

Основные концепции нейронных сетей

2025/2026 уч год


4 курс

Введение

- Введение, сведения из биологии, физиологии высшей нервной деятельности, психологии, кибернетики, статистической физики и дискретной математики;
- Биологический нейрон и его математическая модель;
- ПЕРСЕПТРОН, линейная разделимость и теорема Розенблатта об обучении;
- Обучение нейронной сети, как задача комбинаторной оптимизации;
- Правило Хебба, модель Хопфилда и ее обобщения;
- Иерархические нейронные сети;
- Алгоритм обратного распространения ошибок;
- Модели Липпмана-Хемминга, Хехт-Нильсена, Коско;
- Способы представления информации в нейронных сетях;

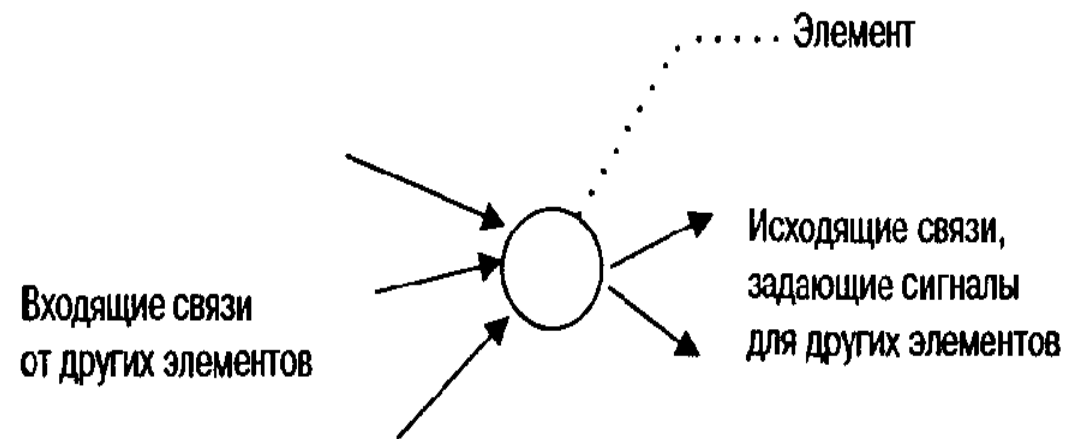


Введение

- Современные нейросетевые архитектуры, КОГНИТРОН и НЕОКОГНИТРОН Фукушимы;
 - Теория адаптивного резонанса;
 - Алгоритмы генетического поиска для построения топологии и обучения нейронных сетей;
 - Адаптивный кластерный анализ и карта самоорганизации Кохонена;
 - Конечные автоматы и нейронные сети;
 - Заключение - современные нейронауки, нейро-ЭВМ шестого поколения, нейропроцессоры, математическое обеспечение, научные и коммерческие приложения.
- 

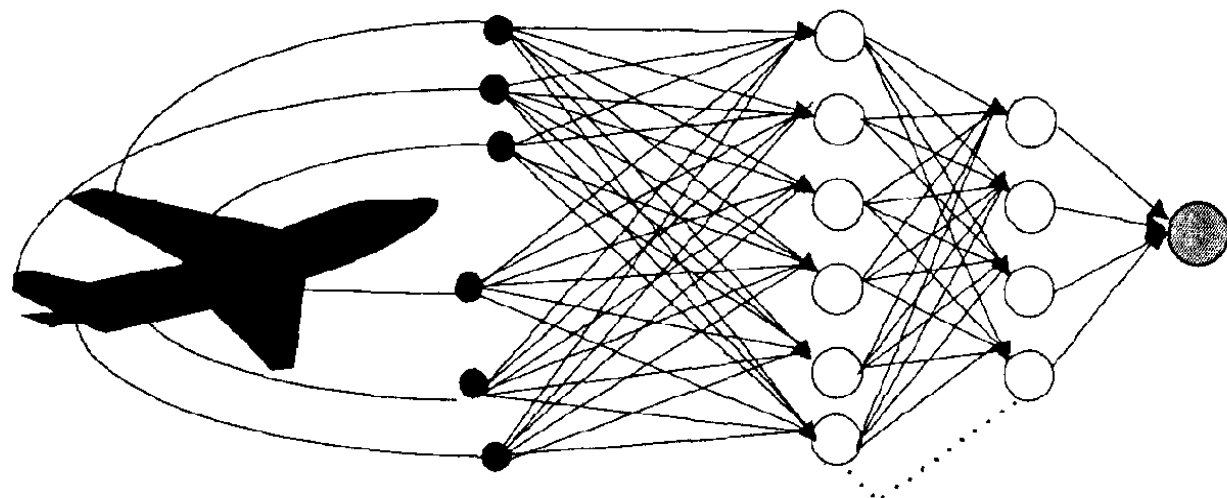
Основные компоненты

- ▶ Отдельный элемент сети



Основные компоненты

- Схема применения нейронной сети для контроля технического состояния авиалайнера.

