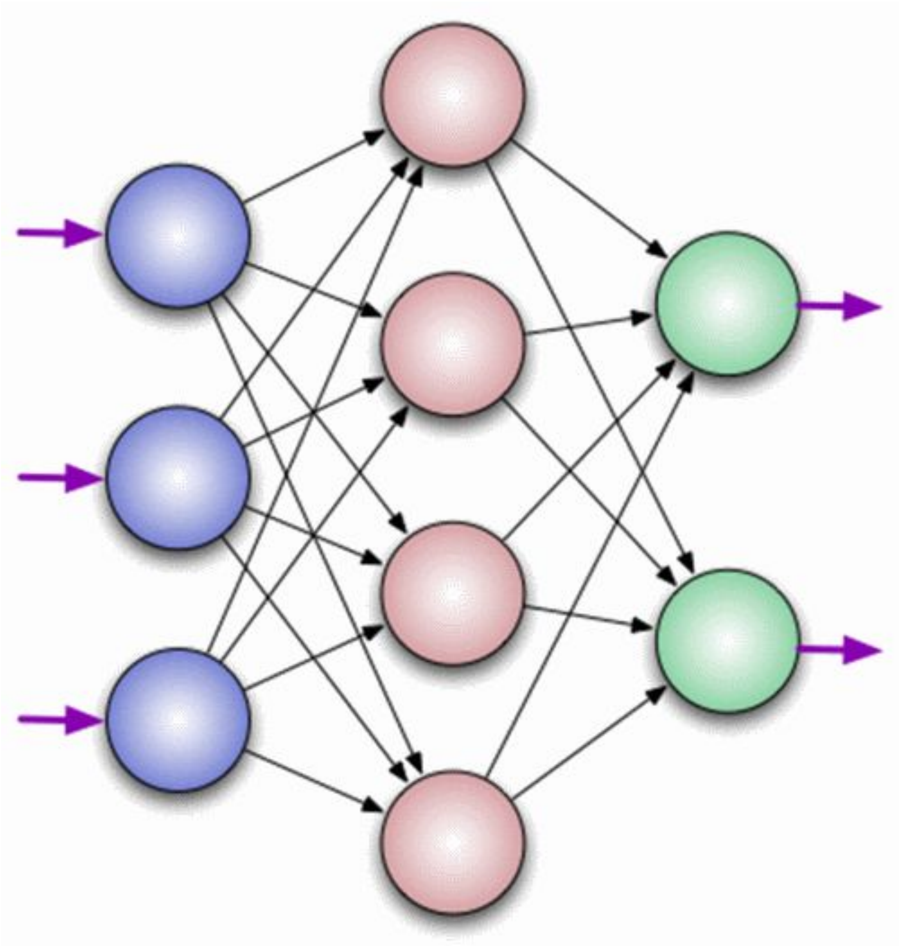
НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

Определение

Искусственная нейронная сеть (ИНС)

(англ. *Artificial neural network (ANN)*) –

упрощенная модель биологической нейронной сети, представляющая собой совокупность искусственных нейронов, взаимодействующих между собой.



Задачи, решаемые нейронными сетями

1. Классификация/распознавание образов.
2. Кластеризация/категоризация
3. Аппроксимация функций.
4. Предсказание/прогноз
5. Оптимизация
6. Ассоциативная память.
7. Управление.

В общем случае все вышеуказанные задачи, решаемые нейронными сетями, можно свести к двум основным:

