

МЕТАСИСТЕМНО-СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АРХИТЕКТУРНО-"ПЛАТФОРМЕННОЙ" ОРГАНИЗАЦИИ НЕЙРОСЕТИ МОЗГА.

СОДЕРЖАНИЕ:

Содержание.....	1
Вступление.....	
0. Аннотация, ключевые слова.....	2
1. Современное положение в нейробиологии: схемотехнический аспект (обзор литературы).....	3
Основная часть.....	
1. Схемотехнический анализ архитектурно-"платформенной" организации мозга.....	5
1.0. Принципы системной архитектуры.....	9
1.1. Принципы макроархитектуры.....	10
1.2. Нейрон как синергетическая моделирующая установка.....	10
1.3. Нейроапоптоз: объяснение и расчёт параметров.....	12
2. Нейросетевая модель фронтальной коры: Мета-«кольчуга» и её функционирование.....	13
3. Заключение.....	14
4. Список литературы.....	15
Автор.....	16

ВСТУПЛЕНИЕ.

Abstract: The brain is considered as having several homologous meta-levels of organization (neuron substructures, neurons, microcolumns, cortical macromodules, "classical" nerve centers, analyzers, the central nervous system of individuals ...), each of which, in its characteristic time range, is arranged and operates as a learning neural network (from the "details" of the previous level of organization) - hierarchical synergocrystal; on the basis of which various levels are classified: neurostructures, "stages of memory" and their duration, types of higher nervous activity, levels of the psyche and self, and levels of organization of various aspects and manifestations of functioning of neurostructures – an analogue of the “periodic table” for neuroscience. The specificity of the intelligent brain is that it is a system controlled by an auto-interacting process of internal self-observation as such. The physical-cybernetic nature of the subjective-psyche is considered.

Аннотация: Мозг рассматривается как имеющий несколько гомологичных метауровней организации (субструктуры нейрона, нейроны, микроколонки, кортикальные макро модули, "классические" нервные центры, анализаторы, ЦНС индивидов...), каждый из которых в своём диапазоне характеристического времени устроена и работает как обучающаяся нейронная сеть (из "деталей" предыдущего уровня организации) – иерархический синергокристалл; на основании чего классифицированы различные уровни: нейроструктур, "этапов памяти" и их длительности, видов ВНД, уровней психики и "я", и уровней организации различных аспектов и проявлений функционирования нейроструктур – аналог “таблицы Менделеева” для нейронаук. Специфика разумного мозга в том, что таковой – система, контролируемая аутовзаимодействующим процессом внутреннего самонаблюдения как таковым. Рассмотрена физико-кибернетическая природа субъективно-психического.

Keywords: memory stage, neuron, glion, perceptron, learning neural network, learning neural-glion meta-network, hierarchical synergocrystal, meta-"chain mail", reflex ring, cortex, micro-column, macromodule, levels of psyche, type of higher nervous activity, level of psyche, synergetics, biocybernetic aspect, second signaling system, autotronic synergasm of modeling, meta-model, meta-modeling, consciousness, self-programming, strategic meta-model, circuitry recreability of the brain.

Ключевые слова: этап памяти, нейрон, глион, перцептрон, обучающаяся нейронная сеть, обучающаяся нейронно-глионная мета-сеть, иерархический синергокристалл, мета-«кольчуга», рефлекторное кольцо, кора, микроколонка, макро модуль, уровни психики, вид ВНД, уровень психики, синергетика, биокибернетический аспект, вторая сигнальная система, автотронный синергизм моделирования, метамодель, мета-моделирование, сознание, самопрограммирование, стратегическая мета-модель, схемотехническая воссоздаваемость мозга.

СОВРЕМЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ В НЕЙРОБИОЛОГИИ: СХЕМОТЕХНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).

Известно, что существует значительный разрыв между 'вычислительными способностями' (сложностью нервно-психических функций) биологических обучающихся нейросетей и их технических аналогов. Удовлетворительных (т.е. технически пригодных) объяснений этому нет, при том, что схемотехнические свойства бионейрона и технотейрона могут быть весьма близки, как и таковые для небольших и средних био- и технотейронных сетей. В то же время при увеличении (квадратичного индекса) мозга его 'вычислительные способности' возрастают чуть ли не по экспоненте, а при увеличении числа нейронов в технической нейросети выше определенного предела прирост 'вычислительных способностей' сперва замедляется, а далее практически приостанавливается (см., напр., Эделмен Дж. 1981 [1] – стр.76, рис.1.). Так как свойства системы, в т.ч. системы нейронов, определяется не столько таковыми её элементов, сколько её связями между элементами, можно сделать вывод, что в мозгу выше некоторого предела (уровня небольшой сети) схема соединений элементов качественно меняется (экспонента – и кривая с насыщением). И действительно, схема связей микроколонок (небольших, на 110 нейронов, сетей) в макро модуле это тоже небольшая (причем реципрокная) сеть (по Маунткастл [1] и Сентаготаи, Арбиб [2]), но сеть уже не нейронная, а нейроколоночная – нейросеть второго порядка.