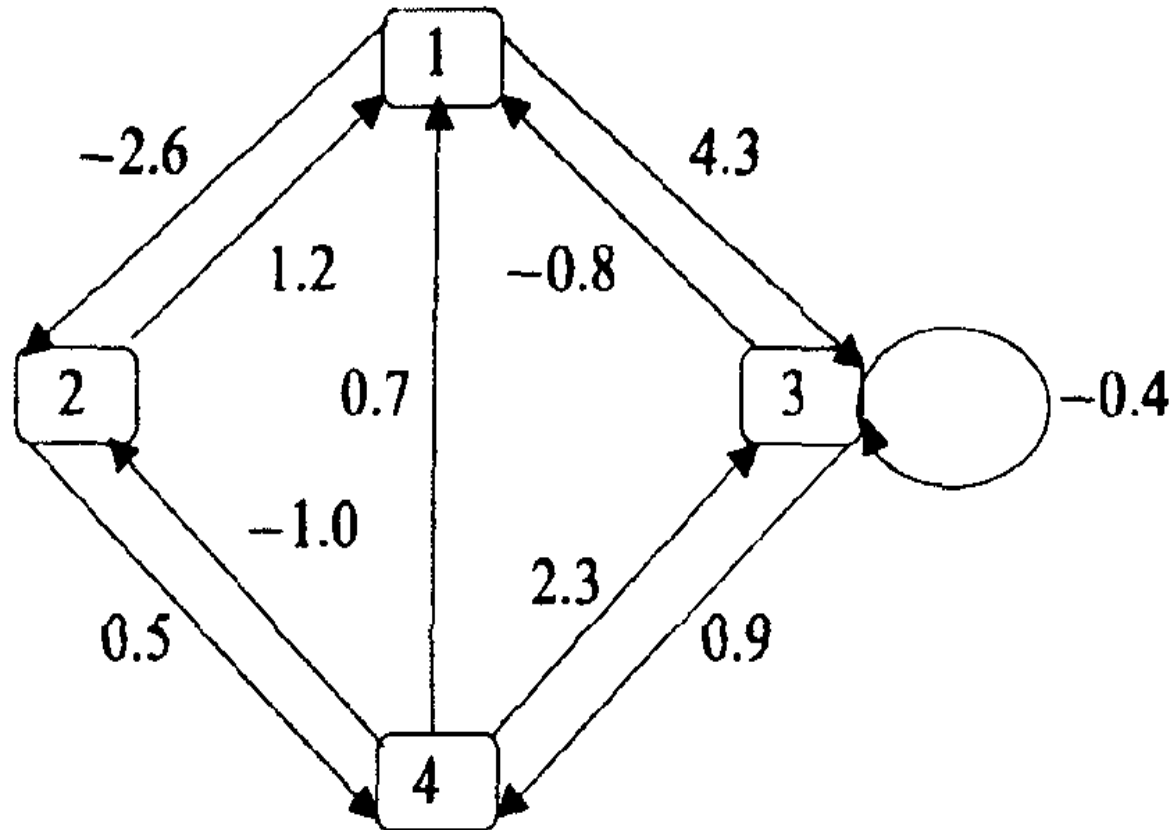


Скрытые элементы

- Входные элементы, принимающие данные от датчиков деформации
- Один выходной элемент, являющийся индикатором технического состояния авиалайнера

