

## Лекция по дисциплине «Нейронные сети»

### Лекция 1.1 Введение. Основные понятия Нейронной сети – 1 час

**Цель:** - Изучить основные понятия нейронных сетей

**План:** - Естественные нейроны

- Естественные нейронные сети

Можно считать, что изучение человеческого мозга началось с тех времен, когда людей начало интересовать их собственное мышление. Размышление о себе самом является, возможно, отличительной чертой мозга человека. Имеется множество размышлений о природе мышления, простирающихся от духовных до анатомических. Обсуждение этого вопроса, протекавшее в горячих спорах философов и теологов с физиологами и анатомами, принесло мало пользы из-за трудности изучения предмета. Те, кто опирался на самоанализ и размышление, пришли к выводам, не отвечающим уровню строгости точных наук. Экспериментаторы же нашли, что мозг труден для наблюдения и ставит в тупик своей организацией. Иначе говоря другими словами, мощные методы научного исследования, изменившие наш взгляд на реальный мир, оказались бессильными в понимании самого человека.

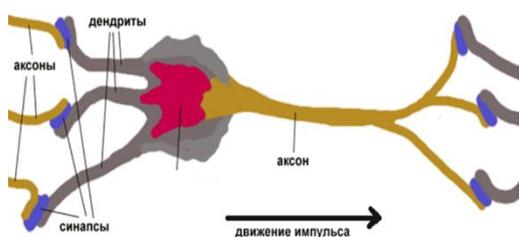
Мозг человека является самой сложной из известных на сегодняшний день систем обработки информации и состоит, примерно, из 100 миллиардов ( ) связанных между собой нейронов. Каждый нейрон имеет в среднем 10 тысяч ( ) связей, что порождает взаимосвязей. При этом мозг человека чрезвычайно надежен, хотя несмотря на то, что ежедневно погибает большое количество нейронов, а мозг продолжает функционировать. Обработка огромных объемов информации осуществляется мозгом очень быстро, за доли секунды, несмотря на то с учетом того, что собственно нейрон является медленнодействующим элементом со временем реакции не менее нескольких миллисекунд. Пока на данный момент неясно слишком понятно, как мозгу удается получить столь впечатляющее сочетание надежности и быстродействия.

Современной наукой довольно хорошо изучены структура и функции отдельных нейронов, имеются данные об организации внутренних и внешних

связей между нейронами, некоторых структурных образований мозга, и совсем мало известно об участии различных структур в процессах переработки информации.

Каждый нейрон имеет тело нейрона - сома, множество входных связей – дендриты, единственную выходящую связь - аксон, которая на конце также разветвляется, и контакты – синапсы для образования связей аксонов с дендритами других нейронов.

Структура естественного нейрона показана на рисунке П.1.1.



Входную информацию нейрон получает через свои дендриты от аксонов других нейронов. Дендриты сильно ветвятся, пронизывая сравнительно большое пространство в окрестности нейрона. Длина дендритов может достигать 1 мм.

Полученная информация преобразуется сомой, чтобы сгенерировать выходную информацию. Сомы имеет поперечный размер в несколько десятков микрон. Выходная информация передается другим нейронам через аксон, разветвляющийся на конце на многие синапсы. Длина аксона может достигать сотен миллиметров. На соме и на дендритах располагаются окончания аксонов, идущих от других нервных клеток, причем каждое такое окончание имеет вид утолщения, называемого синаптической бляшкой, или синапсом. Поперечные размеры синапса, как правило, не превышают нескольких микрон, чаще всего эти размеры составляют около 1 мкм. Синапс является элементарной структурой и функциональным узлом между двумя нейронами. Передача через синапс почти всегда однонаправленная. Различают пресинаптические и постсинаптические клетки – по направлению передачи импульса.

Когда импульс достигает синаптического окончания, высвобождаются определенные химические вещества, называемые нейротрансмиттерами. Нейротрансмиттеры диффундируют через синаптическую щель, возбуждая или затормаживая в зависимости от типа синапса, способность нейрона-приемника генерировать электрические импульсы.

Отдельный нейрон не является элементарной единицей обработки информации, а выполняет функции нервного центра. Дендриты и аксоны могут вступать в связи с участками мембран других нейронов, образуя сети. Эти сети и служат системами обработки информации.

Алгоритм работы биологического (естественного) нейрона заключается в следующем. Проходя через синапс, электрический сигнал меняет свою амплитуду: увеличивает или уменьшает. Это можно интерпретировать как умножение амплитуды сигнала на весовой (синаптический) коэффициент. Взвешенные в дендритном дереве входные сигналы суммируются в теле клетки, и затем на аксонном выходе генерируется выходной импульс (спайк) или пачка импульсов. Выходной сигнал проходит по ветви аксона и достигает синапсов, которые соединяют аксон с дендритными деревьями других нейронов. Через синапсы сигнал трансформируется в новый входной сигнал для смежных нейронов. Этот сигнал может быть положительным или отрицательным (возбуждающим или тормозящим) в зависимости от вида синапса. Величина сигнала, генерируемого на выходе синапса, определяется синаптическим коэффициентом (весом синапса), который может меняться в процессе функционирования синапса.

Нейроны можно разбить на три большие группы: рецепторные, эффекторные и промежуточные. Рецепторные нейроны обеспечивают ввод в мозг сенсорной информации. Они трансформируют сигналы, поступающие на органы чувств (оптические сигналы в сетчатке глаза, акустические в ушной улитке или обонятельные в хеморецепторах носа), в последовательность электрических импульсов своих аксонов. Эффекторные нейроны передают приходящие на них сигналы исполнительным органам. На конце их аксонов

имеются специальные синаптические соединения с исполнительными органами, например, мышцами, где возбуждение нейронов трансформируется в сокращения мышц. Промежуточные нейроны осуществляют обработку информации, получаемой от рецепторов, и формируют управляющие сигналы для эффекторов. Именно они образуют центральную нервную систему.

