



Лекция №7

**ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ
СЕТИ (ИНС)**

Понятие «Знание»



Главным содержанием технологии нейронных семиотических систем является создание электронных и программных аналогов естественных нейронных сетей и использование этих аналогов для имитации функций человеческого интеллекта. Данному направлению прочат исключительные перспективы в XXI в.

В России сформировались крупные научные школы в области нейротехнологий (центр нейрокомпьютеров РАН, А.И. Галушкин, научная школа нейротехнологий МГУ, А.В. Чечкин и др.).

Сферами применения нейротехнологий являются все плохо формализуемые ПрО, где классические математические модели и алгоритмы мало эффективны по сравнению с человеком (обработка изображений, реализация ассоциативной памяти, системы управления реального времени, распознавание образов и речи и др.).

Одной из характерных черт нейротехнологий является **обучение нейросети на примерах.**

Феномены мозга



Шесть феноменов мозга:

- 1. Кодирование (представление) информации о внешнем мире;**
- 2. Кратковременное и долговременное запоминание, хранение и извлечение информации;**
- 3. Ассоциативный поиск и самоорганизацию памяти;**
- 4. Оперирование информацией в процессе решения мыслительных задач;**
- 5. Симультанное (мгновенное) распознавание;**
- 6. Неожиданное творческое озарение (инсайт).**

Конструктивного научного объяснения этим феноменам до сих пор не найдено.

Большинство нейрофизиологов считает, что объяснить феномены работы мозга можно, изучая функционирование объединенных в единую сеть клеток, называемых нейронами.

Строение мозга



Мозг состоит из различных типов клеток и включает 10^{10} — 10^{11} **нейронов**. **Количество связей** между ними может достигать 10^{22} . Объем информации, хранящейся в мозге человека и других млекопитающих, превышает объем генетической информации, закодированной в ДНК.

Строение мозга отражает его эволюцию.

- Наиболее древние участки мозга, доставшиеся человеку от рыб и амфибий, ответственны за поддержание жизнедеятельности (гомеостазис) и размножение.
- Другие отделы мозга (рептильный комплекс) возникли несколько сот миллионов лет назад и обеспечивают ориентацию в пространстве.
- Третий слой — лимбическая система — сформировался около 150 млн. лет назад и отвечает за эмоциональную сферу.
- Наконец, кора больших полушарий, возникшая несколько миллионов лет назад, обеспечивает функции речи и логического мышления.
- Обычно лишь 2-3% нейронов мозга активны. Поэтому мозг обладает огромным запасом «прочности» и «пластичности», позволяющих ему работать даже при серьезных повреждениях и приспосабливаться к значительно меняющимся внешним условиям.

Нейронные структуры ВНС



Нейрофизиологи в высшей нервной системе (ВНС) человека явно различают три типа нейронных структур:

- **сенсорные;**
- **внутренние;**
- **эффекторные.**

Парадигма нейрокомпьютинга формулируется следующим образом (Горбань): алгоритмы, порождаемые данными в универсальном процессе обучения, специализированные для данного класса операций с образами, адаптированные под конкретные информационные задачи.

Строение мозга



В отличие от памяти ЭВМ память человека адресуется по содержанию, является **ассоциативной, распределенной, робастной и активной**.

Полушария мозга человека имеют разное назначение.

Левое полушарие отвечает за работу с абстрактными представлениями, математические вычисления и логический вывод, речь, письмо, восприятие времени. Эти процессы связаны с пошаговой обработкой информации.

Правое полушарие оперирует с образами конкретных объектов. У правого полушария данные и метод составляют единое целое. Оно также отвечает за воображение и интуицию. Это более древние механизмы мозга по сравнению с логическим мышлением. Правое полушарие поддерживает параллельную обработку информации, оно же отвечает за творчество.

Структура работ в области нейрокибернетики



Разработка, реализация и использование математических моделей ИНС.

- Разработка и использование нейропакетов.
 - Разработка и программная реализация математических моделей элементов ИНС.
 - Программная реализация нейропакетов.
 - Обучение нейропакетов решению различных классов задач.
- Разработка и использование нейрокомпьютеров.
 - Проектирование и конструирование нейрокомпьютеров.
 - Программная реализация нейрокомпьютеров.
 - Обучение нейрокомпьютеров решению различных классов задач.