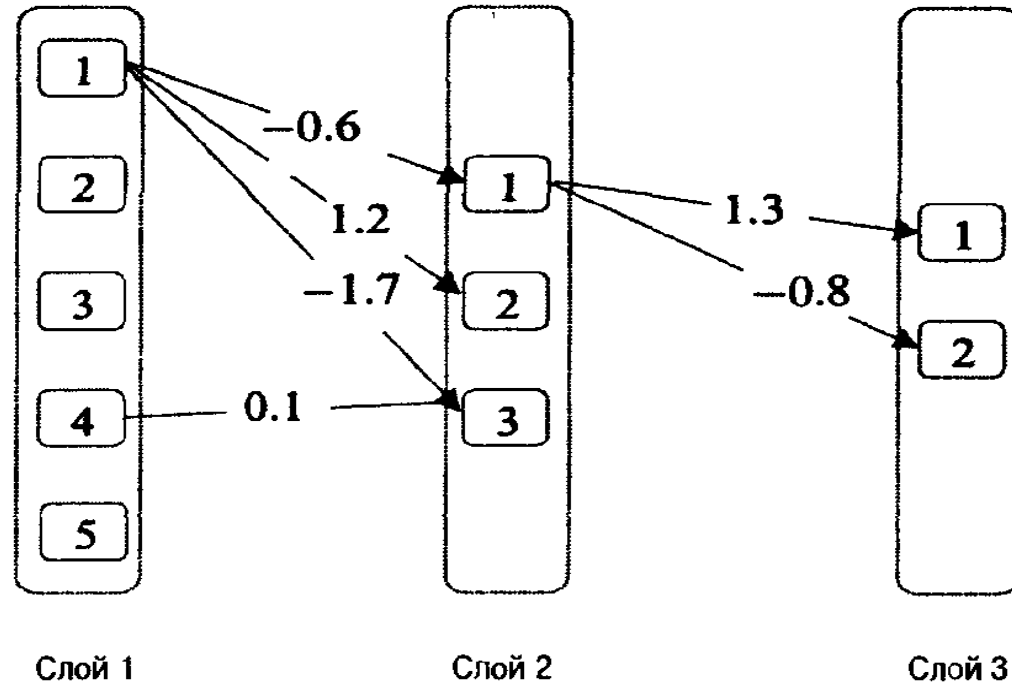
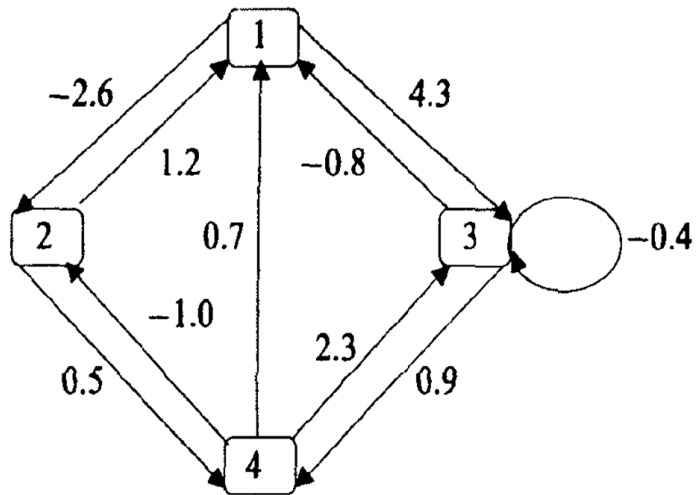
Структура связей

Матрица весов является памятью сети, хранящей информацию о том, как должна выполняться задача.

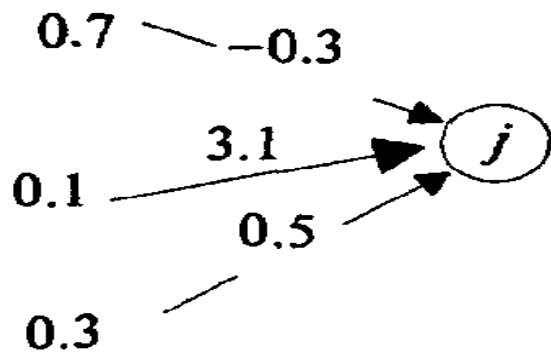


Структура связей

$$W = \begin{bmatrix} 0.0 & -2.6 & 4.3 & 0.0 \\ 1.2 & 0.0 & 0.0 & 0.5 \\ -0.8 & 0.0 & -0.4 & 0.9 \\ 0.7 & -1.0 & 2.3 & 0.0 \end{bmatrix}$$



- ▶ 1) Правило распространения сигналов в сети
- ▶ 2) Правило комбинирования входящих сигналов.



