

Элементы

В этой главе вводим основные понятия теории, раскрываем содержательный смысл основных понятий. Так же дается методология использования модели Потока.

- [Определения](#)
- [Коммутанты и среды](#)
- [Коммуникация и взаимодействие](#)
- [Коммутантная память](#)
- [Коммутация](#)

Определения

Коммутант

Это система которая адаптивно встроена во внешнюю среду и может относительно самостоятельно существовать в потоках сообщений, событий и энергии, а также перенаправлять эти потоки и порождать новые.

Коммуникация

Под коммуникацией мы понимаем взаимообусловленное взаимодействие некоторого множества **коммутантов** использующих **операции коммутации** для устойчивого существования в потоках событий, сообщений и энергии, порождаемых как самим этим множеством коммутантов, так и внешней по отношению к этому множеству средой.

Коммутантная память

Это память позволяющая текущей коммутации делать выбор дальнейшего пути на основании сравнения ее параметров (событий, сообщений, энергий) и текущего состояния коммутанта **с размеченным опытом предыдущих аналогичных коммутаций**.

Является обобщением понятие формирующих факторов (самскар) в модели буддистской психики, понятия ментальных следов формирующихся в виде синапсов между аксонами и дендритами в нейроморфологии, параметров в нейросетях формирующихся в виде весовых коэффициентов матриц в процессе обучения.

Коммутация

Коммутация - это операция в котором **коммутант**, используя свою **коммутантную память**, свое текущее состояние и текущее значение

параметров входного потока сообщений, определяет свое следующее состояние и исходящий поток сообщений, а также, в случае необходимости, корректирует коммуникативную память

Коммутанты и среды

Коммутант - это система которая адаптивно встроена во внешнюю среду и может относительно самостоятельно существовать в потоках сообщений, событий и энергии, а также перенаправлять эти потоки и порождать новые.

Понятие коммутанта является ключевым в нашем подходе, это понятие играет здесь ту же роль, что и понятие консервативной системы в физике. Поясним что это значит: подобно тому как в физике мы сможем применить законы сохранения только в том случае, если сможем выделить консервативную систему и построить для нее подходящую физическую модель, точно так же, мы сможем использовать событийно-коммуникативную модель только если успешно выделим коммутанты в системе.

Например, для того чтобы рассчитать движение любого тела по некоторой поверхности поверхности нужен опыт и знания физика, а так же некоторые экспериментальные знания о силе трения. Если физик уверен, что трением можно пренебречь, то законы сохранения энергии и импульса прекрасно работают и мы имеем простую физическую модель, в противном же случае мы не получим точной теоретической модели, придется учитывать внутренние свойства молекул вещества из которых состоит тело и поверхность. В этом случае законы сохранения на уровне механики не работают, часть энергии превращается в тепло, тело и поверхность нагреваются. Нам придется использовать приближенную модель с экспериментально определенным коэффициентом трения в которой механическая энергия не сохраняется, а частично переходит в тепловую форму.

Выделить границы коммутантов в системе гораздо сложнее, сделать это можно только условно, для этого нужно использовать следующие принципы:

- Принцип целостности - важную часть коммутанта нельзя исключить без нарушения способов его существования.
- Принцип минимизации потока - границы коммутанта выбирается таким образом, чтобы потоки информации, энергии и материи через нее были минимальными.

Границы коммутанта - это границы его основных внутренних процессов и структур, являющихся его сущностью, его основой, а не границы материальной или энергетической структуры как в случае консервативных систем в физике. Нельзя так же сказать что, коммутант состоит из некоторых элементов, так как элементы могут включаться в орбиту коммутанта и сходить с нее.

Впрочем и внутренняя структура коммутанта могут изменяться, такие эволюционные процессы требуют намного больше ресурсов и времени, чем текущие, операционные

процессы.

Коммутант не обязательно является организменной, живой системой, подобной агенту в биосемиотике, он может иметь техногенное или рукотворное происхождение.

