

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.

Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:

А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН

Обложка: В. М. МУСИЯКА

Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА

Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1

Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13

E-mail: ref@radio.ru

Группа работы с письмами — (495) 607-08-48

Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: advert@radio.ru

Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: sale@radio.ru

Подписка и продажа — (495) 607-77-28

Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:

получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,

р/сч. 40702810438090103159

Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва

корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 25.01.2021 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.

Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.

В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:

Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;

КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2021. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»

142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.

Зак. 01081-21.



Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер службы поддержки в России:

8-800-333-79-32

Копируя себя

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Вам не приходит в голову, что наши поиски "абсолютного способа" происходят не от ума, а от истовой инженерной веры, что наука и техника могут всё? Между тем, они не всё могут, и никуда мы не придём по этому направлению. Я вижу другое ясное направление: из наших исследований со временем возникнет новая наука — Экспериментальное и Теоретическое Человековедение."

(Владимир Савченко "Открытие себя")

За последние тридцать лет компьютеры настолько стали популярны, что успели изменить многие процессы в жизни человека и соответственно общества. С каждым годом, согласно закону Мура, они приобретают всё больше вычислительных способностей, что позволяет им решать всё более сложные задачи. Однако сколько бы ни увлеклись люди разработкой суперкомпьютеров, а по общему признанию специалистов, человеческий мозг оказывается более эффективным при решении множества задач по обработке информации. Проще говоря, мозг лучше адаптируется к задачам, алгоритмы его работы более эффективны, а требуемые для этого энергетические и массогабаритные ресурсы многократно меньше. В каких-то задачах суперкомпьютеры, возможно, приближаются к возможностям человеческого мозга. К примеру, в распознавании изображений. Однако их "железо" занимает порой залы и здания, тогда как мозгу Homo Sapiens достаточно черепной коробки объёмом 1,5...2 л. С точки зрения энергозатрат, мозг здорового человека в спокойном состоянии потребляет 20...30 Вт в сутки, что составляет примерно 0,00007 % мощности одного из самых мощных в мире суперкомпьютеров Fugaku, потребляющего 28 МВт. К тому же, в отличие от человека, суперкомпьютерам нужна система охлаждения, а мозг прекрасно работает при температуре 36...37 °С.

Кстати, не стоит сильно впечатляться текущей производительностью суперкомпьютеров и появлением нейронных сетей. Такие задачи, как распознавание изображений, написание стихов и картин, мозг выполняет пока лучше, чем суперкомпьютер. По данным ряда исследований, человеческий мозг обладает потенциальной производительностью в один эксафлопс. Традиционные суперкомпьютеры с подобной вычислительной мощностью пока только разрабатываются — первые экземпляры ожидаются в 2021 г. Но дело даже не в этом. Компьютеры всё ещё используют архитектуру Джона фон Неймана, разработанную в середине XX века, в которой память и процессор разделены и которая по природе работы является последовательной. В результате вычислительная система с такой архитектурой вынуждена постоянно играть в "информационный пинг-понг", перегоняя данные из процессора в память и обратно, что закономерно приводит к задержкам и расходу энергии.

Все искусственные системы обладают существенными ограничениями. В частности, нейронные сети отличаются от биологических аналогов неспособностью "запомнить" прошлые навыки при обучении новой задачи. Алгоритм, натренированный на распознавание собак, не сможет различать людей и т. д. В свою очередь, мозг в целом обрабатывает информацию параллельно, и он также гораздо более устойчив к отказам. Поэтому использование модели обработки информации в мозге может значительно улучшить эффективность компьютеров в будущем.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»



Internet Service Provider

Телефон: (495) 981-4571

Факс: (495) 783-9181

E-mail: info@rinet.ru

Сайт: <http://www.rinet.net>

Процессоры в компьютерах постоянно улучшаются, увеличивая число транзисторов в чипсетах, устройства становятся многоядерными, позволяя вести параллельные вычисления. Число ядер в современных чипах растёт, но вслед за этим возникает и новая проблема. Сначала данные нужно распараллелить, а потом синхронизировать результаты. То есть, если существует множество независимых входных сигналов, и они не связаны между собой ни во времени, ни в контексте, множество ядер процессоров и ядер видеокарт хорошо справляются с этой задачей. Но в том случае, если задана весьма объёмная задача, то подзадача параллелизма вычислений, синхронизации результатов может занять большую часть этих самых вычислений.