Разработка и реализация математических моделей ВНС человека.

- Разработка и программная реализация математических моделей элементарных сенсорных систем человека.

Характеристики традиционных компьютеров и нейрокомпьютеров



| Основные характеристики | Традиционные компьютеры | Нейрокомпьютеры |
|---------------------------|---|--|
| Режим функционирования | В основном последовательный | Параллельный |
| Описание функционирования | Заданные алгоритмы | Алгоритмы формируются на основе обучения нейросети на примерах |
| Характер операций | Иерархическая структура алгоритмов. Разбиение сложных задач на простые. «Жесткие» математические модели | Непосредственное манипулирование образами. «Мягкие» математические модели |
| Аналог | Левое полушарие | Правое полушарие |

БАЗОВЫЕ ПОНЯТИЯ НЕЙРОТЕХНОЛОГИЙ



Нейрон – базовый элемент сети, единственный ее нелинейный элемент;

Синапс – элемент, обеспечивающий связь между нейронами (может обладать весом и «задержкой»);

Сумматор, рассматриваемый как компонент нейрона или как специализированный нейрон;

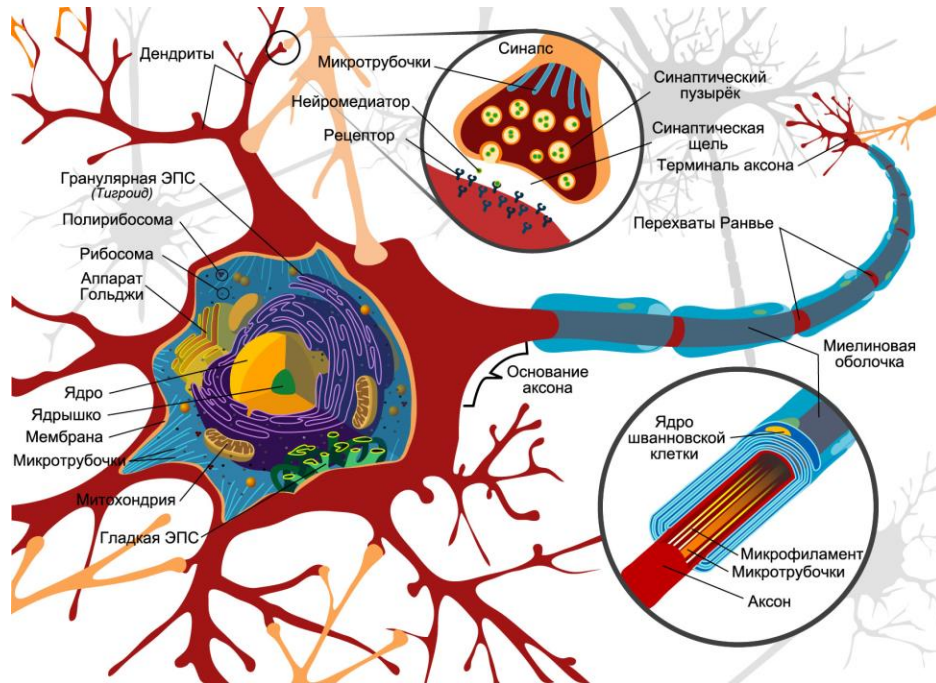
Обучающие примеры, представляющие наборы значений вход – предписанный выход и целевую функцию, определяющую штраф за отклонение реального выхода от предписанных значений при данных входах;

Цвета и цветовые группы, ассоциируемые с нейронами (окрашенные нейроны по разному участвуют в обучении);

Алгоритмы обучения.

СХЕМА БИОЛОГИЧЕСКОГО НЕЙРОНА

ИНС – упрощенная модель ткани головного мозга.

