

# ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*Лекция Вердыш А.В. для ОО ВНО. Минск. 2023 г.*

## Часть 2

### **НЕЙРОИНФОРМАТИКА**

Большинство современных компьютеров используют архитектуру машины фон Неймана. Однако до наших дней дошла еще одна схема, которая в последние годы получила стремительное развитие и применение. Речь идет о **нейросетевых** и **нейрокомпьютерных** технологиях.

Нейронные сети и нейрокомпьютеры — это одно из направлений компьютерной индустрии, в основе которого лежит идея создания искусственных интеллектуальных устройств по образу и подобию человеческого мозга. Дело в том, что компьютеры, выполненные по схеме машины фон Неймана, по своей структуре и свойствам весьма далеки от нашего естественного компьютера — человеческого мозга.

Основатели же нейрокибернетики задались целью создания электронных устройств, структурно и функционально адекватных мозгу. Но прежде чем рассматривать такие устройства, приведем основные сведения о принципах организации и функционирования человеческого мозга.

Мозг человека состоит из белого и серого вещества: **белое — это тела нейронов, а серое — соединяющие их нервные волокна.**

**Каждый нейрон состоит из трех частей: тела клетки, дендритов и аксона.**

Нейрон получает информацию через свои дендриты, а передает ее дальше через аксон, разветвляющийся на конце на тысячи синапсов — нервных нитей, соединяющих нейроны между собой.

Простейший нейрон может иметь до 10000 дендритов, принимающих сигналы от других клеток. В человеческом мозге содержится приблизительно 90—96 миллиардов нейронов. Каждый нейрон связан с миллионами других нейронов.

Каждый нейрон может существовать **в двух состояниях — возбужденном и невозбужденном.** В возбужденное состояние нейрон переходит под воздействием электрических сигналов, поступающих к нему от других нейронов, когда эти воздействия становятся достаточно большими. В возбужденном состоянии **нейрон сам посылает электрический сигнал другим соединенным с ним нейронам.**

Нейроны взаимодействуют между собой посредством коротких серий импульсов продолжительностью несколько микросекунд.

Частота импульсов составляет от нескольких единиц до сотен герц, что в миллион раз медленнее, чем в современных электронных схемах. Тем не менее, такие сложные операции, как распознавание зрительного образа, человек выполняет за несколько сотен микросекунд.

Если учесть, что скорость выполнения операций нейронами составляет единицы микросекунд, то вся операция распознавания требует около 100 последовательных нейронных операций. Это значит, что при распознавании образов человеческий мозг запускает параллельные программы, каждая из которых имеет не более ста шагов. Сделанный вывод известен под названием «**правило ста шагов**».

Известно, что общее число нейронов в течение жизни человека практически не изменяется, т.е. мозг ребенка и мозг взрослого человека содержат приблизительно одинаковое число нейронов.

Примерно одинаковое число нейронов содержат мозг ученого, политического деятеля и спортсмена. Отличие состоит в силе синаптических связей, т.е. в величине электрических проводимостей нервных волокон, соединяющих нейроны.

На этом основании была высказана гипотеза о том, что все наши мысли, эмоции, знания, вся информация, хранящаяся в человеческом мозге, закодирована в виде сил синаптических связей. Если учесть, что таких связей в человеческом мозге 10<sup>11</sup>... 10<sup>15</sup>, то получается, что именно такой размер имеет матрица кодов хранимой информации. Процесс же обучения человека, продолжающийся всю его жизнь, состоит в непрерывной корректировке содержимого этой матрицы.

Первой работой, заложившей теоретический фундамент для создания интеллектуальных устройств, не только функционально, но и структурно моделирующих человеческий мозг, принято считать опубликованную в 1943 г. статью Уоррена Мак-Каллока и Вальтера Питтса.

Её авторы выдвинули **гипотезу математического нейрона** — абстрактного устройства, моделирующего нейрон мозга человека. Математический нейрон тоже имеет несколько входов и один выход. Через входы математический нейрон принимает входные сигналы, которые суммирует, умножая каждый входной сигнал на некоторый весовой коэффициент.

У. Мак-Каллок и В.Питтс предложили конструкцию сети из математических нейронов и показали, что такая сеть в принципе **может выполнять числовые и логические операции**. Далее они высказали идею о том, что **сеть из математических нейронов в состоянии обучаться, распознавать образы, обобщать, т.е. она обладает свойствами человеческого интеллекта**.

Идея Мак-Каллока— Питтса была материализована в 1958 г. Фрэнком Розенблаттом сначала в виде компьютерной программы для ЭВМ 1BM-794, а затем, спустя два года, в виде электронного устройства, моделирующего человеческий глаз. Это устройство, имеющее в качестве элементной базы модельные нейроны Мак-Каллока— Питтса и **названное перцептроном**, удалось обучить решению сложнейшей интеллектуальной задачи — распознаванию букв латинского алфавита. Таким образом, удалось проверить основные гипотезы функционирования человеческого мозга и сам механизм его обучаемости.

