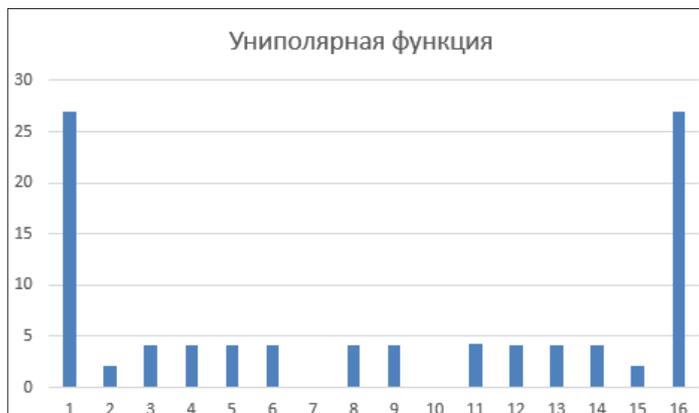
Например, для левой сети:

x_1	x_2	Нейрон A $y_A = f(x_1 - x_2 - 0.5)$	Нейрон B $y_B = f(-x_1 + x_2 - 0.5)$	Нейрон C $y_C = f(y_A + y_B - 0.5)$
0	0	$f(0 - 0 - 0.5) = f(-0.5) = 0$	$f(-0 + 0 - 0.5) = f(-0.5) = 0$	$f(0 + 0 - 0.5) = f(-0.5) = 0$
0	1	$f(0 - 1 - 0.5) = f(-1.5) = 0$	$f(-0 + 1 - 0.5) = f(0.5) = 1$	$f(0 + 1 - 0.5) = f(0.5) = 1$
1	0	$f(1 - 0 - 0.5) = f(0.5) = 1$	$f(-1 + 0 - 0.5) = f(-1.5) = 0$	$f(1 + 0 - 0.5) = f(0.5) = 1$
1	1	$f(1 - 1 - 0.5) = f(-0.5) = 0$	$f(-1 + 1 - 0.5) = f(-0.5) = 0$	$f(0 + 0 - 0.5) = f(-0.5) = 0$

Сравнение униполярной и биполярной функции активации

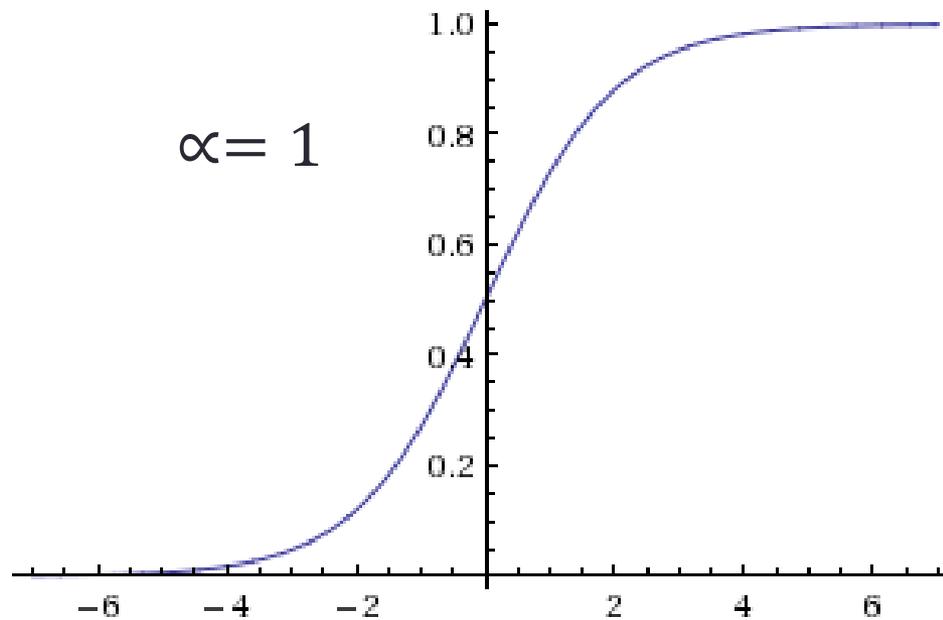
- Частота повторения булевых функций (%)