При всём этом также приходится уменьшать размеры транзисторов. При этом их энергопотребление падает не столь сильно, как их размеры (впрочем, и с размерами в последнее время не всё так гладко), и это вызывает, в частности, проблему теплоотвода. Согласно закону Мура, число транзисторов удваивается примерно каждые два года при уменьшении стоимости их производства. Реализуется этот факт посредством уменьшения размера транзистора. Это приводит нас к ещё одному ограничению: их размеры обусловлены физическими свойствами материалов, из которых они производятся. И вот уже закон Мура, начинает испытывать давление со стороны законов физики микромира. При уменьшении размеров возникает электрический пробой затвора полевого транзистора, и он перестаёт выполнять свою функцию. Усложняется задача отведения тепла, и падает число годных чипов, поскольку на молекулярном уровне транзисторы формируются из всё меньшего и меньшего количества материи.

Таким образом, архитектура Неймана, когда весь поток данных проходит через некий вычислительный центр или, иначе, через одно узкое горлышко, постепенно изживает себя. Поэтому настало время новой архитектуры, которая больше бы походила на архитектуру мозга "венца творения". Соответственно, появилось понятие нейроморфного процессора, работа которого основана на принципах действия человеческого мозга. Подобные устройства моделируют работу нейронов и их отростков — аксонов и дендритов, — отвечающих за передачу и восприятие данных. Связи между нейронами образуются за счёт синапсов — специальных контактов, по которым транслируются электрические сигналы.

Нейронные сети, функционирующие в соответствии с теоретическими представлениями современной науки о памяти и механизмах воспоминаний, по сути, представляют собой цифровую симуляцию того, как синапсы могут сохранять информацию и в результате обучения распознавать шаблоны. Например, нейронные сети позволяют компьютеру или облачному сервису распознавать символы печатного текста без необходимости создания программ с алгоритмом, прямо ориентиру-

ванным на распознавание текстов, или позволяют компьютеру идентифицировать определённое лицо в толпе после просмотра нескольких различных фотографий этого лица.

Одна из задач нейроморфных устройств — ускорить обучение свёрточных нейронных сетей для распознавания изображений. Системам искусственного интеллекта (ИИ) на базе этой технологии не нужно обращаться к массивному хранилищу с тренировочными данными по сети — вся информация постоянно содержится в искусственных нейронах. Такой подход даёт возможность реализовывать алгоритмы машинного обучения локально. Поэтому ожидается, что нейроморфные чипы найдут применение в мобильных устройствах, IoT-гаджетах, а также дата-центрах. На нейроморфные технологии также возлагаются большие надежды в области ИИ, поскольку традиционные компьютерные технологии уже показали недостаточную эффективность в этой области.

Нейроморфные системы также перспективны для применения в областях, связанных с обработкой полезного сигнала при высоких уровнях шума. Например, вполне возможно, что первые грампластинки начала прошлого века смогут звучать с качеством современных звуковых систем Hi-End после обработки на нейроморфном компьютере, а первые киноленты можно будет посмотреть в цвете и с качеством 4K/8K.

Однако не всё так просто. Столь радикальная смена парадигмы, как переход от фон-неймановской архитектуры к нейроморфной, неизбежно связана с рядом проблем. И если, например, в традиционной архитектуре изображения обрабатываются просто кадр за кадром, то в нейроморфной визуальная информация обрабатывается как изменение визуального поля во времени. Языки программирования тоже нужно будет переделывать практически заново. С точки зрения оборудования тоже не всё просто. Для того чтобы реализовать все преимущества нейроморфных вычислений, потребуются новые поколения элементов памяти, систем хранения и сенсоров. Принципы интеграции элементов оборудования также потребуются переосмыслить. Тем не менее игра стоит свеч, и компьютеры должны выйти на новый уровень вычислений.

Чтобы понять, как должен работать нейроморфный компьютер, надо посмотреть, как работает мозг. Сообщения (нервные импульсы) передаются в мозг через нейроны и связи между ними (синапсы). В мозге тоже происходит интенсивный обмен информацией между нейронами. Эта передача происходит как химическим, так и электрическим путём (конечно, сила тока при этом микроскопически мала).

