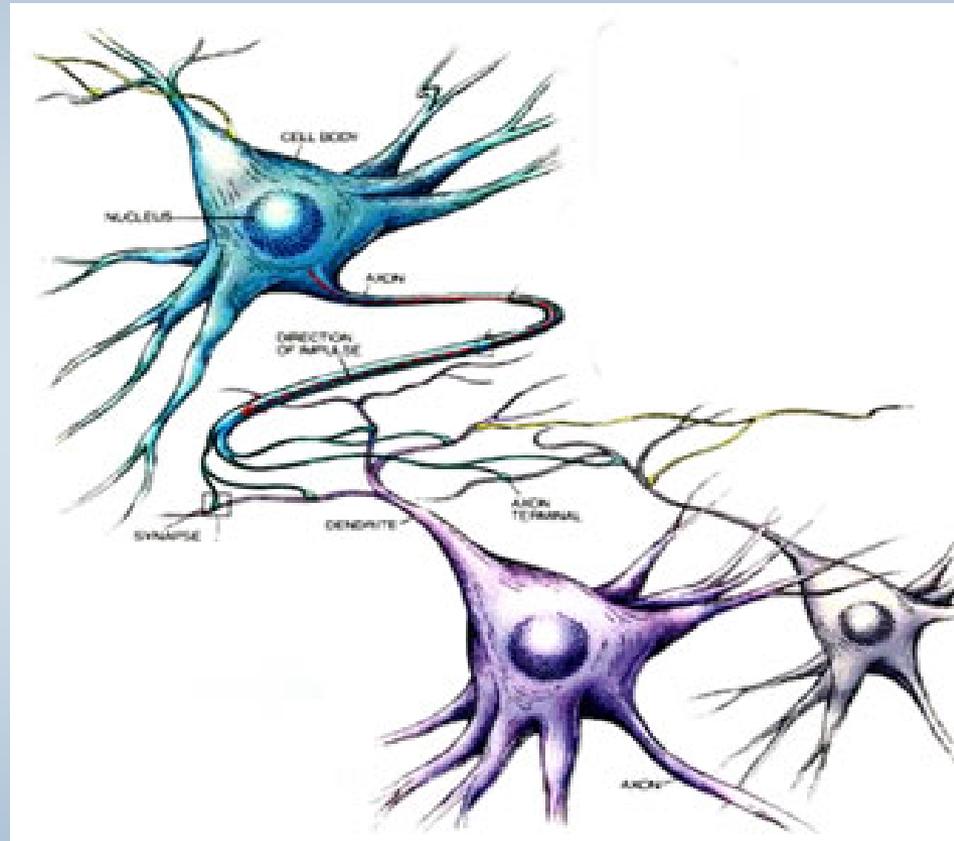


# Нейронный сети



Кольцов С.Н

# Биологические основы нейронных сетей



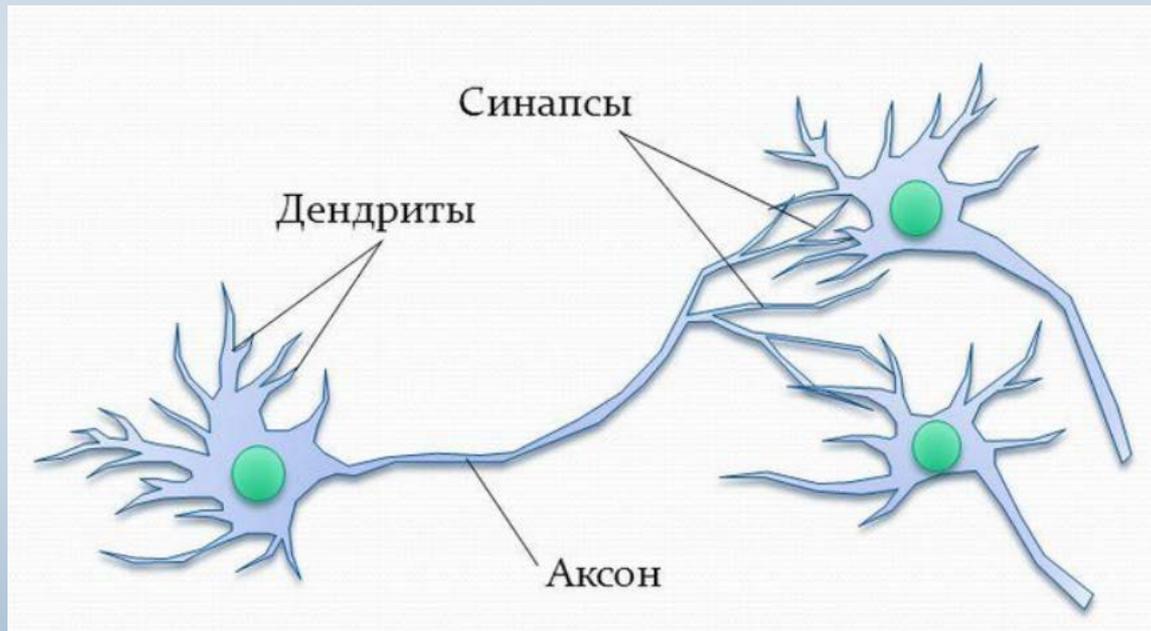
Мозг представляет собой огромную сеть, где каждым узлом является нервная клетка (нейрон).

В мозгу человека от 5 до 20 млрд. нейронов. Передача информации в мозгу, как и нервной системе в целом, осуществляется посредством нервных импульсов.



# Нейроны человеческого мозга

Передача информации в мозгу, как и нервной системе в целом, осуществляется посредством нервных импульсов. Они распространяются в направлении от тела клетки к концевому отделу аксона, который может ветвиться, образуя множество окончаний, контактирующих с другими нейронами через узкую щель – синапс



Важно, что нейроны работают не сами по себе, а иерархически объединяются. Сначала – в локальные нейронные контуры (или локальные сети), которые состоят из нейронов, выполняющих одну функцию. Локальные контуры объединяются в отделы, которые выполняют совокупность схожих функций.