Задача классификации

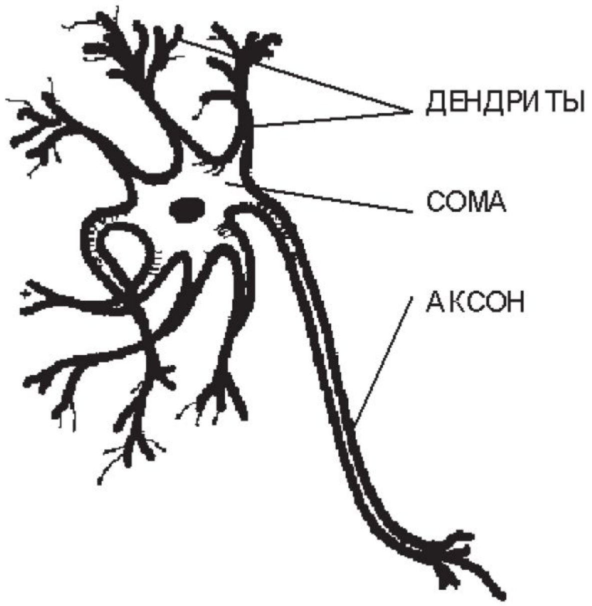
заключается в формировании нейронной сетью в процессе обучения гиперповерхности в пространстве признаков, разделяющей признаки на классы. И выходы обученной нейронной сети соответствуют распознанному классу входного вектора (набора признаков).

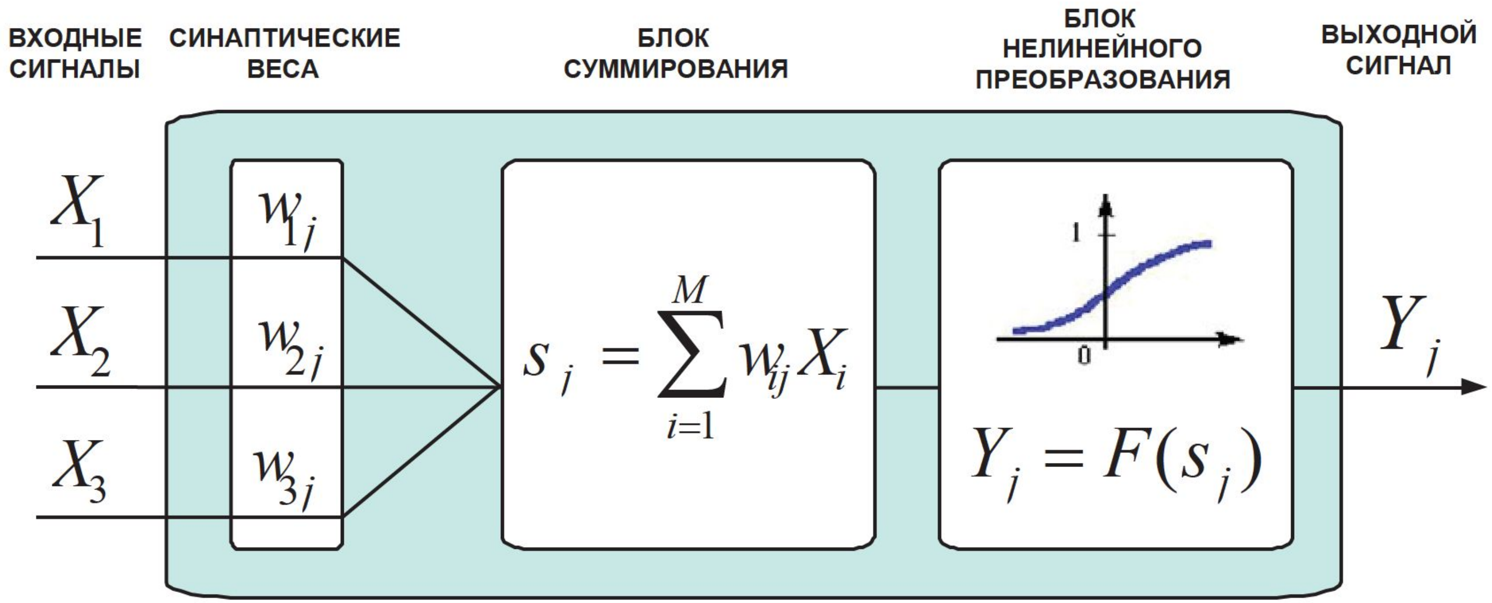
Задача регрессии

заключается в аппроксимации нейронной сетью произвольной нелинейной функции. В этом случае значение функции снимается с выхода нейронной сети, а входами являются аргументы.

