

Давным-давно...

Теодор Шванн (Theodor Schwann, 1810—1882)

Маттиас Шлейден (Matthias Jakob Schleiden, 1804—1881)

Джозеф Герлах (Joseph von Gerlach, 1820—1896)

Сантьяго Рамон-и-Кахаль (Santiago Ramón y Cajal, 1852—1934)

Луис Лакабра (Luis Simarro Lacabra, 1851—1921)

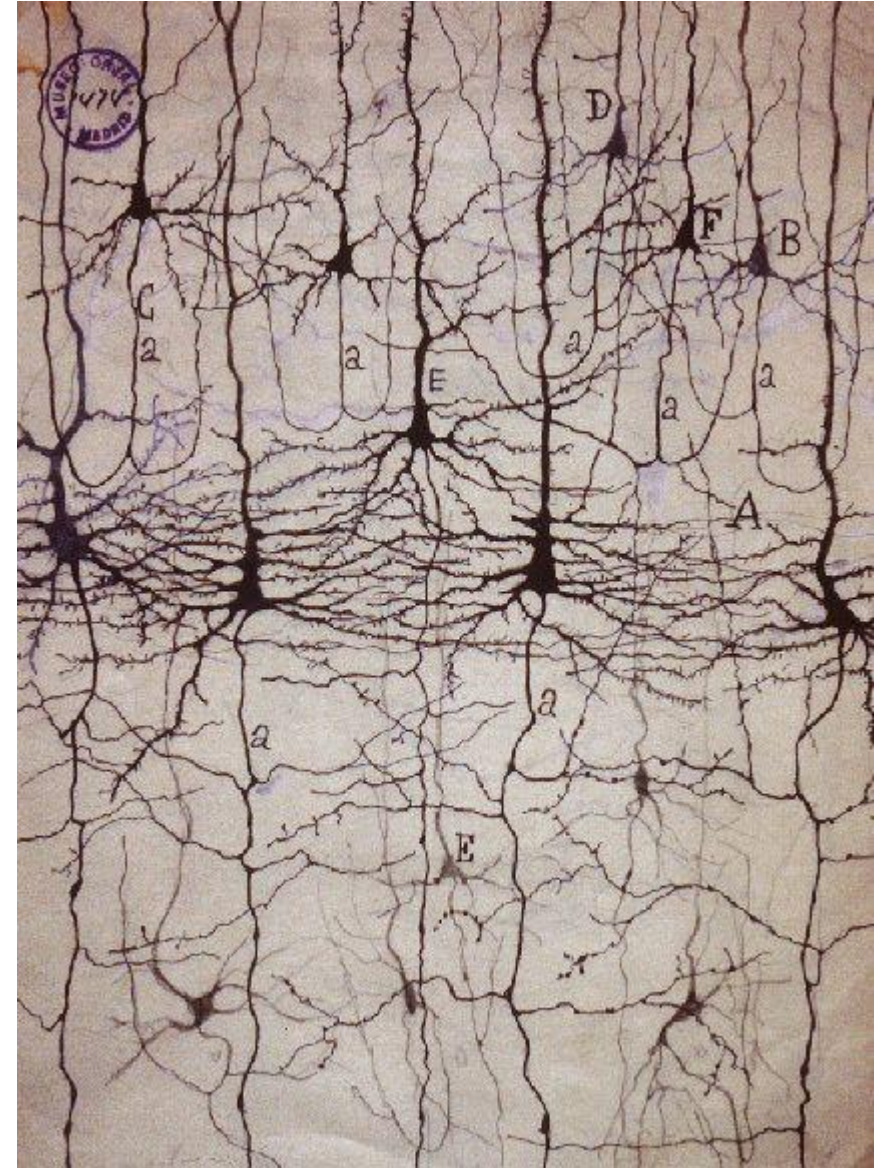
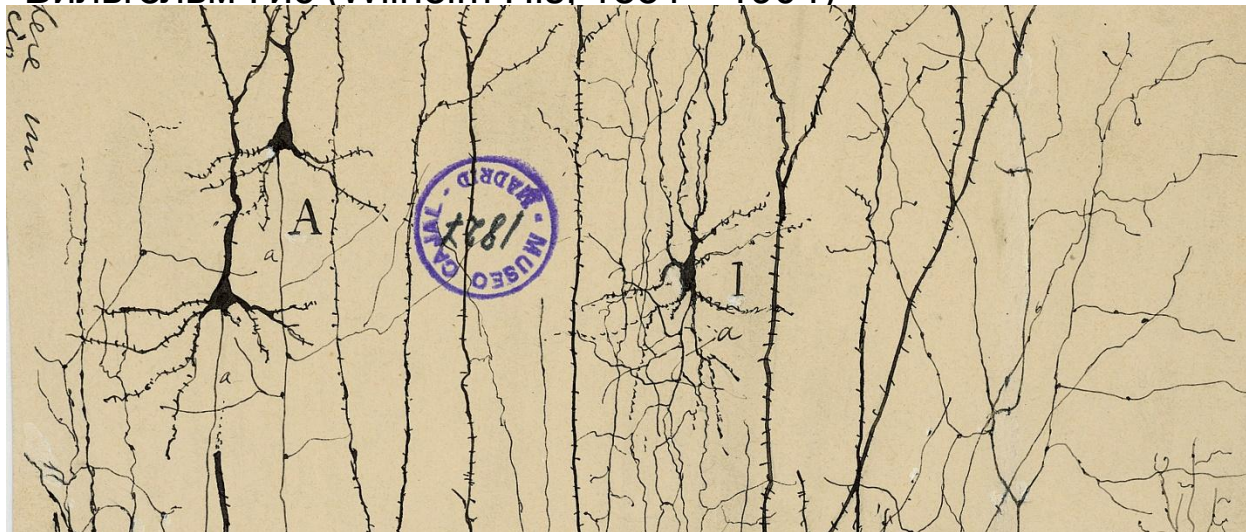
Зигмунд Фрейд (Sigmund Freud, 1856—1939)

Рудольф фон Келликер (Albert von Kölliker, 1817—1905)

Вильгельм Вальдейер (Heinrich Wilhelm Gottfried Waldeyer, 1836—1921)

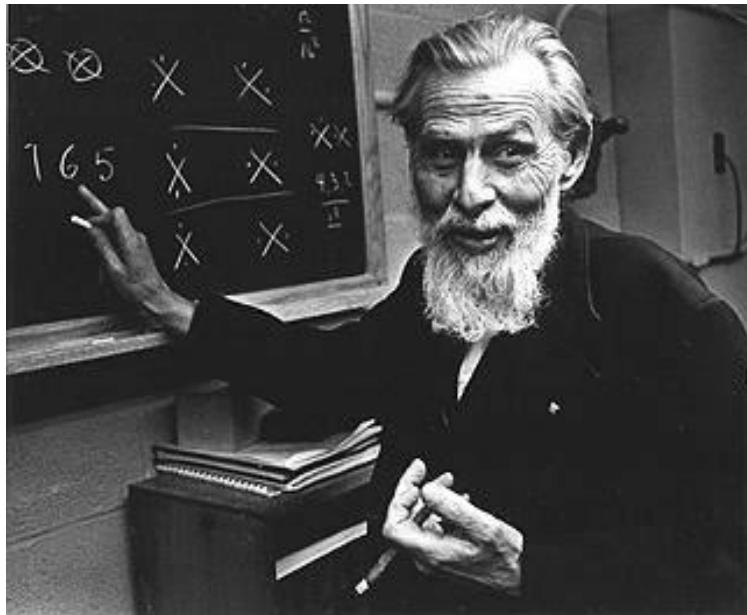
Август-Анри Форель (Auguste-Henri Forel, 1848—1931)

Вильгельм Гис (Wilhelm His, 1831—1904)



Нейронные сети

В 1940 году У. Питтс познакомился с У. Мак-Каллоком, и они начинают заниматься идеей Мак-Каллока о создании электронного аналога нейрона. В 1943 году Питтс и Мак-Каллок опубликовали работу «Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности», в которой предложили понятие искусственной нейронной сети. Дональд Хебб в работе «Организация поведения» 1949 года описал основные принципы обучения нейронов.



Уоррен Мак-Калок (1898—1969) — американский нейропсихолог, нейрофизиолог, теоретик искусственных нейронных сетей.



Уолтер Питтс (1923—1969) — американский нейролингвистик, логик и математик XX века.



Дональд Олдинг Хебб (1904—1985) — канадский физиолог и нейропсихолог.

A LOGICAL CALCULUS OF THE IDEAS IMMANENT IN NERVOUS ACTIVITY*

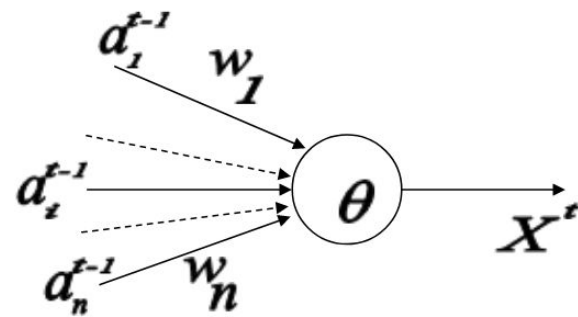
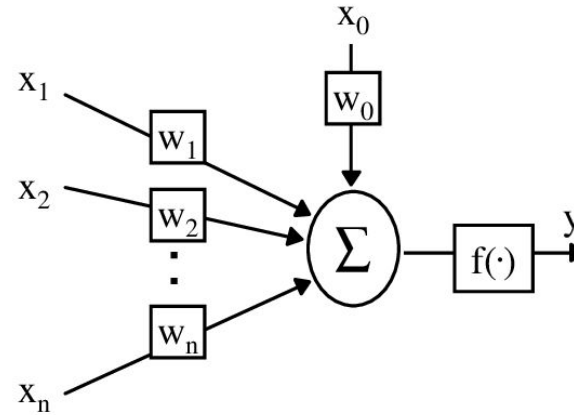
■ WARREN S. MCCULLOCH AND WALTER PITTS
University of Illinois, College of Medicine,
Department of Psychiatry at the Illinois Neuropsychiatric Institute,
University of Chicago, Chicago, U.S.A.