В последнее время появился ряд работ метасистемно-прогностического [43] типа по отношению к изучаемому предмету — «периодические таблицы» изобретений и открытий, в частности [56], посвящённая расшифровке общих механизмов генно-эпигенного управления у эукариот. Данная научная работа посвящена архитектурно-«платформенной» (в терминологии компьютеростроения) организации нейросети головного мозга. Назрел переход от всё более исчерпывающего себя аналитического подхода, заблудившегося в бесконечном ветвлении Фурье-рядов познания, к синтетическому, в сочетании с объединением синергетического подхода с системно-иерархическим; иными словами, целесообразно собрать разрозненные детали различных уровней организации в единое целое – на основе объединения системно-иерархических и синергетических позиций (как в наибольшей степени отвечающих современной научной парадигме). В связи с этим было бы целесообразно составить подобную «периодическую таблицу» для предмета нейронаук, что дало бы возможность определить дальнейшие шаги.

Перцептронность структуры и работы всех экранных центров мозга в ЭЭГ-синхронизированном состоянии – от лобной коры (Abeles M, Vaadia E, Bergman H., 1990 [30]) до мозжечковой коры (Bergantz D., Varad H., 1988 [25]) – можно считать доказанным фактом, в то время как остаётся открытым вопрос о природе работы в асинхронном режиме, столь преобладающем, что породил слухи о 2%-м (0,1%, 5%, до 20% — в зависимости от автора) КПД работы мозга. В то время как интуитивно ясна связь таковой асинхронности (хаотичности) с перцептронным механизмом (хаотичность проекций сенсорного слоя, и б/части связей в перцептроне), так (при этом) непонятно, как конкретно это реализовано. В теории «нейронных ансамблей» последние функционируют как активные (полу)автономные единицы, (автономный и диалоговый режимы абсолютизируются, в ущерб сетевому и т.д. – в результате чего ряд важных феноменов, например, гипнотические состояния, становятся совершенно непонятны) и гораздо менее рассматривается функционирование их как **элементов** системы, тесно связанных частей единого целого. Кроме того, в отличие от перцептронной теории очень плохо разработан схемотехнический аспект, за обилием данных совершенно не видны **технологические** принципы «системы нейронных ансамблей».

В классической теории обучающихся нейронных сетей ((Pitts W., McCulloch W.S., 1947 [17]), Rosenblatt, F. (1962) [31]) и её современных модификациях (Y. LeCun, Y. Bengio (1995) [16] и др.), при всех её плюсах, перцептрон (а также ассоциатрон, неоконгитрон и т.д. – обучающаяся нейронная сеть (ОНС)) обычно рассматривается как иерархически

одноуровневая сеть, в то же время для одного из классов моделей нервной системы — обучаемой матрицы (по Штейнбуху, [3]) известно, что при переходе в её реализации от одноуровневой к многоуровневой становится способна к: — не только выработке условных рефлексов, а также к распознаванию образов и ряду других функций — (в целом) к психонервной деятельности (в терминологии Бериташвили [29], т.е. к образованию моделей объектов и процессов (и взаимодействия особи с таковыми) объективной действительности и собственной сложной целесообразной деятельности).

Нейросинергетика (Иваницкий Г.Р., 1991 [47]) уделяет недостаточно внимания структуре синергетической среды, её сверхсложной топологии (которая скорее даже схемотехники). «Чистый» схемотехнический подход (Джордж Ф., 1963 [23], Дж. Нейман, 1956 [55]) страдает зачастую крайним редукционизмом, тяготеет к «жёстким» схемам, вследствие чего не способен объяснить высшие функции и т.н. «избыточность» нервной системы.

Ошибки вышеуказанного на следующем — программном — витке повторяет концепция МВМ-«нефи» (Либерман и др. [7,8]), которая делает основной упор на генетически детерминированную обработку информации, обучение и тем более самообучение почти не рассматривается, сводит всю сложность нейродинамических процессов к нейронным, точнее — внутринейронным процессам, представляет мозг в целом как сетевой генетический автомат и пригодна, пожалуй, только для безусловнорефлекторно-инстинктивных цепей нервной системы. Игнорирование качественного развития приводит к «интернет»-подобной модели и абсурдным выводам вроде «в каждый момент времени сознание находится **внутри** одного из нейронов» (sic!) (Либерман, 1990 [8]).

Кроме того, классическая теория нейронных сетей не даёт ответа, как нейронные сети коры взаимодействуют между собой, а ответ теории «нейронных ансамблей» подозрительно похож на печальную память «аутономную эволюцию» (см., напр. А. Лимаде-Фариа [46], Varela F., 1979 [45]), и обе они практически игнорируют морфологичность нервной системы: наличие структурных (и особенно функциональных) уровней — над выбранным (в теории) — основным.