$$net_j = \sum_{i=1}^n x_i w_{ij}$$

$$net_j = (0.7 \times -0.3) + (0.1 \times 3.1) + (0.3 \times 0.5) \\ = 0.25$$

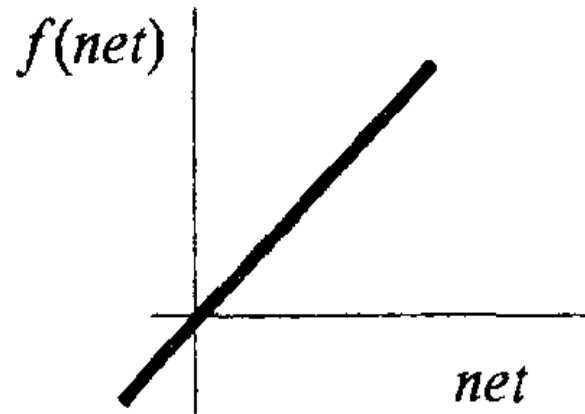
или в векторном представлении

$$[0.7 \quad 0.1 \quad 0.3] \begin{bmatrix} -0.3 \\ 3.1 \\ 0.5 \end{bmatrix}$$

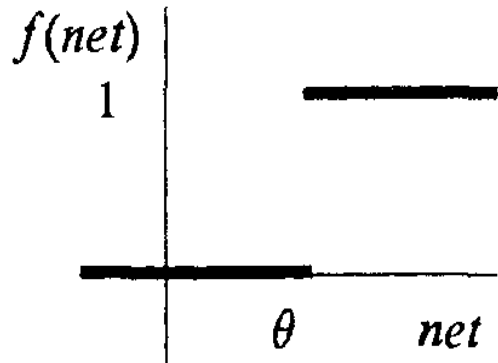
▶ 5) Правило вычисления сигналов активности

▶ Тожественная функция

Активность обозначается $f(\text{net})$



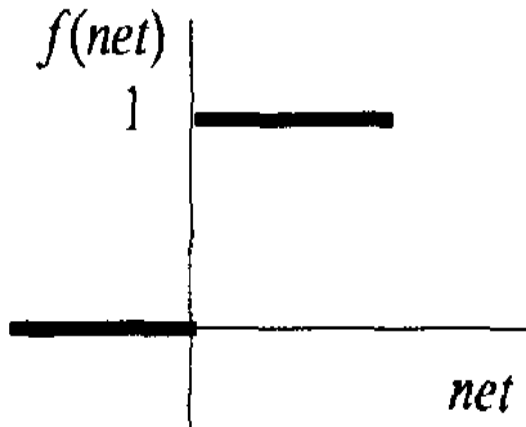
► Пороговая функция



$$f(net) = \begin{cases} 1, & \text{если } net_j \geq \theta, \\ 0, & \text{если } net_j < \theta. \end{cases}$$

► Пороговая функция с учтенным смещением

$$net_j = w_0 + \sum_{i=1}^n x_i w_{ij} .$$

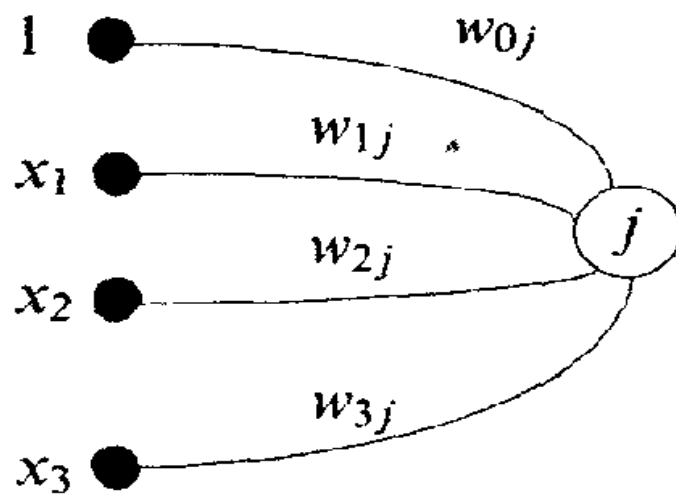


$$f(net) = \begin{cases} 1, & \text{если } net_j \geq 0, \\ 0, & \text{если } net_j < 0. \end{cases}$$