Because of the "all-or-none" character of nervous activity, neural events and the relations among them can be treated by means of propositional logic. It is found that the behavior of every net can be described in these terms, with the addition of more complicated logical means for nets containing circles; and that for any logical expression satisfying certain conditions, one can find a net behaving in the fashion it describes. It is shown that many particular choices among possible neurophysiological assumptions are equivalent, in the sense that for every net behaving under one assumption, there exists another net which behaves under the other and gives the same results, although perhaps not in the same time. Various applications of the calculus are discussed.

1. Introduction. Theoretical neurophysiology rests on certain cardinal assumptions. The nervous system is a net of neurons, each having a soma and an axon. Their adjunctions, or synapses, are always between the axon of one neuron and the soma of another. At any instant a neuron has some threshold, which excitation must exceed to initiate an impulse. This, except for the fact and the time of its occurrence, is determined by the neuron, not by the excitation. From the point of excitation the impulse is propagated to all parts of the neuron. The velocity along the axon varies directly with its diameter, from $< 1 \text{ ms}^{-1}$ in thin axons, which are usually short, to $> 150 \text{ ms}^{-1}$ in thick axons, which are usually long. The time for axonal conduction is consequently of little importance in determining the time of arrival of impulses at points unequally remote from the same source. Excitation across synapses occurs predominantly from axonal terminations to somata. It is still a moot point whether this depends upon irreciprocity of individual synapses or merely upon prevalent anatomical configurations. To suppose the latter requires no hypothesis *ad hoc* and explains known exceptions, but any assumption as to cause is compatible with the calculus to come. No case is known in which excitation through a single synapse has elicited a nervous impulse in any neuron, whereas any neuron may be excited by impulses arriving at a sufficient number of

Основополагающая работа Мак-Каллока и Питтса

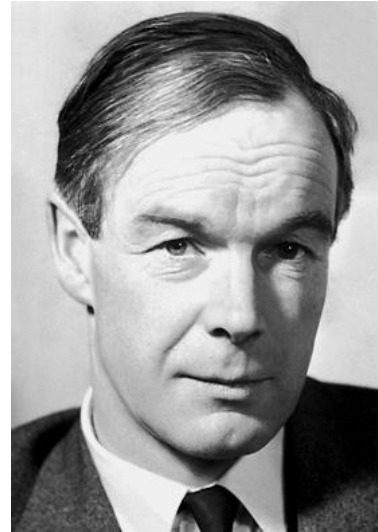
Нейрон Мак-Каллока и Питтса



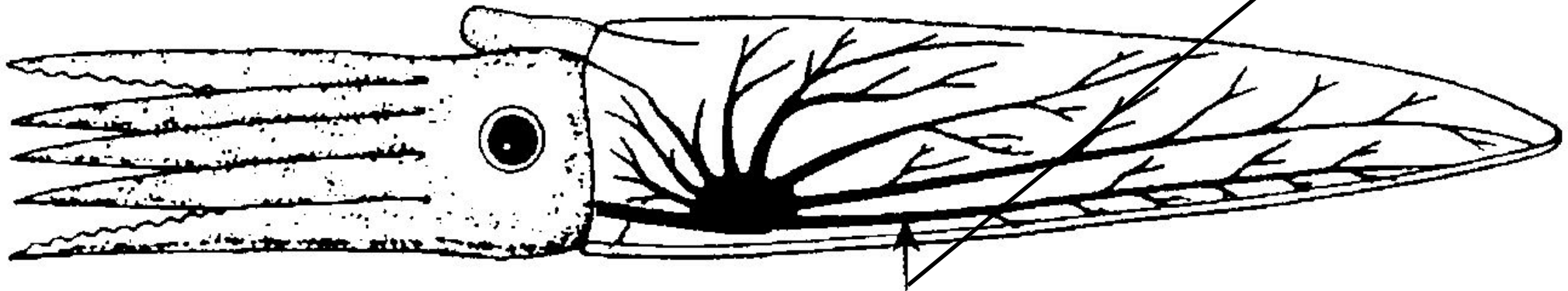
Нейронные сети



Долгопёрый прибрежный кальмар
(*Doryteuthis pealeii*)



Эндрю Хаксли и Алан Ходжкин



Гигантский аксон кальмара

Нейронные сети



Интегрировать-и-сработать (Лапик (?), 1907; Хилл, 1936)



Интегрировать-и-сработать с утечками (Штейн, 1965)

Модель Ходжкина—Хаксли (1952)

Кабельная теория дендритов (модель Ролла) (1959)

Экспоненциальная модель «Интегрировать-и-сработать» с утечками (2003)

Модель Гальвеса—Лёкербах (2013)

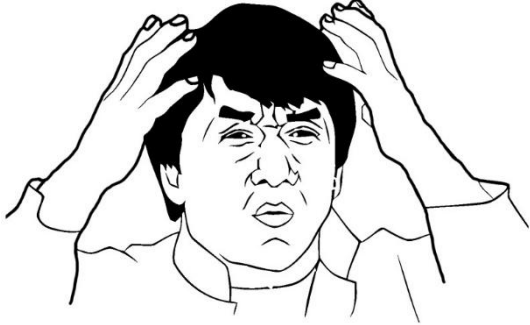
Модель дробного порядка «Интегрировать-и-сработать» с утечками (2014)

Модель Фитцью—Нагумо (1962)

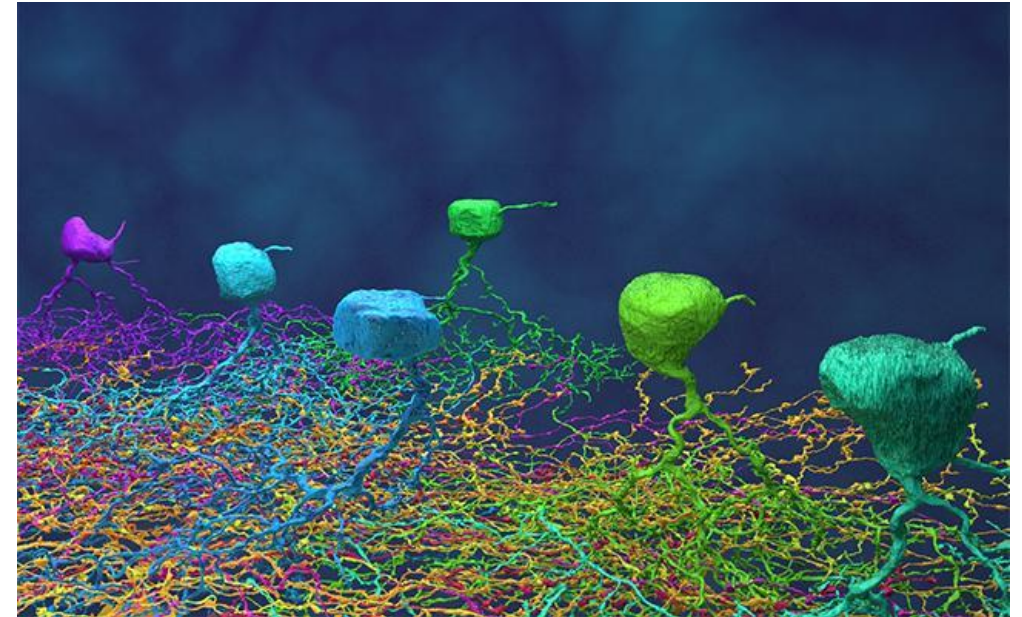
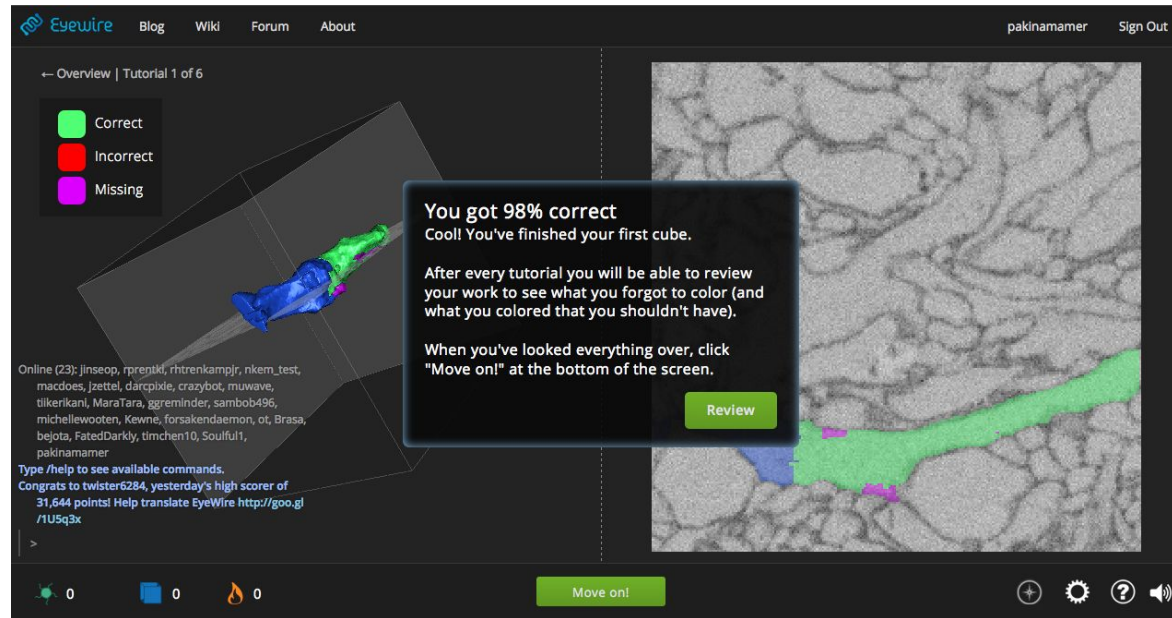
Компартментные модели