Реакция мозга на какое-то воздействие (например, укол иглы) может запускаться либо массивным воздействием раздражителя (иглока обычно воздействует не на один нейрон, а на много, поскольку их размеры малы), либо количественным, накопительным воз-

действием. При этом, имея в виду, что один синапс может быть связан с тысячами других, мозг обрабатывает информацию быстро и эффективно.

Нейроморфный компьютер использует именно такую модель работы, которая также используется и в спайковых нейронных сетях (spike, англ. — всплеск, выброс). Такие сети могут переносить информацию как массово, так и накопительно.

Нейроморфные системы могут быть как цифровыми, так и аналоговыми. В первом случае роли синапсов могут выполнять "триггерные" транзисторы, во втором — мемристоры, элементы, которые могут хранить множество состояний, не только 0 или 1. Изменяя "веса" передаваемых сигналов в нейронной сети, можно моделировать работу мозга.

Первые попытки создать искусственные нейроны предпринимались ещё в 60-х годах прошлого века. Тогда один из будущих изобретателей микропроцессора Тэд Хофф вместе с профессором из Стэнфорда Бернхардом Уидро создали одноуровневую нейросеть на основе мемристоров — электрохимических резисторов с функцией памяти. Считается, что эта разработка положила начало нейроморфной инженерии.

В 80-х годах инженер Карвер Мид предложил использовать транзисторы в качестве аналоговых компонентов, а не цифровых переключателей. В 90-х команда во главе с К. Мидом представила искусственный синапс, способный хранить информацию продолжительное время, и нейроморфный процессор на основе транзисторов с плавающим затвором.

В то же время американский президент Джордж Буш-старший объявил о начале "Десятилетия мозга" и призвал спонсировать программы, направленные на изучение этого органа. Всё это дало толчок к развитию нейроинформатики и вычислительной нейробиологии и привело к созданию инфраструктуры для дальнейшего изучения темы.

За последние десять лет знания человечества о работе мозга достигли новых высот. В 2008 г. инженеры компании IBM при поддержке DARPA (Управление перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США) приняли участие в программе SynAPSE, в рамках которой разрабатывались компьютерные архитектуры, отличные от фон-Неймановских. За три года IBM удалось разработать ядро с 256 искусственными нейронами (у каждого из них были 256 синапсов).

С 2013 г. Швейцария занимается развитием проекта Human Brain Project (HBP). В этом проекте разрабатываются две нейроморфные системы SpiNNaker и BrainScaleS. Собственно, SpiNNaker — система с одним миллионом процессорных ядер — была запущена в 2018 г.

В 2013 г. в США запущена программа BRAIN Initiative. Эти инициативы оказали серьёзное влияние на сферу систем ИИ и привели к появлению новых нейроморфных технологий.

Компания IBM в 2014 г. создала нейроморфную систему TrueNorth, в новейшей модели которой смоделированы



64 миллиона нейронов и 16 миллионов синапсов. И её уже применяют в задачах распознавания жестов и речи. Разработчики компании заявляют, что вычислительные системы на основе TrueNorth смогут успешно смоделировать работу мозга кошки. Однако ряд экспертов считает такие заявления явным преувеличением. Пока IBM не афиширует эти работы, но известно, что заключён контракт с исследовательской лабораторией BBC США на создание нейроморфного компьютера под названием Blue Raven. Его, в частности, планируют применять в военных дронах, чтобы сделать их легче, "умнее" и снизить их энергопотребление.

Ещё одна крупная ИТ-компания, занимающаяся разработкой нейроморфных вычислительных систем, — это Intel. В 2019 г. она представила чип Loihi. В его составе имеются 128 нейроморфных ядер, каждое из которых симулирует 1024 нейрона. Программировать процессор можно с помощью API, написанного на Python. Первые экземпляры этих устройств уже отправили в дата-центры нескольких ведущих университетов для проведения тестов на реальных задачах.

К слову, об университетах. Над нейроморфными чипами работают и инженеры из Манчестерского университета. Не так давно они представили архитектуру SpiNNaker, состоящую из миллиона ядер, способных эмулировать работу ста миллионов нейронов. Потребляет такая установка 100 кВт. Программировать компьютер можно с помощью языка PyNN. На сегодняшний день машина используется для симуляции процессов, происходящих в мышинном мозге. Исследования нейроморфных систем ведутся также в исследовательских лабораториях Калифорнийского технологического университета.