# Искусственный нейрон

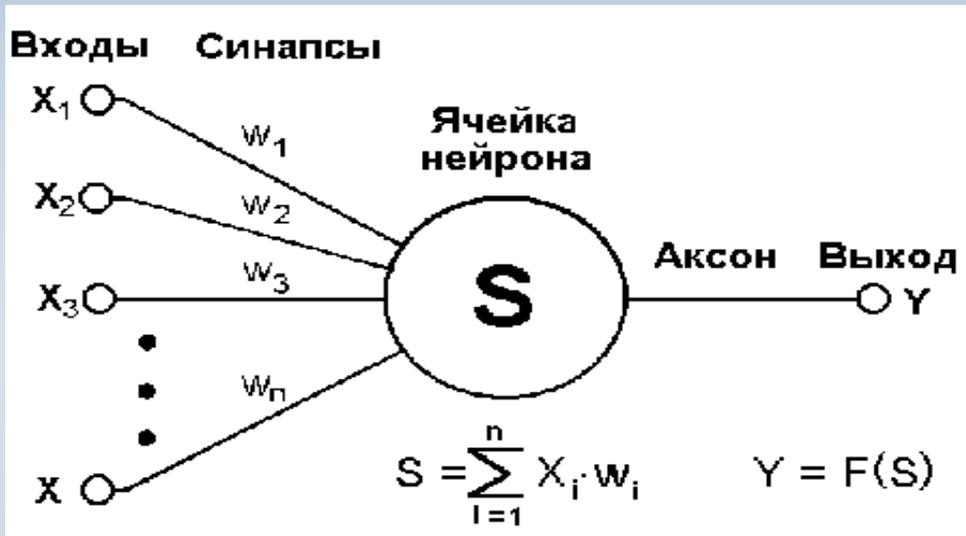
1. Клетка - элементарный процессор, способный к простейшей обработке информации. 2. Нейрон - элемент клеточной структуры мозга. 3. Нейрон осуществляет прием и передачу информации в виде импульсов нервной активности. 4. Природа импульсов – электрохимическая.

**Искусственный нейрон** — узел искусственной нейронной сети, являющийся упрощённой моделью естественного нейрона. Математически, искусственный нейрон обычно представляют как некоторую нелинейную функцию от единственного аргумента — линейной комбинации всех входных сигналов.

Данную функцию называют функцией активации или функцией срабатывания, передаточной функцией. Полученный результат посылается на единственный выход. Такие искусственные нейроны объединяют в сети — соединяют выходы одних нейронов с входами других.



# Формальное описание искусственного нейрона



X – Входы, группа синапсов

W-Вес синаптической связи

S - Текущее состояние нейрона, определяется взвешенная сумма его входов

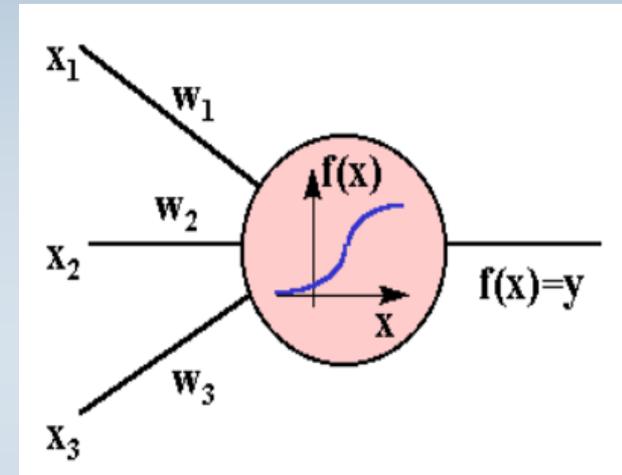
Y-Выход нейрона, определяется функцией активации F(S)

## Математическая модель нейрона

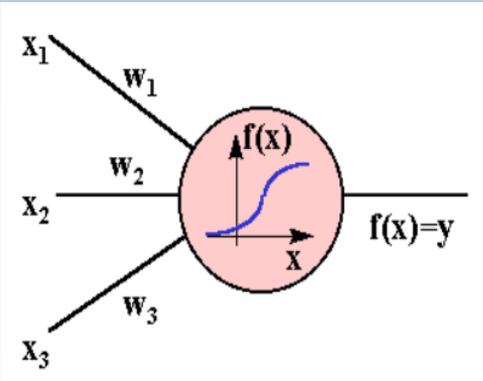
- Синапсы**, характеризуется своим весом, осуществляют связь между нейронами, умножают входной сигнал на весовой коэффициент синапса;
- Сумматор**, аналог тела клетки нейрона. Выполняет сложение внешних входных сигналов или сигналов, поступающих по синаптическим связям от других нейронов. Определяет уровень возбуждения нейрона;
- Функция активации**, определяет окончательный выходной уровень нейрона, с которым сигнал возбуждения (торможения) поступает на синапсы следующих нейронов.

# Формальное описание искусственного нейрона

- $Y = f(\mathbf{X}) \equiv \varphi(\mathbf{X} \cdot \mathbf{W})$
- Входной вектор
  - $\mathbf{X} = \{1, X_1, \dots, X_N\}$
- Веса нейрона
  - $\mathbf{W} = \{w_0, w_1, \dots, w_N\}$
- Передаточная функция  $f(x)$ 
  - Скалярная
  - Дифференцируемая, ограниченная
  - Монотонно возрастающая