Сдвиг - связь, от элемента активности, активность которого всегда равна 1, следовательно, комбинированный ввод:

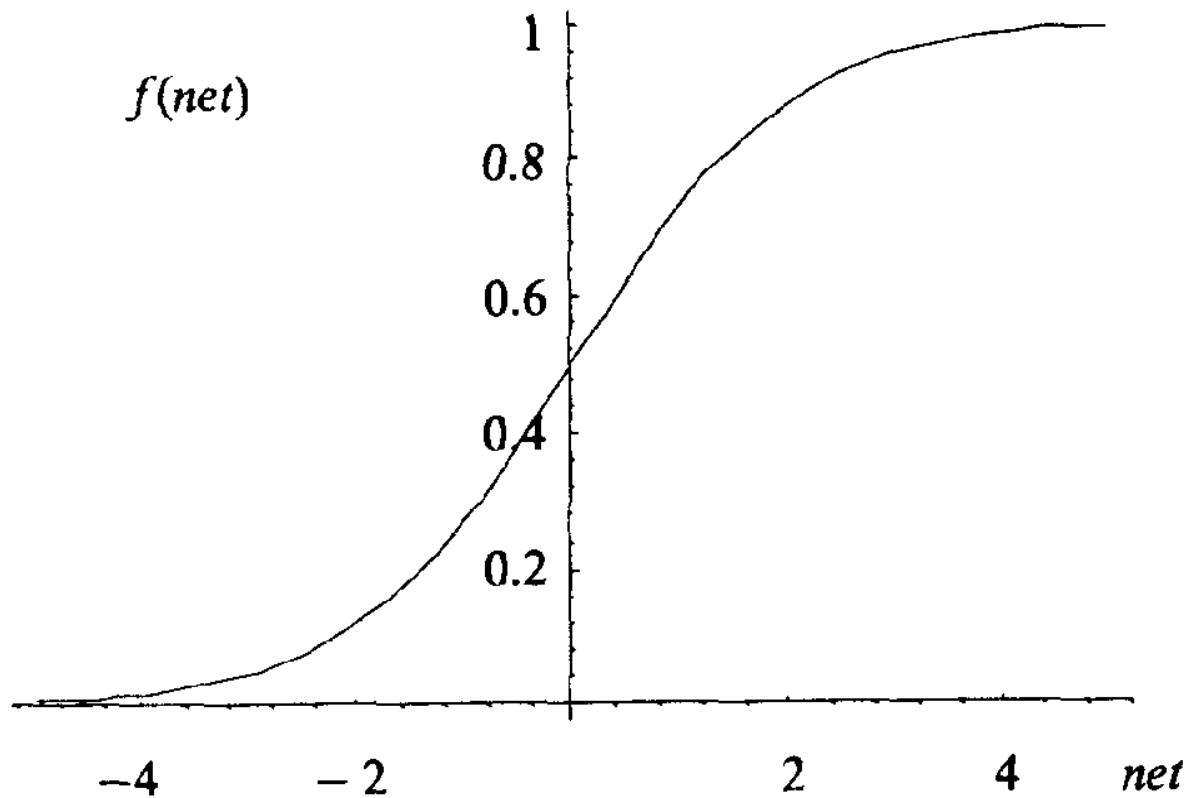
$$net_j = \sum_{i=0}^n x_i w_{ij} ,$$

где x_0 всегда считается равным 1.