Модель Морриса—Лекара (1981)

Модель Хиндмарша—Роуза (1984)



Восстанавливаем топологию естественной сети



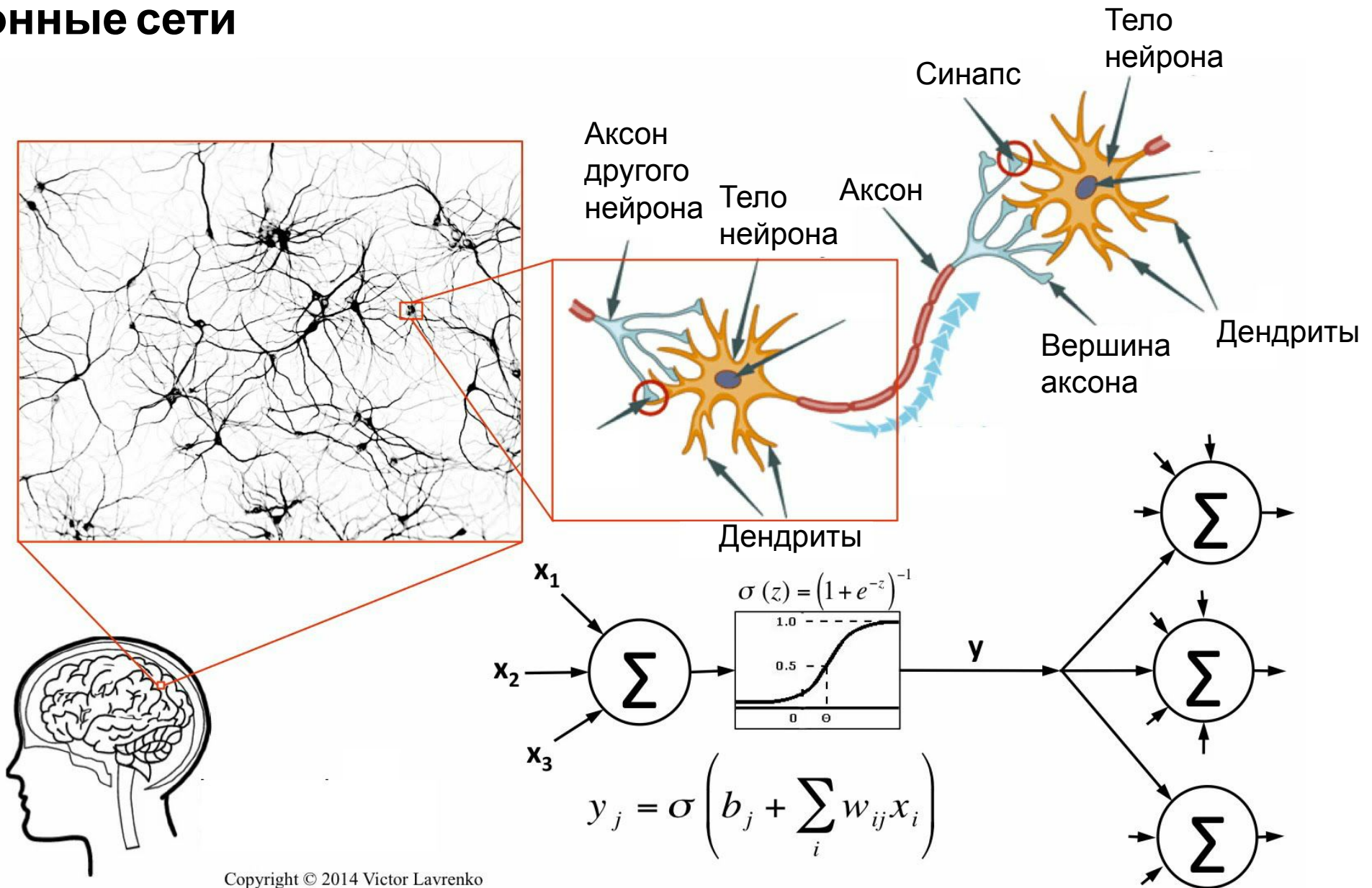
Игра EyeWire, созданная учёными из MIT, помогает создать карту связей нейронов сетчатки мышонка по имени Гарольд. Исследователи придумали картировать сеть человеческими усилиями, чтобы на полученном массиве данных натренировать специализированный ИИ. Долгосрочная цель проекта — описать мозг человека. Воссоздание одного нейрона «вручную» требует примерно 50 человеко-часов рабочего времени. EyeWire использует изображения, полученные с помощью РЭМ в Институте медицинских исследований общества Макса Планка. Карта сетчатки состоит из множества «кубов», каждый из которых должны обработать несколько игроков. Затем компьютер сравнивает решения, определяет, какое из них верное, и присуждает очки.

BLUE BRAIN

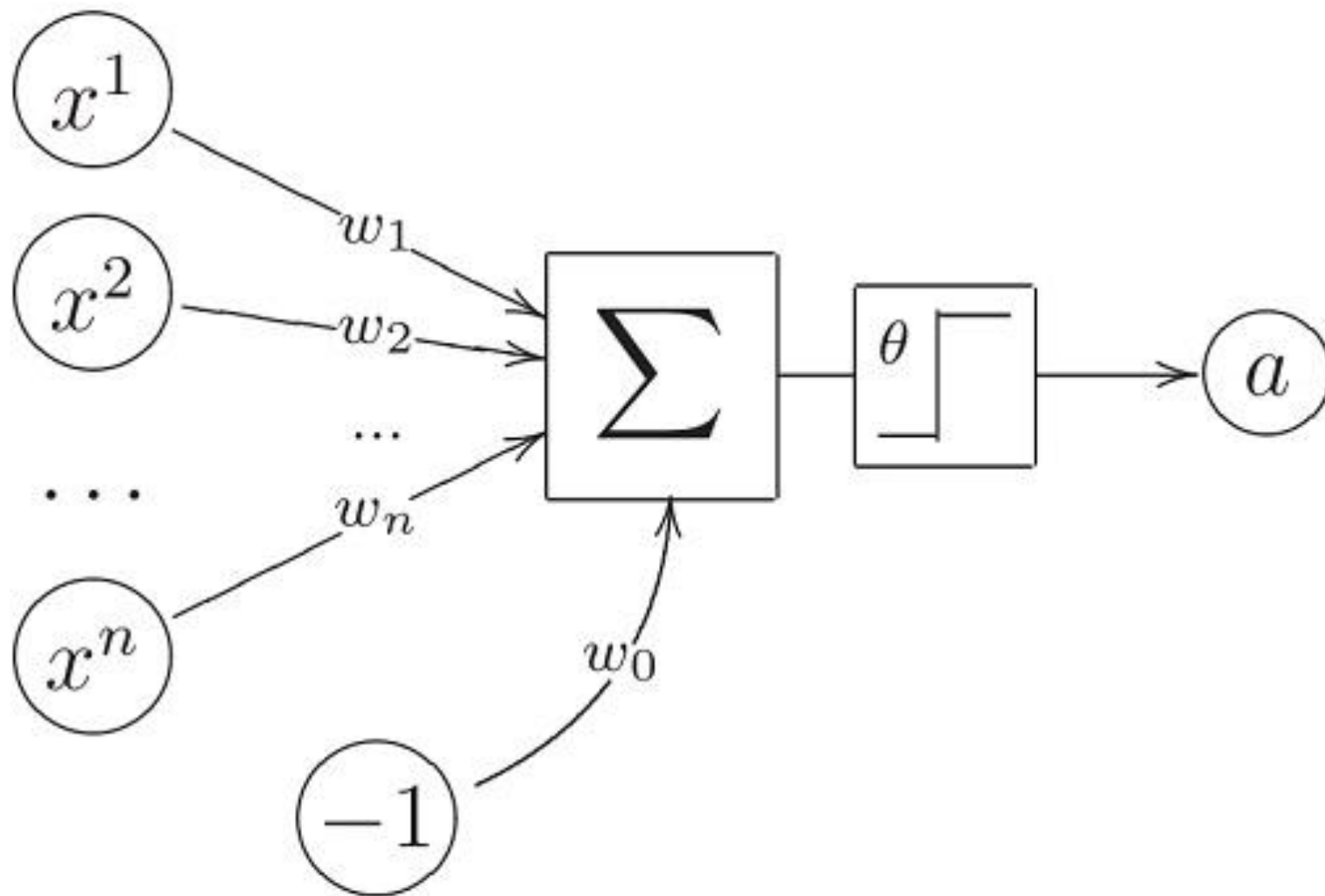


- ❑ **2005:** завершение работ по созданию первой клеточной модели.
- ❑ **Ноябрь 2007:** завершение первой фазы, включавшей в себя разработку процесса создания на основе собираемого массива данных модели единичной колонки неокортекса, её валидации и исследования.
- ❑ **2008:** первая искусственная колонка неокортекса (10 000 клеток).
- ❑ **Июль 2011:** первое мезозамыкание 100 колонок неокортекса (1 000 000 клеток).
- ❑ **2014:** планировалось получить полную модель крысиного мозга, данные пока не опубликованы (100 мезозамыканий, 100 000 000 клеток).
- ❑ **2015:** учёные из École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) разработали численную модель ранее неизвестной связи между глиальными астроцитами и нейронами. Эта модель описывает энергетический обмен в мозге через нейро-глиальные васкулярные модули (NGV). В настоящий момент эта вторичная сеть интегрируется в Blue Brain.
- ❑ **2023:** оценочное время появления первой модели человеческого мозга (эквивалент 1000 мозгов крысы).