Кстати, а что будет с электроникой? Даже если количество задач, решаемых нейронными сетями, расширяется линейно, например, кроме только текста различать одну форму текстового написания от другой, количество данных, необходимых для обучения, требуется экспоненциально больше. Есть веские основания считать, что некоторые из задач, предполагаемых для нейронных сетей, таких как выявление эмоций (например, отличить подавленное или взволнованное состояние), могут оказаться невозможными, даже с использованием самых современных технологий хранения и памяти.

"Я хочу создать синтетический мозг, — писал доктор Джеймс К. Гимzewски в октябре 2012 г., я хочу создать машину, которая думает, машину, которая обладает физическим интеллектом... Такой системы пока не существует, поэтому её создание обещает вызвать революцию, которую можно было бы назвать постчеловеческой революцией". Сама эта тема кажется настолько фантастичной, что в последнее время серьёзные писатели-фантасты даже избегали её.

Механизм, предлагаемый доктором Гимzewски и его коллегами из Калифорнийского института наносистем UCLA, как ни странно, не является цифровым

процессором, и он вообще не в контексте современной электроники, он даже не имеет отношения к полупроводникам. При этом здесь даже не идёт речь о программировании, по крайней мере, пока. Вопрос, лежащий в основе исследований его команды, заключается в следующем. Если процесс, составляющий естественную память, по крайней мере, на атомном уровне, по существу, механический, то вместо построения цифрового моделирования этого механизма почему бы не исследовать построение реальной машины на том же атомном уровне, которая выполняет те же функции таким же образом? Иными словами, если мозг — это атомная машина, то почему атомная машина не может быть мозгом?

Концепция нейроморфных вычислений отличается от принципов цифрового моделирования нейронных сетей. В обычных симуляциях относительная сила синапса, по сравнению с другими синапсами, представлена объёмом, занимаемым в памяти, или, если быть более точным, в оперативной памяти. "Заученный" шаблон взвешивает значение синапса, и когда изображение близко соответствует тому, что система "видела" раньше, взвешенный синапс фиксируется как прецедент и срабатывает как событие, аналогичное электрическому импульсу синапса в мозге.

В свою очередь, любая нейроморфная архитектура — это попытка построить систему, которая действительно именно таким образом работает, а не имитирует эти функции в цифровом виде. То, чего не хватает обычным полупроводниковым компьютерам для полноценного моделирования нейронной активности, наиболее подходяще описывается словом масштаб.

Так, например, проект 2013 г., объединивший германский исследовательский центр Jülich и японскую лабораторию RIKEN, с использованием суперкомпьютера RIKEN K — самого быстрого в то время, успешно смоделировала нейронную активность, наблюдаемую примерно в 1 % человеческого мозга, в одной операционной последовательности мозговой активности, которая заняла около 40 мин. Потребовалось ещё пять лет на переработку алгоритма, прежде чем команда объявила, что получила методологию, которая может сократить время на вспомогательную нейронную активность, ускоряя выполнение той же последовательности примерно в пять раз. Такая производительность позволяет имитировать нейронную активность, необходимую для написания в Твиттере одного сообщения примерно к 2050 г. Не больше.

Прозрение доктора Гимzewски, вдохновлённое его близким сотрудничеством в течение десятилетий не только с Intel, но и с коллегами в области физики и химии, в том числе парой нобелевских лауреатов в том, что произведённые естественным образом посредством химических реакций структуры уже обладают поведением, похожим на коммутаторы (цифровые или физические), используемые в моделировании функционирования синапсов, особенно в том, как они проводят электричество.

Они сопротивляются воздействию тока, но со временем сопротивляются меньше. Такое же явление происходит в мозге человека, и оно напрямую связано с обучением.

Исследования команды UCLA сосредоточены вокруг использования природных химических явлений на атомном уровне в качестве атомных переключателей, и их результаты показывают, что если их химически произведённые системы рассматриваются как естественная память (например, рецептивные компоненты мозга, которые сохраняют информацию), то, возможно, и в будущем они будут вести себя как естественная память. "Если взять аналогию с машинным обучением, то у нас есть сеть, и у нас есть входы и выходы. В таких системах нужно тренировать сеть", — объясняет Гимzewски. "В обычной системе вы должны тренировать сеть на то, что каждое синаптическое соединение в системе имеет нечто, называемое "весом". Это всего лишь цифра. Но чем больше вес, тем сильнее эффект".