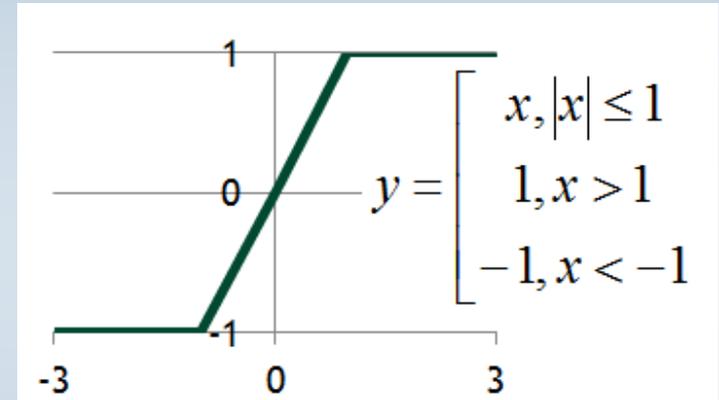


# Активационные функции



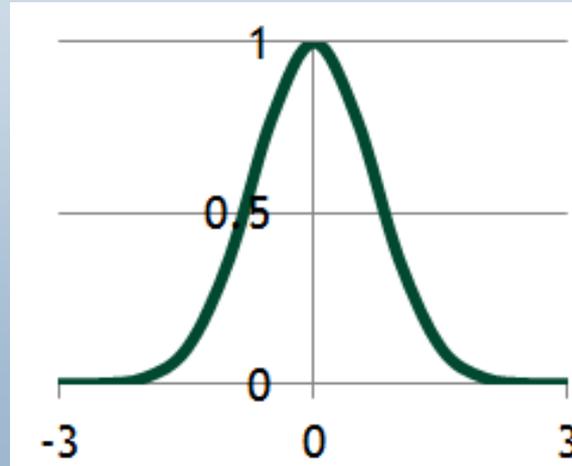
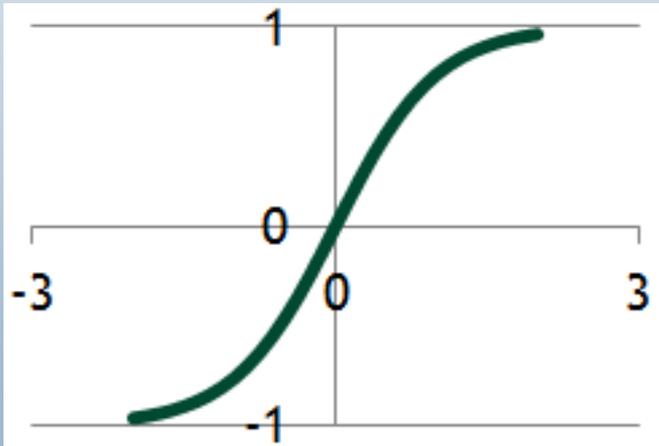
Существует множество видов активационных функций, но более всего распространены следующие три:

1. Пороговая (кусочно - линейная) функция:



2. Сигмоидальная функция

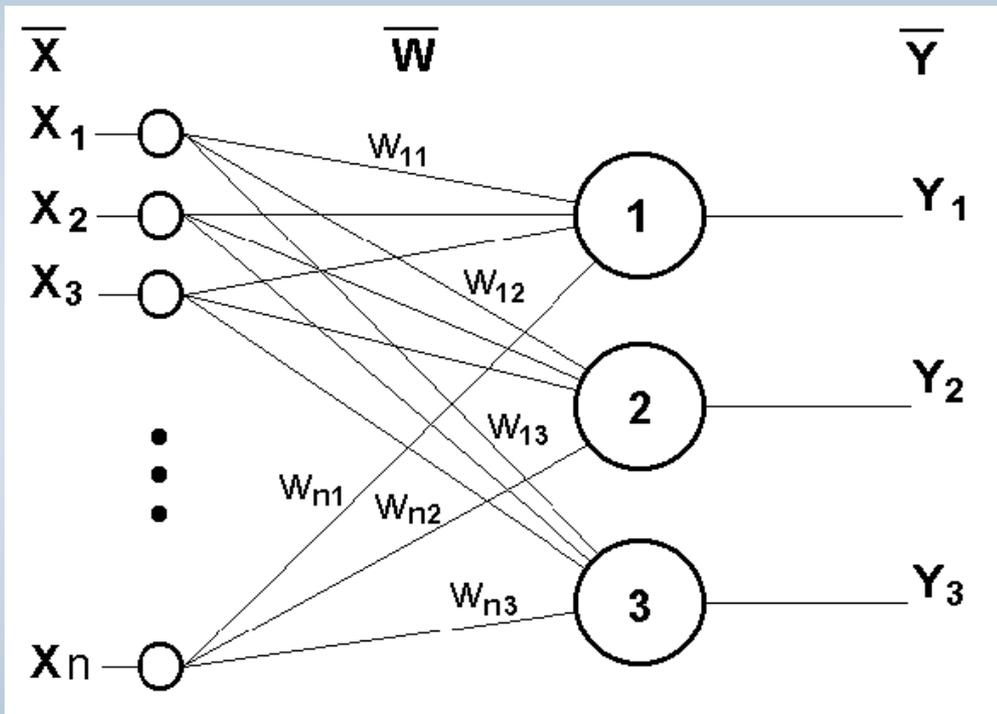
$$Y(x) = \frac{1}{1 + \exp(-c \cdot x)}$$