Входные сигналы дендритного дерева взвешиваются и суммируются в соме, причем если результат не превышает некоторого порога, то выходной сигнал не формируется вовсе – нейрон «не срабатывает». Выходной сигнал проходит по ветвям аксона и достигает синапсов, которые соединяют аксоны с дендритными деревьями других нейронов. Через синапсы сигнал трансформируется в новый входной сигнал для смежных нейронов. Этот входной сигнал может быть положительным и отрицательным, т.е. возбуждающим или тормозящим в зависимости от вида синапсов. Величина входного сигнала, генерируемого синапсом, может быть различной даже при одинаковой величине сигнала, приходящего в синапс. Эти различия определяются эффективностью или весом синапса, причем синаптический вес может изменяться в процессе функционирования синапса. Многие ученые считают такое изменение нейрофизиологическим коррелятом, т.е. следом памяти. В таком случае роль механизмов молекулярной памяти заключается в долговременном закреплении этих следов.

Функционально работа естественного нейрона можно описывается так:

- принятые от аксонов других нейронов входные сигналы проходят через синапсы и изменяются пропорционально весам синапсов;
- поступившие к соме одновременно по нескольким дендритам измененные входные сигналы суммируются;
- если суммарный импульс превышает некоторый порог, то нейрон возбуждается и формирует выходной сигнал, который отводится аксоном из сомы и разветвляется;

- ветви выходного сигнала передаются через синапсы к дендритам других нейронов.

При этом вес каждой изов синаптических связей можетгуг изменяться по определению со временем, следовательно, можетгуг меняться и поведение нейрона.

В целом естественные (биологические) нейронные сети обладают следующими свойствами:

- распределенное представление информации и вычисления;
- параллельность обработки информации.
- изменяющиеся по весу связи между нейронами;
- способность к обучению и способность к обобщению;
- адаптивность;
- свойство контекстуальной обработки информации;
- толерантность к ошибкам.

## 2. Естественные нейронные сети

В этом параграфе рассматриваются естественные нейронные сети, предлагаются задания и формулируются вопросы. При формировании подготовке учебного материала данного параграфа были использованы следующие источники [14, 17, 22, 27, 28, 33].

Нейроны, соединяясь с друг с другом через синапсы, образуют единую сложную нейронную сеть. Структура естественной нейронной сети представлена на рисунках II.1.2.1.

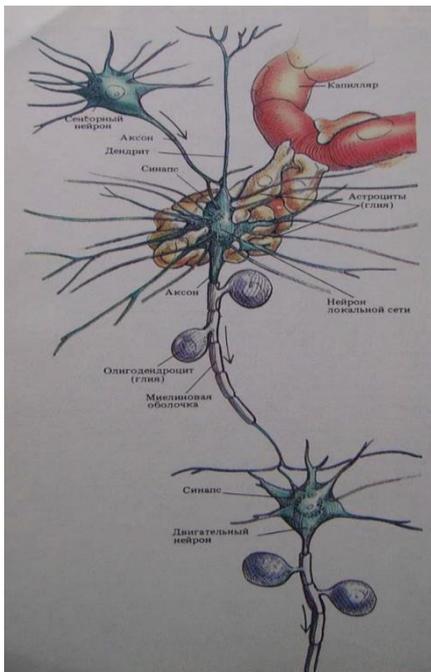


Рисунок П.1.2.1. Структура естественной нейронной сети.

Нейроны в живых организмах представляют собой особый вид клеток, обладающих электрической активностью, основное назначение которых заключается в оперативном управлении организмом.

Нейроны в нейронной сети взаимодействуют посредством серий электрохимических импульсов, которые появляются в результате некоторого нейрофизиологического процесса в мозге. Каждый импульс представляет собой частотный сигнал с частотой от нескольких единиц до сотен герц. Если учесть, что любой нейрофизиологический процесс активизирует сразу множество связанных между собой нейронов, то можно представить себе то количество информации или сигналов, которое возникает в мозгу человека. Картина электрохимических импульсов в нейронной сети показана на рисунке П.1.2.2.



Как уже упоминалось ранее, электрохимические импульсы длятся несколько миллисекунд, каждый импульс представляет собой частотный сигнал с частотой от нескольких единиц до сотен герц. Это невообразимо медленно по сравнению с современными компьютерами это невообразимо медленно, но в то же время человеческий мозг гораздо быстрее машины может способен обрабатывать аналоговую информацию, как-то например: узнавать изображения, чувствовать вкус, узнавать звуки, читать чужой почерк, оперировать качественными параметрами. Все это вышеперечисленное реализуется посредством сети нейронов, соединенных между собой синапсами. Другими словами, мозг - это система из параллельных процессоров, работающая гораздо эффективнее, чем популярные сейчас последовательные вычисления.

Сотни миллиардов нейронов, каждый из которых соединен с сотнями или тысячами других, образуют систему, далеко превосходящую самые мощные суперкомпьютеры. Кроме того, обычно мозг человека задействован только на 2-3% от своей возможности. Благодаря такой избыточности, мозг человека обладает огромным запасом прочности, позволяющим ему работать, несмотря на серьезные повреждения и утраты. Подобной способности лишены современные компьютеры.

Вопросы 1.

1. Из чего состоит мозг живого организма?
2. Сколько нейронов в мозге человека?
3. Сколько связей имеет каждый нейрон?
4. Сколько всего связей имеются в человеческом мозге?