Голографическая концепция (Прибрам, 1971 [44]) абсолютизирует 1 из типов взаимодействия сигналов в нервной системе («голографический»), полностью отбрасывая остальные. Кроме того, для получения сколько-нибудь качественной голограммы необходима крайне высокая **стабильность** несущей частоты, достигаемая только в лазерах, в то время как даже для пейсмейкеров мозга характеристична определённая частотная **лабильность**, пластичность. Кроме того, распространённое сведение синергограммы-памяти — к голограмме, является редукционизмом, игнорирующим такие важные свойства синергограммы, как способность к самовосстановлению и к развитию. Иначе говоря, сыграв в своё время (1970-80-е) заметную позитивную роль, голографическая концепция в настоящее время превратилась в упрощенческий тормоз на пути дальнейшего познания.

Отдельными исследователями делаются попытки рассмотреть функционирование большой группы ОНС в так называемом «информационном поле» (Гросберг А.Ю., Хрустова Н.В., 1993 [32]), причём отмечается качественный скачок в функционировании системы по сравнению с одиночными ОНС — но, к сожалению, без указания схемотехнической реализации «информационного поля».

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.

Глава 1.

Схемотехнический анализ архитектурно-"платформенной" организации мозга.

Согласно схеме (Taylor, 1962 [42]), схема соединений в 1-м слое коры больших полушарий (БП) очень близка к матричной, и часть приводимых им нейронных цепей других слоёв коры БП очень похожа на матрицы; кроме того, (по С. Дейчу, 1970 [18]), «входные» нейронные цепи анализаторов – матричны. В связи с этим целесообразно отметить, что эффективность 1 из типов обучающихся нейронных сетей — «обучаемой матрицы» (по Штейнбуху, [3]) (ОМШ) — значительно повышается в многоуровневом варианте её реализации: ОМШ становится способна не только к распознаванию образов, а также и к психонервной деятельности (в терминологии Бериташвили [29]) — к образованию, подобно выработке УР-ов нейронами, моделей объектов и процессов (и взаимодействия с таковыми) объективной действительности и собственной сложной целесообразной деятельности. Иными словами, перед исследователями встаёт задача синтеза нейросети с архитектурой, в которой наблюдается квадратично-кумулятивный эффект, а не насыщение, в ходе вертикального масштабирования.

Отметим в связи с этим, что:

1. на всех уровнях организации ЦНС: элементы (нейроны, микроколоники, 750-мкм макро модули (по Szentagothai [4]), нервные центры, анализаторы) образуют сети, имеется замыкание — и изменение «веса» — межэлементных связей (обучение), протекание условных рефлексов (включая уровень ЦНС в целом — межполушарное взаимодействие и развитие его во времени — т.н. «активность мозолистого тела»). Кроме того, как известно из социологии, структура связей на межиндивидуальном уровне также является сетью, хоть и, условно говоря, «программной» — не аппаратной; условные рефлексы могут включать более 1 индивида (т.н. «сверхрефлексы»). Кроме того, и на нейропротеидном уровне, по Радченко [5,26,27] — как хеморецептивные, (С-элементы), так и электровозбудимые нелинейные (Е-элементы) элементы нейролеммы образуют сеть двоичных элементов (С-элементы схемотехнически эквивалентны 1-му слою, Е-элементы – 2-му) двоичного перцептрона, обучающуюся сеть – если хоть по 1 из синапсов в пределах нейролеммы поступает обучающий (подкрепляющий) сигнал.

2. Субнейронный уровень тоже организован по принципу сети: крупный нейрон с развитым дендритным древом может рассматриваться, по Савельеву [6], как сеть элементарных нейронов. Также группой авторов (Либерман, Минина, Шкловский-Корди [7, 8]) разработана концепция внутринеуронного квантового гиперзвукового голографического компьютера, — на основе **сети** цитофибрилл – схемотехнически эквивалентного сложному перцептрону на двоичных элементах (сеть нейронного цитоскелета вместе с непосредственным окружением последнего) со схемой связей «каждый с каждым», **распознающим образы** [8], предъявляемые нейрону¹.

Следовательно, можно предположить, что мозг представляет собой **многоуровневую** обучающуюся нейронную сеть (ОНС), каждый из уровней которой подобен обычной технической ОНС. Более того, если сопоставить среднестатистические линейные размеры (диаметр) структурных элементов различных уровней организации коры больших полушарий (нейропротеид, нейроорганела, нейрон, микроколоники, макро модуль, нервный центр [9], анализатор, ЦНС в целом) и длительность соответствующих им этапов памяти², то получается следующее (см. табл. 1.):

¹ Адекватная модель нейрона малых и средних размеров (на нейронном и больших диапазонах характеристического времени) будет рассмотрена в конце первой главы.

² Этап памяти – фактически, характеристическое время самоорганизации нервно-психических процессов данного уровня сложности.

Любопытно, что линейные размеры нейроструктур различного уровня соотносятся так же, как и длительности различных этапов памяти (соответствующих нейроструктурам), например:

иконическая память – сигнал на нейропротеидах; первичная память – синаптические и др. органеллярные процессы; кратковременная память – нейроны (по Радченко [26-28].).