Функция активации	Булева функция															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Униполярная	27	2,1	4,2	4,1	4,2	4,2	0	4,1	4,2	0	4,3	4,2	4,2	4,1	2,1	27
Биполярная	8,3	6,3	6,3	8,3	6,2	8,3	0	6,2	6,2	0	8,4	6,3	8,3	6,3	6,2	8,2



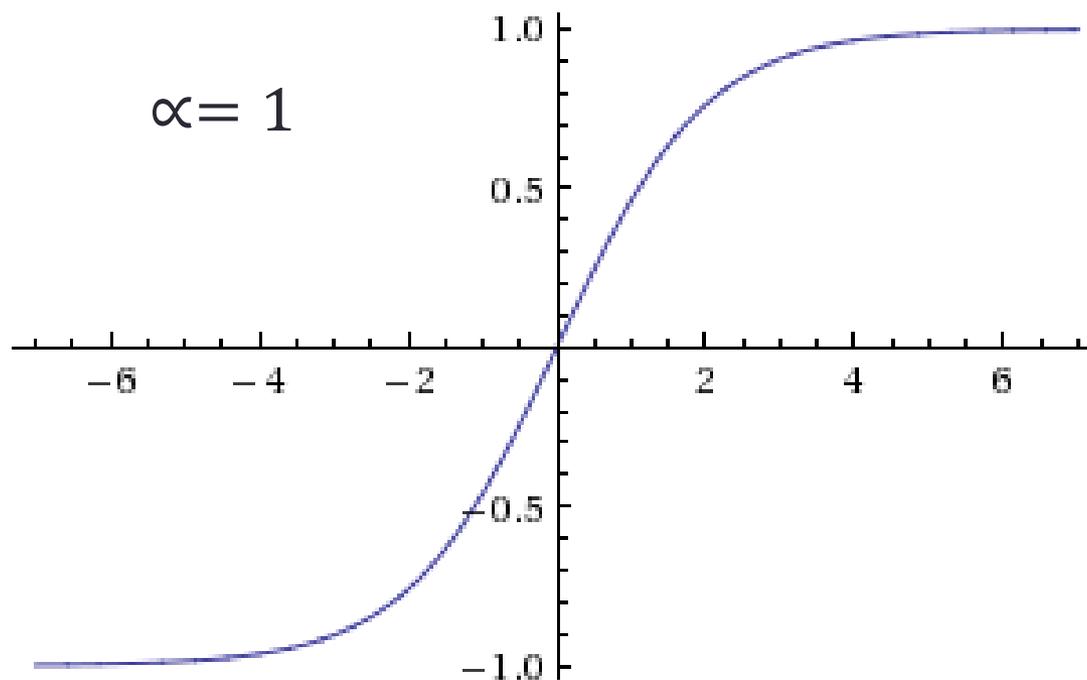
Сигмоидальная функция активации

$$f_{sigmoid}(s) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha s}}$$



