Нейро-нечёткие системы

Нейронные сети

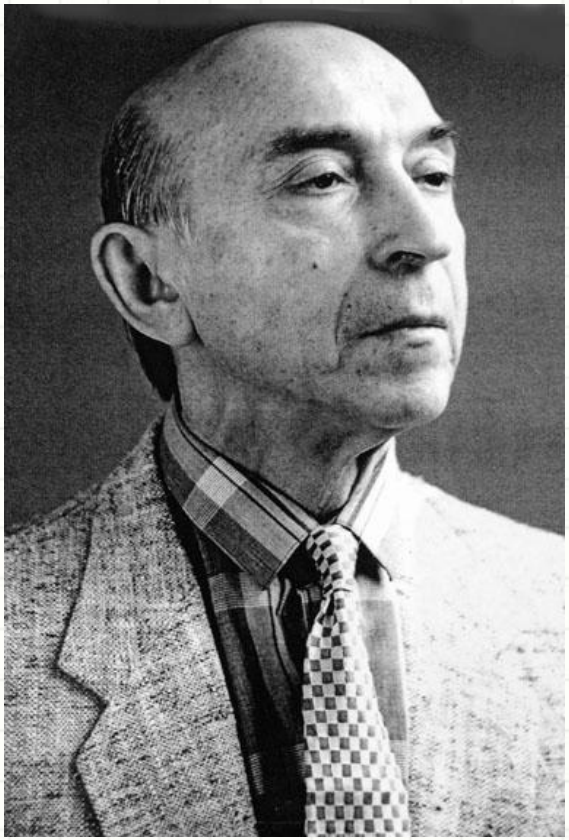
+

Нечёткая логика

→

Нейро-нечёткие системы

Искусственный интеллект — это экспериментальная научная дисциплина, задача которой — воссоздание с помощью искусственных устройств разумных рассуждений и действий.



Lotfi Askar Zadeh

Ebrahim Mamdani

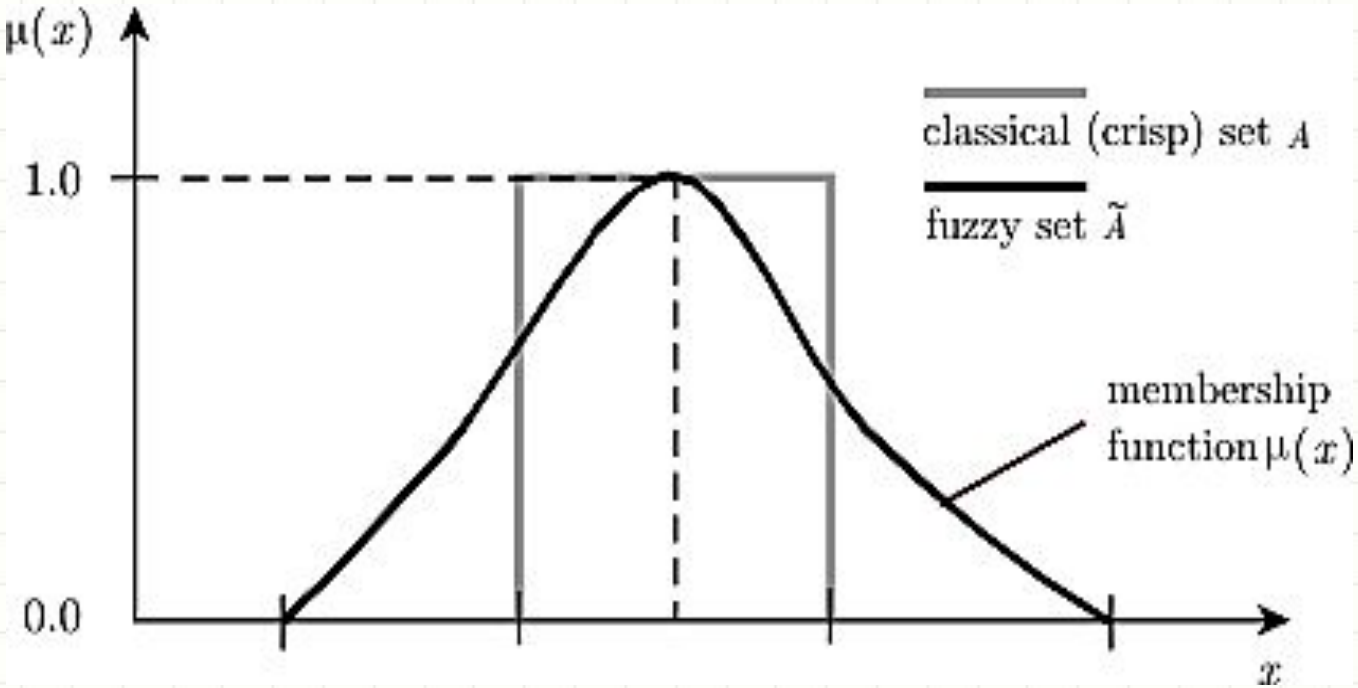
Нечёткие множества

Нечётким множеством C называется множество упорядоченных пар вида

$$C = MF_c(x)/x, MF_c(x)[0,1]$$

где MFc(x) – степень принадлежности x к нечёткому множеству C;
$x \in X$, X – универсальное множество

Нечёткое множество и чёткое (crisp) классическое множество



Пример «Горячий чай"

X= 0°C - 100°C;

C = 0/0; 0/10; 0/20; 0,15/30; 0,30/40; 0,60/50;

0,80/60; 0,90/70; 1/80; 1/90; 1/100.

Пересечение двух нечетких множеств (нечеткое "И"):
$MF_{AB}(x)=\min(MF_A(x), MF_B(x))$.

Объединение двух нечетких множеств (нечеткое "ИЛИ"):
$MF_{AB}(x)=\max(MF_A(x), MF_B(x))$.

Согласно Лотфи Заде **лингвистической** называется **переменная**, значениями которой являются слова или предложения естественного или искусственного языка.

Значениями **лингвистической переменной** могут быть *нечеткие переменные*, т.е. лингвистическая переменная находится на более высоком уровне, чем нечеткая переменная.

Каждая лингвистическая переменная состоит из:

названия;

множества своих значений, которое также называется базовым терм-множеством T. Элементы базового терм-множества представляют собой названия нечетких переменных;

универсального множества X;

синтаксического правила G, по которому генерируются новые термы с применением слов естественного или формального языка;

семантического правила P, которое каждому значению лингвистической переменной ставит в соответствие нечеткое подмножество множества X.

Описание лингвистической переменной "Цена акции"

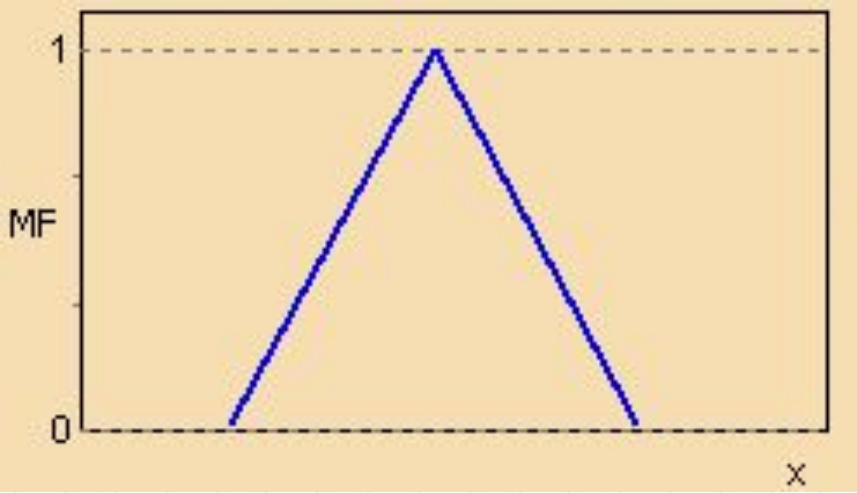
X=[100;200]

Базовое терм-множество:

"Низкая", "Умеренная", "Высокая"

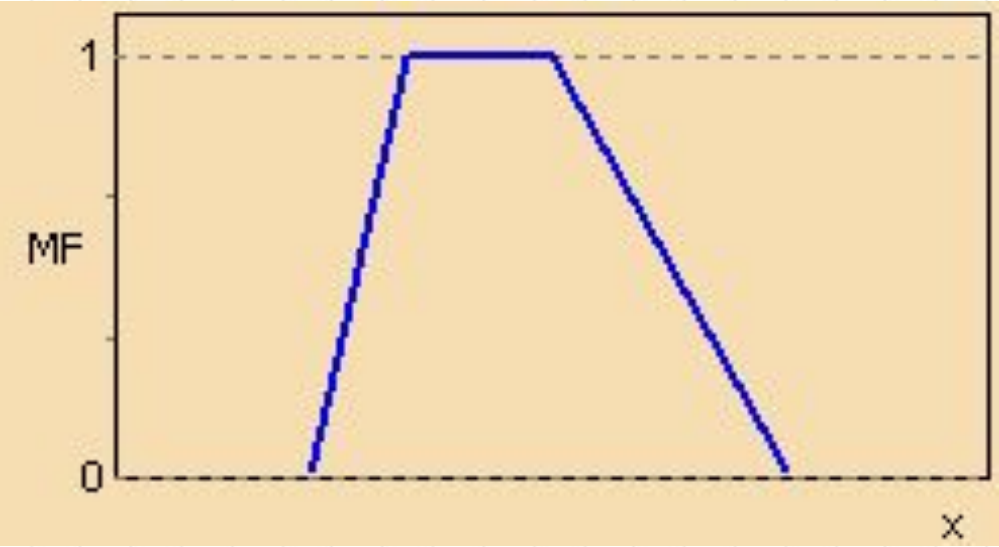
Треугольная функция принадлежности

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \le x \le b \\ 1 - \frac{x-c}{c-b}, & b \le x \le c \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$