Среда - это часть рассматриваемой системы, которая в рамках рассматриваемой модели не имеет коммутантной памяти. Заметим, что даже если некоторый элемент в рассматриваемой системе выглядит как среда для некоторого коммутанта, вполне возможно что является элементом некоторого другого коммутанта. Например, воздух которым мы дышим является для нашего тела внешней средой, в то же время - это важнейший элемент биосферы нашей планеты.

Рассмотрим несколько примеров:

Транспортно-логистический комплекс



"Включает" в себя территорию, склады, транспорт, информационно-коммуникационную систему, персонал. "Включает" с учетом того, что сказано о границах коммутанта выше. ;-)
Детальное описание бизнес-процессов современного логистического комплекса (как и любого другого серьезного бизнеса) займет гору бумаги, эти процессы и есть суть данного бизнеса. Методологию управления бизнес-процессами можно посмотреть, например, в этой книге: [А. В. Варзунов, Е. К. Торосян, Л. П. Сажнева АНАЛИЗ И УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ](#)

Человек



Думаю, пояснения в данном случае излишни, о человеке написано очень много.

Микросервисы в облаке.



Об особенностях микросервисной архитектуры и ее генезисе подробно написано здесь: [Сети Жизни vs Deep Learning. 3. Облачная ИТ архитектура и микросервисы](#)

Коммуникация и взаимодействие

Под **коммуникацией** мы понимаем взаимообусловленное взаимодействие некоторого множества **коммутантов** использующих **операции коммутации** для устойчивого существования в **потоках событий, сообщений, материи и энергии**, порождаемых как самим этим множеством коммутантов, так и внешней по отношению к этому множеству средой.

Как указано в определении коммутанта, он существует в потоках событий, сообщений, энергии и материи, а так же во внешней среде. Коммутант существует взаимодействуя со внешней средой и с другими коммутантами, при этом не всякое взаимодействие является коммуникацией, а только то в котором используются сообщения. Сообщение предполагает адресатов, которым оно предназначено, однако это не означает автоматически, что коммутант это именно человек, который его отправляет или человек, который его получает и понимает смысл сообщения, как правило сам факт коммуникации не осознается участниками. Часто у коммутанта просто нет сознания (например это некоторая техногенная система), чтобы его осознать и коммуникация происходит реактивно и автоматически. коммутант распознает что сообщение адресовано ему используя коммутантную память, но об этом чуть позже.

Взаимодействие со внешней средой, а для коммутанта она проявляется как материя или энергия иницируются через события. События могут порождаться как сенсорами на границе коммутанта, так и сенсорами внутри коммутанта. Да-да, внутри многих коммутантов тоже есть среда - внутренние материальные структуры.

Откуда берутся материальные структуры и чем они отличаются от процессов. Все в нашем мире несомненно является процессами протекающими в изначальной протоматерии, и неважно как ее называть эфир или физический вакуум, неважно что она только в нашем мире бесструктурна, а при увеличении зума, она также окажется структурами и процессами. Нужно просто понимать что процессы могут отличаться темпоральностью и форм-фактором (размером).

Темпоральность - это темп, характерная скорость протекания процессов в некоторой системе. Например; период вращения планет в солнечной системе вокруг солнца от 88 суток у Меркурия и до 248 лет у Плутона, а период колебания электромагнитного поля в

световой волне от 10 в минус 12 степени (сек.) в инфракрасном диапазоне и до 10 в минус 20 степени (сек.) в рентгеновском диапазоне. Если предположить, что в некоторой системе имеются коммутант темп процессов у которого (в том числе процессов сознания, если таковые у него есть) на несколько порядков выше чем тем темп процессов в некоторой другой системе, то эта другая система будет восприниматься таким коммутантом как инертная, малоподвижная структура - материя.

Форм-фактор - характерный размер элементов системы. До тех пор пока Левенгук в 1676 не увидел бактерии в микроскоп, никто и не подозревал что любая капля воды буквально кишит живыми существами. Средний размер бактерии 2-3 мкм, что примерно в миллион раз меньше размера человека.