Таблица 1 (данные взяты из открытых источников, сведение данных в таблицу — авторское).

м, № уровня	Нейро-Струк-Туры	Размеры (диаметр) структур	$\chi_{п-1}$	Вре-мя этапа памя-ти	Тип памяти	Раздра-житель	Вид ВНД	Биокибер-нетически	Уровень психики	Йоги-ческий аспект ³
7	Вид	≈ 10-12 (особей) ¹	10	50-100 лет	Память поколе-ния	Филосо-фема	филосо-фия	?	Онтологи-ческое сознание	Атмани-ческое (Сахасрара)
6	ЦНС индиви-да	≈262,5 см ±87,5 см ²	10	5-10 лет	Третичная (постоянная)	Идеоло-гема	Убеждения, идеология	?	Идеологи-ческое сознание	Буддхичес-кое (Аджна)
5	Анализа-торы	≈ 26¼ ± 8¾ см	35	182,3-364,6 сут.	Вторич-ная	Мета-теория	Метате-ории, идеи	Мета-теория	Творче-ское сверх-сознание	Сакральное/нирваническое (Вишудха)
4	Нерв-ные центры	7,5±2,5 мм	10	5 сут 5ч-10 сут 10ч	Промежу-точная	концеп-ция	Концеп-ции, теории	Мета-понятие	Само-сознание	Каузальное (Анахата)
3	Макро-модули	750±250 мкм	25	12,5 - 25ч	Буфер-ная	слово	Слово, понятие ⁴	Мета-модель	Созна-ние	Ментальное (Манипура)
2	Микро-колонки	30 мкм	60*	45±15 мин до 90	Опера-тивная	образ	Модели	Метапро-грамма (модель)	Под-сознание	Астральное (Свадхи-стана)
1	Нейроны	3 мкм	10	45±15 с до 90с	Кратко-времен-ная	раздра-житель	Рефлексы	про-грамма	Бессозна-тельное	Эфирное (Муладхара)
0	Нейро-органеллы	0,3 мкм ⁵	20	4,5±1,5 с до 9с	Первичная	элемент раздра-жителя	Внутри-рефлектор-ные связи	под-програм-ма	Инстинк-тивное	Биологи-ческое («хвост»)
-1	Нейро-протеиды	15 нм	-	225±75 (до 450) мс	Икониче-ская	Сенсор-ный квант	«нейробит»	эlemen-тарная команда	генетиче-ское	Биохими-ческое («жалю»)

¹ «Теория 6-и рукопожатий» – через 5-6 рукопожатий ты знаком с каждым человеком на планете (по [40]).

² Эквивалентный диаметр поверхности головного мозга (≈220000 см²) – учитывая, что 2/3 его поверхности скрыто в извилинах.

³ «тонкое тело» и (чакра), – субъективно-феноменологическое «содержание» аутогипнотических практик. (Привязка (уровней организации ЦНС к соответствующим им уровням «тонких тел») – на основании соответствия «вида ВНД – роду «тонкого тела» и его чакре» по В. Данченко, [19].) Даже при изучении такого сравнительно несложного навыка, как пение, преподаватели и обучаемые часто ориентируются на субъективно ощущаемые "процессы" и "структуры", не имеющие научного обоснования, но тем не менее, работающие, эффективные при освоении таковых навыков. Возможно, что в обоих случаях мы имеем дело с создаваемым подсознанием субъективно-"виртуальным" интерфейсом ассоциативного "дизайна".

⁴ Базис 2-й сигнальной системы.

⁵ Средний диаметр сомы (тела) нейрона.

* 60 – так как в микроколонке 6 нейронных слоев (1-й из 7 нейрослоёв коры почти не содержит нейронов [10]), 10*6 = 60.

В связи с чем автором вводится концепция мета-сети, т.е. гомологической полиуровневой иерархической нейронно-глионной сети, в которой элемент **любого** из уровней является системой (сетью) на уровне, предыдущем данному и входит на данном уровне в состав системы (сети) – являющейся на последующем уровне уже элементом, причём уровни гомологичны друг другу.

Система элементов стимула образует раздражитель, система стимулов (раздражителей) – образ (1-й сигнальной системы); система конкретных образов составляет понятие (элемент 2-й сигнальной системы), система понятий образует концепцию, теорию и т. д.; ...в то же время условно-рефлекторный раздражитель соответствует рефлексу (и нейрону – как наиболее сложный вид ВНД для единичного нейрона), при этом условный рефлекс биокibernетически является программой. В биокibernетическом аспекте относительно УР-программы модель является метапрограммой. Таким же образом соотносится модель – со словом, понятием второй сигнальной системы, а внутрирефлекторные (функция нейронных органелл) связи – (связи между элементарными составляющими стимула или реакции, аксон-рефлекс и т.д...) – с простыми УР. При этом относительно нейроорганеллярной сети сеть нейронная (30-мкм колонка) является метасетью, относительно 30-мкм колонки 750-мкм макромодуль – также метасеть, и т.д.