3. радиально-базисная активационные функции

$$Y(s) = \exp\left(\frac{-s^2}{2 \cdot \sigma^2}\right),$$

# Однослойные искусственные нейронные сети

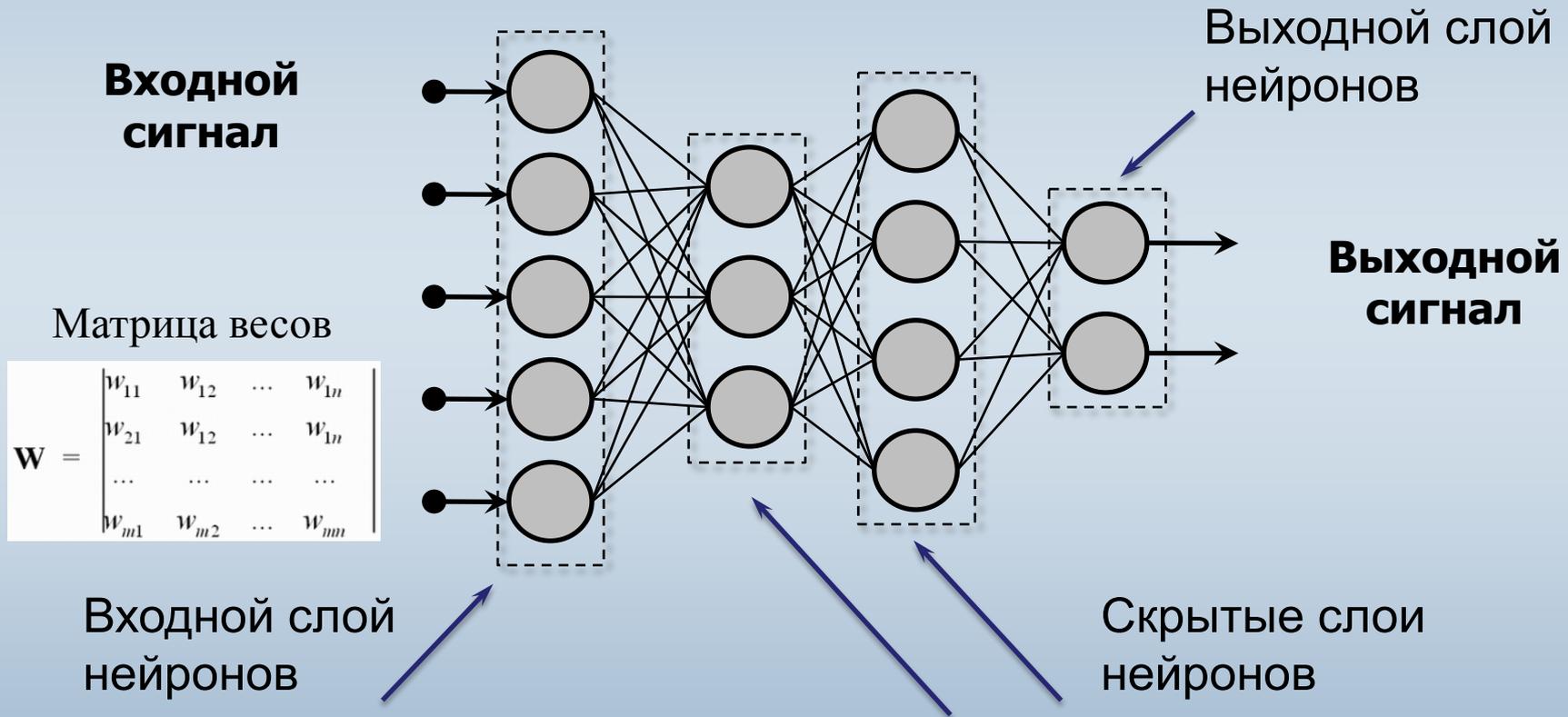


Однослойный персептрон

Каждый элемент из множества входов  $X$  отдельным весом соединен с каждым искусственным нейроном. А каждый нейрон выдает взвешенную сумму входов в сеть.

Вычисление выходного вектора  $\bar{Y}$ , компонентами которого являются выходы **OUT** нейронов, сводится к матричному умножению  $\bar{Y} = \bar{X}\bar{W}$ , где  $\bar{N}$  и  $\bar{X}$  - векторы-строки.  $\bar{W}$  - вектор,  $n$  - число входов.

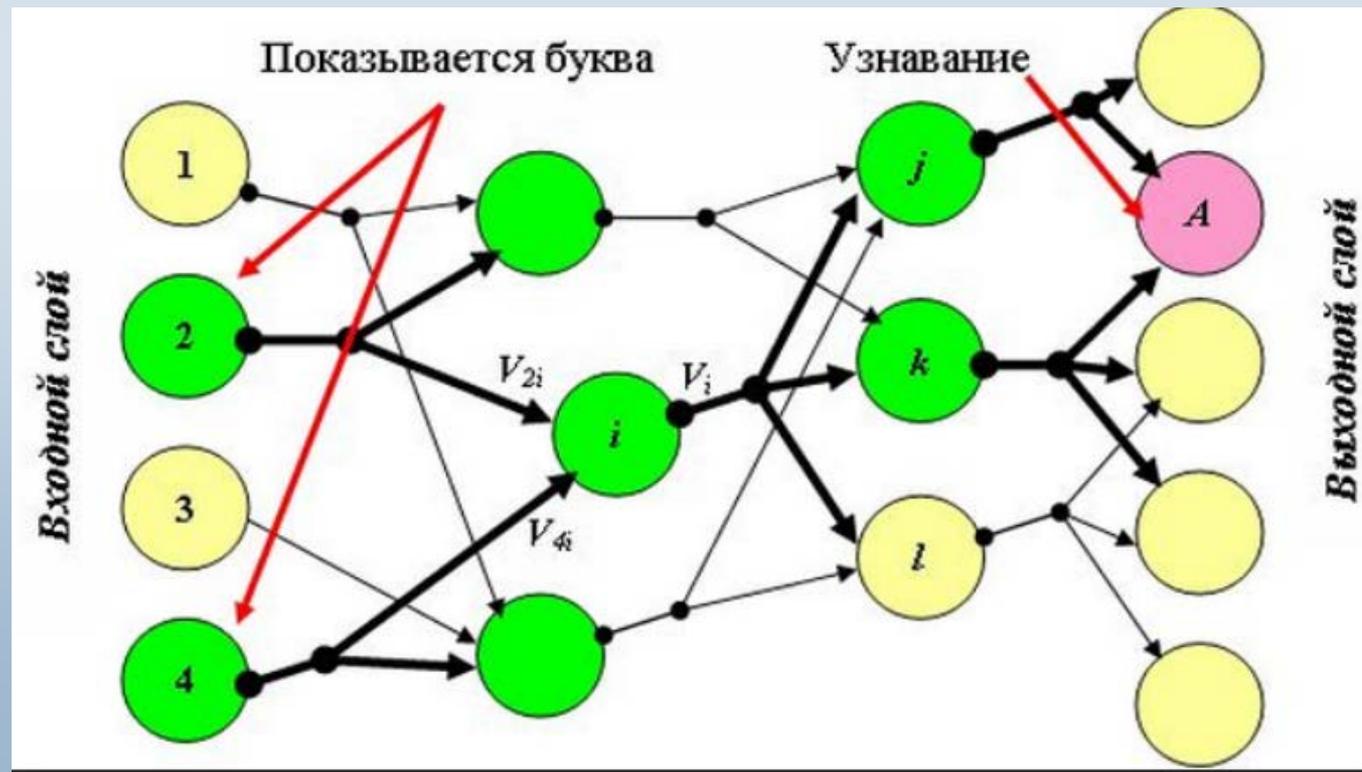
# Многослойные искусственные нейронные сети



Вычисление выходного вектора  $Y$ , компонентами которого являются выходы **OUT** нейронов, сводится к матричному умножению  $Y = XW$ , где  $M$  – число входов,  $N$  – число слоев, и  $X$  - векторы-строки.