Процесс обучения сети, например, путём предоставления ей большего числа образцов одного и того же класса данных, таких как записи голоса одного человека или изображения лица одного человека, изменяет значения весов. В той мере, в какой эти значения становятся относительно высокими, разработчики говорят, что система "учится". Чем больше разнообразие возможных, обучаемых объектов в обучающем наборе (например, лица нескольких людей), тем больше весов требуется для установления дифференциации.

Даже сегодня для обычных цифровых суперкомпьютеров изучение сложных естественных форм представляется крайне трудным, а его результаты менее чем оптимальными. В нейроморфной системе эти веса не являются цифровыми. Они являются продуктами атомных переключателей — устройств, состоящих из ионов или пар ионов, бинарными квантовыми атрибутами которых можно манипулировать в том или ином состоянии. Они похожи на двоичные цифры или биты, но в данном случае они не электронные. Атомный переключатель может быть изготовлен путём прямого принуждения пары ковалентных (связанных вместе) ионов к обмену позициями друг с другом, используя динамический силовой микроскоп, наконечник которого — как игла атомного проигрывателя, заострённая до ширины одного атома.

Однако атомные переключатели не самый большой прорыв. Продолжая работу, начатую профессором Масаказу Аоно в Японском Международном центре Наноархитектоники материалов (MANA), команда Гимzewски химически производит сети, цепи которых формируются нанопроводами сульфида серебра. Чтобы они получились более специфичными, они обрабатывают решётку из медных столбцов, размещённых на расстоянии один микрон отдельно друг от друга, с помощью нитрата серебра. В результате нанопроволоки вырастают из этих столбцов в совершенно случайных направлениях. Если

описать формы этих структур одним словом, то наиболее подходящее — это дендриты, которые, и не случайно, используются для описания структуры сигналов в мозге. После того как дендриты сформированы, сульфирование полученного вещества активизирует скрепление нанопроводов в тех местах, где образовались соприкосновения между ними, чтобы возникло соединение.

Гимzewски приравнивает эти соединения к синапсам. На атомном уровне эти синапсы ведут себя так же, как симулированные синапсы в цифровой нейронной сети, хотя технически они не электронные. В обычной электронной цепи логические элементы, по сути, являются переключателями. Впрочем, это не позволяет говорить, что такая система подобна мозгу, который физически состоит из нейронов, аксонов и синапсов, которые вместе составляют её функции. Для реального прорыва необходим атрибут мозга, который неврологи называют нейропластичностью. Применительно к искусственному устройству, такому как процессор, аналогичным атрибутом может быть способность устройства самостоятельно строить связи внутри себя для выполнения новой функции. Самый простой способ получить этот атрибут — это возможность перестановки переключателей.

Однако предполагать, что физики и химики лишь только сейчас подошли к тому, чтобы использовать естественные процессы для вычислительных или математических целей, несправедливо по отношению к людям, которые стояли у истоков создания вычислительной техники. Среди них — Чарльз Бэббидж. Одной из задач для его вычислительной машины было сделать очевидным представление о том, что математика — это всего лишь человеческая интерпретация большего божественного механизма. Как писал Бэббидж в 1838 г.: "Чтобы проиллюстрировать различие между системой, к которой часто или через отдалённые промежутки времени прикладывается рука её создателя, и системой, которая получила при своём первом формировании отпечаток воли её автора, предвидя разнообразные, но всё же необходимые законы её действия на протяжении всего её существования, мы должны прибегнуть к какой-то машине, воспроизводящей человеческие способности. Но поскольку все эти механизмы должны располагаться неизмеримо ниже простейших природных творений, то исходя из обширности тех циклов, которые даже человеческое изобретение в некоторых случаях развёртывает перед нашим взглядом, мы, возможно, сможем составить слабое понимание о величине того самого первого шага в цепи рассуждений, который ведёт нас к Богу".

Работы команды Джеймса Гимzewски продемонстрировали, что механизм сборки структур в результате случайных химических процессов может обнаруживать проявления, обычно связанные с компьютерным моделированием. Природа может подражать подражателю и иногда даже смеяться над ним. И вот тут профессор Гимzewски, похоже, пытается сделать самый боль-

шой шаг в соединении веры и логики: ментально добиться философских прощаний Бэббиджа.

