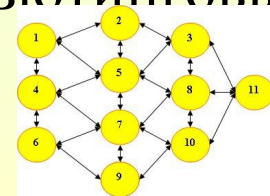


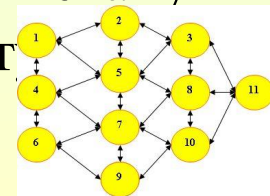
Нейронные сети и нейросетевое управление



- *Нейросеть содержит узлы - аналоги нервных клеток - нейронов (нейроподобных элементов, НПЭ) и их соединения - синапсические связи.*
- Фрэнк Розенблатт разработал первое обучаемое нейросетевое устройство для распознавания образов, персептрон (от английского perception - восприятие).
- Персептрон был впервые смоделирован в 1958 году, причем его обучение требовало около получаса машинного времени на одной из самых мощных в то время ЭВМ IBM-704.
- Аппаратный вариант - Mark I Perceptron - был построен в 1960 г. и предназначался для распознавания зрительных образов. Его рецепторное поле состояло из матрицы фотоприемников 20x20, и он успешно справлялся с решением ряда задач - мог, например, различать транспаранты некоторых букв.
- Тогда же возникли первые коммерческие нейрокомпьютерные компании.



- Физик Джон Хопфилд (1982 г.) предложил модель ассоциативной памяти в нейронных ансамблях, а его многочисленные последователи обогатили теорию нейросетей многими идеями из арсенала физики, такими как коллективные взаимодействия нейронов, энергия сети, температура обучения и т. д.
- Однако, практическое применение нейросетей началось после публикации в 1986 году Давидом Румельхартом с соавторами метода обучения многослойного персептрона, названного ими «методом обратного распространения ошибки» (error back-propagation).
- Возможности вычислительной техники стали достаточными для решения широкого круга прикладных задач. В 90-х годах производительность последовательных компьютеров возросла настолько, что это позволило моделировать с их помощью работу параллельных нейронных сетей с числом нейронов от нескольких сотен до десятков тысяч. Такие эмуляторы нейросетей способны решать многие интересные с практической точки зрения задачи.
- В свою очередь, нейросетевые программные комплексы станут тем носителем, который выведет на технологическую орбиту ее параллельное нейросетевое hardware.



В основу искусственных нейронных сетей положены следующие черты живых нейронных сетей, позволяющие им хорошо справляться с нерегулярными задачами:

- простой обрабатывающий элемент - нейрон;
- очень большое число нейронов участвует в обработке информации;
- один нейрон связан с большим числом других нейронов (глобальные связи);
- изменяющиеся по весу связи между нейронами;
- массивная параллельность обработки информации.

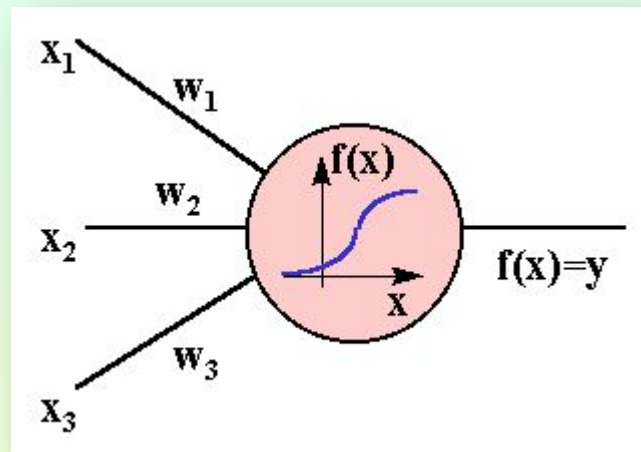
- Прототипом для создания нейрона послужил биологический нейрон головного мозга. Биологический нейрон имеет тело, совокупность отростков - дендритов, по которым в нейрон поступают входные сигналы, и отросток - аксон, передающий выходной сигнал нейрона другим клеткам. Точка соединения дендрита и аксона называется синапсом.