Соответствующие отношения существуют и для этапов памяти, коррелирующими с геометрическими параметрами (см. табл. 1).

Иначе говоря, мы имеем многоаспектное соответствие, (см. таблицу 1) — нейрологического субстрата, характеристического времени самоорганизации его нервно-психических процессов, самих таковых нервно-психических процессов, обрабатываемого последними вида данных, соответствующего им вида ВНД, биокibernетического аспекта вышеупомянутого, психического и «йогического» аспектов (соответственно) — различных сторон единого процесса, иерархически-полиуровневого структурно-функционального (системного) единства. С каждым последующим мета-уровнем появляются качественно новые информационные процессы и психоструктуры (см. табл. 1).

Наиболее сложная форма ВНД для единичного нейрона или небольшой группы таковых – замыкание-размыкание временных связей, т.е. условный рефлекс (УР). Сеть нейронов (в т.ч. технические перцептроны, ассоциатроны и пр.) способны и к распознаванию образов (что есть не что иное, как работа сети элементарных сенсорных и условно-условных рефлексов на элементарные раздражители, стимулы, составляющие образ).

Структура типа многоуровневой обучаемой матрицы Штейнбуха способна не только к распознаванию образов, а также и к психонервной деятельности (в терминологии Бериташвили [29]) – и к образованию, подобно выработке УР-ов нейронами, моделей объектов, процессов (и взаимодействия с таковыми) объективной действительности и собственной сложной целесообразной деятельности.

Вследствие процесса самоорганизации (протекающего, в совокупности) временных связей (в свою очередь, также условно-рефлекторной), таковая модель (система объект-специфичных временных связей) в процессе своего функционирования и адаптации порождает в новых ситуациях новые УР (на предмет данной модели), управляет и координирует работой УР в её составе (и частично — связанных с последними УР из других моделей).

Следовательно, обучающейся нейронно-глионной мета-сети (мета-сеть, т.е. «гиперсеть», состоящая из сетей нескольких гомологичных один другому метауровней, где сеть любого уровня является элементом сети последующего уровня и метасетью для сети предыдущего — "самоподобная" сеть) соответствует мета-сеть условно-рефлекторная (как аппаратному обеспечению АВМ – программное обеспечение АВМ), которой соответствует иерархия (мета-)типов «входных данных» (раздражителей), а иерархии нейронно-глионных метаструктур – иерархия УР-метаструктур и иерархия этапов памяти (этапов развития, закрепления УР-структуры того или иного метауровня). Следовательно, нейрологическую память, т.е. совокупность информации, накопленной в нейронно-глионных сетях мозга, нейрокибернетически можно рассматривать как базу данных (БД), точнее — сложную многоуровневую и «многопользовательскую» внутренне-разветвлённую БД иерархическо-сетевой организации.

Мета-сеть, строго говоря, является нейронно-глионной, а не просто нейронной – т.к. глионы по отношению к нейронам выполняют не только питающую и опорную функции. На нейроиммунную природу реализуемой с участием глионов нейрологической

памяти указывает Ашмарин [11]. Существует гипотеза Галамбоса-Ройтбака [12, 13] об обучающей функции глионов по отношению к нейронам, недавно нашедшая новое подтверждение: по Мелконяну [14, 15], изменение во времени медленного отрицательного потенциала (МОП) глионов, прилегающих к данному нейрону противоположно по знаку, величине и направлению – изменению потенциала нейрона. Именно такой характер, как известно из кибернетики нейросетей, носит изменение сигнала времени в технических нейросетях: на обучающем элементе и обучаемом решающем элементе (техническом нейроне) соответственно.

Из таблицы 1 также видно, что длительность этапа памяти какого-либо уровня прямо пропорциональна линейным размерам нейроструктуры данного уровня. Следовательно, средняя скорость, с которой информация запечатлевается в нервной ткани, постоянна, и равна 0,5-1 мкм/мин – что несколько ниже (28%) скорости роста нервного волокна (1-2 мм/сутки) – вероятно, участие глионов в данном процессе вносит задержку. (Логично предположить, что для всех метауровней такое запечатление – единый процесс.)

Из **таблицы 1** видно, что в мозгу имеет место масштабно-временная иерархия синергетических процессов (феноменов ВНД), их характеристических времен самоорганизации (этапов формирования памяти), и размеров сред (нейросетевых структур), в которых таковые процессы протекают; при этом в последних имеет место вертикальная гомология, т.е. взаимоотношение структуры/процесса — и соседних с ней по иерархическим уровням — как, соответственно, гомологичных: метасистемы ("сосед сверху"), системы (данная структура), и подсистемы ("сосед снизу"). Таким образом, биологическая нейросеть коры мозга представляет собой иерархический кристалл (или решётку Пеано), узлом ячейки которого является как нейросеть в обычном понимании, так и (как схема АВМ одновременно является её программой) – семантическая сеть психики.