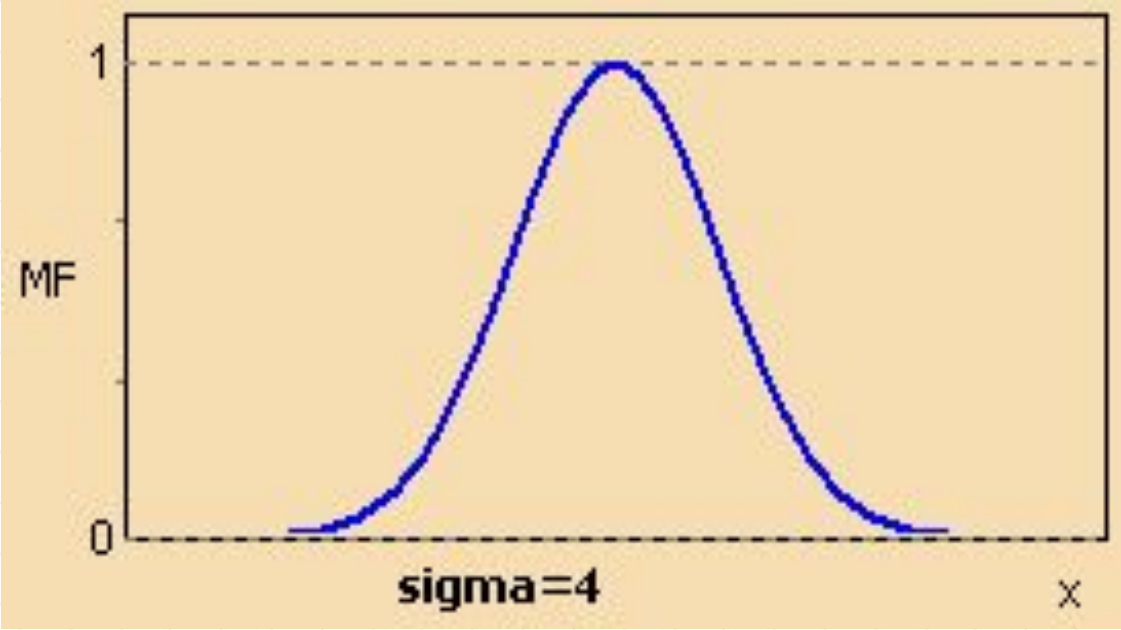
Трапецеидальная функция принадлежности

$$MF(x) = \begin{cases} 1 - \dfrac{b-x}{b-a}, & a \le x \le b \\ 1, & b \le x \le c \\ 1 - \dfrac{x-c}{d-c}, & c \le x \le d \\ 0, \text{ в остальных случаях.} \end{cases}$$



Функция принадлежности гауссова типа

$$MF(x) = exp\left[-\left(\frac{x-c}{\sigma}\right)^2\right]$$



Описание лингвистической переменной "Цена акции"

X=[100;200]

Базовое терм-множество: "Низкая", "Умеренная", "Высокая"

Описание лингвистической переменной "Возраст"

R_1 : ЕСЛИ x_1 это $A_{11} \ldots$ И $\ldots x_n$ это A_{1n}, ТО y это B_1

R_i : ЕСЛИ x_1 это $A_{i1} \ldots$ И $\ldots x_n$ это A_{in}, ТО y это B_i

R_m : ЕСЛИ x_1 это $A_{i1} \ldots$ И $\ldots x_n$ это A_{mn}, ТО y это B_m,

$x_k, k = 1..n$ – **входные** переменные; y – **выходная** переменная;

A_{ik} – заданные нечёткие множества с **функциями принадлежности**.

Результатом нечёткого вывода является чёткое значение переменной y* на основе заданных чётких значений