Упрощенно функционирование нейрона можно представить следующим образом:

- 1) нейрон получает от дендритов набор (вектор) входных сигналов;
- 2) в теле нейрона оценивается суммарное значение входных сигналов.

Однако входы нейрона неравнозначны. Каждый вход характеризуется некоторым весовым коэффициентом, определяющим важность поступающей по нему информации. Таким образом, нейрон не просто суммирует значения входных сигналов, а вычисляет скалярное произведение вектора входных сигналов и вектора весовых коэффициентов;



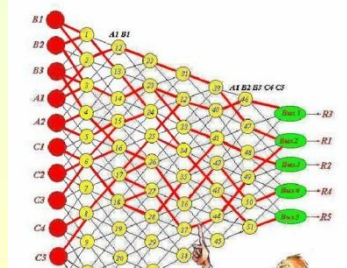
- 3) нейрон формирует выходной сигнал, интенсивность которого зависит от значения вычисленного скалярного произведения. Если оно не превышает некоторого заданного порога, то выходной сигнал не формируется вовсе - нейрон "не срабатывает";
- 4) выходной сигнал поступает на аксон и передается дендритам других нейронов.

Поведение искусственной нейронной сети зависит как от значения весовых параметров, так и от **функции возбуждения** нейронов.

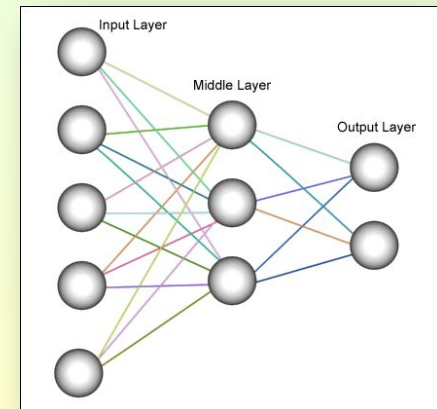
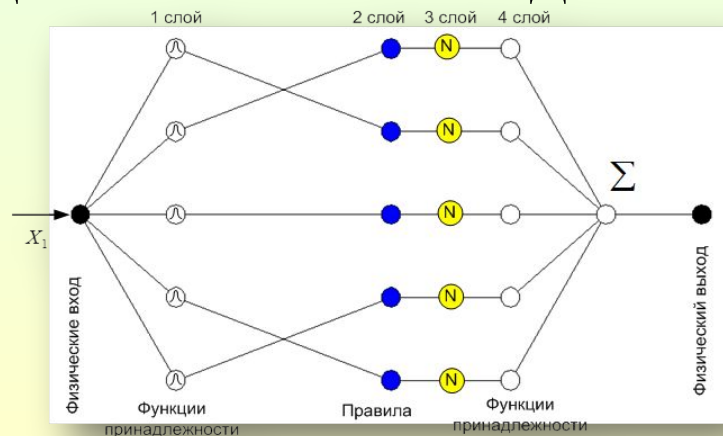
Рассматриваются три основных вида функции возбуждения:

1. Пороговая – для пороговых элементов выход устанавливается на одном из двух уровней в зависимости от того, больше или меньше суммарный сигнал на входе нейрона некоторого порогового значения.
2. Линейная – для линейных элементов выходная активность пропорциональна суммарному взвешенному входу нейрона.
3. Сигмоидальная – для сигмоидальных элементов в зависимости от входного сигнала, выход варьируется непрерывно, но не линейно, по мере изменения входа.

Сигмоидальные элементы имеют больше сходства с реальными нейронами, чем линейные или пороговые, но любой из этих типов можно рассматривать лишь как приближение.