Кроме того, геометрически-трёхмерная нейросеть ЦНС является фактически-четырёхмерной, где четвёртое измерение – характеристическое время самоорганизации (время этапа памяти) для нейроструктуры данных размеров, время закрепления у вида ВНД данной нейроструктуры. Это, в частности, объясняет феномен т.н. превентивной импульсации: когда раздражитель является частью временного паттерна, начавшегося и распознанного **до** данного раздражителя; когда появление раздражителя спрогнозировано вследствие причинно-следственных связей в паттерне (частью которого таковой является) — появляется превентивная импульсация.

Мозг, особенно кора больших полушарий, по своей архитектуре — гибридная система: частично мета-сеть, частично соматотопическая приоритет-пропорциональная. Оба принципа сочетаются в каждой УР-способной структуре мозга. При этом, чем больше эволюционно развито позвоночное, тем более данная система теленцефализирована (у человека почти всё спроецировано на кору). И тем более сглажен, скрыт древний противоположный принцип — метамерная организация нервной системы, близкий к таковому аннелид и членистоногих. Таким образом, данный принцип сам находится под влиянием 2 эволюционно противоположных субпринципов. В отношении же сетевой архитектуры ситуация аналогичная: субпринципы многослойного перцептрона — и обучаемой многоуровневой матрицы Штейнбуха (Кора БП — это гибридная (матрично-перцептронная) мета-нейросеть, объединяющая преимущества обеих архитектур: перцептрона и «обучаемой матрицы» по Штейнбуху).

Иначе говоря, мозг — *полигибридная* система.

Любопытно, что, как отмечает, напр., Юзвизин [33, 34], Вселенная, окружающая нас реальность (а также информация) организована как многоуровневая сотовая сеть. Вероятно, мозг, развиваясь в ходе эволюции как орган нервно-психического отражения реальности, отразил таковую организацию и в собственной структуре (эволюционная оптимизация структуры под предмет функции, его устройство). Даже микроколонки и макро модули расположены в коре гексагонально симметрично. Любой из уровней нейронно-глионной сети по своей организации и "монтажной схеме" – это (в первом приближении) хаокристалл, но, учитывая непрерывные рост и самоорганизацию (как процесс и принцип функционирования), – синергокристалл.

Обычная техническая нейросеть может распознавать образы, преобразовывать их, даже выполнять зависимую генерацию. Концепция обучающейся мета-нейросети позволяет понять, как человеческий мозг обрабатывает сложные многоуровневые составные образы (посмотрите вокруг, а потом попробуйте проанализировать с такой детальностью, чтобы результат был понятен ИИ уровня FineReader. Вспомните, что обозримое пространство – лишь малая часть города, где Вы живёте, а город – лишь малая часть известной Вам Вселенной. При этом человеческий мозг поддерживает работу с вышеупомянутым в реальном времени и с опережением.) любых уровней сложности и обобщения. Данная концепция (многоуровневого структурирования — мета-сети) даёт не только собственно научное, схематехническое понимание психических явлений любого уровня сложности, их многоуровневости в функциях и возможностях естественного разума (в отличие от доминирующего на данный момент гуманитарного квази-«понимания» с лёгким налётом схоластики и мистики), но и позволяет в общих чертах решить задачу реализации последних в аппаратной либо виртуальной нейросети искусственного разума, а также понять, пусть пока схематически, функционирование данной системы как целого во всей её сложности.

Обращает на себя внимание кратность пяти для величин иерархической пропорциональности $X_{n/(n-1)}$. Как известно, для живого (в отличие от неживого) характерна как раз пятеричная симметрия; в данном случае, последняя наблюдается в иерархии характеристических: размеров и времени.

Что любопытно, на нейрорганеллярном уровне межэлементная связь 0-направленна (направленность отсутствует), на нейронном 1-направленна, на микроколлоидном – 2-направленна (реципрокна), на макромолекулярном – 3-направленна (пре- и постсинаптические контакты), т.е. связь становится управляемой для «третьей стороны» = произвольность, обучение себя (как известно из психологии, осознанность психического процесса означает его управляемость); на уровне самосознания это уже взаимное обучение (4-направленность), и т. д.

Если же перейти от уровней организации ЦНС к соответствующим им уровням т.н. «тонких тел» йоги, то значение m (« m -векторности») совпадает с внутренней «мерностью» для «тонкого тела». На основании этого можно предположить, что (начиная с нейрорганеллярного уровня) « m -векторность» (см. табл. 1, 1-ю колонку) нейронно-глионной мета-сети является одной из неотъемлемых сторон её архитектуры.

Относительно мета-сети 2-я сигнальная система представляет собой, по сути, нисходящую иерархическую петлю с третьего и более высоких уровней — на 2-й (в области речевого центра), создающую возможности качественного (порой многократно повторяющегося) сжатия конкретно-образной информации в вербальный код (и соответственно экономии системных ресурсов), абстракции, "отвлечения", обобщения, развития логики и т.д.