Различия в темпоральности или форм-факторе систем затрудняет , а иногда и делают невозможными коммуникацию между коммутантами, взаимодействие в этом случае будет происходить через события, как со средой. Если темпоральность первого коммутанта существенно выше второго, то он будет взаимодействовать с ним как с инертной средой, через сенсоры, которые будут реагировать на параметры такой среды. Если темпоральность первого коммутанта существенно ниже второго, то он тоже будет взаимодействовать через сенсоры и воспринимать его, как динамичную, нестабильную среду.

Сравнительные характеристики нервной и гуморальной (гормональной) систем регуляции.

кмн Сизова В.В. Гуморальная регуляция процессов жизнедеятельности

Сравнительная характеристика нервной и эндокринной систем	
Нервная регуляция – нервная система	Гуморальная регуляция – эндокринная система
Регуляторное влияние посредством электрических импульсов и нейромедиаторов	Регуляторное влияние посредством химических веществ - гормонов
Высвобождение нейромедиаторов в центральных и периферических синапсах	Высвобождение гормонов в кровь для общего распространения по всему телу (принцип: всем-всем-всем – кто отзовется)
Обычно имеет относительно локальный, специфический эффект	Иногда имеет очень обширные распространенные эффекты
Скорость передачи возбуждения очень высокая. Быстро реагирует на раздражители. Ответ в течение от 1 до 10 мс	Реагирует медленнее на раздражители. Скорость кровотока в капиллярах составляет около 0,03 м/сек. Регуляция продолжается в течение нескольких секунд до нескольких дней (или даже месяцев)
Прекращается быстро, когда раздражитель перестает действовать	Осуществляется долгое время после того, как раздражитель перестает действовать
Адаптируется довольно быстро к длительной стимуляции	Адаптируется сравнительно медленно ; может продолжать отвечать на действия раздражителя в течение нескольких дней, до недель

Характерное время протекания процесса в нервной системе от 0.001 до 0.01 сек

Характерное время распространения гормона в кровотоке $1 \text{ м} / 0.03 \text{ м/сек} = 33 \text{ сек}$

Темпоральность нервной системы в 3000-30000 раз выше чем темпоральность гуморальной системы.

Коммутантная память

Коммутантная память - это структура и процессы позволяющие текущей коммутации делать выбор дальнейшего пути на основании сравнения ее параметров (событий, сообщений, энергий) и текущего состояния коммутанта **с размеченным опытом предыдущих аналогичных коммутаций**.

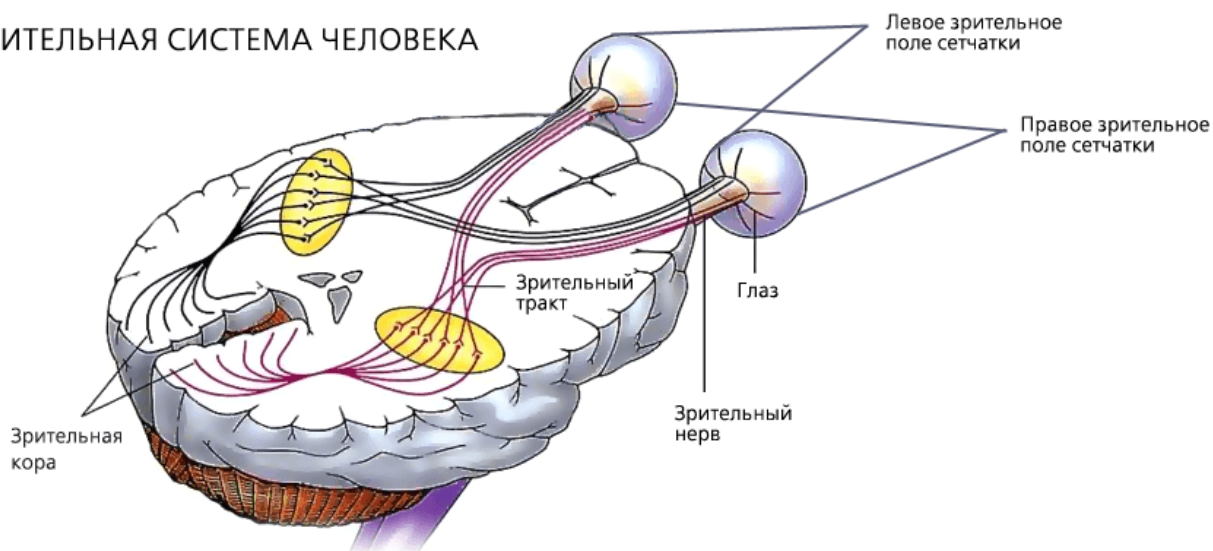
Является обобщением понятие формирующих факторов (самскар) в модели буддистской психики, понятия ментальных следов формирующихся в виде синапсов между аксонами и дендритами в нейроморфологии, параметров в нейросетях формирующихся в виде весовых коэффициентов матриц в процессе иашинного обучения.