- Нейронная сеть представляет собой совокупность большого числа сравнительно простых элементов - нейронов, топология соединений которых зависит от типа сети.
- Чтобы создать нейронную сеть для решения какой-либо конкретной задачи, нужно выбрать, каким образом следует соединять нейроны друг с другом, и соответствующим образом подобрать значения весовых параметров на этих связях. Может ли влиять один элемент на другой, зависит от установленных соединений. Вес соединения определяет силу влияния.



- НС принадлежат классу коннекционистских моделей обработки информации. Основная их черта - использовать взвешенные связи между обрабатываемыми элементами как принципиальное средство запоминания информации. Обработка в таких сетях ведется одновременно большим числом элементов, благодаря чему они терпимы к неисправностям и способны к быстрым вычислениям.
- Задать НС, способную решить конкретную задачу, это значит определить модель нейрона, топологию связей, веса связей. Нейронные сети различаются между собой меньше всего моделями нейрона, а в основном топологией связей и правилами определения весов или правилами обучения, программирования.

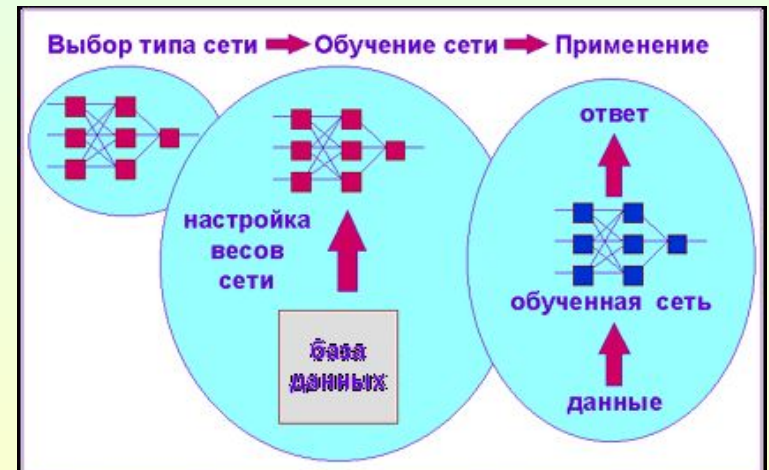
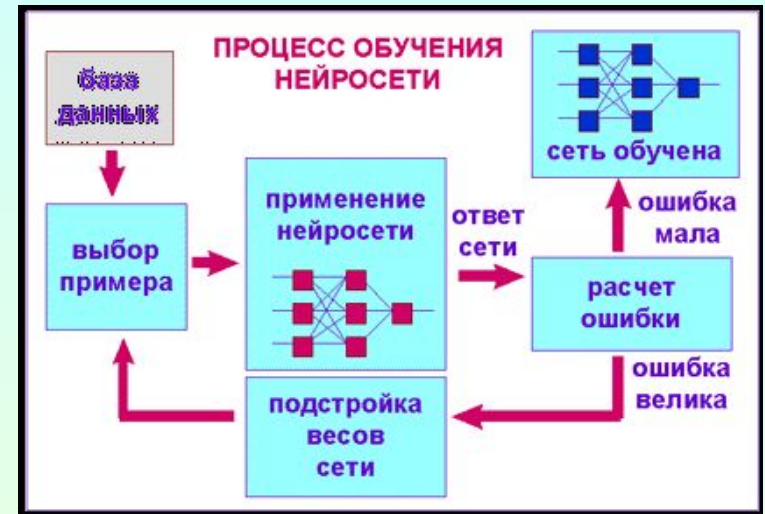
Коннекционизм

- (от англ. connection — соединение, согласованность, связь) — разработанный в когнитивной науке вычислительный (компьютерный) подход к моделированию мозга, использующий искусственные нейронные сети для имитации процессов познания живых существ (включая человека) и их интеллектуальных способностей.

В настоящее время существует два подхода к решению задачи обучения НС решению задачи распознавания образов, оптимизации и т.д.

Один, исторически более ранний, состоит в постепенной модификации весовых коэффициентов в процессе обучения.