Нейронные сети

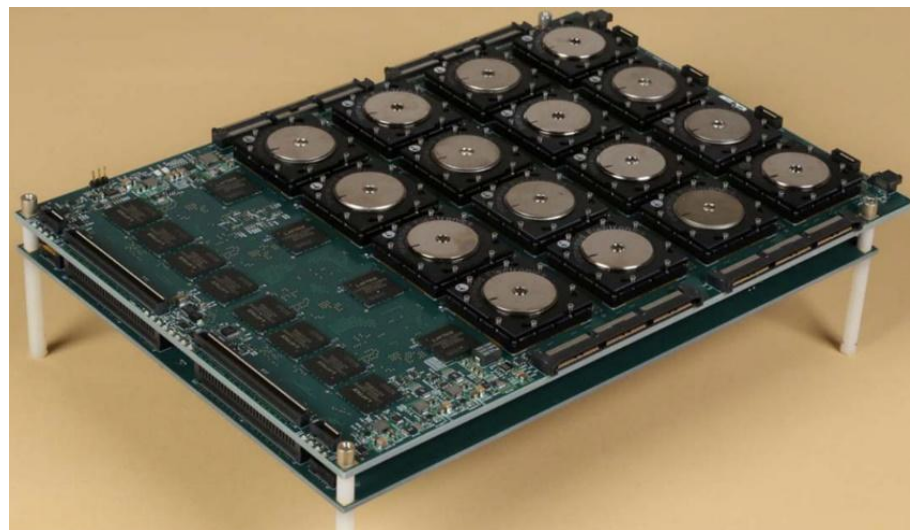


Нейронные сети



Нейронные сети

Розенблатт был яркой личностью: мастерски водил классический спортивный автомобиль MGA и часто прогуливался со своим котом Тобермори.



TrueNorth — нейроморфный процессор II поколения от IBM (2014, DARPA SyNAPSE). Чип изготовлен по техпроцессу 28 нм на заводе Samsung. Содержит 5.4 млрд транзисторов, что обеспечивает 1 млн эмулируемых «нейронов», 256 миллионов эмулируемых связей между нейронами — «синапсов».

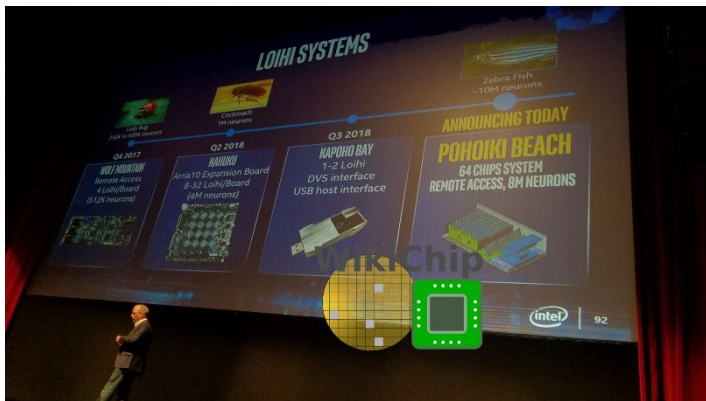
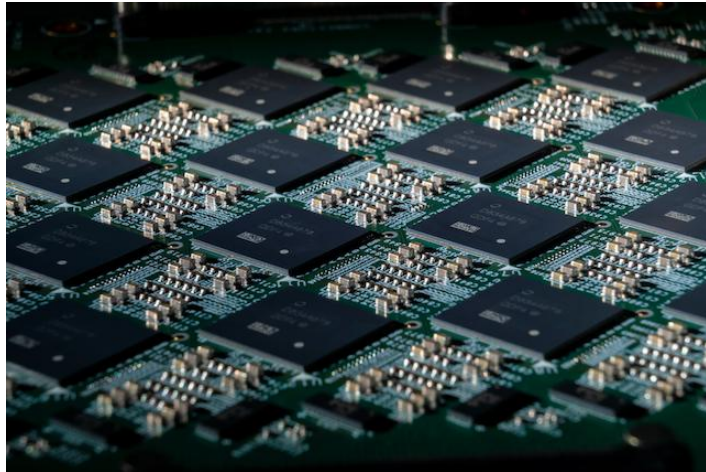


Спортивный автомобиль MGA

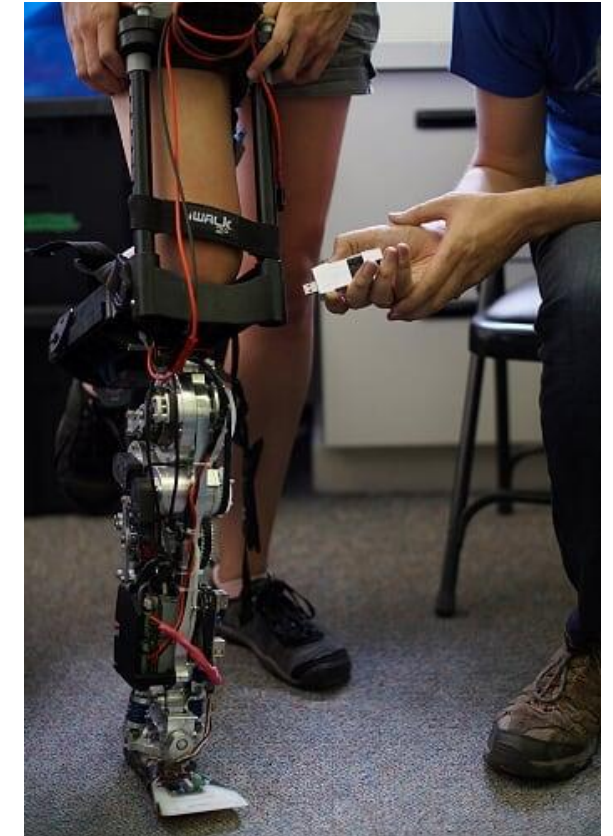
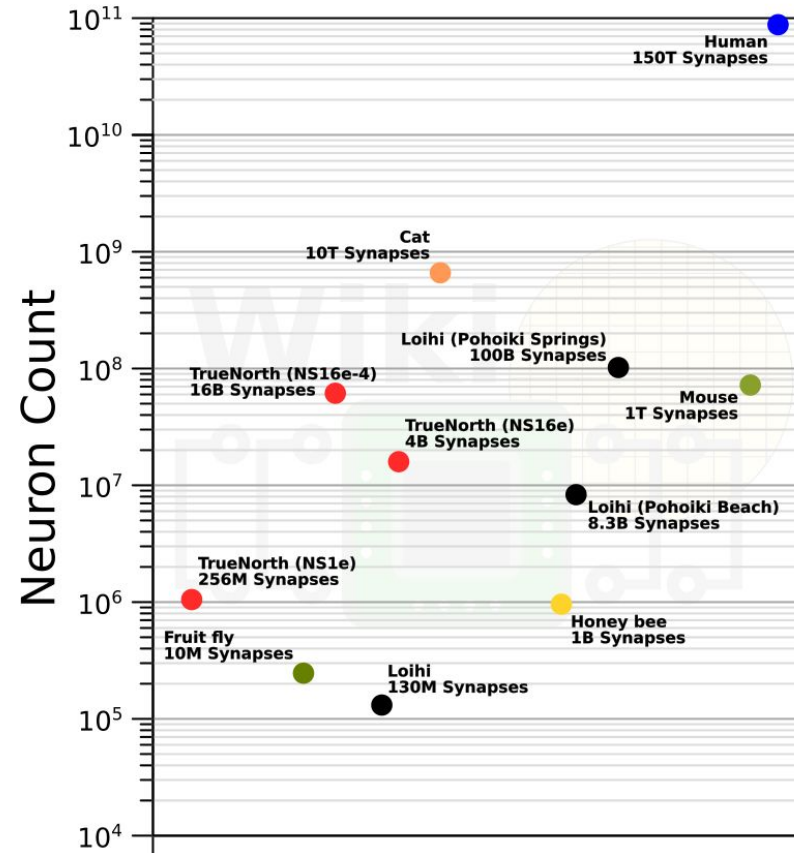
Нейроморфные процессоры

	Brainscale S	SpiNNaker	SpiNNaker-2	TrueNorth	NeuroGrid	Dynap-se	Dynap-le	Loihi	Akida
Год (первый рабочий прототип)	2011	2011	2018	2014	2009	2018	2018	2018	2018 (?)
Разработчик	HBP	HBP	HBP	IBM	BiS	AiCTX	AiCTX	Intel	BrainChip
Технология	180 нм 1P6M	130 нм CMOS	22 нм FDSOI	28 нм	180 нм	180 нм 1P6M	180 нм 1P6M	14 нм	28/14 нм
Встроенное обучение	Да	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Да	Да	Да
Число нейросинаптических ядер	8	18	144	4096	16	4	?	128	64
Нейронов	2^{12}	4590 ($\approx 2^{12}$)	?	2^{20}	2^{20}	4000 ($\approx 2^{12}$)	2^8	2^{17}	1200000 ($\approx 2^{20}$)
Синапсов	2^{20}	$\approx 2^{22}$?	2^{28}	2^{32}	256000 ($\approx 2^{18}$)	$\approx 2^{17}$	2^{27}	$\approx 2^{33}$
Примерное энергопотребление	10 Вт	1 Вт	720 мВт	70 мВт	5 Вт	360—945 мкВт	4 вМТ	?	< 1 мВт