Механизм нечёткого логического вывода

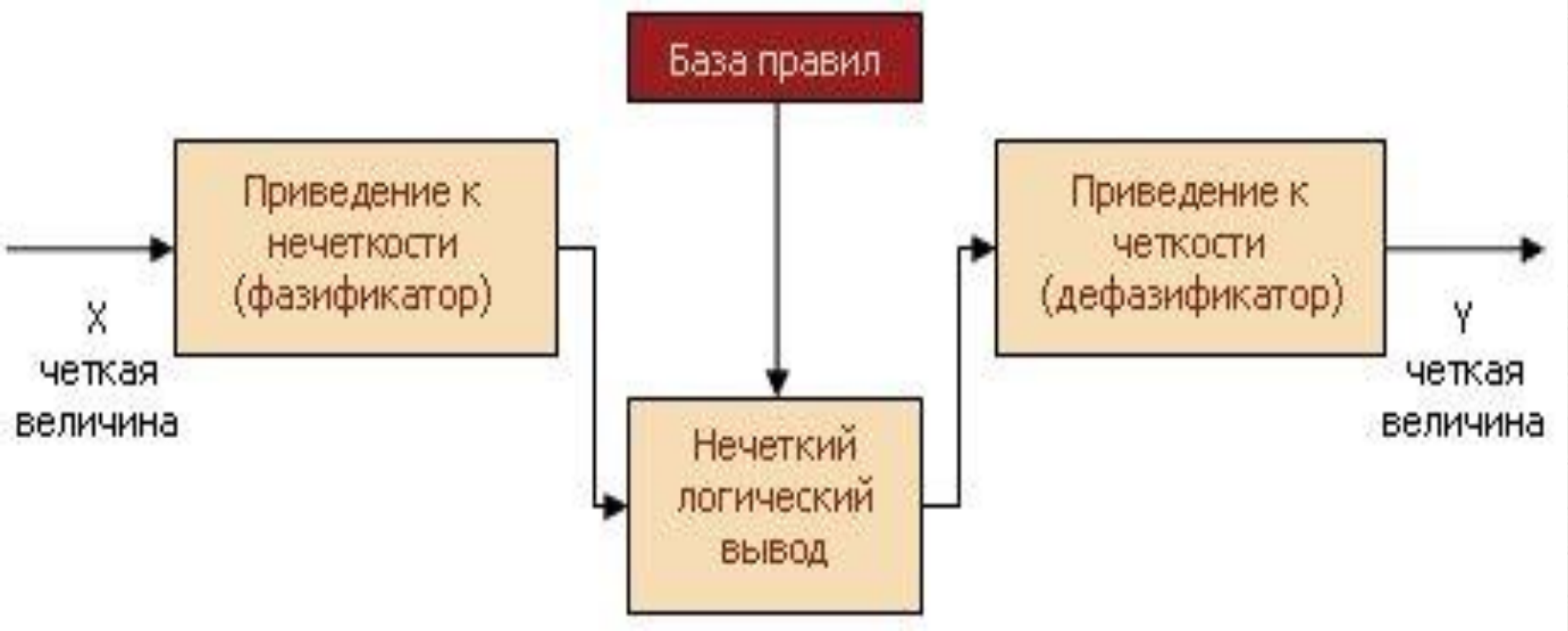
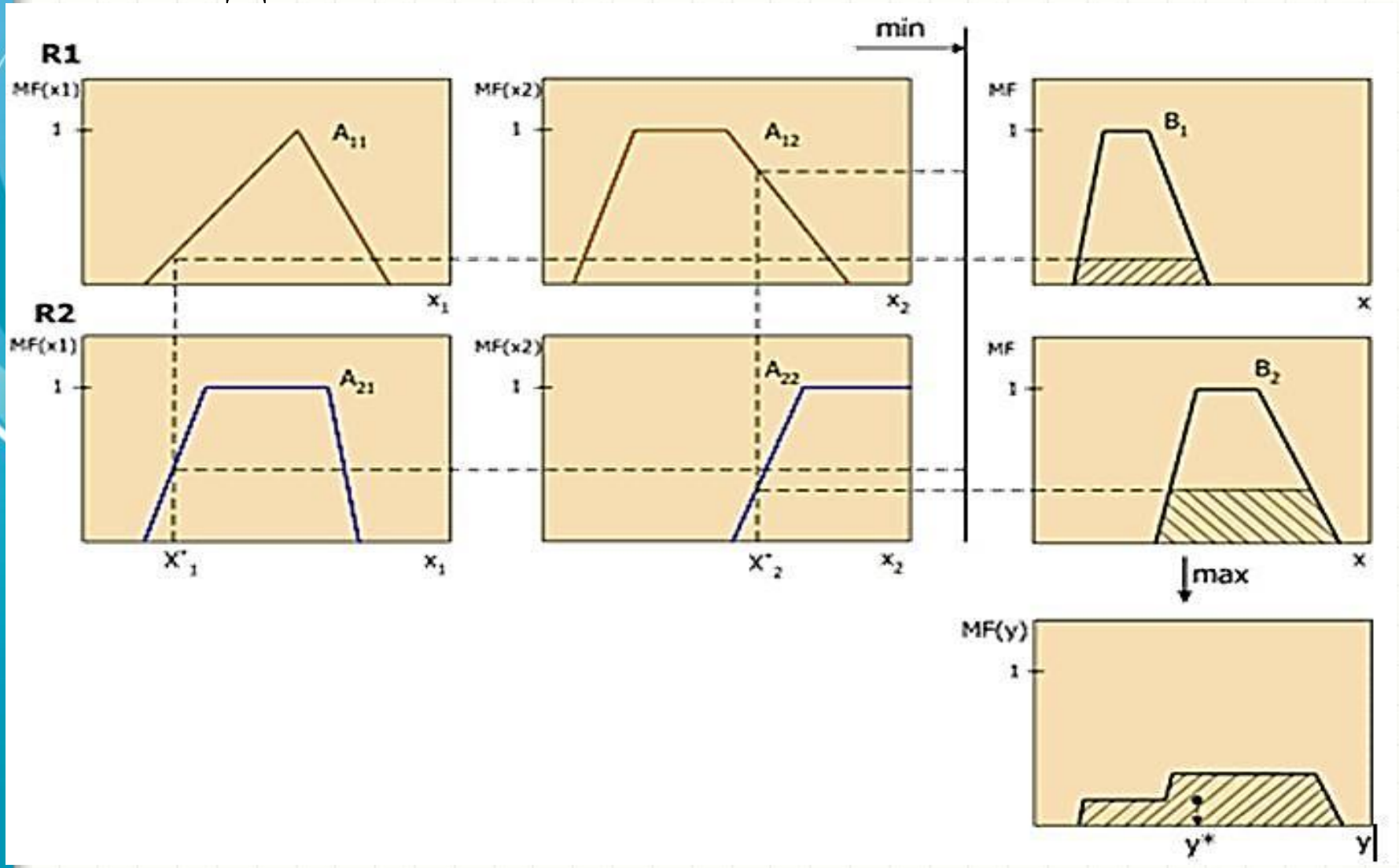
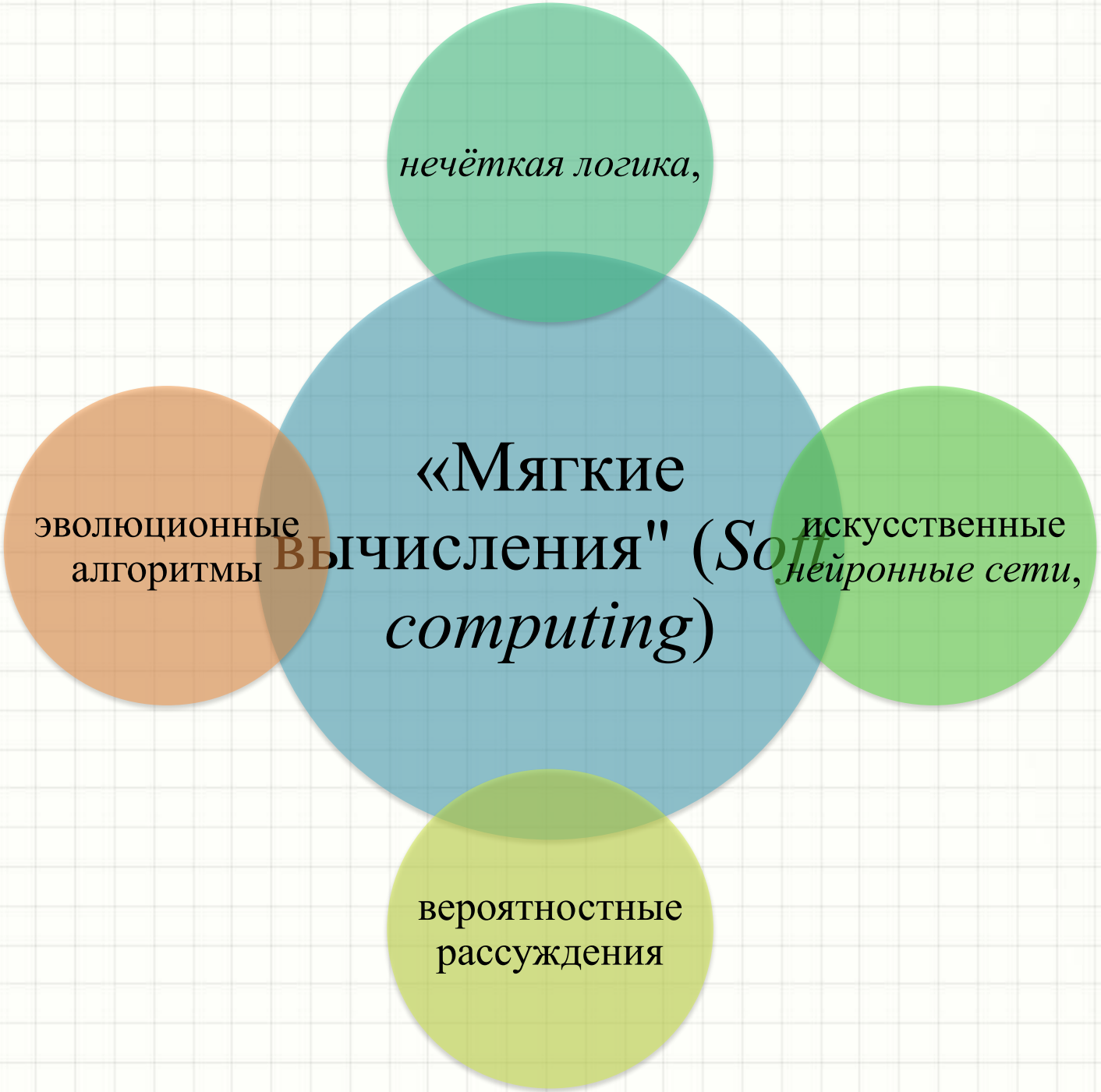
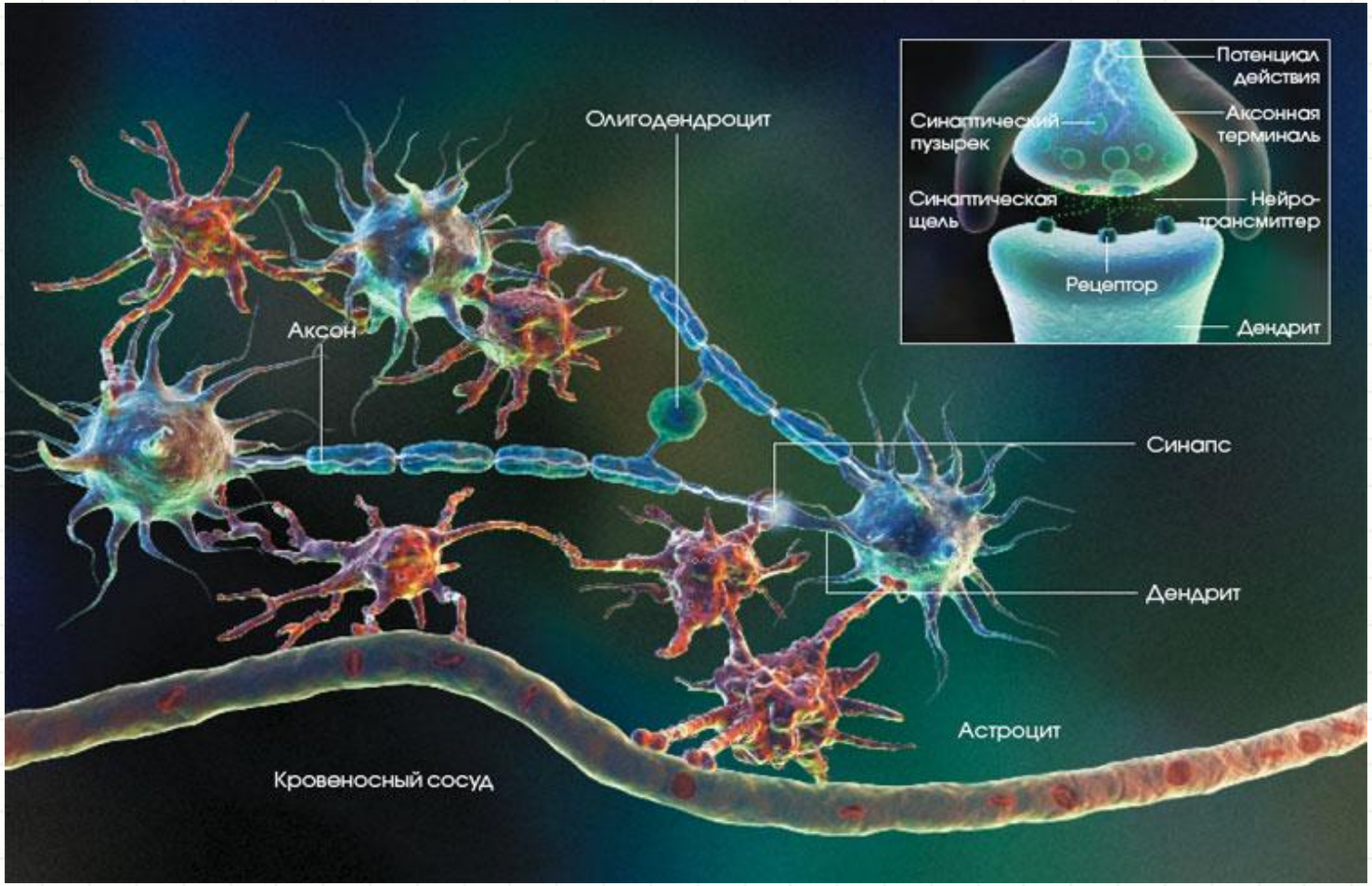