Для решения задач прогнозирования наиболее подходит сеть с обратным распространением. Она позволяет формальным образом обучить сеть прогнозировать изменение требования на основе исторических данных о требованиях.



Модели нейронных сетей

Подходы к обучению однослойных и многослойных сетей различны.

- Обучение многослойных сетей состоит в том, что на основе набора примеров входное состояние - выходное состояние постепенно подбираются веса всех связей так, чтобы каждое входное состояние вызывало соответствующее выходное. Обучающие алгоритмы представляют собою итерационные процедуры с медленным приближением к окончательным значениям весов связей.
- Этот способ впервые был реализован в персептроне Розенблатта и локальных правилах обучения на основе модели Хебба. В последующие годы этот подход получил дальнейшее развитие в алгоритмах типа обратного распространения.
- В однослойных сетях часто удается выразить веса связей через параметры задачи (так обстоит дело с моделью Хопфилда и однослойной машиной Больцмана). Подход состоит в вычислении значений синаптический весов на основе заданного описания функционирования нейронной сети как "черного ящика". Если сеть должна реализовать заданную функцию, ее рассматривают как набор элементов пороговой логики и задача сводится к кусочно-линейной аппроксимации этой зависимости и синтезу соответствующего автомата.

Модели нейронных сетей

Для общего случая, когда описание поведения сети задано в виде набора векторов возможных состояний, поиск синаптических весов сводится к решению соответствующей системы нелинейных уравнений. Такое решение было впервые найдено Хопфилдом.

- 1) Модель Мак-Каллока

В 1943 году У. Мак-Каллок и его ученик У. Питтс сформулировали основные положения теории деятельности головного мозга. Ими были получены следующие результаты:

- ✓ разработана модель нейрона как простейшего процессорного элемента, выполняющего вычисление переходной функции от скалярного произведения вектора входных сигналов и вектора весовых коэффициентов;
- ✓ предложена конструкция сети таких элементов для выполнения логических и арифметических операций;
- ✓ сделано основополагающее предположение о том, что такая сеть способна обучаться, распознавать образы, обобщать полученную информацию.

Модели нейронных сетей

- Недостатком данной модели является сама модель нейрона - "пороговой" вид переходной функции. В формализме У. МакКаллока и У. Питтса нейроны имеют состояния 0, 1 и пороговую логику перехода из состояния в состояние. Каждый нейрон в сети определяет взвешенную сумму состояний всех других нейронов и сравнивает ее с порогом, чтобы определить свое собственное состояние. Пороговый вид функции не предоставляет нейронной сети достаточную гибкость при обучении и настройке на заданную задачу.
- Если значение вычисленного скалярного произведения, даже незначительно, не достигает до заданного порога, то выходной сигнал не формируется вовсе и нейрон "не срабатывает". Это значит, что теряется интенсивность выходного сигнала (аксона) данного нейрона и, следовательно, формируется невысокое значение уровня на взвешенных входах в следующем слое нейронов..

Модели нейронных сетей

2) Модель Розенблатта

- В 1958 году он предложил свою модель нейронной сети. Розенблатт ввел в модель Мак-Каллока и Питтса способность связей к модификации, что сделало ее обучаемой. Эта модель была названа персептрон.
 - Первоначально персептрон представлял собой однослойную структуру с жесткой пороговой функцией процессорного элемента и бинарными или многозначными входами. Первые персептроны были способны распознавать некоторые буквы латинского алфавита. Впоследствии модель персептрона была значительно усовершенствована.
 - Персептрон применялся для задачи автоматической классификации, которая в общем случае состоит в разделении пространства признаков между заданным количеством классов. В двухмерном случае требуется провести линию на плоскости, отделяющую одну область от другой. Персептрон способен делить пространство только прямыми линиями (плоскостями).
- Серьезным недостатком персептрона является то, что не всегда существует такая комбинация весовых коэффициентов, при которой имеющееся множество образов будет распознаваться данным персептроном. Причина этого недостатка состоит в том, что лишь небольшое количество задач предполагает, что линия, разделяющая эталоны, будет прямой. Обычно это достаточно сложная кривая, замкнутая или разомкнутая.
- ✓ Выходом из этого положения является использование многослойного персептрона, способного строить ломаную границу между распознаваемыми образами.