Мы вводим понятие коммутантой, а не коммуникативной памяти поскольку коммутант использует один и те же структуры и для коммуникаций с коммутантами и для взаимодействия со средой. Памятью эти структуры можно назвать очень условно, поскольку эти структуры используются не столько для запоминания фактов, сколько для коммутации потоков энергии внутри коммутанта. В момент прохождения потока энергии запоминается его форма как следы в активной среде, а каждое новый поток энергии идет по следам, которые ему больше всего подходят. В тоже время, это не значит, что активная среда для этих потоков энергии является изначально чем-то однородным и бесформенным, топология этих потоков, их пересечения довольно жестко предопределены либо генетическими механизмами, либо инженерно-техническим гением, однако в среде обязательно должны присутствовать и элементы, связи у которых гибкие и перенастраивающиеся в процессе обучения (разметки успешных и неуспешных коммутаций).

Примечание: Активную среду можно представить как сеть, образованную отдельными активными элементами. Каждый элемент активной среды может находиться в одном из трех состояний: покое, релаксации и возбуждении. Все элементы активной среды связаны одним свойством – переносом волновых процессов, которые проходят через среду. Перенос осуществляется за счет “подкачки” энергии извне в элементы среды. Типичным примером элемента активной среды является нейрон нервной системы.

По поводу "топология этих потоков, их пересечения довольно жестко предопределены либо генетическими механизмами, либо инженерно-техническим гением." - рассмотрим например структуру зрительной системы человека.

ЗРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА



Чтобы были понятны механизмы коммутантной памяти в мозгу приведем дословную и длинную цитату из книги экспериментального психолога Криса Фрита "Мозг и Душа":

В первой части этой книги показано, как много наш мозг знает об окружающем мире такого, что вообще не достигает нашего сознания. Это в особенности относится к знаниям, получаемым в ходе ассоциативного обучения. Именно поэтому нам кажется, что мы воспринимаем окружающее и действуем с такой легкостью. Мы не осознаём, как много сведений накоплено нашим мозгом, чтобы помочь нам взаимодействовать с окружающим миром. Когда вы прочтете ниже, что мы учимся предсказывать будущее, не забывайте, что обычно мы делаем это неосознанно и непреднамеренно.