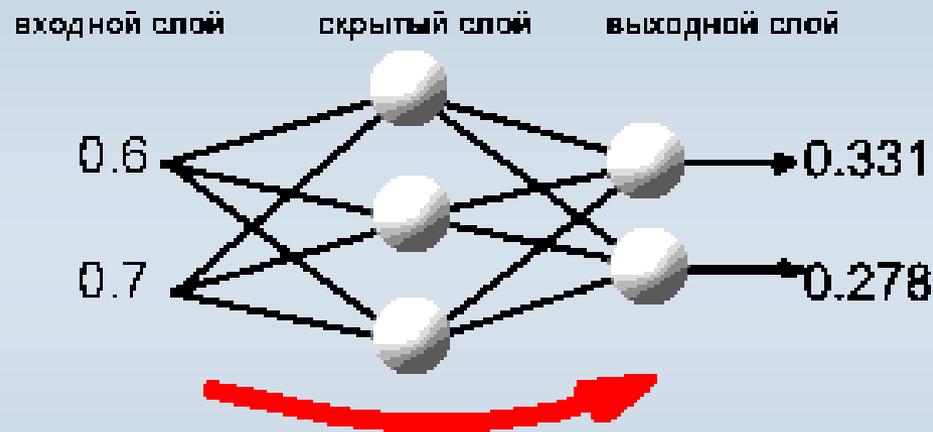
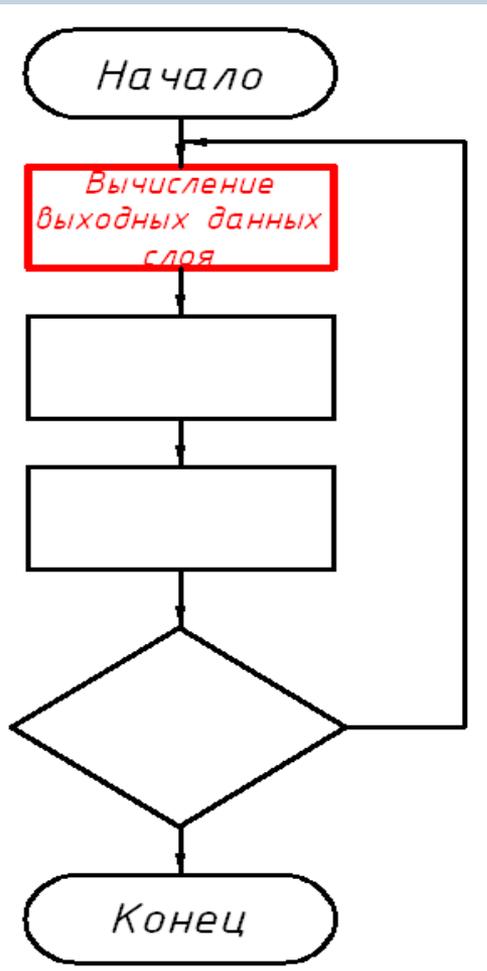
# Обучение нейронной сети

Обучить нейронную сеть - значит, сообщить ей, чего мы от нее добиваемся. Этот процесс очень похож на обучение ребенка алфавиту. Показав ребенку изображение буквы "А", мы спрашиваем его: "Какая это буква?" Если ответ неверен, мы сообщаем ребенку тот ответ, который мы хотели бы от него получить: "Это буква А". Ребенок запоминает этот пример вместе с верным ответом, то есть в его памяти происходят некоторые изменения в нужном направлении.



# Алгоритм обучения нейронных сетей

## Шаг 1

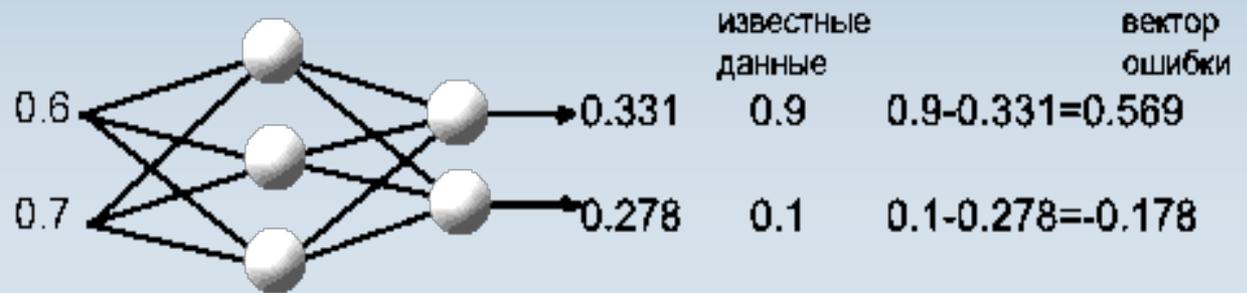
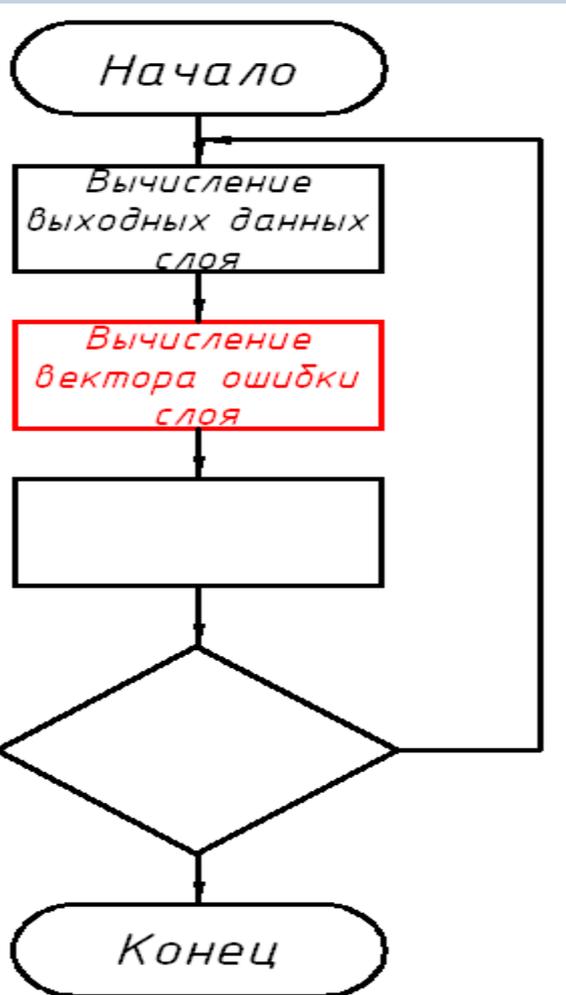