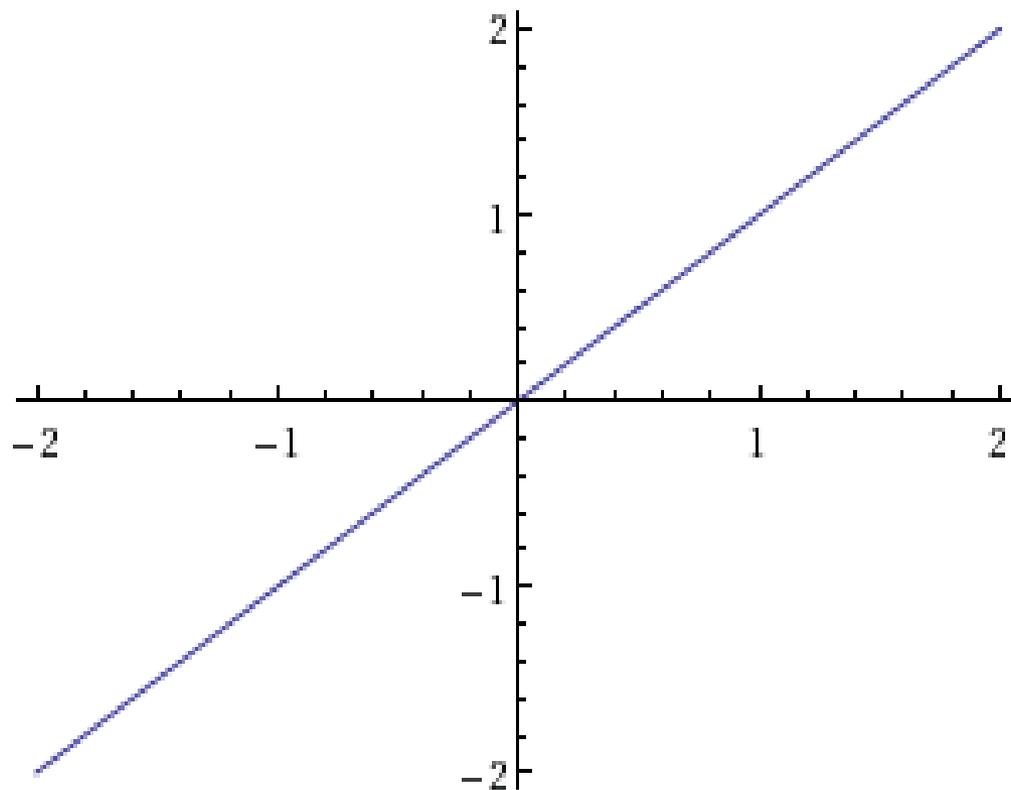
Гиперболический тангенс

$$f_{th}(s) = th\left(\frac{\alpha s}{2}\right) = \frac{1 - e^{-\alpha s}}{1 + e^{-\alpha s}} = 2f_{sigmoid}(s) - 1$$



Линейная функция активации

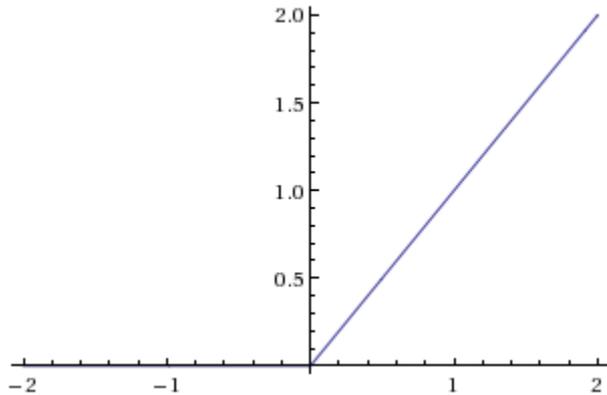
$$f_L(s) = s$$



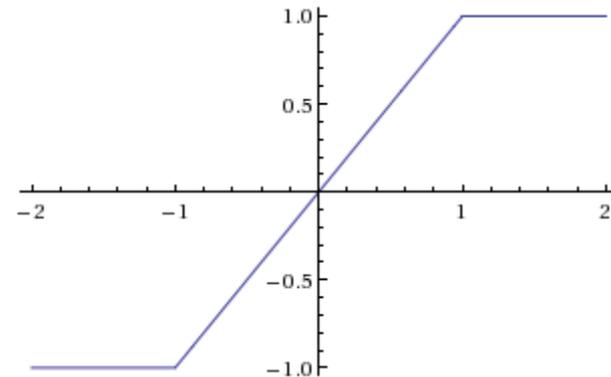
Кусочно-линейные функции активации

Функция ReLU (Rectified Linear Unit)