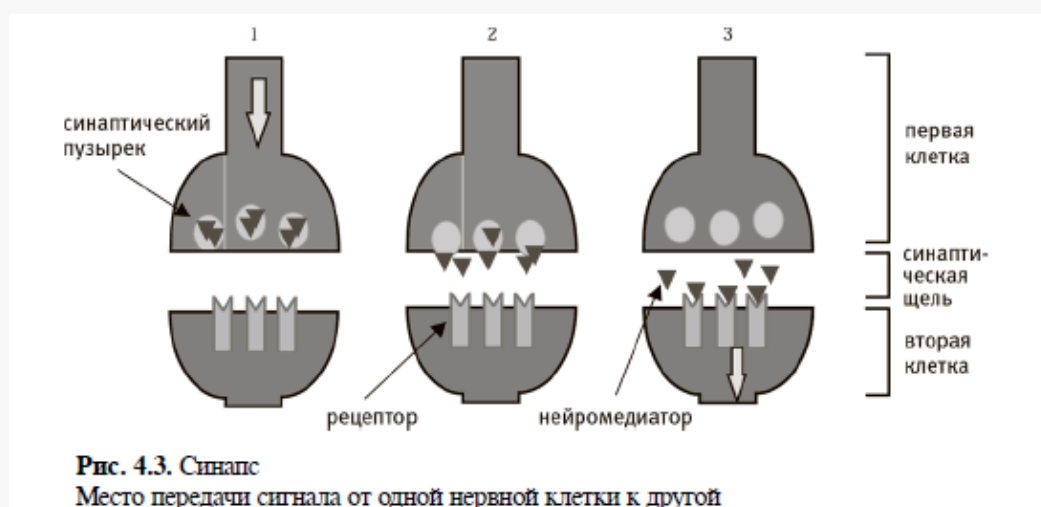
Как наш мозг учится?

Обе разновидности ассоциативного обучения связаны с будущим. Мы выучиваем определенные сигналы, которые говорят нам о том, что случится в будущем. Мы выучиваем определенные действия, которые влияют на то, что случится в будущем. При этом, разумеется, будущее предсказывают не сами сигналы. Предсказания делает наш мозг. Мы можем увидеть, как он это делает, непосредственно исследуя активность нервных клеток.

Нервные клетки, в сущности, представляют собой сигнальные устройства. Информация передается из одного конца клетки в другой посредством электричества, примерно так же, как по телефонному проводу (см. главу 5). Но что происходит, когда сигнал достигает конца клетки? Похожая проблема есть и с телефоном. Между ухом и телефоном нет электрической связи. Их разделяет промежуток. В случае с телефоном эта проблема решается посредством молекул воздуха, с помощью которых передается сигнал. В трубке есть устройство, которое заставляет молекулы воздуха

колебаться, эти колебания преодолевают разделяющий трубку и ухо промежутков, и ухо улавливает их.

В случае с нервными клетками механизм, обеспечивающий передачу сигнала через промежуток, разделяющий клетки, намного сложнее. В упрощенном виде он выглядит следующим образом. Когда электрический сигнал достигает конца клетки, в щель между клетками выделяется определенное вещество, которое возбуждает следующую клетку. Такой промежуток между клетками называется синапсом (или, точнее, синаптической щелью). Вещества, которые переносят сигнал через синаптические щели, называют нейромедиаторами. В мозгу было обнаружено много разных нейромедиаторов. Нервные клетки можно разделить на типы в соответствии с используемым нейромедиатором.



1. Нервный импульс (потенциал действия) достигает пресинаптической мембраны на конце одной клетки.
2. Из-за этого пузырьки подплывают к мембране и выделяют содержащийся в них нейромедиатор в синаптическую щель.
3. Молекулы нейромедиатора достигают рецепторов, расположенных на постсинаптической мембране, принадлежащей второй клетке.

Если это возбуждающий синапс и сигнал окажется достаточно сильным, это может запустить нервный импульс во второй клетке. Если это тормозной синапс, то постсинаптическая клетка станет менее активной. Однако каждый нейрон обычно связан синапсами со многими другими, поэтому что произойдет во второй клетке, зависит от суммарного эффекта воздействия всех ее синапсов. Впоследствии нейротрансмиттеры снова поглощаются пресинаптической мембраной, и весь цикл может повториться снова.

К одному из таких типов относятся очень важные клетки, выделяющие нейромедиатор дофамин. Эти клетки часто называют клетками награды

(reward cells), потому что их активность увеличивается после того, как животное получает пищу или питье. Крыса будет охотно нажимать на рычажок, вызывающий стимуляцию этих клеток, и предпочтет эту стимуляцию даже еде или сексу. Это так называемая самостимуляция.