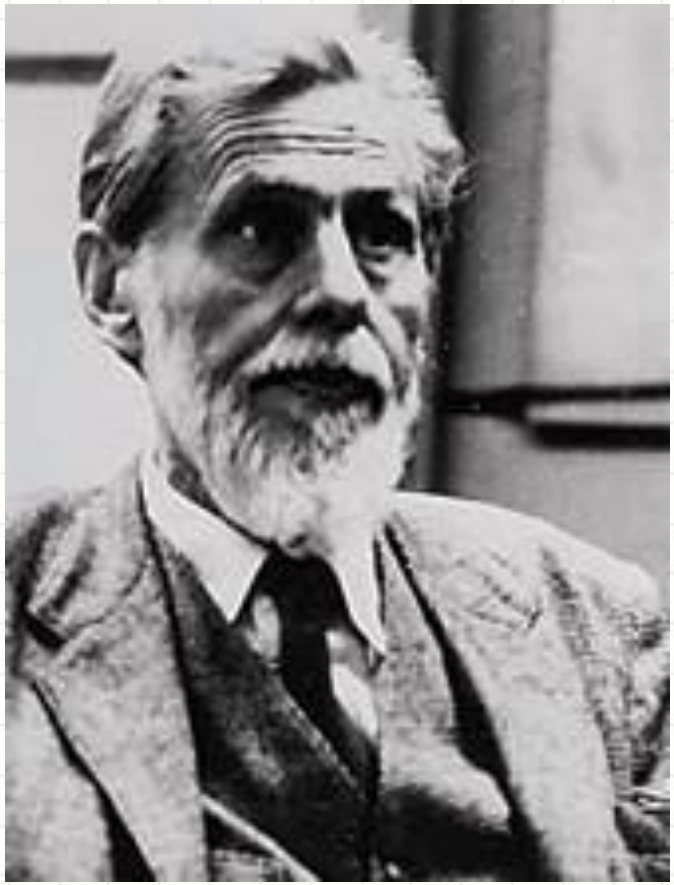
Схема нечёткого вывода по Мамдани



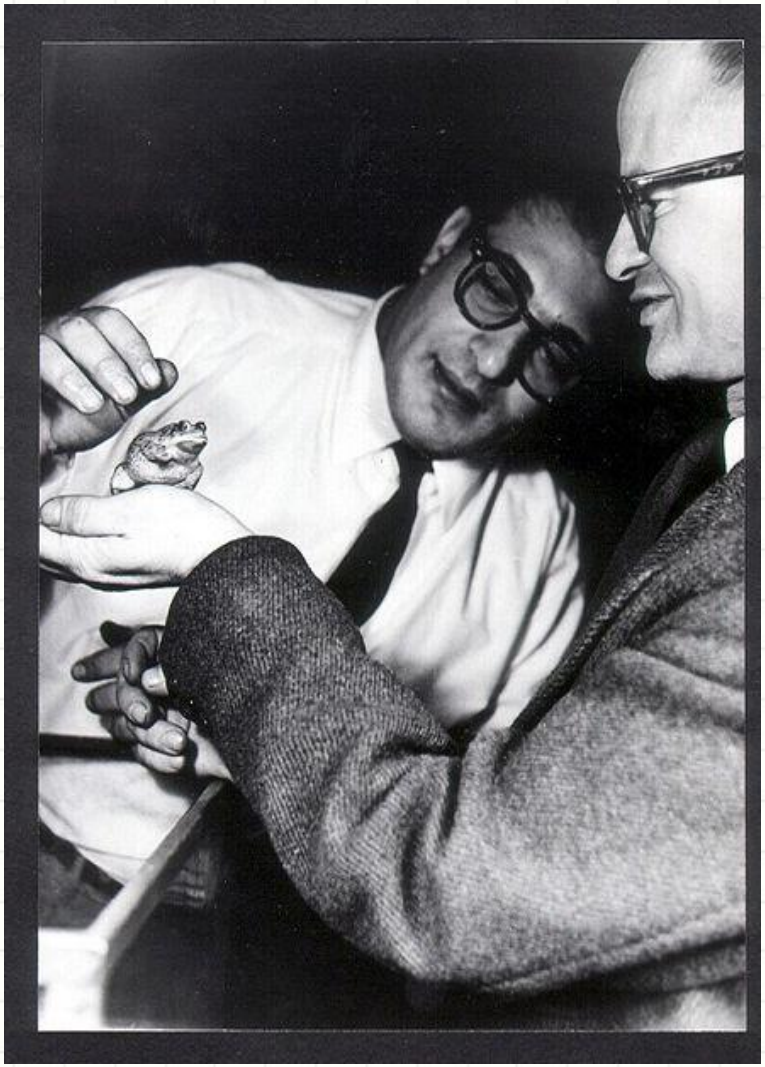

нечёткая логика,
эволюционные алгоритмы
«Мягкие вычисления" (Soft computing)
искусственные нейронные сети,
вероятностные рассуждения

Нейронные сети – самообучающиеся системы, имитирующие деятельность человеческого мозга



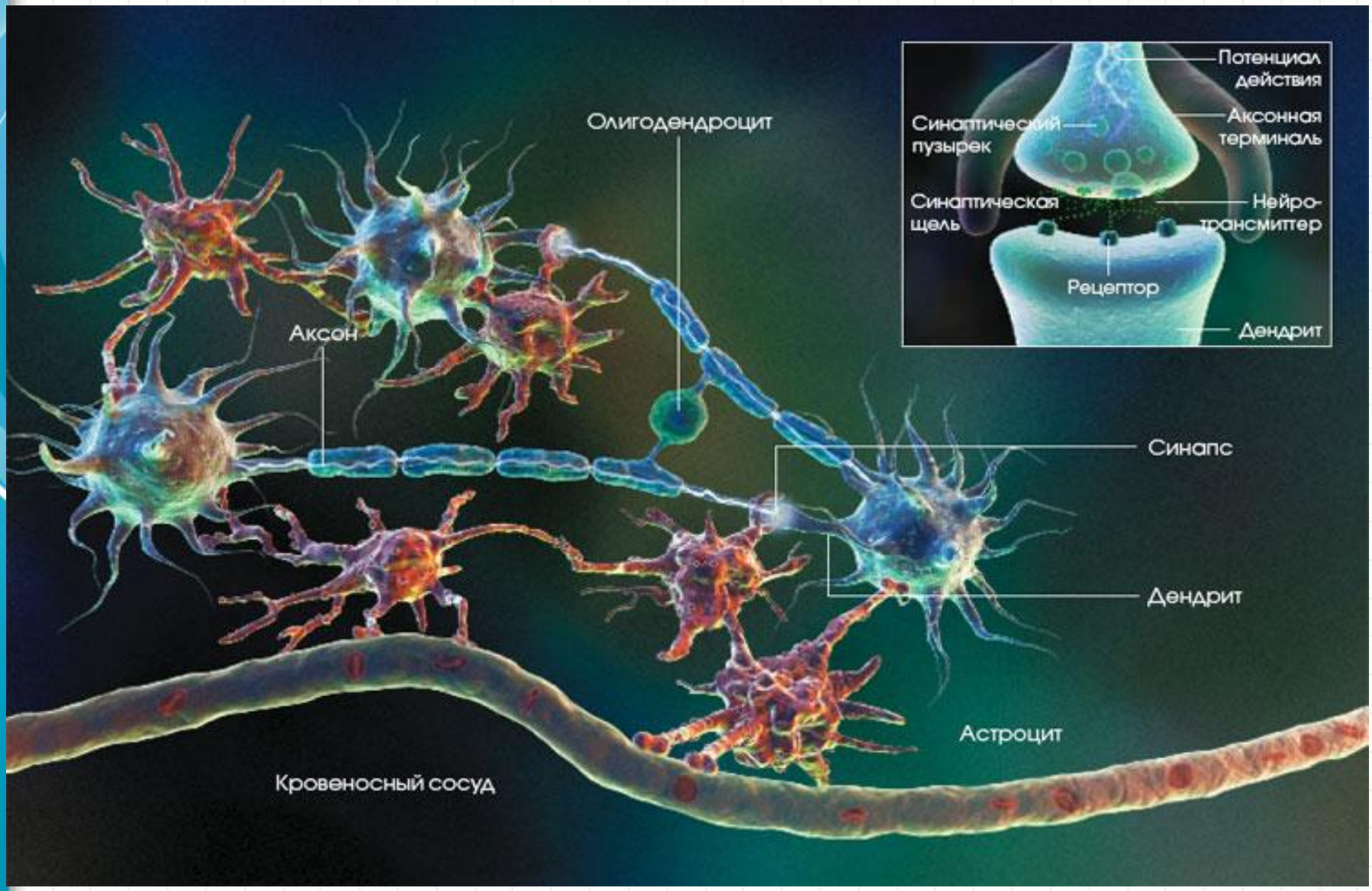


Warren Sturgis McCulloch

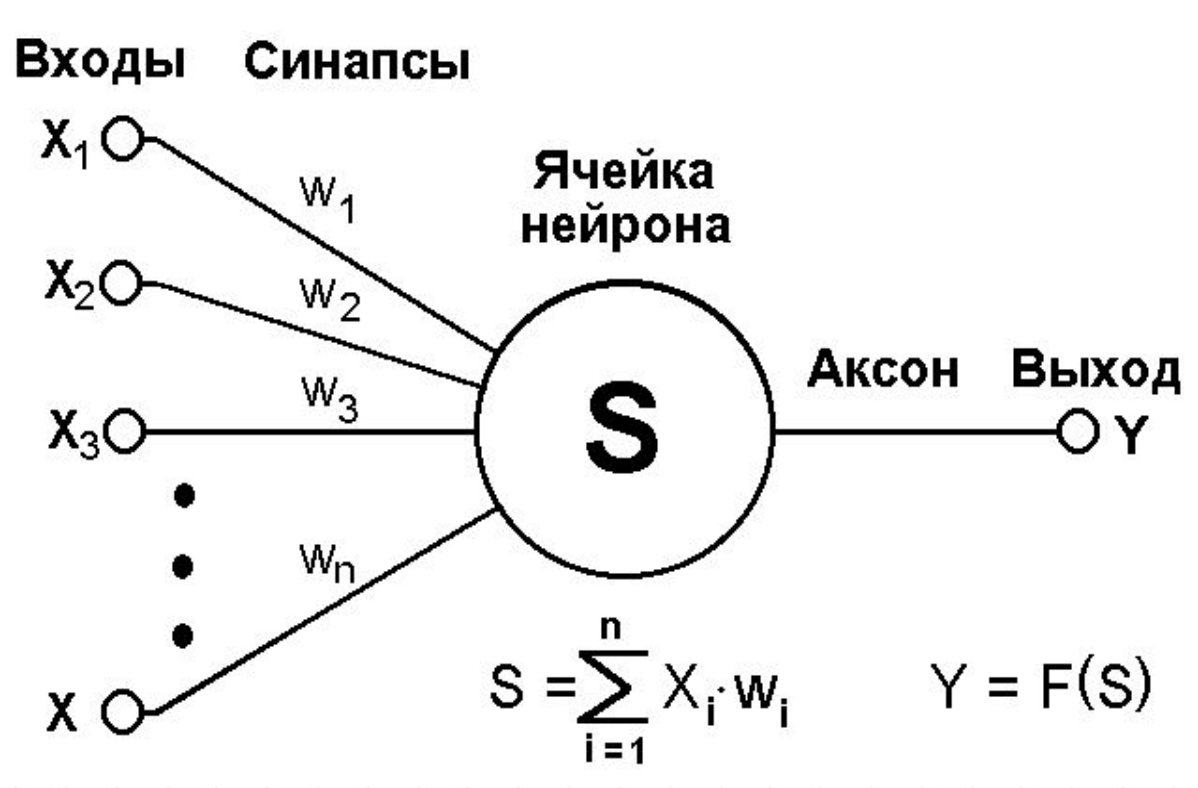


Walter Pitts

Нейронные сети



Искусственный нейрон

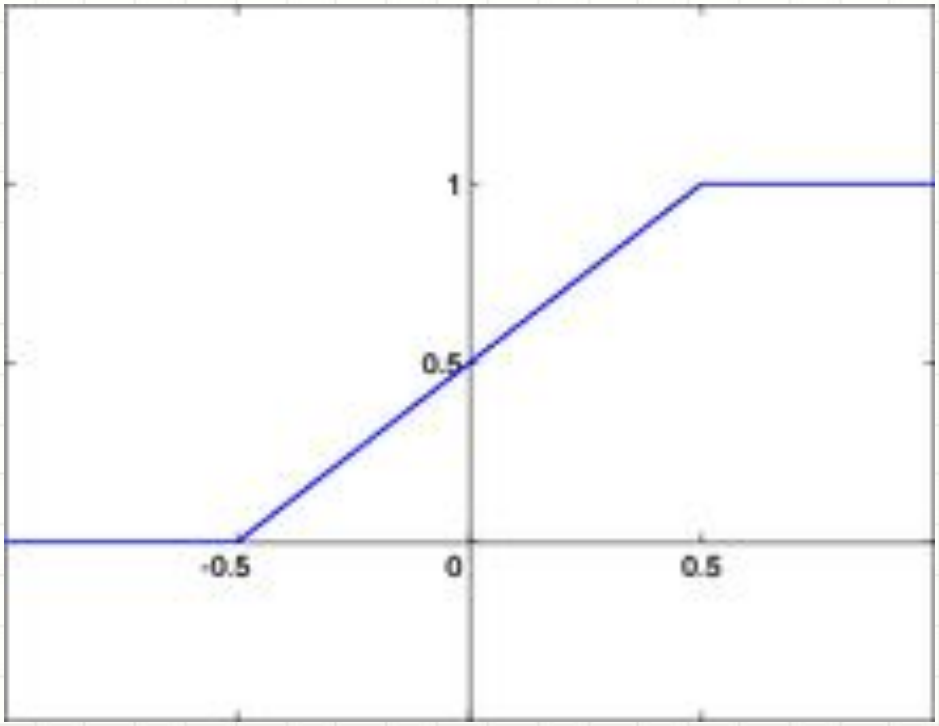


$X = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ – множество входных сигналов, поступающих на искусственный нейрон