Модели нейронных сетей

3) Модель Хопфильда

- В 70-е годы интерес к нейронным сетям значительно упал, однако работы по их исследованию продолжались. Был предложен ряд интересных разработок, таких, например, как когнитрон, способный хорошо распознавать достаточно сложные образы (иероглифы и т.п.) независимо от поворота и изменения масштаба изображения. Автором когнитрона является японский ученый И. Фукушима.
- Хопфилдом в 1982 году была сформулирована математическая модель ассоциативной памяти на нейронной сети с использованием правила Хеббиана для программирования сети.
- Хопфилдом была введена функция вычислительной энергии нейронной сети. Это аналог функции Ляпунова в динамических системах. Было показано, что для однослойной нейронной сети со связями типа "все на всех" характерна сходимоть к одной из конечного множества равновесных точек, которые являются локальными минимумами функции энергии, содержащей в себе всю структуру взаимосвязей в сети.
- Этот подход получил развитие и для решения других комбинаторных оптимизационных задач. Привлекательность подхода Хопфилда состоит в том, что нейронная сеть для конкретной задачи может быть запрограммирована без обучающих итераций. Веса связей вычисляются на основании вида функции энергии, сконструированной для этой задачи.

Модели нейронных сетей

4) Модель сети с обратным распространением

- Способом обратного распространения (back propogation) называется способ обучения многослойных НС. В таких НС связи между собой имеют только соседние слои, при этом каждый нейрон предыдущего слоя связан со всеми нейронами последующего слоя. Нейроны обычно имеют сигмоидальную функцию возбуждения. Первый слой нейронов называется входным и содержит число нейронов соответствующее распознаваемому образу. Последний слой нейронов называется выходным и содержит столько нейронов, сколько классов образов распознается. Между входным и выходным слоями располагается один или более скрытых (теневых) слоев. Определение числа скрытых слоев и числа нейронов в каждом слое для конкретной задачи является неформальной задачей.
 - Принцип обучения такой нейронной сети базируется на вычислении отклонений значений сигналов на выходных процессорных элементах от эталонных и обратном "прогоне" этих отклонений до породивших их элементов с целью коррекции ошибки.
- Этому алгоритму свойственны и недостатки, главный из которых - отсутствие сколько-нибудь приемлемых оценок времени обучения. Понимание, что сеть в конце концов обучится, мало утешает, если на это могут уйти годы. Тем не менее, алгоритм обратного распространения имеет широчайшее применение. Например, успех фирмы NEC в распознавании букв, был достигнут именно благодаря алгоритму обратного распространения.

Скрытые нейроны

Можно обучить многослойную нейронную сеть методом обратного распространения сигнала.