Вольфрам Шульц отслеживал активность этих клеток в эксперименте на формирование условного рефлекса и обнаружил, что на самом деле это не клетки награды. В этом эксперименте через одну секунду после постороннего, как и в опытах Павлова, сигнала (световой вспышки) обезьяне в рот впрыскивали порцию фруктового сока. Вначале дофаминовые нервные клетки играли роль клеток награды, реагируя на поступление сока, но по окончании обучения они перестали активироваться в момент впрыскивания сока. Вместо этого они теперь активировались сразу после того, как обезьяна видела вспышку, за секунду до поступления сока. Судя по всему, возбуждение дофаминовых клеток служило сигналом того, что скоро должен быть получен сок. Они не реагировали на награду, а предсказывали ее получение.

Связь работы этих клеток с предсказанием проявлялась еще нагляднее, когда обезьяна видела вспышку, но сока после этого не получала. В тот момент, когда должен был поступить сок, активность дофаминовых нервных клеток снижалась. Мозг обезьяны предсказывал, когда именно можно ожидать награды в виде сока, и снижение активности дофаминовых клеток сигнализировало, что награда не получена.

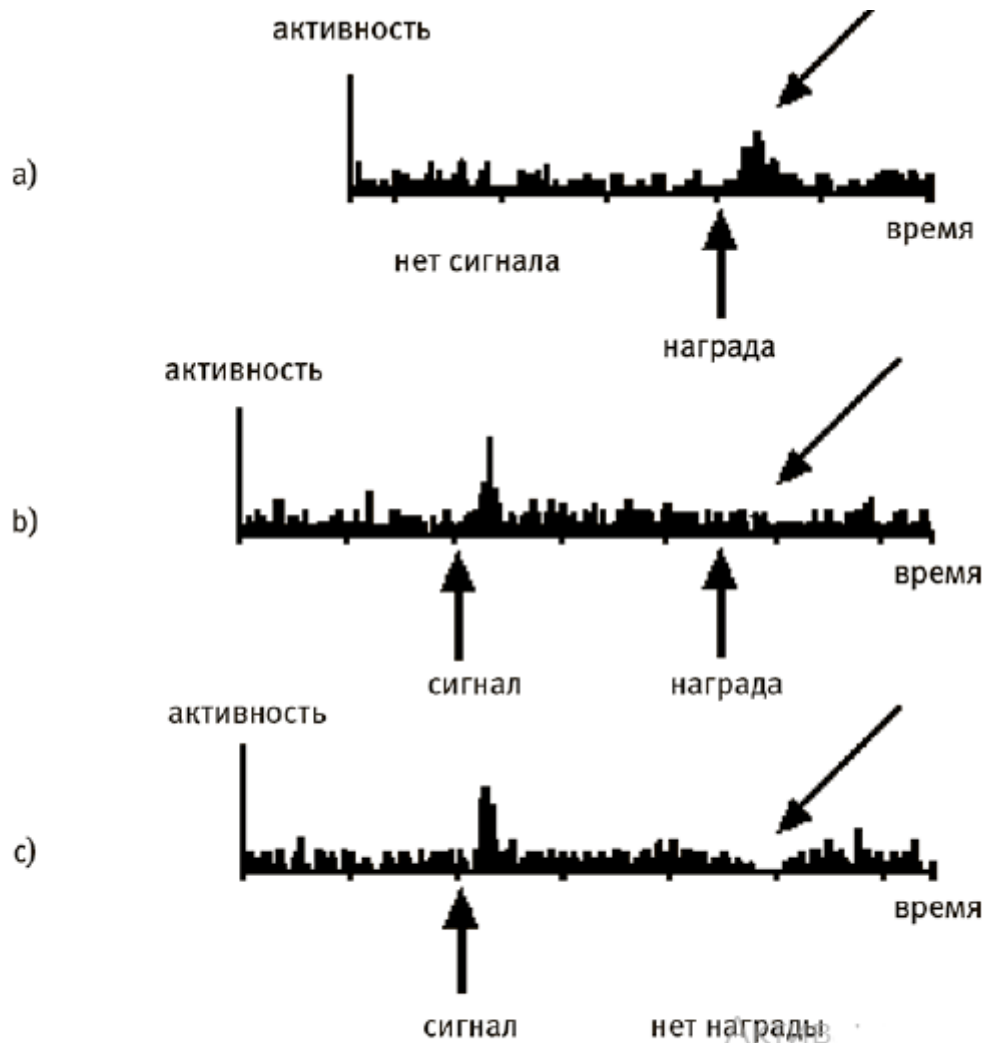


Рис. 4.4. Активность допаминовых нейронов отражает ошибку в предсказании награды. Обезьян обучали ассоциировать световую вспышку (сигнал) с фруктовым соком, всprис-
киваемым в рот через секунду (награда), измеряя при этом активность допаминовых нейронов.

(a) Сигнала не поступало, и обезьяна не знала, когда получит награду. Непредвиденная награда вызывает повышение активности.

(b) Обезьяна знала, когда получит награду. Получение награды не вызывает изменений активности. Но обезьяна не знала, когда поступит сигнал. Непредвиденный сигнал, предвещающий награду, вызывает повышение активности.

(c) Обезьяна ожидала получения награды, но не получила ее. Отсутствие предвиденной награды вызывает снижение активности.

Источник: Рис. 3 из статьи: Schultz, W. (2001). Reward signaling by dopamine neurons.

Neuroscientist, 7(4), 293–302.

Как мы учимся на своих ошибках