Сигмоидальная функция

$$f(\text{net}) = \frac{1}{1 + \exp(-\text{net})}$$



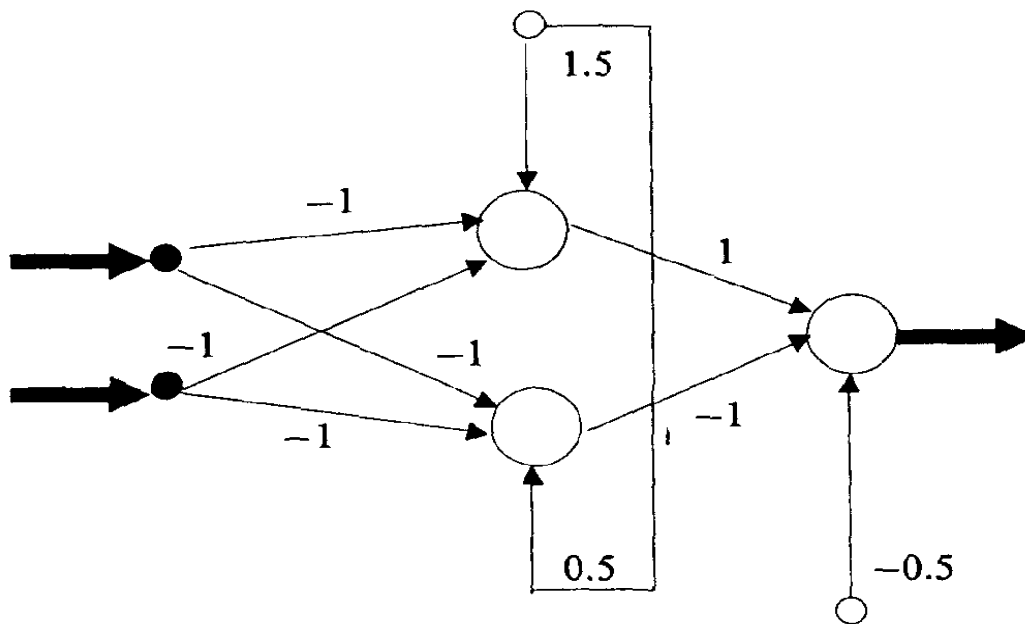
Пример 1

Определение XOR

Ввод		Вывод
x_1	x_2	
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

$$net_j = \sum_{i=0}^n x_i w_{ij} ,$$

$$f(net) = \begin{cases} 1, & \text{если } net \geq 0, \\ 0, & \text{если } net < 0. \end{cases}$$

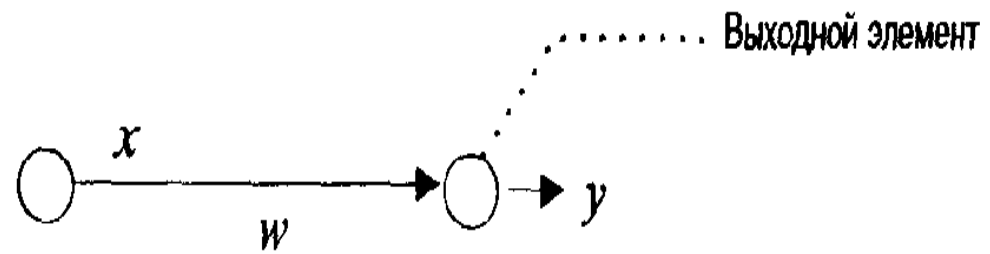


Правило обучения, корректирующее связи

```
int XOR(int val_1, int val_2)
{
    if (val_1 == 1 && val_2 == 1)
        return 0;
    if (value_1 == 0 && val_2 == 0)
        return 0;

    if (val_1 == 1 && val_2 == 0)
        return 1;
    if (val_1 == 0 && val_2 == 1)
        return 1;
}
```