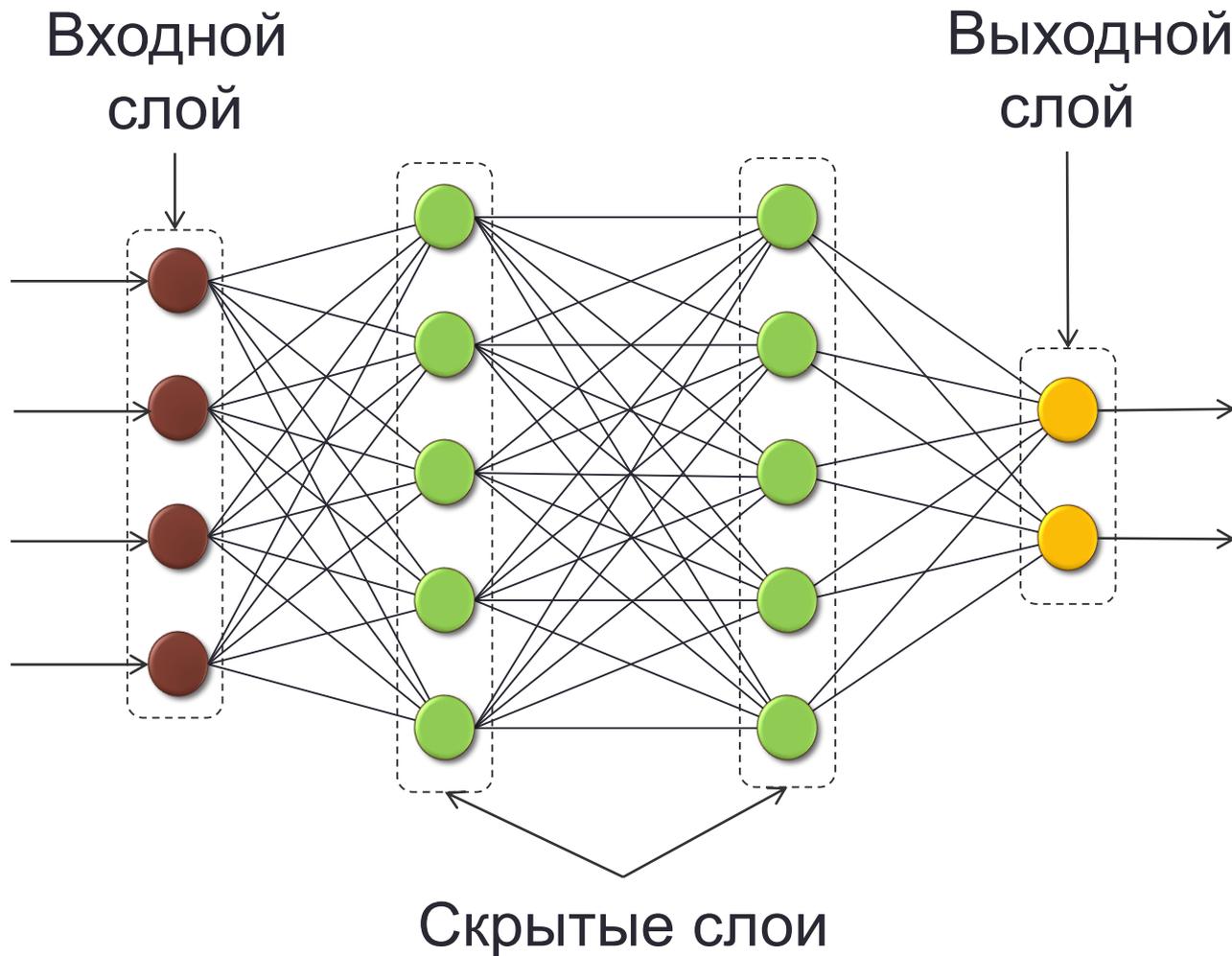
$$f_{RL}(s) = \begin{cases} 0, & s < 0 \\ s, & s \geq 0 \end{cases}$$