Биологический нейрон и формальная модель нейрона Маккалоки и Питтса

Биологический нейрон имеет вид, представленный на слайде. В 1943 году Дж. Маккалоки и У. Питт предложили формальную модель биологического нейрона как устройства, имеющего несколько входов (входные синапсы – дендриты), и один выход (выходной синапс – аксон).





Дендриты получают информацию от источников информации (рецепторов) *Xi*, в качестве которых могут выступать и нейроны. Набор входных сигналов {*Xi*} характеризует объект, его состояние или ситуацию, обрабатываемую нейроном.

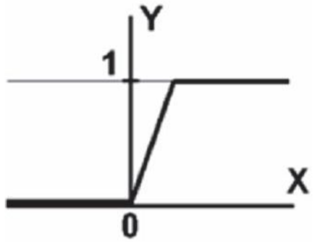
Текущее состояние нейрона определяется, как взвешенная сумма его входов:

$$s = \sum_{i=1}^{n} x_i \cdot w_i \ ,$$

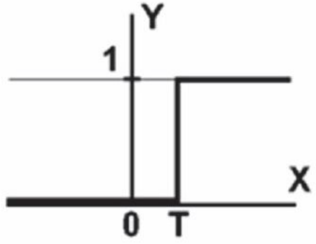
а выход нейрона есть функция его состояния: $y = f\,(s)$.

Активационная функция нейрона

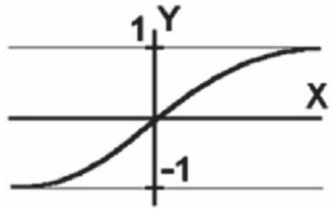
Нелинейная функция f называется активационной и может иметь различный вид:



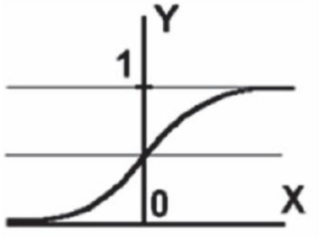
Линейный порог (гистрезис)



Функция единичного скачка



Гиперболический тангенс



Сигмоид

Название	Формула	Область значений
Линейная	$f(x) = kx$	$(-\infty, \infty)$
Полулинейная	$f(x) = \begin{cases} kx, x > 0 \\ 0, x \le 0 \end{cases}$	$(0, \infty)$
Сигмоид	$f(x) = \dfrac{1}{1 + e^{-x}}$	$\mathbf{(0, 1)}$
Гиперболический тангенс	$f(x) = \dfrac{e^x - e^x}{e^x + e^{-x}}$	$(-1, 1)$
Экспоненциальная	$f(x) = e^{-x}$	$(0, \infty)$
Квадратичная	$f(x) = x^2$	$(0, \infty)$
Знаковая	$f(x) = \begin{cases} 1, x > 0 \\ -1, x \le 0 \end{cases}$	$(-1, 1)$