Правило Видроу - Хоффа

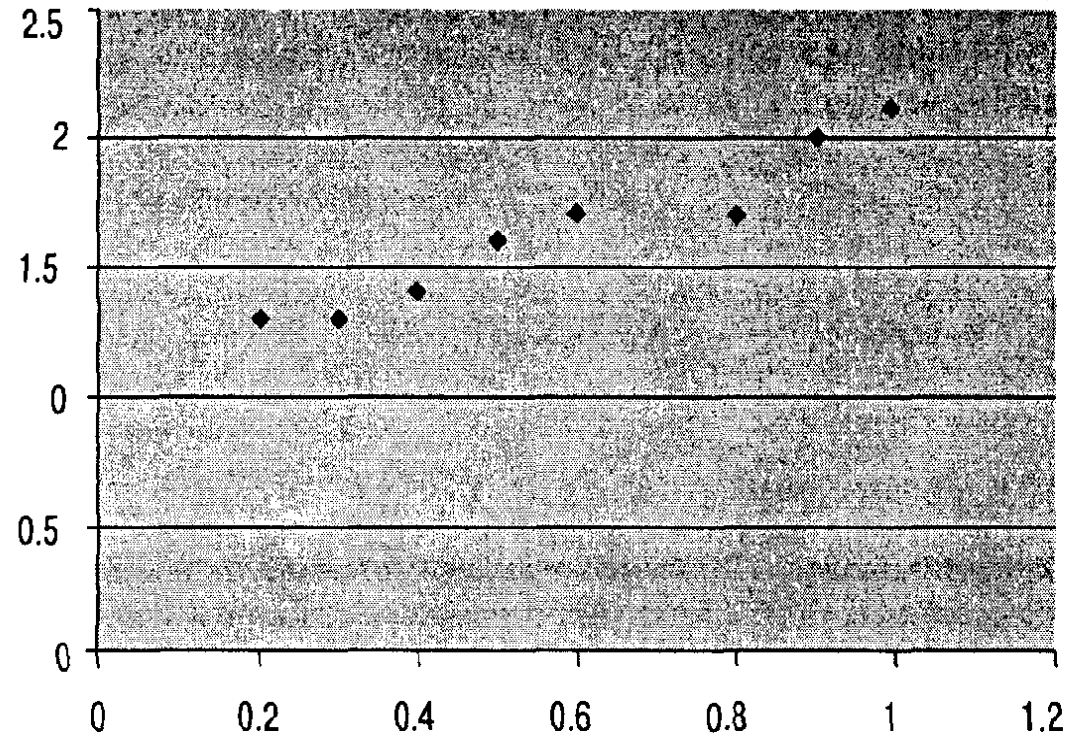


$$\delta = t - y.$$

$$\Delta w = \eta \delta x$$

Обучение нейронной сети

$$y = mx + c$$



◆ Данные

Метод наименьших квадратов

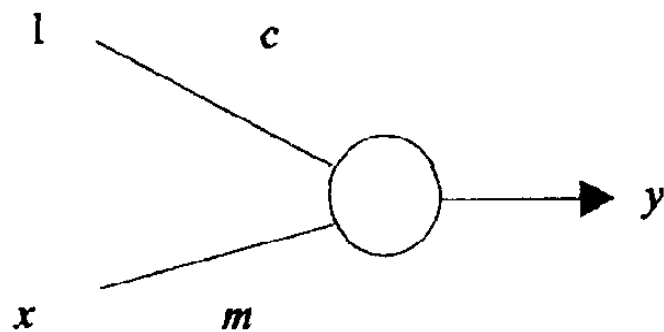
$$m = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$c = \frac{\sum y_i - m \sum x_i}{n}$$