Активность этих клеток не служит сигналом награды. Не служит она и сигналом того, что награда скоро будет получена. Активность этих клеток сообщает нам об ошибке в нашем предсказании награды. Если сок поступает тогда, когда мы ожидаем его поступления, значит, никакой

ошибки в нашем предсказании нет, и дофаминовые клетки не посылают сигнала. Если сок поступает неожиданно, значит, награда превзошла наши ожидания, и эти клетки посылают положительный сигнал. Если же сок не поступает, когда мы его ожидаем, значит, награда не оправдала наших ожиданий, и дофаминовые клетки посылают отрицательный сигнал. Эти сигналы, сообщающие нам об ошибках в наших собственных предсказаниях, позволяют нам изучать окружающий мир, не нуждаясь в учителе. Если наши предсказания о чем-то в окружающем мире ошибочны, это означает, что нам нужно что-то сделать, чтобы улучшить качество своих предсказаний.

Еще до того, как выяснилось, что активность дофаминовых нервных клеток служит сигналом ошибки в наших предсказаниях, математики разработали алгоритмы, позволяющие машинам обучаться похожим способом.

Для понимания механизмов подобного ассоциативного обучения важна концепция “ценности”. Безусловный раздражитель в экспериментах Павлова обладает внутренней ценностью – положительной в случае еды (награда) и отрицательной в случае электрического удара (наказание). Этот ассоциативный механизм работает благодаря тому, что всякий раз, когда мы

получаем награду, что угодно, предшествовавшее этой награде, приобретает дополнительную ценность. Даже нечто случившееся задолго до награды становится хотя бы чуть-чуть более ценным. Некоторые из таких вещей никак не связаны с наградой и предшествовали ей по чистой случайности. Но тогда, вероятнее всего, когда что-то подобное произойдет в следующий раз, за ним не последует награды. Это вызовет поступление сигнала об ошибке. Ожидаемая награда не была получена, и ценность не связанного с ней события будет снижена. Но когда происходит нечто, позволяющее правильно предсказать получение награды, сигнал об ошибке не поступает, и такое событие приобретает с каждым разом все большую ценность.