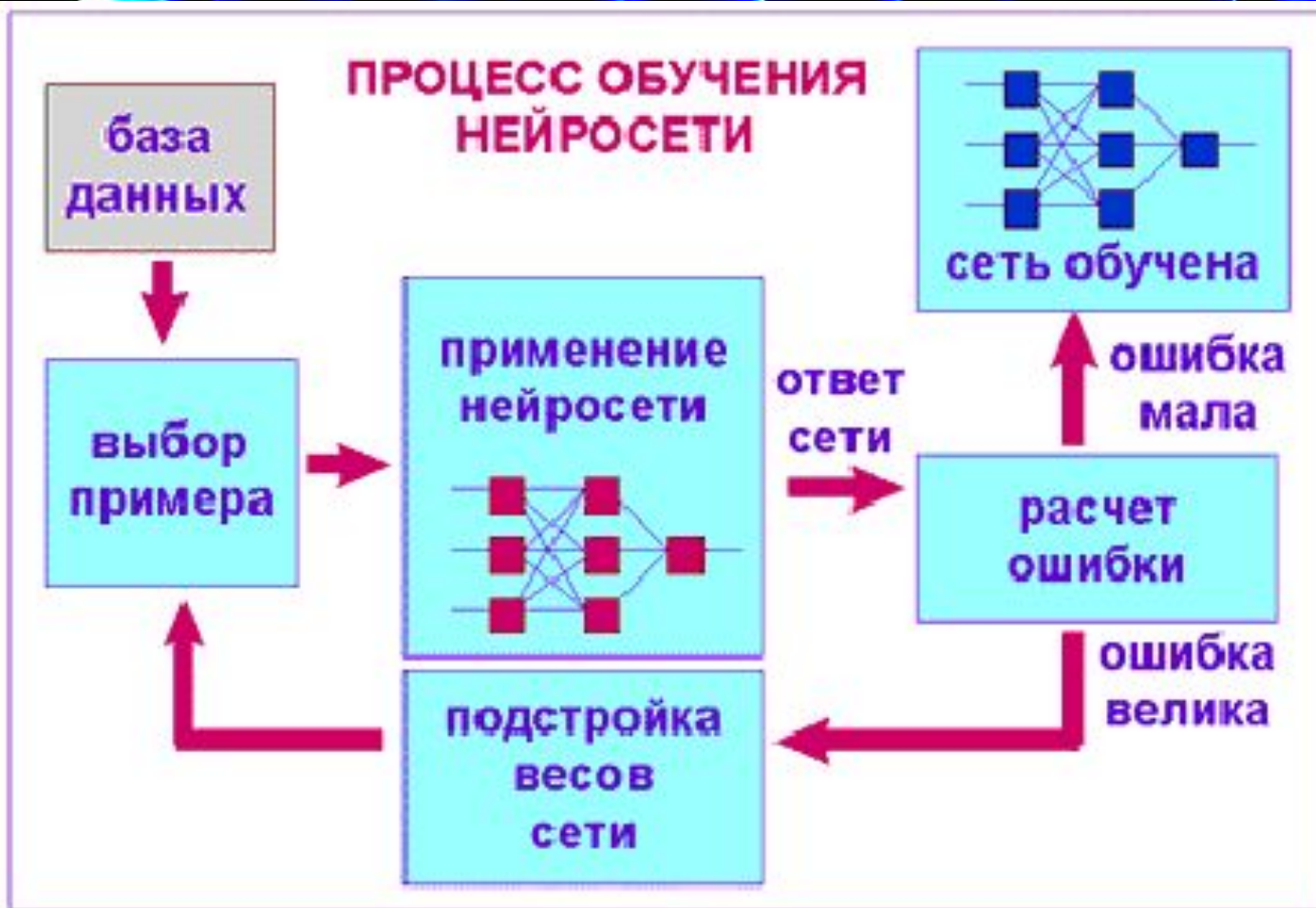


Рис 1.5. Процесс обучения нейронной сети.

Нейронные сети

Обучение “с учителем” и “без учителя”

По принципу обучения нейронных сетей различают два типа: “с учителем” и “без учителя”. В первом случае обучающий набор данных “с ответами” и обучающий алгоритм “с ответом” на основе слежения за правильным ответом и ответом следующей коррекцией весов. Во втором случае обучающий набор данных “без учителя”

Обучение “с учителем” есть только набор данных “с ответами”. Обучение “без учителя” должно учитывать как обучающий набор данных “с ответами” (супервизорную информацию)

Обучение “с учителем” – это обучение с учителем. Обучение “без учителя” – это обучение без учителя. Обучение “с учителем” – это обучение с учителем. Обучение “без учителя” – это обучение без учителя.