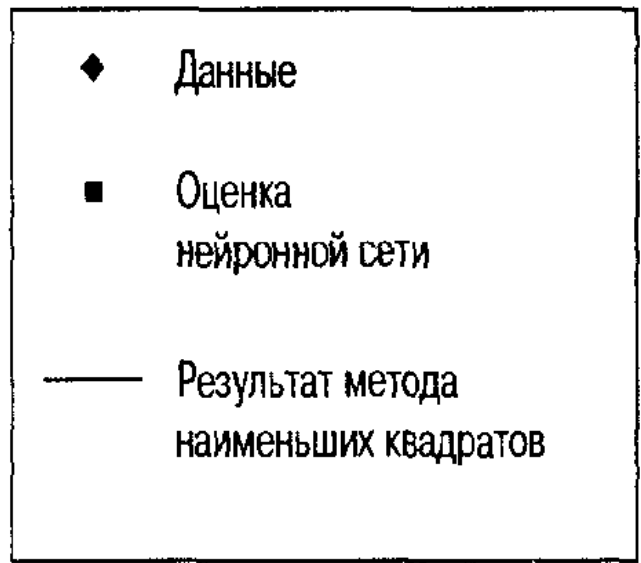
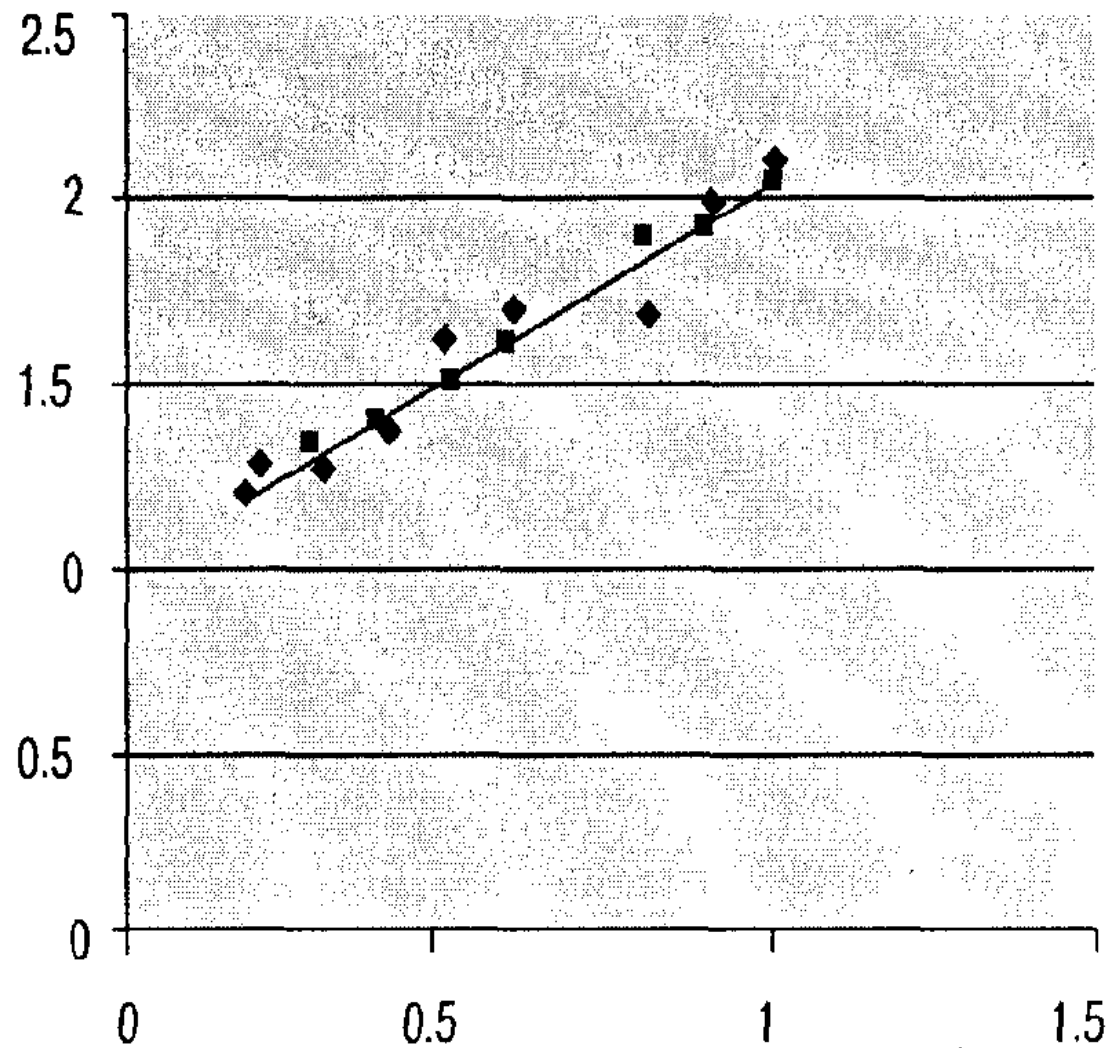
Доказательство:

$$E = \sum [y_i - (mx_i + c)]^2$$

Пример



<i>Параметр</i>	<i>Метод наименьших квадратов</i>	<i>Сеть</i>
<i>m</i>	1.0085	1.0284
<i>c</i>	1.0450	1.0360



Упражнения

1. Для данных, представленных ниже, начертите на глаз несколько прямых, которые могут соответствовать этим данным. Запишите уравнения этих прямых, измерив соответствующие наклоны и координаты точек пересечения прямых с осью y . Для каждой прямой вычислите среднеквадратическую ошибку при условии, что для вводимых значений x вывод задается формулой

$$\text{ВЫВОД} = mx + c.$$

X	Требуемый вывод
0.30	1.60
0.35	1.40
0.40	1.40
0.50	1.60
0.60	1.70
0.80	2.00
0.95	1.70
1.10	2.10

Упражнения

2. Для данных из упражнения 1 найдите прямую, получаемую в результате применения метода наименьших квадратов.
3. Для данных упражнения 1 и заданных начальных весовых коэффициентов

$$\text{вывод} = 0.5x + 0.5$$

вычислите новую прямую после одного прохода через данные, используя правило обучения Видроу–Хоффа (дельта-правило) с нормой обучения, равной 0.3. (*Замечание:* после рассмотрения каждого учебного образца получается новая прямая.)

Спасибо за внимание!