$W = (w_1, w_2, \ldots, w_n)$ – множество весов в совокупности (каждый вес соответствует «силе» одной биологической синаптической связи)

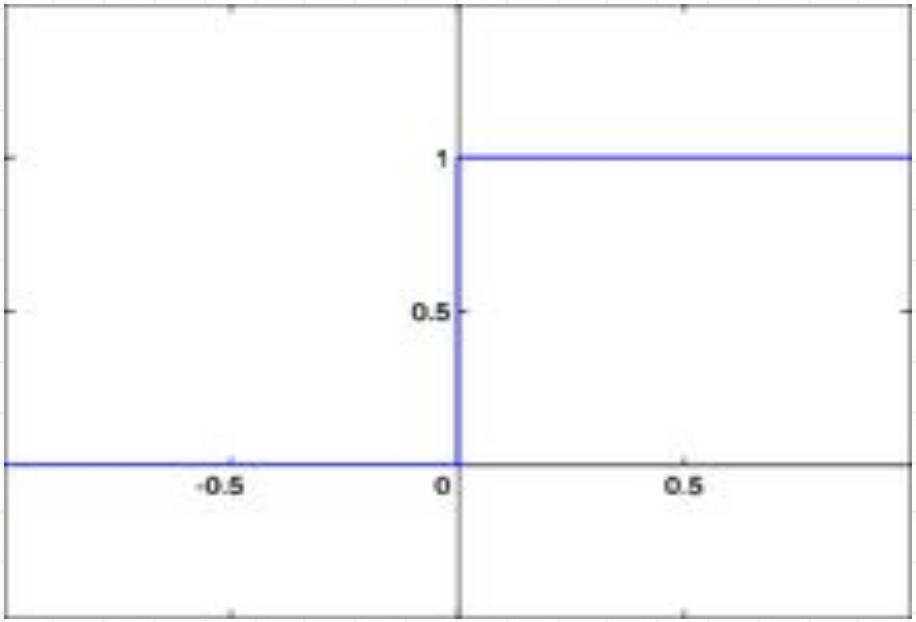
Линейная передаточная функция

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq 0 \\ 1 & \text{if } x \geq 1 \\ x & \text{else} \end{cases}$$



Пороговая функция активации

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \geq T \\ 0 & \text{else} \end{cases}$$



Сигмоидальная функция активации

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

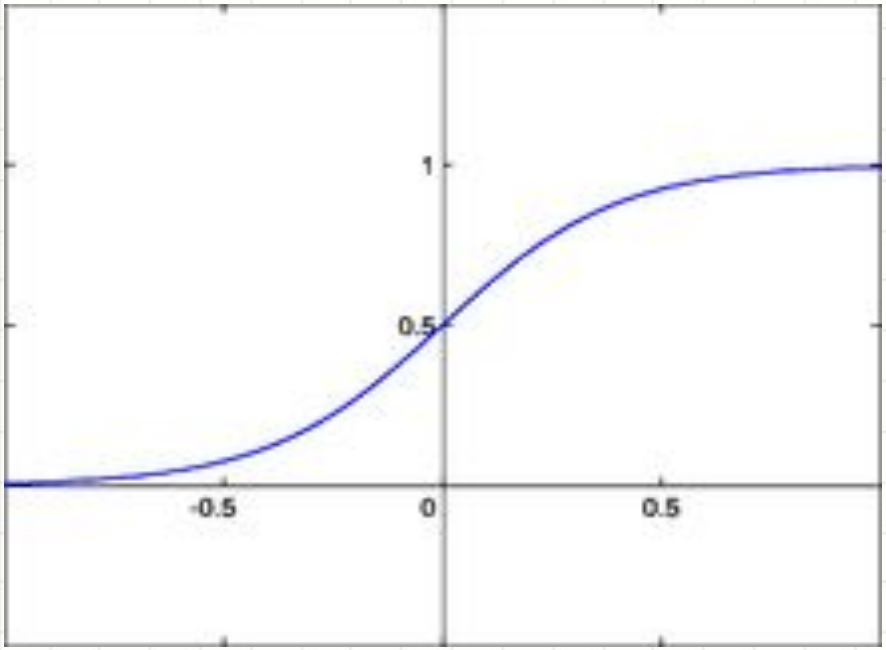
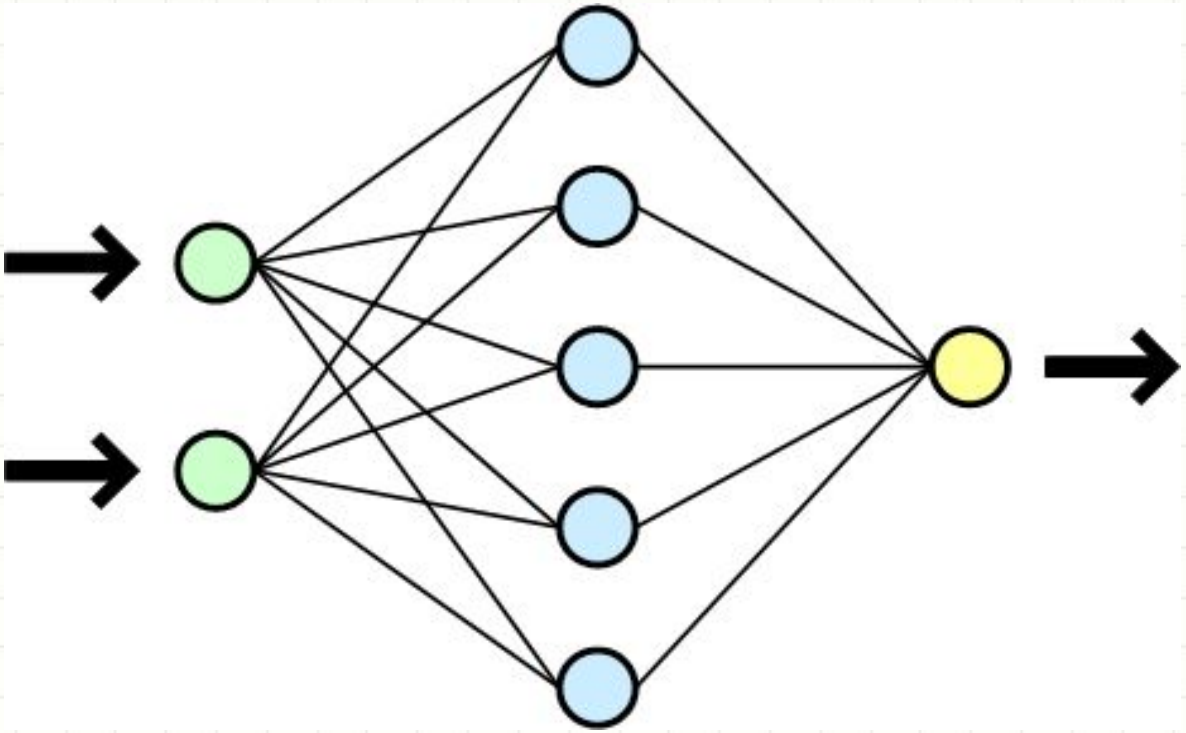
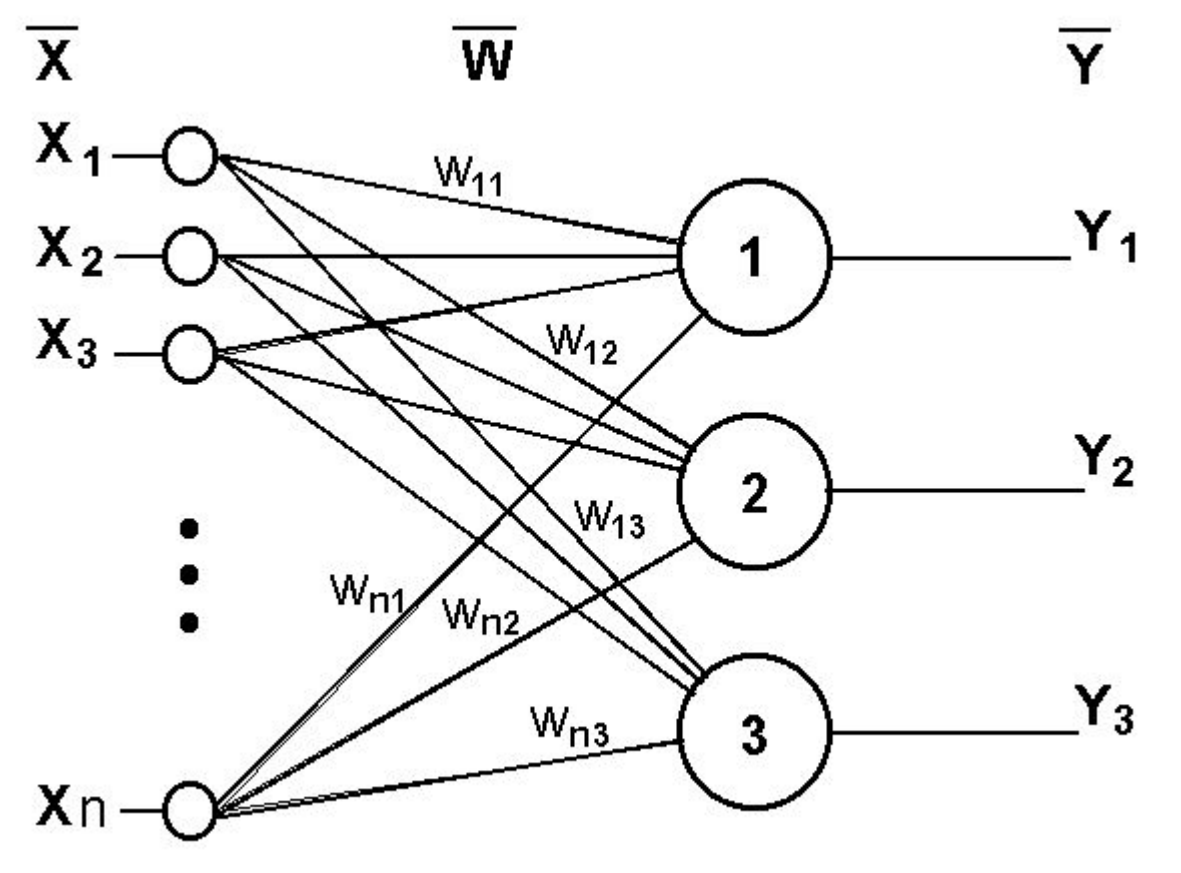