Нейроморфная инженерия



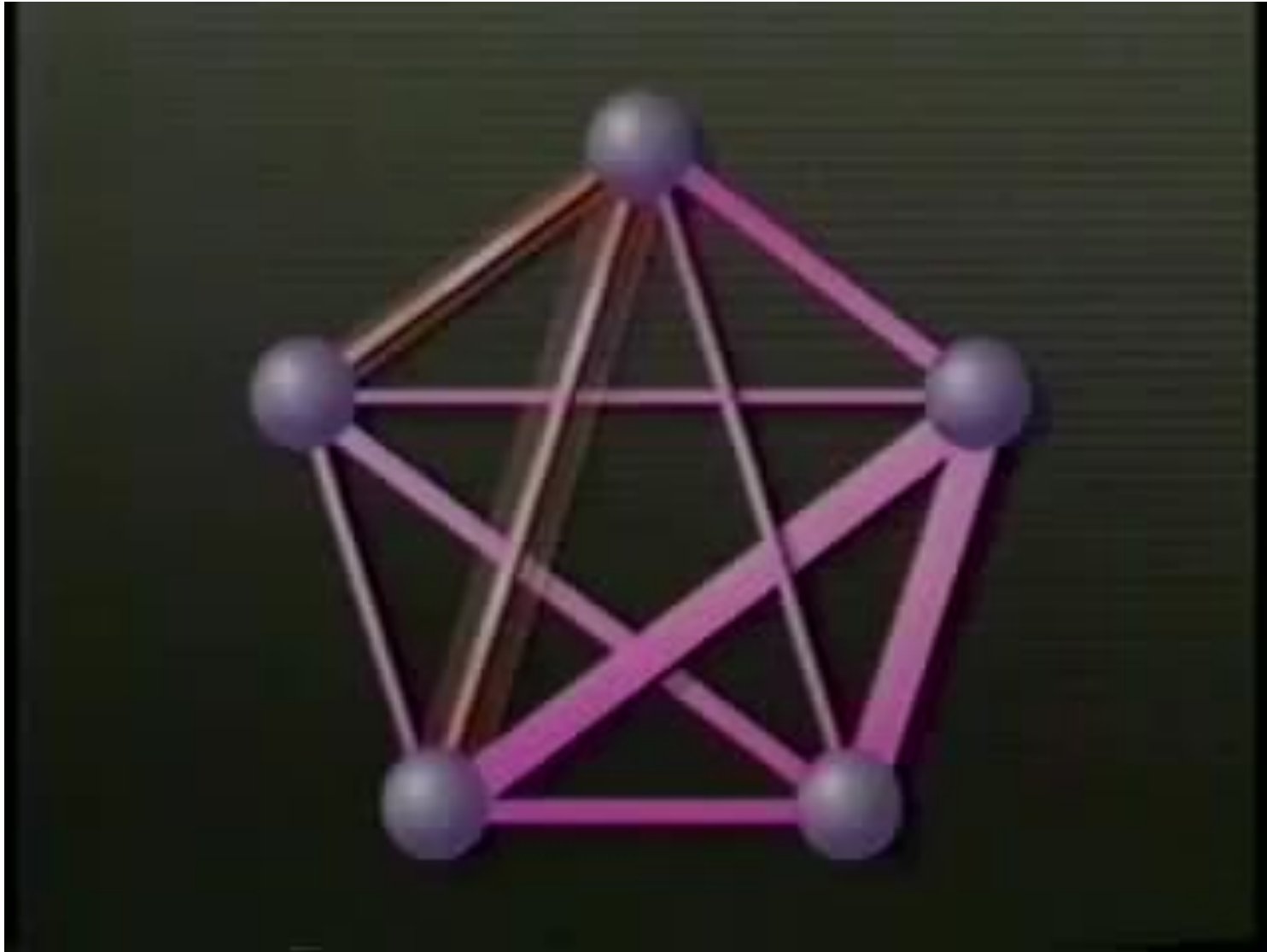
Neuron and Synapse Counts



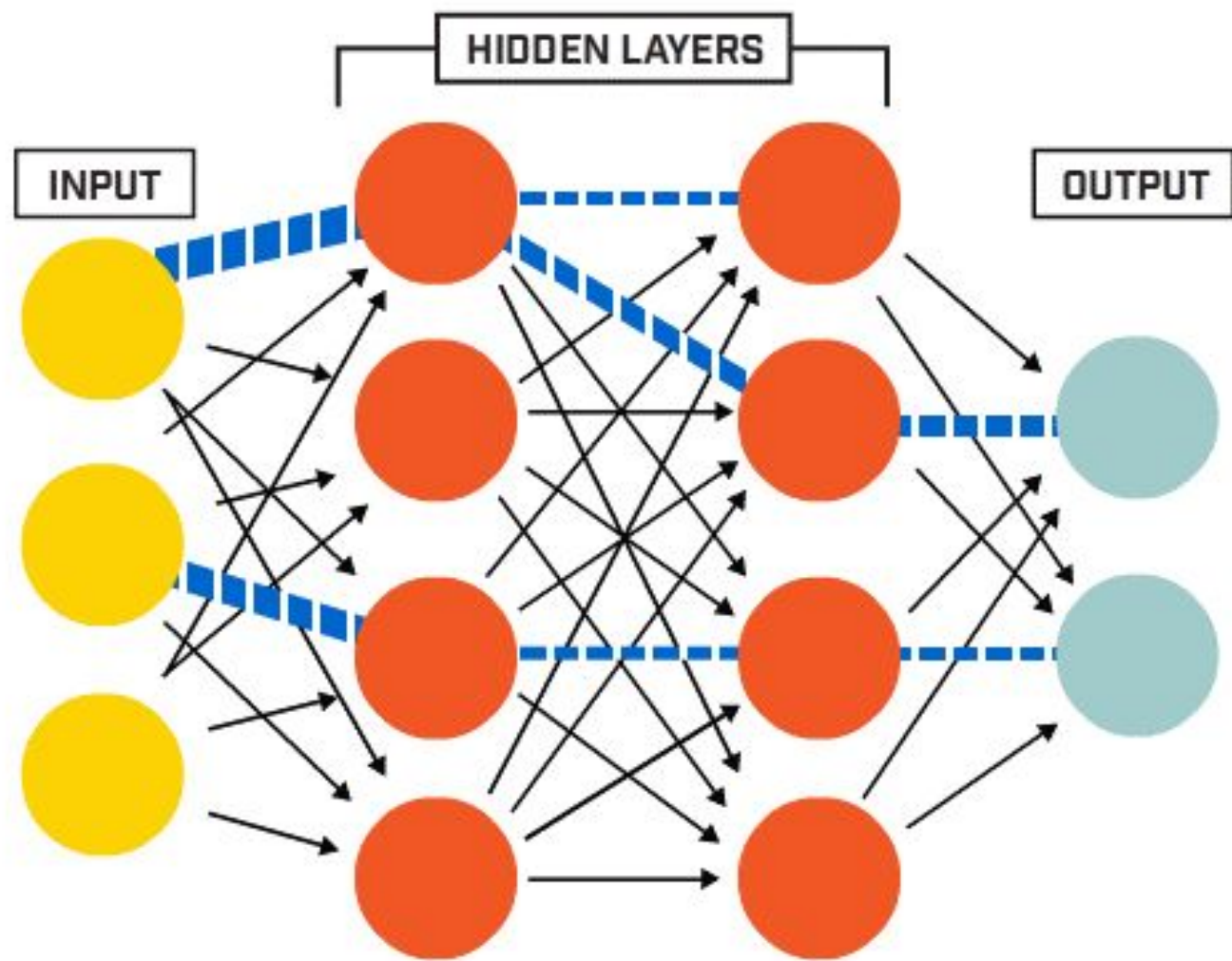
Рэйчел Гелхар из Calberch AMBER Lab и Терри Стюарт из НИС Канады работают над управлением протезом ноги AMPRO3 с помощью устройства Intel Kapoho Bay Loihi, чтобы нога могла лучше адаптироваться к непредвиденным кинематическим нарушениям во время ходьбы.

Pohoiki Springs (2019) — нейроморфный компьютер на основе 768 чипов Loihi (98304 нейроморфных ядра, 100,7 млн искусственных нейронов, 100 млрд искусственных синапсов).