Примечание: Между распространением сигналов по телефонному проводу и по отростку нейрона немало общего, но есть и принципиальная разница: в телефонном проводе электрический ток (то есть заряженные частицы) движется вдоль провода и сам передает сигнал, а в нейроне электрический ток движется снаружи внутрь клетки, и сигнал передается не самим током, а возбуждением клеточной мембраны (если какой-то из ее участков начинает пропускать внутрь заряженные частицы, это вызывает возбуждение соседних участков, которые тоже начинают пропускать ток, и возбуждение распространяется по мембране). Именно поэтому импульс движется по нервному волокну намного медленнее, чем электрический ток по проводам.

Источник: Крис Фрит Мозг и душа. Как нервная деятельность формирует наш внутренний мир

Коммутация

Коммутация - это операция в котором **коммутант**, используя свою **коммутантную память**, свое текущее состояние и текущее значение параметров входного потока сообщений, определяет свое следующее состояние и исходящий поток сообщений, а также (в случае необходимости) корректирует коммутантную память.

В описании коммутантной памяти мы рассмотрели очень сложный случай самообучающейся коммутации потоков энергии ума в мозгу человека или животного. Существуют и гораздо более простые случаи, например рефлексы нашего тела на укол острым или горячим предметом. В данном случае первая фаза коммутации практически не требует участия мозга, она предопределена генетическими механизмами, связи нейронов формируются во внутриутробном развитии вместе с остальными органами.



Более сложно устроены связи между рецепторами, нейронами и мотонейронами для обеспечения ходьбы человека, участие ЦНС в этом случае тоже минимально, она лишь задает цели и темп ходьбы.

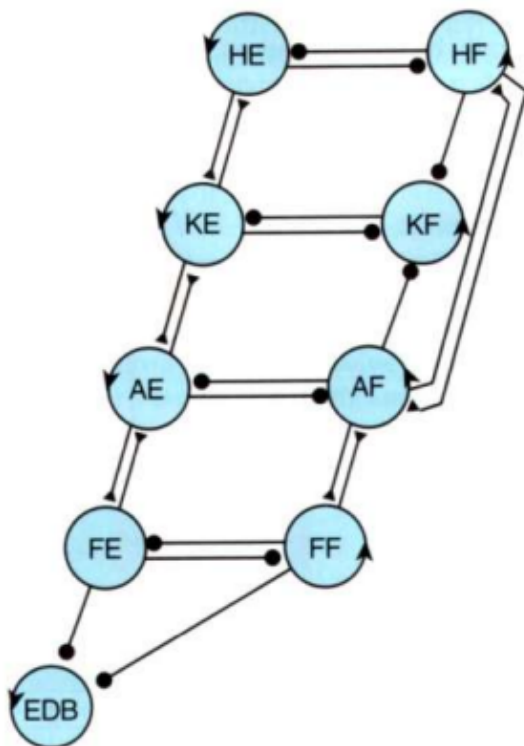


FIGURE 31.10 Scheme for multijoint coordination within a single limb using a mosaic of oscillators. Individual oscillators control extension and flexion at the hip (HE, HF), knee (KE, KF), ankle (AE, AF), and foot (FE, FF), as well as dorsiflexion of the toe by an intrinsic foot muscle (EDB). Changes in the strength of the interconnections between oscillators allow a variety of gaits. Excitatory connections are represented by triangles and inhibitory connections by filled circles. Reproduced from Grillner.⁸⁹

Весь необходимый механизм координации мышц при ходьбе и беге обеспечивается спинным мозгом. На рисунке - гипотетическая схема работы **генератора локомоции** как комплекса взаимосвязанных осцилляторов, каждый из которых отвечает за свою мышцу.

Головной мозг лишь обеспечивает сигнал для начала движения и корректирует ходьбу/бег в соответствии с конкретными условиями (наличие препятствий, скользкая поверхность и т.п.)

Источник: **Нейрофизиология движения, доцент Б.В.Чернышев кафедра высшей нервной деятельности биологический факультет МГУ**

Спинальные механизмы генерации локомоторных движений. Спинальный генератор