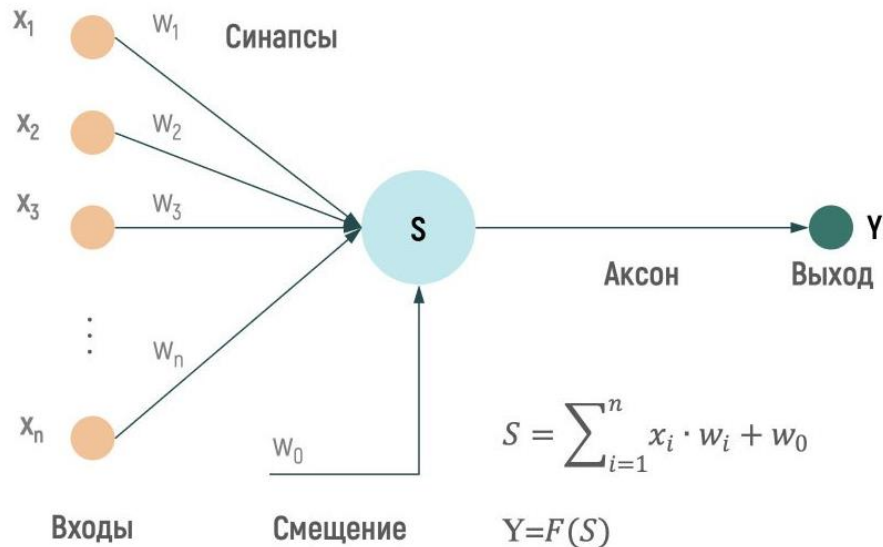


Нервная клетка состоит из тела (сoma, ядро) и отростков (дендриты), по котором в нейрон поступают входные сигналы.

Один из отростков **аксон** служит для передачи выходных сигналов другим нервным клеткам.

Соединение **аксона** с **дендритом** другого нейрона называется **синапсом**.

МОДЕЛ ИСКУССТВЕННОГО НЕЙРОНА



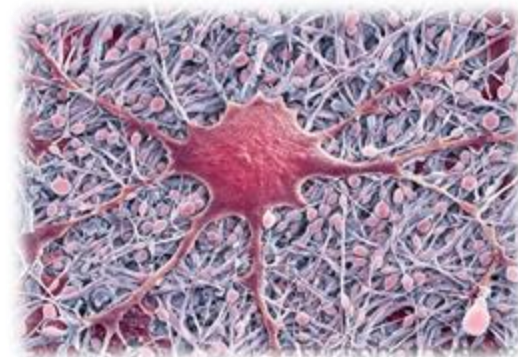
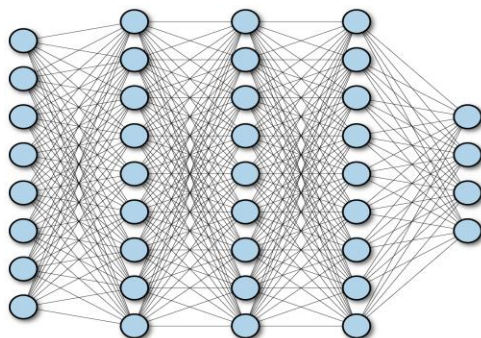
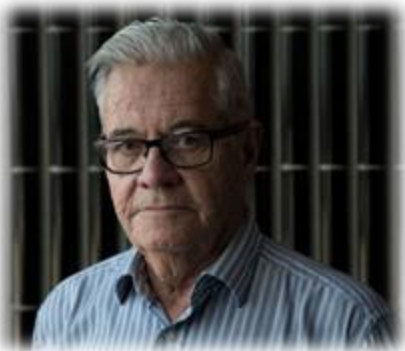
- ✓ n – размерность пространства входных сигналов;
- ✓ S – потенциал нейрона;
- ✓ S преобразуется с помощью передаточной функции $F(S)$ и передается другим нейронам сети;
- ✓ $F(S)$ – активационная функция.

ИНС

ИНС представляет собой совокупность искусственных нейронов, организованных слоями.

ИНС могут быть **одно-** и **многослойные**, с **обратными связями** и **без**.

В 1958 году Фрэнк Розенблатт ввел понятие **персептрона** – модели ИНС и рассмотрел возможность модификации межнейронных связей, что сделало сеть обучаемой.



ОСОБЕННОСТИ ИНС



1. ИНС содержит большое число (миллионы и миллиарды) параллельно работающих простых элементов — нейронов. Благодаря такой структуре обеспечивается высокое быстродействие при решении задач, традиционно требующих значительных вычислительных ресурсов.
2. Место программирования в ИНС занимает обучение. В связи с этим ожидается появление новых специальностей: нейроконструктора, в задачи которого входят формирование универсальных компонентов — нейронных блоков — и конструирование из них нейрокомпьютеров (НК) (универсальных и специализированных); учителя ИНС.
3. Выделяют два подхода к организации обучения ИНС: обучение и самообучение на примерах; обучение в процессе игры.