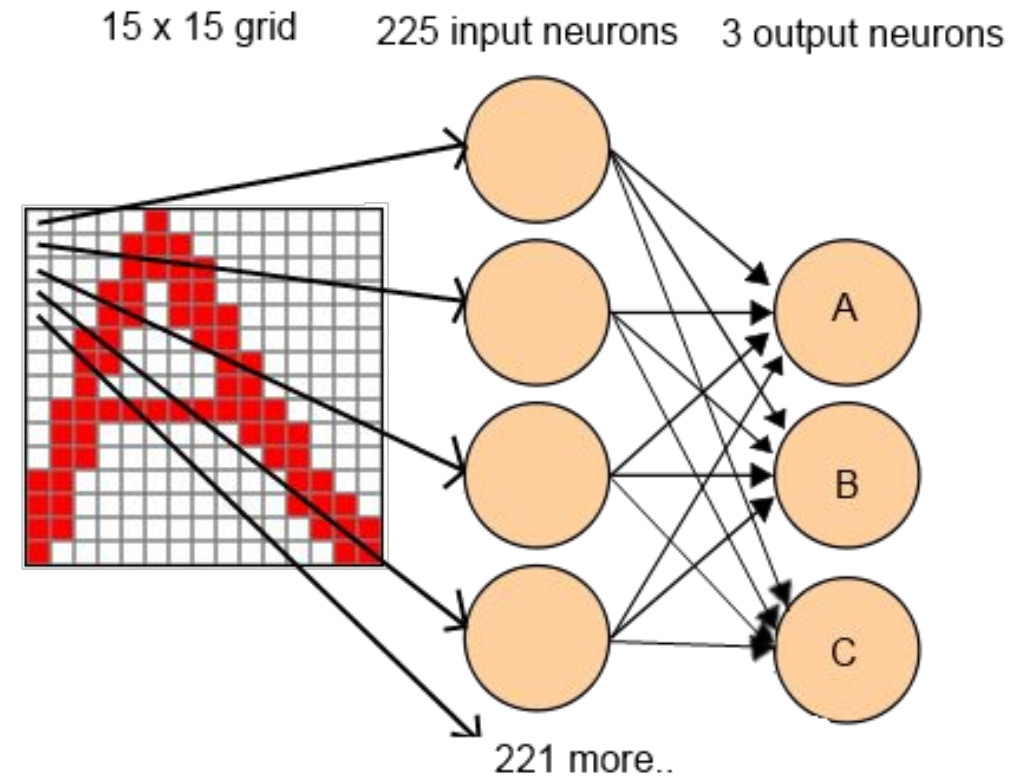
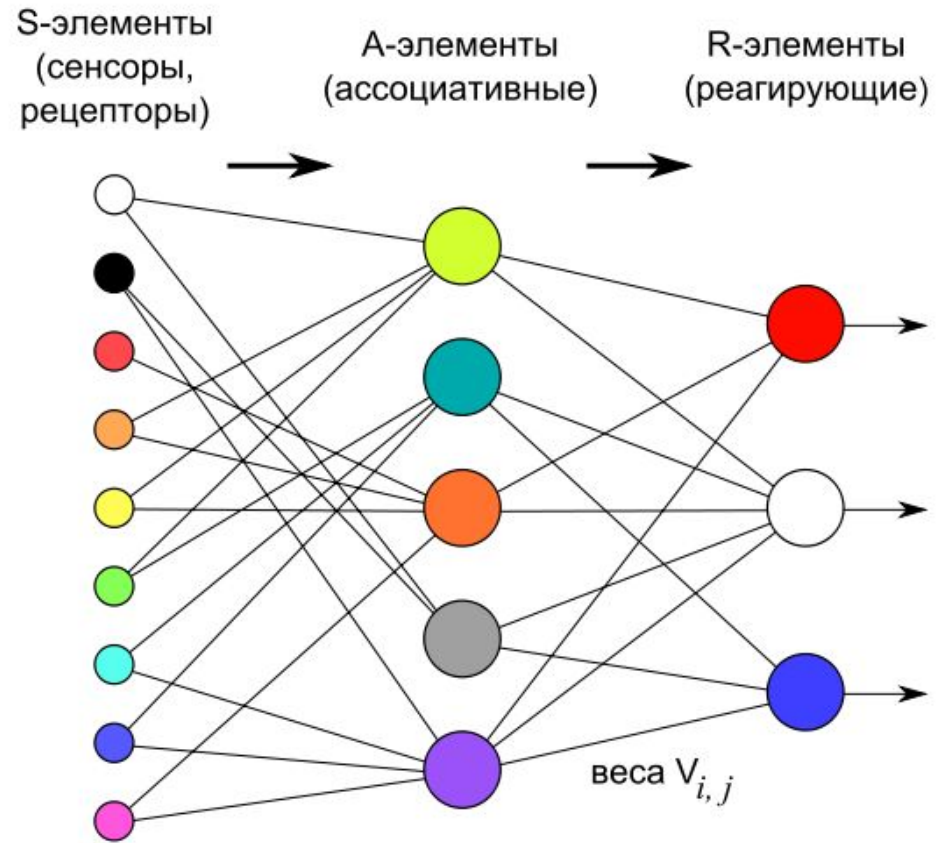
Нейронные сети