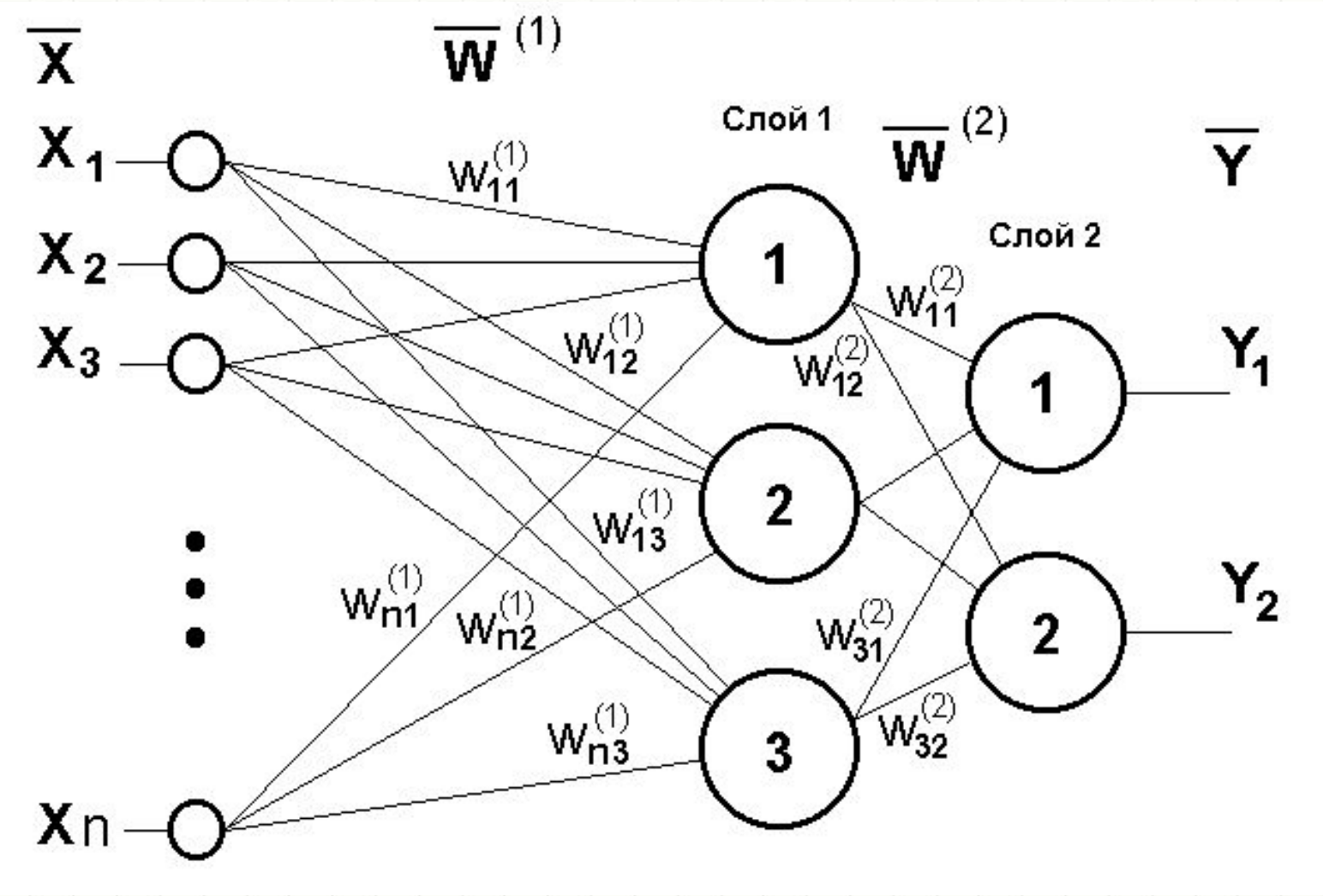
Схема простой нейросети



Однослойный трехнейронный персептрон



Двухслойный персептрон



Алгоритм обратного распространения ошибки

1. Инициализировать $\{w_{ij}\}_{i,j}$ маленькими случайными значениями, $\{\Delta w_{ij}\}_{i,j} = 0$
2. Повторить NUMBER_OF_STEPS раз:

   Для всех d от 1 до m:

   1. Подать $\{x_i^d\}$ на вход сети и подсчитать выходы o_i каждого узла.
   2. Для всех $k \in Outputs$

      $$\delta_k = o_k(1 - o_k)(t_k - o_k).$$

   3. Для каждого уровня l, начиная с предпоследнего:

      Для каждого узла j уровня l вычислить

      $$\delta_j = o_j(1 - o_j) \sum_{k \in Children(j)} \delta_k w_{j,k}.$$

   4. Для каждого ребра сети {i, j}

      $$\Delta w_{i,j} = \alpha \Delta w_{i,j} + (1 - \alpha)\eta \delta_j o_i.$$
      $$w_{i,j} = w_{i,j} + \Delta w_{i,j}.$$

3. Выдать значения w_{ij}.

Построение сети (после выбора входных переменных)

Выбрать начальную конфигурацию сети

Провести ряд экспериментов с различными конфигурациями, запоминая при этом лучшую сеть (в смысле контрольной ошибки). Для каждой конфигурации следует провести несколько экспериментов.

Если в очередном эксперименте наблюдается недообучение (сеть не выдаёт результат приемлемого качества), попробовать добавить дополнительные нейроны в промежуточный слой (слои). Если это не помогает, попробовать добавить новый промежуточный слой.

Если имеет место переобучение (контрольная ошибка стала расти), попробовать удалить несколько скрытых элементов (а возможно и слоёв).

Задачи Data Mining, решаемые с помощью нейронных сетей

Классификация (обучение с учителем)	• распознавание текста, • распознавание речи, • идентификация личности
Прогнозирование	• найти наилучшее приближение функции, заданной конечным набором входных значений (обучающих примеров
Кластеризация (обучение без учителя)	• задача сжатия информации путем уменьшения размерности данных

Задача "Выдавать ли кредит клиенту" в аналитическом пакете Deductor (BaseGroup)

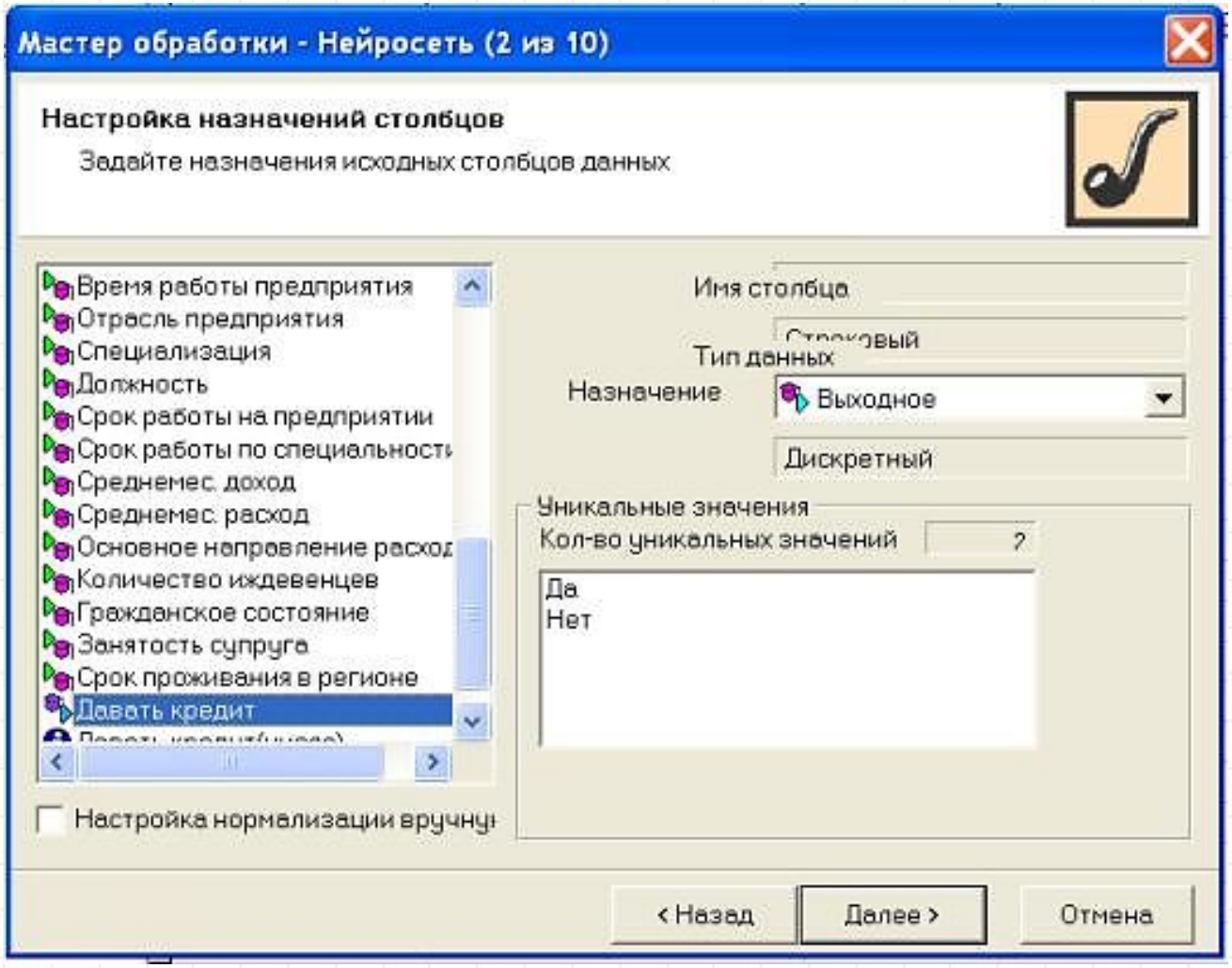
Обучающий набор - база данных, содержащая информацию о клиентах:

- Сумма кредита,
- Срок кредита,
- Цель кредитования,
- Возраст,
- Пол,
- Образование,
- Частная собственность,
- Квартира,
- Площадь квартиры.