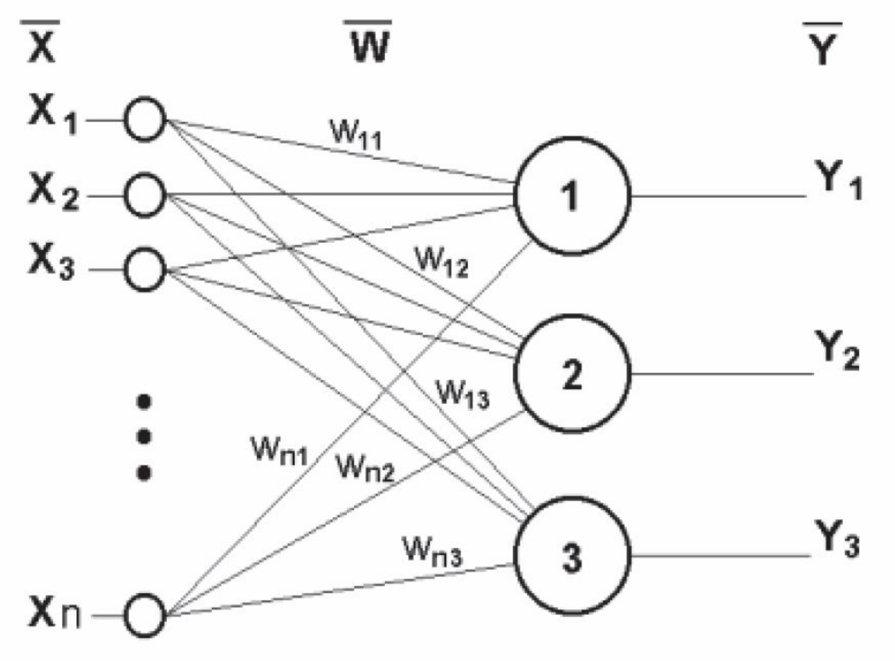
Сигмоидная функция

Одной из наиболее распространенных является нелинейная функция с насыщением, так называемая логистическая функция или сигмоид (т.е. функция S-образного вида):

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

Следует отметить, что сигмоидная функция дифференцируема на всей оси абсцисс, что используется в некоторых алгоритмах обучения.

Простейшая нейронная сеть



$$y_j = f\left[\sum_{i=1}^{n} x_i \cdot w_{ij}\right], j = 1...3$$

Машинное обучение нейронной сети на примерах

Обучение классической нейронной сети состоит в подстройке весовых коэффициентов каждого нейрона.

Обучающая выборка $\{x^\alpha, \ y^\alpha\}, \ \alpha = 1..p,$

Вектор $\{x^\alpha\}$ характеризует систему признаков конкретного объекта α обучающей выборки, зафиксированную S-элементами.

Вектор $\{y^\alpha\}$ характеризует картину возбуждения нейронов при предъявлении нейронной сети конкретного объекта α обучающей выборки.

$$x_i^{\alpha} = \begin{cases} 1, \textit{если у объекта } \alpha \textit{ наблюдается } i-\textit{й признак}, \\ 0, \textit{если у объекта } \alpha\ i-\textit{й признак не наблюдается}; \end{cases}$$

$$y_j^{\alpha} = \begin{cases} 1, \textit{если при предъявлении объекта } \alpha \textit{ активизируется } j-\textit{й нейрон}; \\ 0, \textit{если при предъявлении объекта } \alpha\ j-\textit{й нейрон не активизируется}; \end{cases}$$

Будем называть нейронную сеть **обученной на данной обучающей выборке**, если при подаче на вход сети вектора $\{x^{\alpha}\}$ на выходе всегда получается соответствующий вектор $\{y^{\alpha}\}$ т.е. каждому набору признаков соответствуют определенные классы.

Итерационный алгоритм обучения НС

Шаг 0: Начальные значения весов всех нейронов полагаются случайными.

Шаг 1: Сети предъявляется входной образ xα, в результате формируется выходной образ.

Шаг 2: Вычисляется вектор ошибки, делаемой сетью на выходе.

Итерационный алгоритм обучения НС

Шаг 3: Вектора весовых коэффициентов корректируются таким образом, что величина корректировки пропорциональна ошибке на выходе и равна нулю если ошибка равна нулю:

– модифицируются только компоненты матрицы весов, отвечающие ненулевым значениям входов;

– знак приращения веса соответствует знаку ошибки, т.е. положительная ошибка (значение выхода меньше требуемого) проводит к усилению связи;

– обучение каждого нейрона происходит независимо от обучения остальных нейронов, что соответствует важному с биологической точки зрения, принципу локальности обучения.