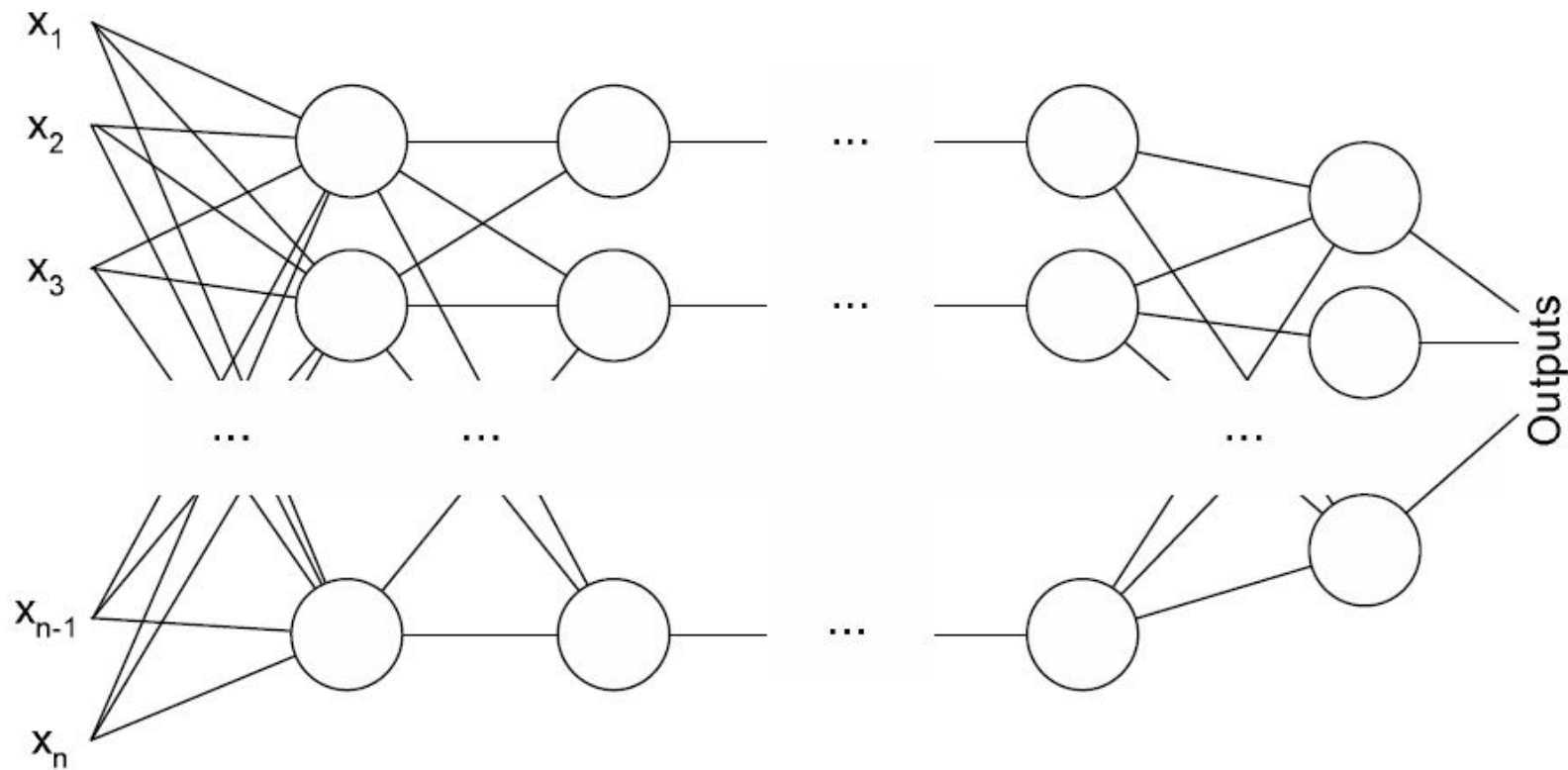
Нейронные сети



Нейронные сети



Нейронные сети

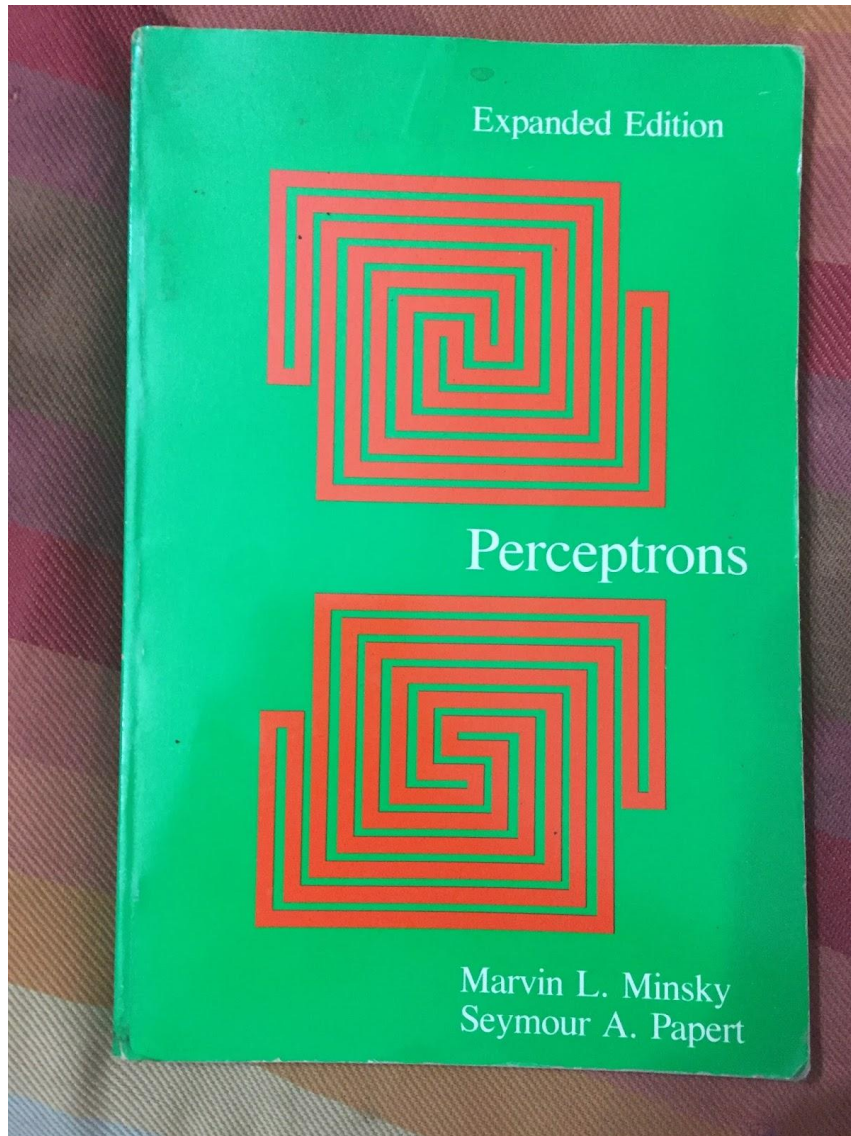


Все виды перцептронов, предложенные Розенблаттом, начиная с 1958 года, являются по современной классификации многослойными. Однако в 1970-е годы интерес к перцептронам снизился, и в 1986 году Румельхарт сконструировал многослойный перцептрон заново. По причине терминологической неточности Румельхарта в литературе распространилось представление о том, что первоначальный перцептрон Розенблатта был примитивным и однослойным, и лишь Румельхарт обосновал необходимость введения скрытых слоёв.



Дэвид Румельхарт (1942—2011) — американский учёный в области ИИ, переоткрыватель многослойных перцептронов

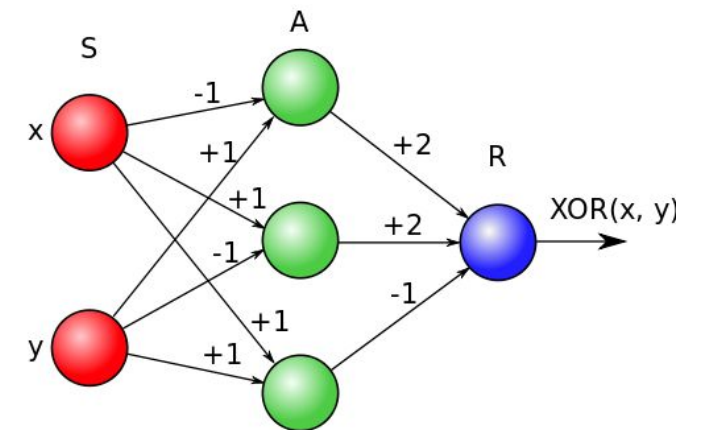
Коннекционизм, нейронные сети и марвин мински



Марвин Ли Минский (1927—2016) — американский учёный в области ИИ, сооснователь Лаборатории ИИ в MIT. В 1951 году сконструировал первую обучающуюся машину со случайно связанной нейросетью — SNARC. Автор книги «Перцептроны» (с С. Папертом), ставшей фундаментальной базой для последующих разработок в области искусственных нейронных сетей. Содержащаяся в книге критика исследований в этой области считается причиной утраты интереса к искусственным нейронным сетям в академических статьях 1970-х годов.



Марвин Ли Минский



Упс

...

Неокогнитрон

«Наше первое настоящее открытие случилось совершенно неожиданно. На протяжении двух или трёх часов у нас ничего не получалось. Затем постепенно мы начали различать какие-то смутные и непостоянные ответы при стимуляции где-то на границе между центром и периферией сетчатки. Мы как раз вставляли слайд на стекле в виде тёмного пятна в разъём офтальмоскопа, когда внезапно, через аудиомонитор, клетка зарядила как пулемёт. Спустя некоторое время, после небольшой паники, мы выяснили, что же случилось. Конечно, сигнал не имел никакого отношения к тёмному пятну. Во время того, как мы вставляли слайд на стекле, его край отбрасывал на сетчатку слабую, но чёткую тень, в виде прямой тёмной линии на светлом фоне. Это было именно то, чего хотела клетка, и, более того, она хотела, чтобы эта линия имела строго определённую ориентацию. Это было неслыханно. Сейчас даже трудно подумать и представить себе, насколько далеко мы были от какой-либо идеи относительно того, какую роль могут играть клетки коры в обычной жизни животного»



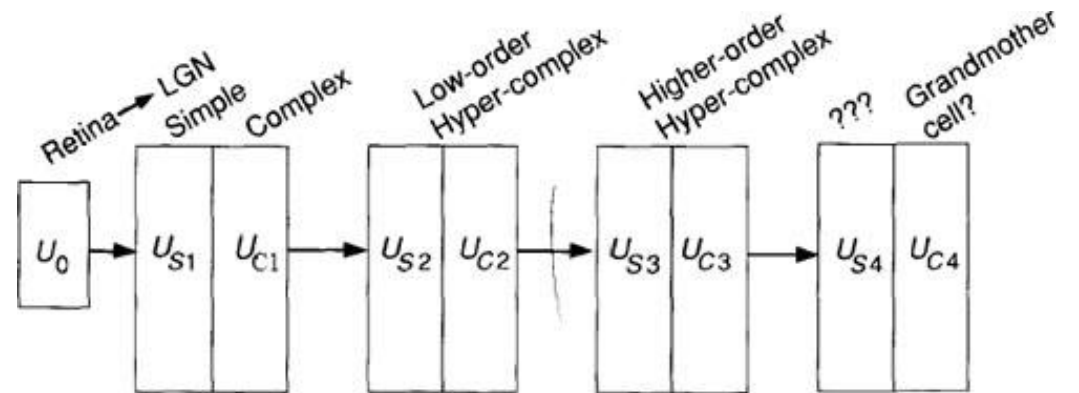
Торстон
Визель



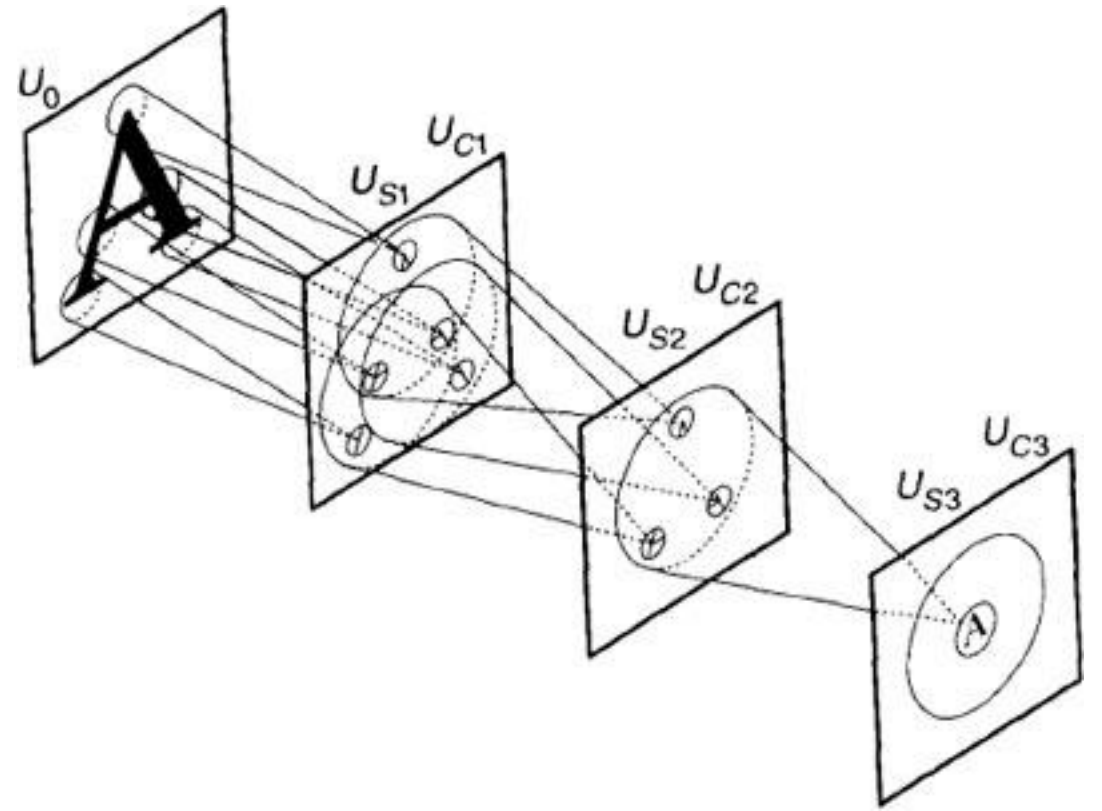
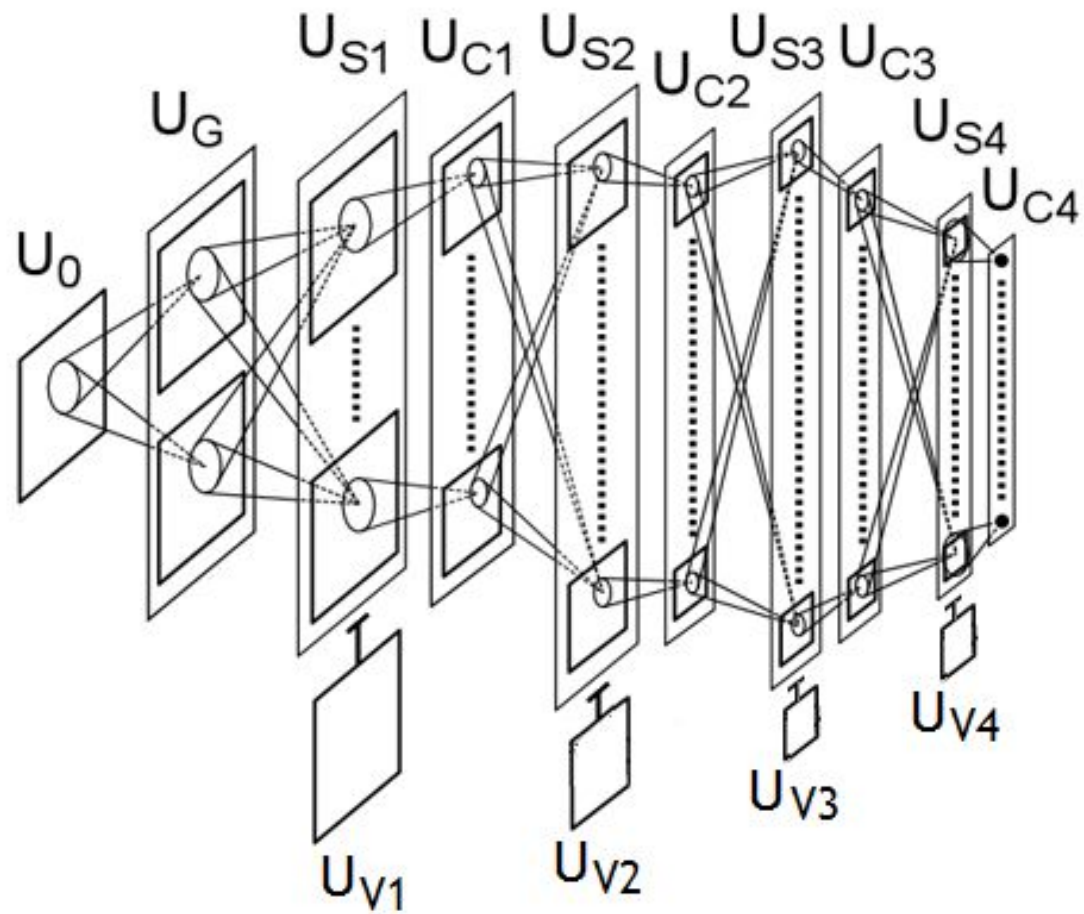
Дэвид
Хьюбелл