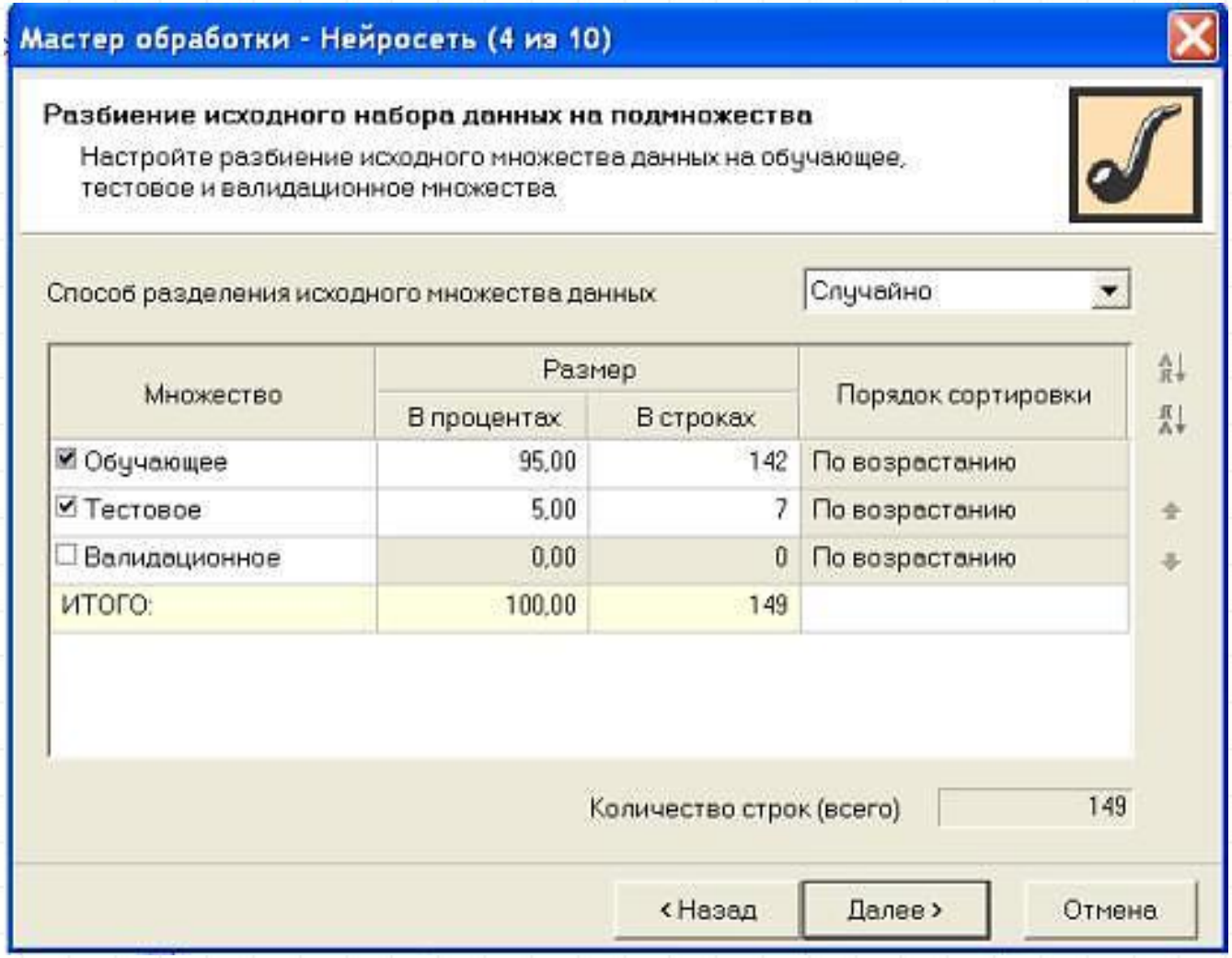
Необходимо построить модель, которая сможет дать ответ, входит ли Клиент, желающий получить кредит, в группу риска невозврата кредита, т.е. пользователь должен получить ответ на вопрос "Выдавать ли кредит?"

Задача относится к группе задач классификации, т.е. обучения с учителем.

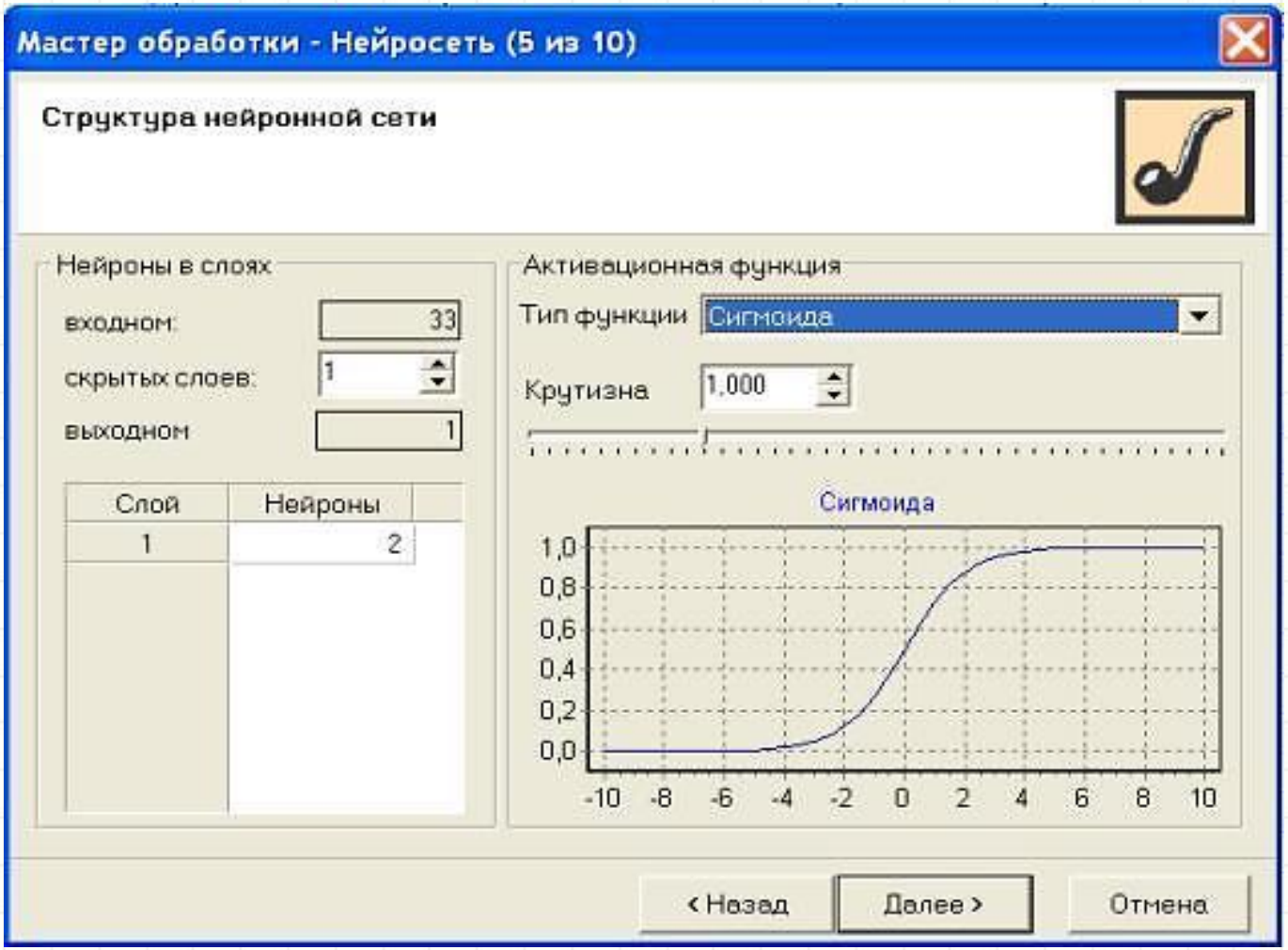
Шаг "Настройка назначений столбцов"