На начальном этапе величины матрицы  $W$  заданы произвольным образом. У нас есть набор тестовых объектов, и мы знаем какие выходные данные (то есть правильный ответ) соответствуют нашим исходным данным.

1. На первом этапе мы подаем последовательность наших данных и рассчитываем что получается на выходе при начальных произвольных величинах матрицы  $W$ .

# Алгоритм обучения нейронных сетей

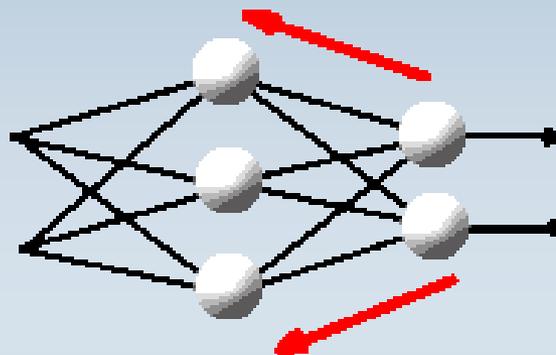
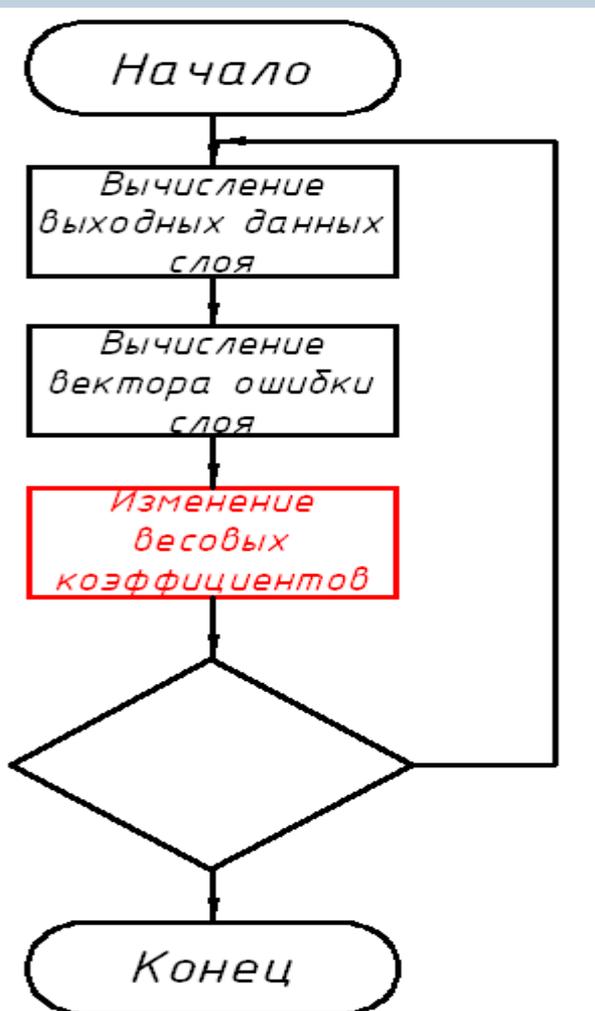
## Шаг 2



На втором этапе определяем разницу между правильными ответами и теми что получились при использовании произвольной матрицы  $W$ . То есть строим вектор ошибки.

# Алгоритм обучения нейронных сетей

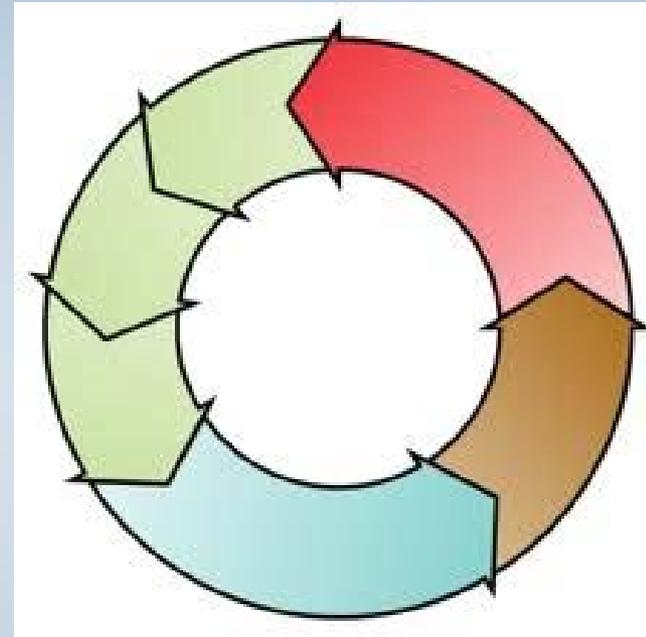
## Шаг 3



На данном этапе модифицируем наши веса, таким образом, что бы минимизировать наш вектор ошибки. То есть изменим наши веса, и снова подадим исходные данные на вход сети с уже изменёнными весам.