1.0. Принципы системной архитектуры. Что же касается архитектурно-организационных принципов системы в целом, у биологического мозга и цифрового компьютера они в абсолютном большинстве противоположны: тогда как ПК, ЦВМ — вычислитель с отрицательной обратной связью с последовательной обработкой информации и архитектурой на принципе порядка, мозг — вычислитель с преобладающей положительной обратной связью с параллельной обработкой информации и архитектурой на принципе хаоса. Не менее принципиальна и разница в специализации: обработка кода, преимущественно в числовой форме у ЦВМ — и обработка сенсорных сигналов в форме паттернов — у биологического мозга. Что же касается гносеологии, прогнозируемости системы, то тогда как от ПК требуется предсказуемость для инженера, для пользователя — от живого существа в ходе эволюции требовалась, почти всегда, наоборот, непредсказуемость для хищников, непросчитываемость для конкурентов и т.д. (редкие исключения: согласованные действия в стае, покровительственная окраска многих ядовитых организмов, и т.д. — только подтверждают правило). Кроме того, в случае ПК вычислительные устройства организуются в сеть, — сеть состоит из вычислительных устройств, в случае же мозга — наоборот, «вычислительное устройство» состоит из сетей. (Несколько менее существенны такие отличия, как — биологические регенерация, адаптация, обучение биологических систем, плохо воссоздаваемые технически, почти не

воссозданная самоперестраиваемость, и до сих пор не воссозданное самообучение; но за исключением трех последних свойств, это — вопрос «конструкционного» материала.) Из вышеперечисленного, в основном, и проистекают все дальнейшие различия систем.

Основой схмотехнической динамики нейронных обучающихся систем мозга является принцип перестраиваемой последовательно-параллельной работы, при котором кора мозга работает и как последовательная, и как параллельная «схема» — одновременно и поочередно. Различные зоны коры, различные колонки и модули могут обрабатывать информацию как параллельно, так и последовательно, находясь (ЭЭГ-синхронизационно и электротонически) на различных иерархических уровнях функционирования. Сущность принципа в том, что мета-сеть распознаётся не только собственно «входной» паттерн, а и как иерархические уровни (на которых будет производится распознавание), так и задействуемая конфигурация связей между кортикальными участками (которая будет распознавать). Связанность между собой и взаимодействие участков коры определяется не столько собственно их физическими связями (таковые избыточны), сколько уровнем синхронизированности их сигнала и межслойных переходов последнего. Синхронизация объединяет «разрозненные», порой далеко отстоящие друг от друга участки коры в функционально единое целое, работающее над одной задачей, т.е. процесс коммутации (самопереконфигурирующийся универсальный вычислитель, система-трансформер).

1.1. Принципы макроархитектуры. Кору БП составляют два тесно связанных функционально противоположных полуцентра единой системы (высшего центра психической деятельности) — два полушария переднего мозга: сознательно-логическое, вербально-символьное левое полушарие, правое — внесознательно-интуитивное, образно-художественное — 2-ядерная и двухполюсная, "диалектическая" система: *бинарная* система. Если точнее, у данной системы есть ещё и "быстрый специализированный математический сопроцессор" — мозжечок (другой аналог — GPU: упрощённый набор команд, то есть в биоаналоговой системе — цитоархитектура, но увеличенное быстродействие, и большое количество идентичных повторяющихся вычислительных единиц), и "автоматическое самонаборное поле" (прямых «цифровых» аналогов нет) — лобная кора. Можно ли систему рассматривать как триалектрическую? За это говорят данные гистологии (\approx триллион нейронов мозжечка, близкая к кристаллической упорядоченность и правильность нейросети мозжечковой коры), электрофизиологии (стабилизирующее, синхронизирующее влияние мозжечка на остальной мозг) и (если их можно учитывать, конечно) позиция йоги: "мозжечок — материальный субстрат наивысшей чакры сахасрара", роль мозжечка в наивысших психических функциях вроде т.н. "просветления", "Пробуждения" и т.п., но безусловно, что тема требует дальнейших исследований.

Распределение функций между основной частью полушария переднего мозга бинарны, функции противоположных полушарий параллельны, сами они схмотехнически запараллелены друг другу, тесно связаны подобно «половинам» мультивибратора, или, скорее, усилителя типа АВ: левое — формализм и абстракция, правая — семантика и конкретика, логическое знание и «здравый смысл» — левое полушарие, функции воображения и творчества — правое полушарие — гранулярной коры с её «гибридной», перцептронно-матричной полухаотической архитектурой. Структура же связей в агранулярной — лобной — коре принципиально сложнее («нейронные ловушки»), соответственно и связи между левой и правой лобными долями пропорционально более сложно организованы, чем просто функционально противоположные взаимодополняющие полуцентры; очевидно, это единый механизм коммутирующего управления гранулярной корой и подкоркой по принципу флуктуационногенной (пейсмейкерно-основанной) *обучающейся инициативы* («свободы воли») — общесистемной положительной обратной связи сверхрегенераторного типа, и высшего самонаведения (т.н. «внутреннего/морального компаса») — 4D-гомеостаза (динамически-хронального, сохраняющего «индивида-себя» в точках ветвления линии событий). Обе последних составляющих образуют *стратегический* уровень поведения, тогда как за *тактический* ответственна теменная ассоциативная кора (гранулярная).