Под обучением ИНС понимается процесс нахождения экстремума некоторой функции, отображающей взаимодействие типа вход-выход.

Достижения в области обучения ИНС



- Возможность управления процессом обучения в режиме двойственного функционирования ИНС, при котором нейропакет (НП) или НК самостоятельно оценивает ошибки и сообщает об этом учителю;
- Возможность восприятия и отражения на ИНС информации из внешней среды.

Спецификой является большая размерность ИНС, что обуславливает целесообразность применения алгоритмов оптимизации, которые допускают параллельное выполнение аналогично естественным нейросетям. Кроме методов оптимизации при обучении ИНС используют генетические алгоритмы.

В нейротехнологиях обучается не отдельный нейрон, а вся сеть в целом. В ходе ее обучения предъявляются примеры и их оценки. Для быстрого параллельного обучения в сеть вводятся элементы, оценивающие частные производные. В естественных нейросетях такие элементы также существуют.

Достижения в области обучения ИНС



Если для какого-то класса задач требуются сложные специализированные нейроны, их проще ввести в модель сразу, нежели строить из простых. Если же такая необходимость не очевидна, то целесообразно использовать универсальную сеть из простых нейронов. Она сама «вырастит» нужные структуры в ходе обучения.

Три базовых подхода к представлению результатов обучения нейросетью:

- 1. Коннекционизм** — модифицируются веса синаптических связей, параметры нейронов не меняются;
- 2. Гетерогенные ИНС** — модифицируются параметры нейронов, связи не меняются;
- 3. Комплексный подход**, объединяющий первые два подхода.

Нейропакеты



Нейропакетом называется программная система, эмулирующая среду НК на обычном компьютере.

Классификация НП

1. НП для разработки других НП (инструментарий построения НП).
2. Универсальные НП. Под универсальностью понимается возможность моделирования ИНС разной структуры и с разными алгоритмами обучения.
3. Специализированные НП, использующие нейроны сложной функциональности и включающие специализированные средства для: обработки изображений; распознавания образов; распознавания рукописных и печатных символов; распознавания речи; управления динамическими системами; финансового анализа и др.
4. Нейронные ЭС.
5. Пакеты генетического обучения ИНС.
6. Пакеты нечеткой логики, использующие ИНС.
7. Интегрированные пакеты, использующие ИНС.

Разработка с помощью НП



Обычно процесс разработки с помощью НП состоит из четырех этапов:

1. **Визуальное проектирование структуры и топологии ИНС;**
2. **Определение синаптической карты и функций активации нейронов;**
3. **Обучение построенной ИНС;**
4. **Тестирование обученной ИНС (в том числе оценивание скорости работы ИНС).**

Наиболее распространенный способ обучения ИНС основан на методе обратного распространения ошибки.

После накопления и обобщения опыта использования программных реализаций нейросети в рамках НП может создаваться НК. Аппаратной базой для НП служат рабочие станции или персональные ЭВМ, обладающие высокой производительностью.

Критерии сравнения НП



Критерии для сравнения универсальных НП:

1. Скорость обучения ИНС – главный показатель эффективности функционирования НП

Критерии оценки НП с точки зрения начинающих пользователей

2. Простота формирования и обучения ИНС при использовании интуитивно понятного графического интерфейса НП
3. Простота подготовки обучающей выборки
4. Наглядность и полнота представления информации в процессе формирования и обучения ИНС

Критерии сравнения НП



Критерии оценки НП с точки зрения опытных пользователей

5. Состав поддерживаемых нейронных моделей, критериев и алгоритмов обучения
6. Возможность создания собственных (т.е. нетиповых) нейронных структур
7. Возможность использования собственных критериев оптимизации
8. Возможность использования собственных алгоритмов обучения ИНС
9. Простота обмена информацией между НП и другими приложениями

Критерии оценки НП с точки зрения профессиональных разработчиков НП

10. Открытая архитектура пакета (возможность его расширения за счет внешних программных модулей)
11. Наличие генератора исходного кода
12. Наличие макроязыка для ускорения работы с НП

Архитектура универсального ИИ