# Алгоритм обучения нейронных сетей

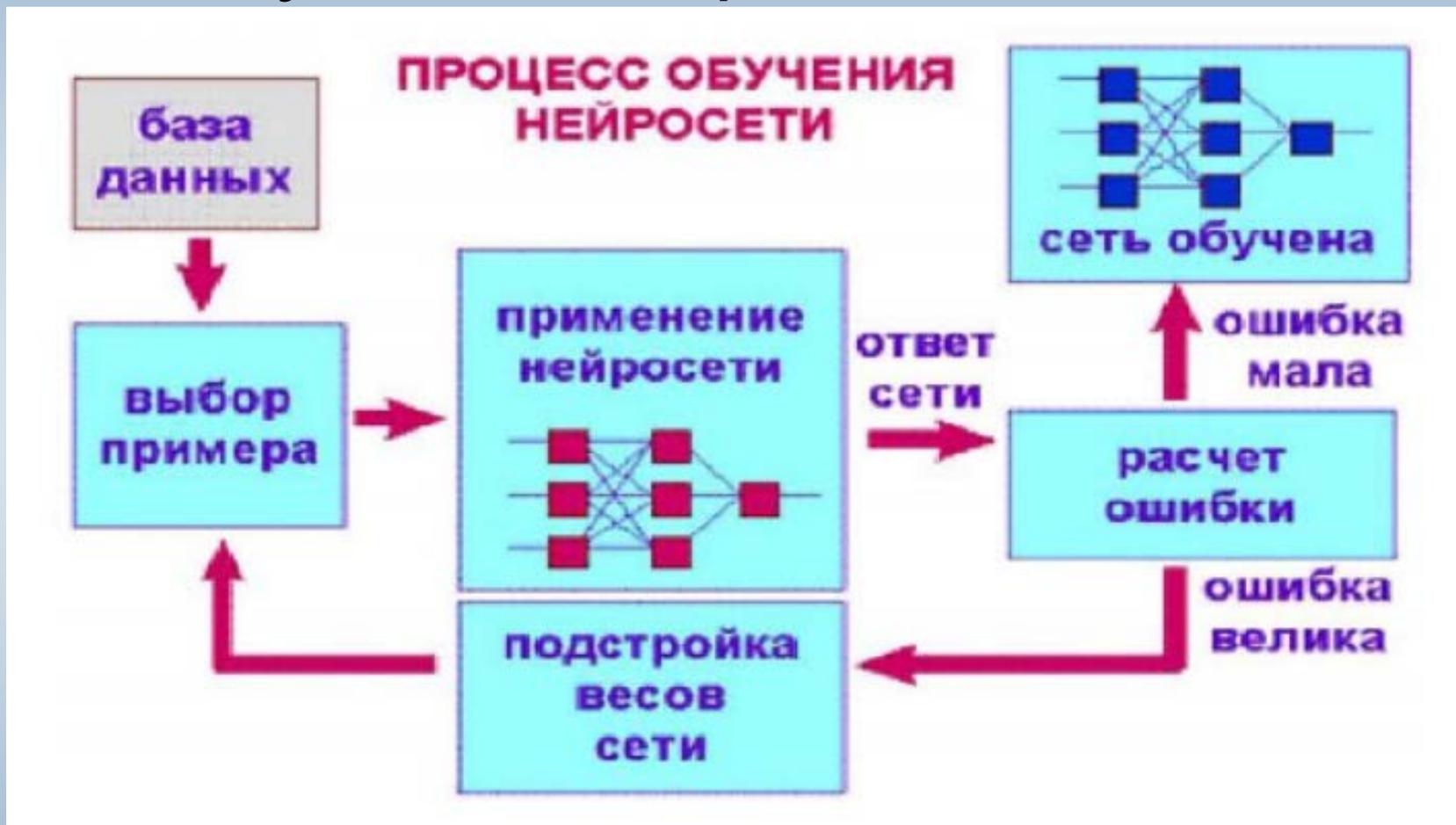
## Множество итераций



Сеть обучается путем предъявления каждого входного набора данных и последующего распространения ошибки. Цикл повторяется много раз.