Итерационный алгоритм обучения НС

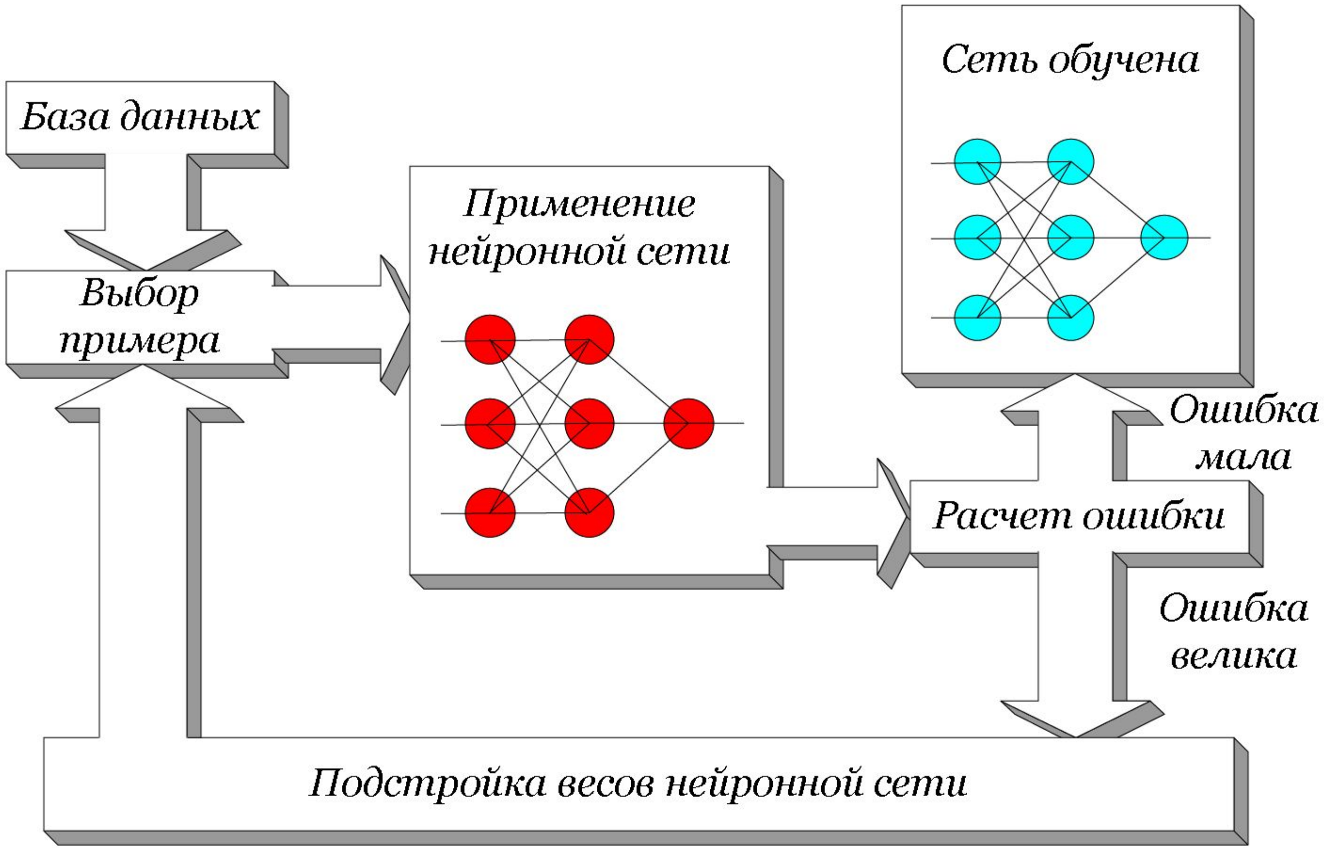
Шаг 4: Шаги 1-3 повторяются для всех обучающих векторов.

Один цикл последовательного предъявления всей выборки называется эпохой. Обучение завершается по истечении нескольких эпох, если выполняется по крайней мере одно из условий:

– когда итерации сойдутся, т.е. вектор весов перестает изменяться;

– когда полная просуммированная по всем векторам абсолютная ошибка станет меньше некоторого малого значения.

Данный метод обучения был назван Ф.Розенблаттом «методом коррекции с обратной передачей сигнала ошибки». Имеется в виду передача сигнала ошибка от выхода сети на ее вход, где и определяются, и используются весовые коэффициенты. Позднее этот алгоритм назвали «α- правилом».


База данных
Выбор примера
Применение нейронной сети
Сеть обучена
Ошибка мала
Расчет ошибки
Ошибка велика
Подстройка весов нейронной сети