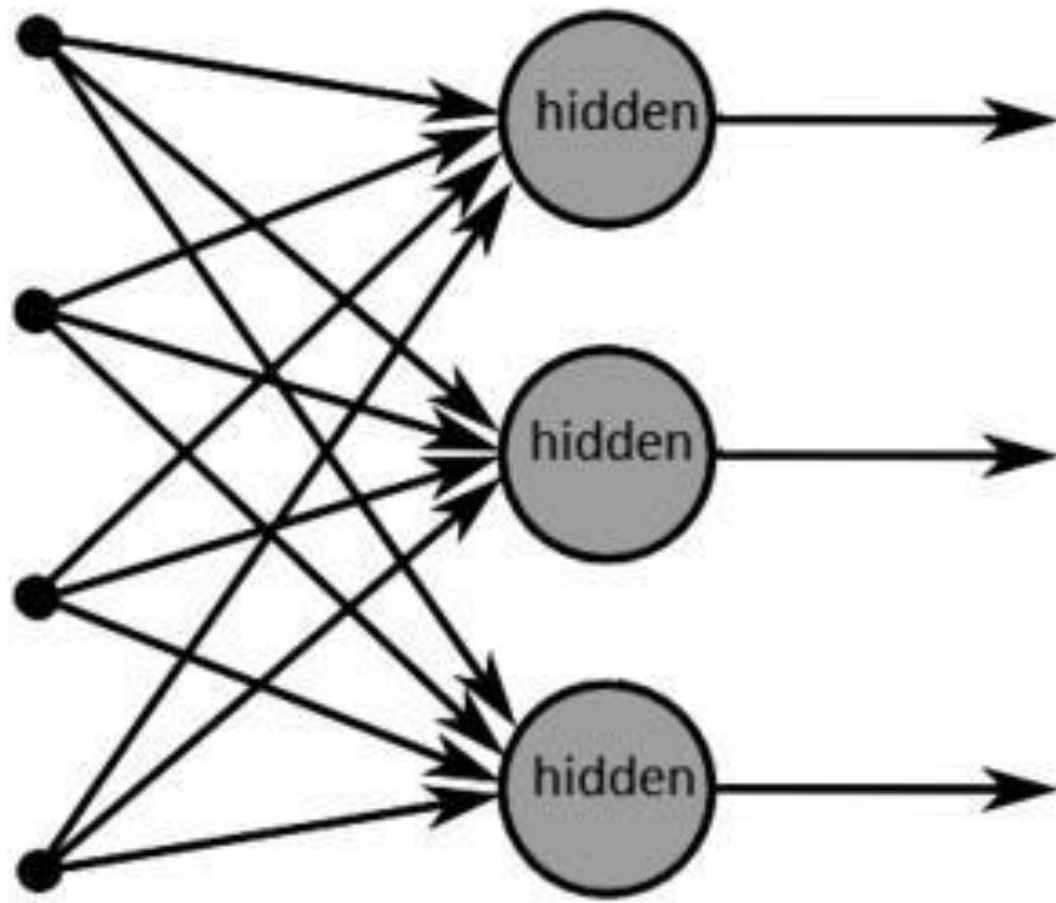
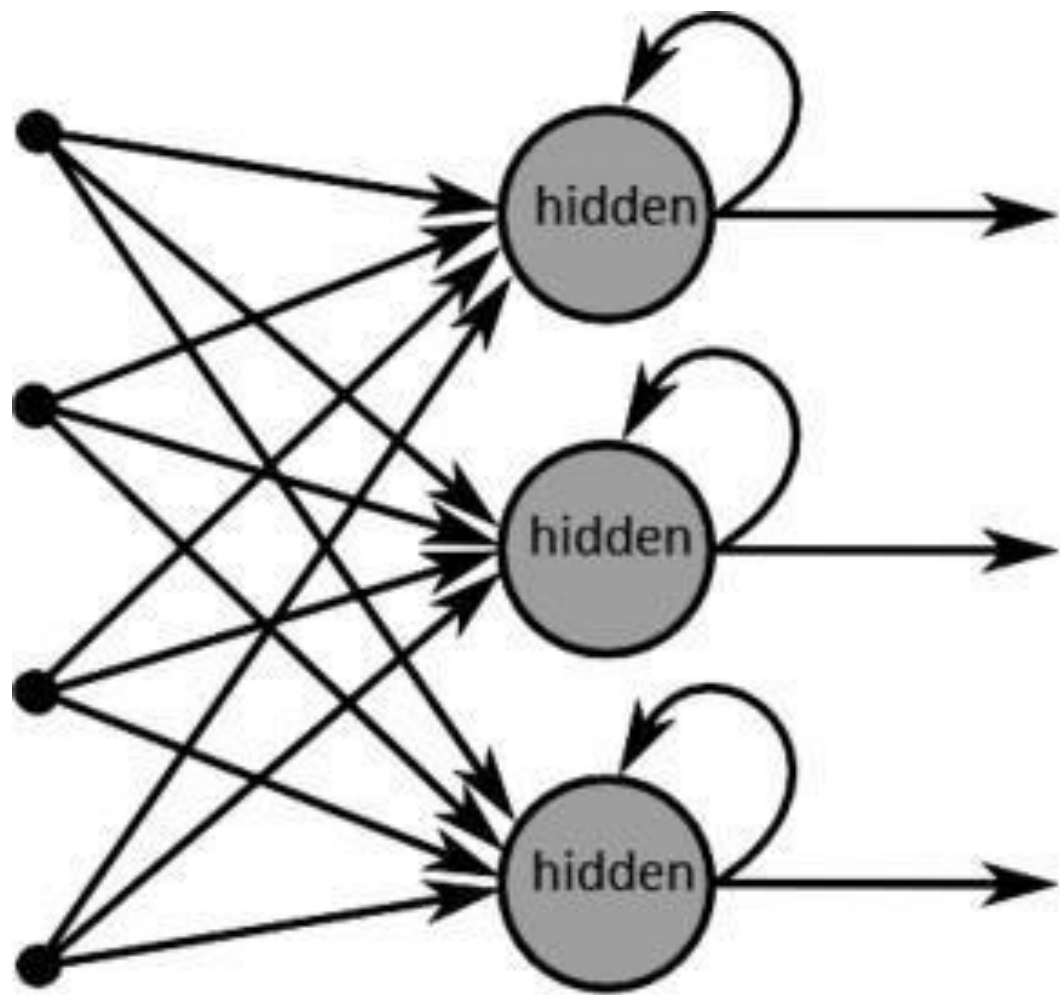
Кунихико
Фукусима



Неокогнитрон



Рекуррентные нейронные сети



**Спасибо за
внимание!**

Литература