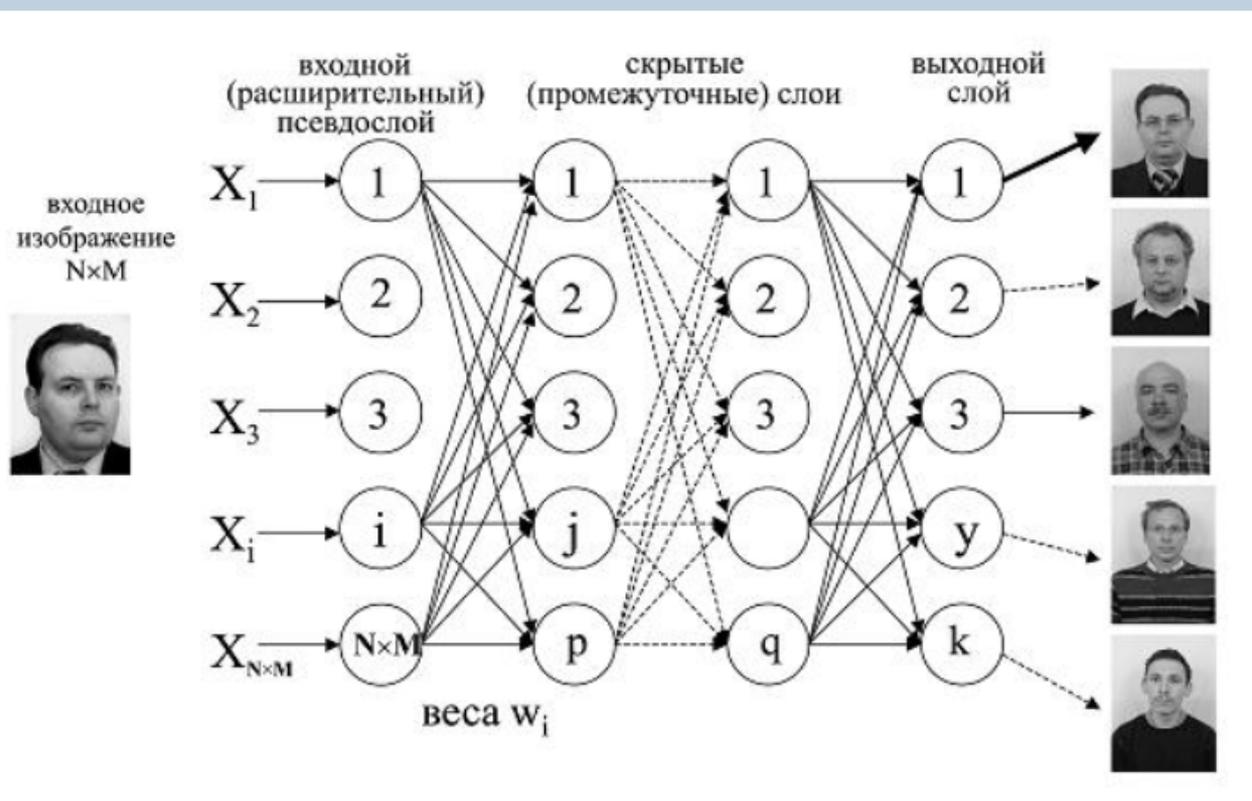
**После того как сеть обучится, на вход можно подавать другие данные. Соответственно сеть будет осуществлять классификацию данных на основе полученной матрицы  $W$ .**

# Обучения нейронных сетей



Не обученная нейронная сеть подобна ребенку - ее можно научить чему угодно. В используемых на практике нейронных сетях количество весов может составлять несколько десятков тысяч, поэтому обучение - действительно сложный процесс.

# Многослойная нейронная сеть для классификации изображений



Серьезной проблемой, стоящей перед системами компьютерного зрения, является большая изменчивость визуальных образов, связанная с изменениями освещенности, окраски, масштабов, ракурсов наблюдения. Кроме того, люди имеют привычку ходить по улицам и в помещении одетыми, что приводит к существенной изменчивости изображений одного и того же человека.

Исходная картинка растеризуется, и на вход подаются пиксели. Соответственно сеть может распознать лица с очками и без, лица слегка повернутые, с измененным освещением и так далее.

# Примеры применения нейронных сетей в менеджменте

1. Прогнозирование временных рядов на основе нейросетевых методов обработки (валютный курс, спрос и котировки акций, фьючерсные контракты и др.)
2. Страховая деятельность банков.
3. Прогнозирование банкротств на основе нейросетевой системы распознавания.
4. Определение курсов облигаций и акций предприятий с целью вложения средств в эти предприятия.
5. Применение нейронных сетей к задачам биржевой деятельности.
6. Прогнозирование экономической эффективности финансирования экономических и инновационных проектов.
7. Предсказание результатов займов.

# Пример применения НС для оценки банкротства

Входные параметры:

**X1** = Работающий капитал.

**X2** = Сохраняемая прибыль.

**X3** = Прибыль до капиталовложений и налога.

**X4** = Рыночная стоимость акции.

**X5** = Величина продаж.

В качестве тестовой коллекции можно выбрать две группы фирм, одна из которых будет представлять обанкротившиеся фирмы, а другая нет, взять их показатели для формирования обучающего множества, обучить сеть давать ответ <банкрот> или <не банкрот>.

После этого можно брать любую фирму, предъявлять ее показатели сети и сеть будет оценивать фирму как <банкрот> или <не банкрот>. Может быть фирма еще не обанкротилась, но давать кредиты такой фирме опасно. Вероятность правильного ответа может достигать **80%-97%**.

# Пример применения НС медицинских целей

## Диагностика инфаркта миокарда.

Скорая помощь доставляет больного в приемный покой с острой болью в груди, где дежурный врач должен поставить диагноз и определить, действительно ли это инфаркт миокарда. Опыт показывает, что доля пациентов, перенесших инфаркт среди поступивших с аналогичными симптомами, невелика. По статистике врач правильно диагностирует инфаркт миокарда у **88%** больных и ошибочно ставит этот диагноз в **29%** случаев.

В 1990 году Вильям Бакст из Калифорнийского университета в Сан-Диего использовал нейронную сеть – многослойный персептрон – для распознавания инфаркта миокарда у пациентов, поступающих в приемный покой с острой болью в груди.

Бакст использовал лишь **20 параметров**, среди которых были возраст, пол, локализация боли, реакция на нитроглицерин, тошнота и рвота, потение, обмороки, частота дыхания, учащенность сердцебиения, предыдущие инфаркты, диабет, гипертония, вздутие шейной вены, ряд особенностей ЭКГ и наличие значительных ишемических изменений. Сеть продемонстрировала точность **92%** при обнаружении инфаркта миокарда и дала только **4%** случаев сигналов ложной тревоги

# Недостатки применения НС

1. Для построения модели объекта на основе НС требуется выполнение многоцикловой настройки внутренних элементов и связей между ними;
2. Проблемы, возникающие при подготовке обучающей выборки, связанные с трудностями нахождения достаточного количества обучающих примеров;
3. Обучение сети в ряде случаев приводит к тупиковым ситуациям;
4. Продолжительные временные затраты на выполнение процедуры обучения зачастую не позволяют применять ИНС в системах реального времени;
5. Поведение обученной ИНС не всегда может быть однозначно предсказуемо, что увеличивает риск применения ИНС для управления дорогостоящими техническими объектами;
6. Обучить и эксплуатировать нейронную сеть для решения многих задач, как правило, может и не специалист, но надежно интерпретировать результаты, а также численно оценивать значимость получаемых прогнозов способны специалисты, имеющие навыки в моделировании нейронных сетей.