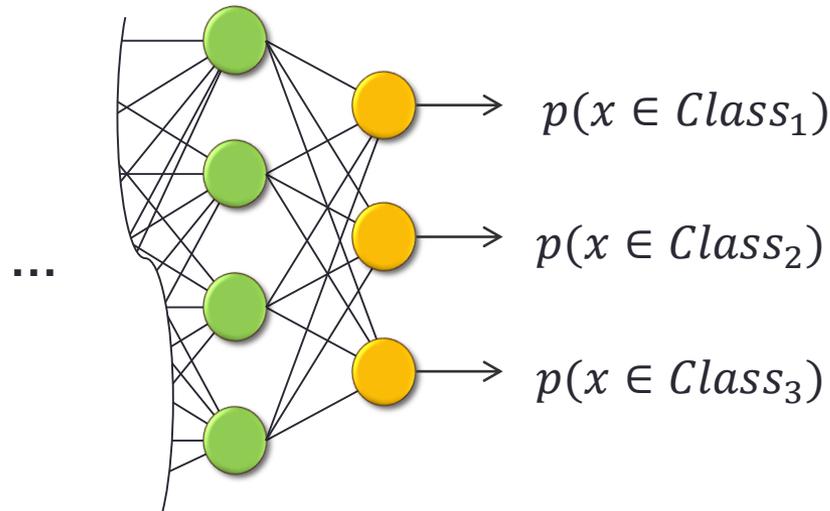
$$f_{PL}(s) = \begin{cases} -1, & s < -1 \\ s, & -1 \leq s \leq 1 \\ 1, & s > 1 \end{cases}$$



Архитектура нейросетей для задач регрессии

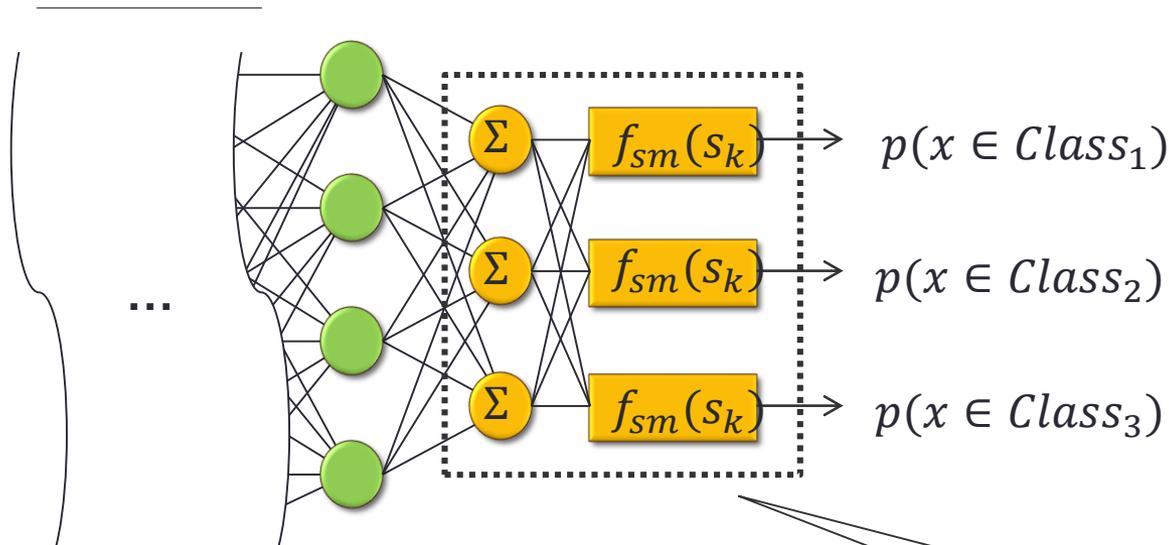


Архитектура нейросетей для задач классификации



- Выходы сети рассматриваются как вероятности принадлежности объекта к определённому классу
- Проблемы при использовании сигмоиды в выходном слое:
 - сумма выходов нейронной сети $\neq 1$
 - медленное обучение для некоторых ситуаций

Функция активации софтмакс



$$p(x \in Class_k) = f_{sm}(s_k) = \frac{e^{s_k}}{\sum_{j=1}^m e^{s_j}}$$

k – индекс нейрона

m – число нейронов софтмакс слоя (число классов)

s_k сумматор каждого нейрона

$f_{sm}(s_k)$ – функция активации софтмакс

Выходной
софтмакс слой

Теперь Вы знаете

- Как устроена математическая модель нейрона
- Какие функции активации применяются при построении нейронной сети
- Как решаются задачи классификации и регрессии нейронной сетью

Вопросы по теме



???