**«Нельзя сказать, что мы точно воспроизводим работу человеческого мозга, — признавал Ф. Розенблатт, — но пока перцептрон ближе всего к истине».**

С точки зрения кибернетики, **мозг представляет собой гигантскую обучающуюся статистическую аналоговую машину из живых ионных элементов без жесткой структуры связей между элементами, с потребляемой мощностью около 25 ватт.** Оценки объёма памяти мозга у различных авторов колеблются от  $10^6$  до  $10^{16}$  бит. Высшая нервная деятельность заключается в работе с образами внешнего мира многоступенчатым иерархическим методом параллельной обработки информации. Память мозга устроена по особому принципу — **запоминаемая информация одновременно является адресом запоминания в коре головного мозга, причем запоминается не только информация, но и частота её повторения.** Соединения нейронов мозга образуют многоуровневую сетевую структуру.

Предпринимаются первые попытки создания математических моделей мозга на основе теории автоматов, нейронных сетей, математической логики, кибернетики.

Американские учёные попытались сравнить человеческий мозг с жестким диском компьютера и подсчитали, что человеческая память способна содержать в себе около **1 миллиона гигабайт (или 1 петабайт)** (например, поисковая система Google обрабатывает ежедневно около 24 петабайт данных). Если учесть, что для обработки такого большого массива информации мозг человека тратит только 25 ватт энергии, его можно назвать **самым эффективным вычислительным устройством на Земле.**

Одним из важнейших свойств мозга является его **способность к построению моделей**, как при **попытках описания происходящих в природе процессов**, так и **для описания выдуманных абстрактных явлений, как осознанно, так и неосознанно.**

Головной мозг человека, являясь **очень большой нейронной сетью**, постоянно анализирует сигналы органов чувств и внутренних органов тела, накопленную ранее информацию, строит и корректирует модели окружающего мира и делает прогнозы на основе этих моделей.

**Процесс прогнозирования проходит как сознательно, так и без участия сознания, постоянно, и в бодрствовании, и во сне.** Человек действует, руководствуясь этими прогнозами и выполняя сознательные действия, и неосознанно, в том числе рефлексивно. В ситуации, **когда мозг ошибся в анализе, человек может увидеть, услышать и (или)**

**почувствовать несуществующее в действительности.** В случаях, когда прогноз оказывается неверным, человек может совершить действия, которые он не ожидал от себя (**не хотел делать**).

**Перцептрон**(персептрон—математическая или компьютерная модель восприятия информации мозгом(**кибернетическая модель мозга**), предложенная Фрэнком Розенблаттом в 1958 году и впервые реализованная в виде электронной машины «Марк-1» в 1960 году. Перцептрон стал **одной из первых моделей нейросетей**, а «**Марк-1**»— **первым в мире нейрокомпьютером**.

Чтобы «**научить**» перцептрон классифицировать образы, был разработан специальный итерационный метод обучения проб и ошибок, напоминающий процесс обучения человека — **метод коррекции ошибки**.

В настоящее время стремительно развивается **биокомпьютинг**, который в своей теоретической основе вычислений, в том числе, базируется на **нейронных сетях**, а **перцептрон воспроизводят на основе бактериородопсин-содержащих плёнок**.

### **Алгоритмы обучения**

Важным свойством любой нейронной сети является **способность к обучению**. Процесс обучения является процедурой настройки весов и порогов с целью уменьшения разности между желаемыми (**целевыми**) и **получаемыми векторами на выходе**

**Система подкрепления** — это любой набор правил, на основании которых можно изменять с течением времени матрицу взаимодействия (или состояние памяти) перцептрона.

Описывая эти системы подкрепления и уточняя возможные их виды, Розенблатт основывался на идеях Д. Хебба **об обучении**, предложенных им в 1949 году, которые можно перефразировать в следующее правило, состоящее из двух частей:

- Если два нейрона по обе стороны синапса (соединения) активизируются одновременно (то есть синхронно), то прочность этого соединения возрастает.
- Если два нейрона по обе стороны синапса активизируются асинхронно, то такой синапс ослабляется или вообще отмирает.

Классический метод обучения перцептрона — это *метод коррекции ошибки*. Он представляет собой такой **вид обучения с учителем**, при котором вес связи не изменяется до тех пор, пока текущая реакция перцептрона остаётся правильной. При появлении неправильной реакции вес изменяется на единицу, а знак (+/-) определяется противоположным от знака ошибки.

**Теорема сходимости перцептрона**, описанная и доказанная Ф. Розенблаттом (с участием Блока, Джозефа, Кестена и других исследователей), показывает, что элементарный перцептрон, обучаемый по такому алгоритму, независимо от начального состояния

весовых коэффициентов и последовательности появления стимулов, **всегда приведёт к достижению решения за конечный промежуток времени.**