Продвигаясь в своих исследованиях, он попытался смоделировать то, что неврологи называют нейропиллом — самую большую концентрацию синапсов в мозге, соединяющую вместе бесчисленное количество нервных волокон. На одном из этапов он оценил плотность синтетических соединений в один миллиард на квадратный сантиметр. Это плотнее, чем массивы транзисторов в современных полупроводниках. Эта нейроткань химически выращивается в результате процесса, как его называет Гимzewски, снизу—вверх. После этого она соединяется с электродной решёткой, которая представляет собой обычный прибор, состоящий из 64 или иногда из 128 медных выходов. Этот интерфейс позволяет считывать данные с нескольких электродов подобно тому, как неврологи сканируют активность мозга. "В том типе схемы, которую мы производим, поведение отдельного элемента в атомном переключателе или отдельном соединении не так важно для нас. Объект нашего исследования — это общесистемная активность всего устройства и то, как оно организовано в пространстве и времени".

Справедливости ради надо сказать, что речь не идёт о системе, которая после имплантации в смартфон Galaxy S29 будет использовать нейропластичность, чтобы превратить его в Galaxy S30. С чисто практической точки зрения, исследования команды Гимzewски указывают путь к замене обычных цифровых суперкомпьютеров для выполнения задач, требующих индуктивного рассуждения, на совершенно новую форму машины. Это будет система, функционирующая на принципах таймшеринга, с доступом через облако или облачную службу и, по крайней мере, теоретически она может быть гораздо более экономичной с точки зрения реализации операций и в управлении.

Однако пока всё находится только в стадии эксперимента, помогающего познать нас самих. Память — это то, что мы есть, и то, что определяет нас как индивидуумов. Если это правда, то, возможно, мы захотим вернуться к вопросу о том, кто мы на самом деле, раз мы так успешно автоматизировали процесс выращивания самих себя в стеклянной банке.

В целом же, нейроморфное железо пока находится на ранних этапах своего развития. Задачи, которые ставят перед системами ИИ на его основе, пока в основном ограничиваются распознаванием объектов. Тем не менее представители ИТ-индустрии убеждены, что в будущем нейроморфное аппаратное обеспечение позволит проводить полноценные симуляции и откроет совершенно новые вычислительные возможности.

По материалам shalaginov.com,
yandex.ru/turbo/hightech.fm,
habr.com, machinelearningmastery.ru,
fishki.net

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Условия см. в "Радио", 2014, № 3, с. 7

Для Вас, радиолюбители!

РАДИО элементы, наборы, материалы, корпуса — наложенным платежом. Бесплатный каталог.

426072, г. Ижевск, а/я 1333,

ИП Зиннатов Р. К.

Тел. 8-912-443-11-24,

rtc-prometej@yandex.ru

* * *

Дистанционные курсы обучения программированию микроконтроллеров STM32, AVR, Arduino, PIC, STM8 и др.

Занятия проводятся по электронной почте или с помощью программы Skype.

Обучение может быть направлено на решение стоящей перед вами задачи.

www.electroniclab.ru/courses.htm
т. +7-912-619-5167

Вышла в свет новая книга



Шаров Г. А.

Основы теории сигналов. М.: Горячая линия — Телеком, 2021. — 552 с.: ил. ISBN 978-5-9912-0906-9.

Рассмотрены общие вопросы теории сигналов, связанные с их метрикой, классификацией, описанием ква-

ратично интегрируемы-ми функциями, представлением в базисных системах ортогональных функций и т.п. Рассмотрены вопросы спектрального и кор-реляционного анализа. Уделено внимание сигнальным процессам (модулированию, детектированию и преобразованию частоты сигналов). Подробно анализируются спектры фазоманипулированных и фазомодулированных сигналов.

Рассмотрены вопросы дискретизации непрерывных сигналов и преобразования дискретных сигналов, вопросы восстановления непрерывных сигналов и применения ве-совых окон. Приведены подробные сведения об алгоритме быстрого преобразования Фурье и материалы по преобразованиям Хартли, Лапласа, Лорана, Гильберта, Крамерса-Кронига, Габор и вейвлет-преобразованиям.

Для научных и инженерно-технических работников в области радиоэлектроники, а также студентов, аспирантов и преподавателей высших учебных заведений.

WWW.TECHBOOK.RU
Справки по тел.: (495) 737-39-27