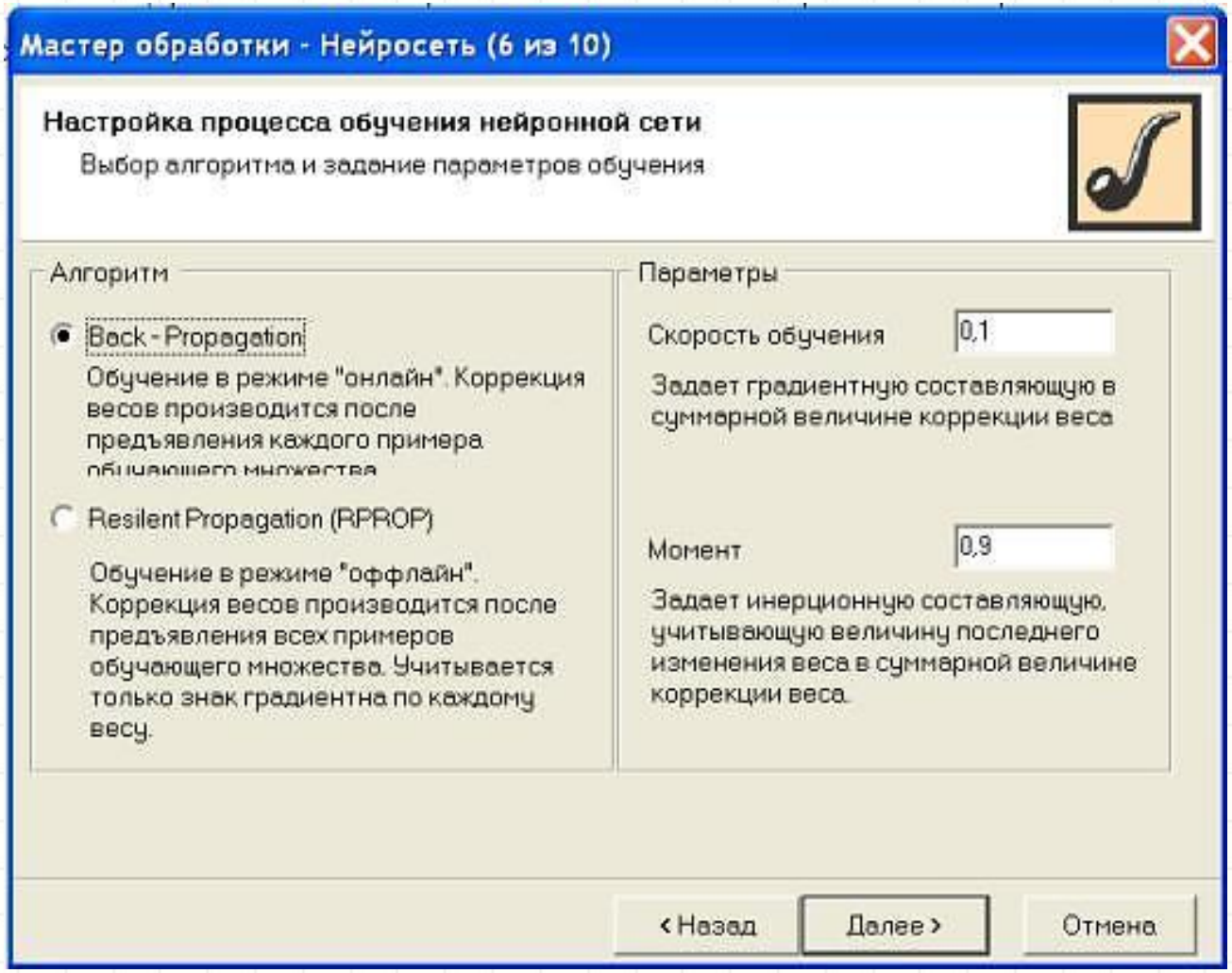
Шаг "Разбиение исходного набора данных на подмножества"



Шаг "Структура нейронной сети"



Шаг "Настройка процесса обучения нейронной сети"



Шаг "Обучение нейронной сети"

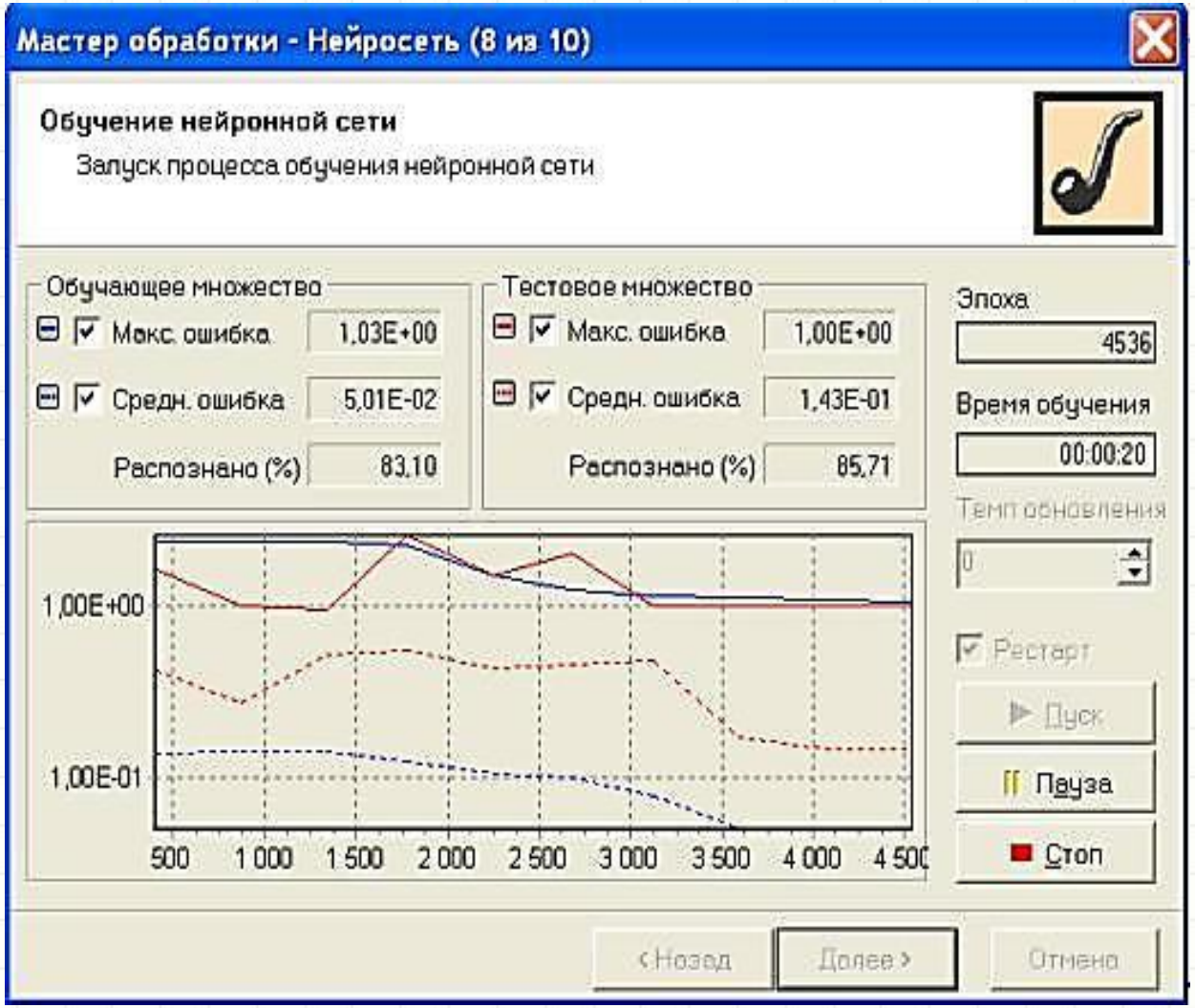


Таблица сопряженности

Кросс таблица | Кросс диаграмма | Граф нейро-сети | Что-если | Таблица сопряженности

Давать кредит

	Классифицировано		
Фактически	Да	Нет	Итого
Да	55	4	59
Нет	1	89	90
Итого	56	93	149

Нечёткие нейронные сети (fuzzy-neural networks) осуществляют выводы на основе аппарата нечёткой логики, причём параметры функций принадлежности настраиваются с использованием алгоритмов обучения нейронных сетей (НС).

Нечеткие нейроны

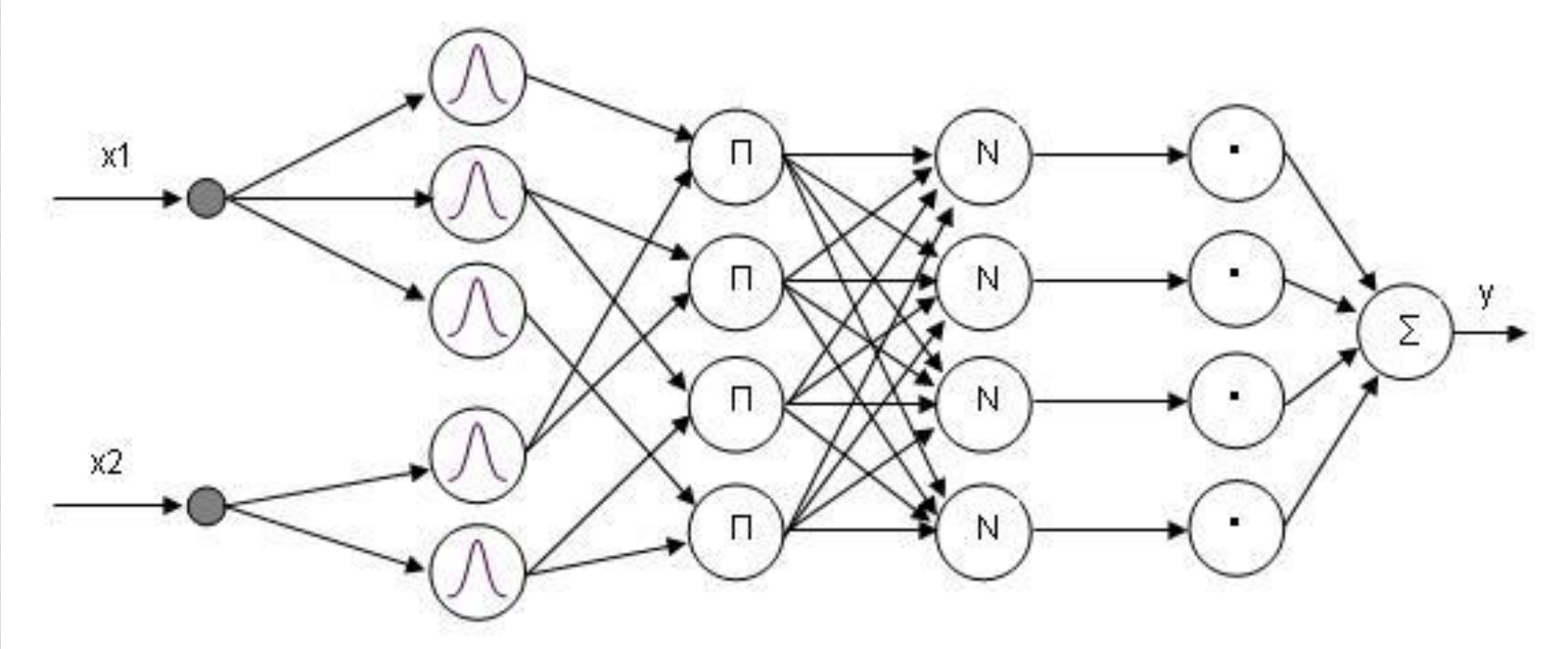
ИЛИ-нейрон:

$$y = \max\{\min(w_1, x_1)\min(w_2, x_2)\}.$$

И-нейрон:

$$y = \min\{\max(w_1, x_1)\max(w_2, x_2)\}$$

Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) – адаптивная сеть нечёткого вывода



Вопросы

1. Что является характеристикой нечёткого множества?
2. Приведите определение нейронных сетей.
3. Перечислите области «мягких вычислений» (*Soft computing*).
4. Приведите пример нечёткой нейронной системы.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!