1.2. Нейрон как синергетическое моделирующее устройство. Также касательно нейронного уровня организации мета-сети следует отметить, что:

1. Исходя из возрастания вычислительных способностей технической и компьютерно-модельной (виртуальной) нейросети, и приближения по свойствам к биологическим нейросетям — пропорционально отходу от концепции сети на формальных нейронах-триггерах, в пользу синергетических процессов (В настоящее время очевидно, что биологические нейронные сети — это синергетические вычислительные (точнее, моделирующие) структуры),

2. более высокие уровни организации мозга, чем нейронная сеть, также характеризуются синергетичностью и самоорганизацией как сущностными свойством.

3. нейроколониальный и субнейронные (нейропротеидный, по Радченко [27] и нейроорганеллярный, по Савельеву [6]), а также супернейроколониальные уровни организованы как обучающиеся самоорганизующиеся сети активных возбудимых элементов,

4. крупные нейроны — это мультицеллюлярные многоэлементные сетевые структуры (схемотехнически это относительно простые нейросети (на малых нейронах)) (Савельев, [6]), т.е. de-facto крупный нейрон — это синергетическое вычислительное устройство.

5. как известно, при переходе от мелких нейронов к крупным отсутствуют явления сегментации или метамеризации, образования каких-либо внутренних перегородок или т.п. аналога многоядерного синцития (скорее наблюдается нечто внешне аналогичное — по своему принципу — росту псилофита), количественные изменения при росте размеров и числа ветвлений дендритов — не переходят в принципиальные; иными словами, увеличение размеров нейрона для самой клетки и её функции — это количественные изменения, рост, но принципиальных изменений при этом не происходит (за исключением схемотехнического аспекта, т.к. *функция переходит из нейронного диапазона характеристического времени в нейроколониальный, более высокий — соседний — иерархический диапазон*),

исходя из вышперечисленного, а также таблицы 1, очевидно, что нейронный уровень организации мозга ничем принципиально не отличается от выше- и нижестоящих уровней — синергетической должна быть не только форма (и содержание!) нейросети (и мета-нейросети), но и сущность её элементов, то:

биологический нейрон, **независимо от размера**, схемотехнически и кибернетически представляет собой *синергетическое вычислительное (точнее, моделирующее) устройство*.

Самоорганизация нейронов происходит не только в пространстве, но также и во времени: схемотехнически небольшой нейрон (на нейронном и больших диапазонах характеристического времени) — это обучаемый (частично-)зависимый генератор на "неустановившихся процессах", с импульсным выходом (простейшей технической реализацией генератора на "неустановившихся процессах" является разрегулировавшийся блокинг-генератор).

Синергетические вычисления, по Радченко [51], являются аналоговыми и подпороговыми, обрабатывается каждый бит информации, поступающей в нейрон, а не только надпороговые сигналы; и если сигнал не носит критический характер (по оценкам Радченко, таковых $\approx 2\%$ от всех сигналов/входов), ответ отсрочен, порой весьма значительно, во времени (**квази**-спонтанная активность); порогово-триггерный характер, по Радченко [51], носит только выходная характеристика нейрона, но никак не входная.

Надо отметить, что синергетические вычисления в нейроне "реализованы" на сочетании самоорганизации: трансмембранных потенциалов нейромембраны, биохимических автоволн цитоплазмы (с примесью участия фибриллярно-циркуляционный активности), и гиперзвуковой дифракции на фибриллярном скелете клетки ("нефи" по [7]), иначе говоря — на триалектике биохимической, ионно-токовой и гиперзвук-дифракционной синергетик нервной клетки.

В связи с вышесказанным стоит подчеркнуть, что так называемая ненадежность работы нейрона — эффект кажущийся, точнее, неверно классифицированный.

Ведь поскольку:

1. в живой природе (и не только), в отличие от техники, даже точно повторяющееся событие означает не тоже самое, что его "прототип",

2. в нейронах коры, вообще в мозгу происходит постоянное обучение, в связи и с этим ответная реакция на даже точно повторяющееся событие не воспроизводится в точности, 3. в условиях противостояния, говоря партизанским языком, "шаблон — путь к гибели", а живая природа — это именно противостояние (хищников и жертв, конкурирующих особей одного и близких видов — между собой, их всех — неблагоприятным эко-климатическим условиям, и т.п.) — то, казалось бы, ненадежное, "нестабильное", никогда не повторяющиеся себя в точности поведение нейрона — это не неисправное или некачественное, а наоборот, правильное, оптимальное и адаптивное поведение. Следовательно, кажущееся "ненадежностью" работы нейрона явление, по сути, ошибочно классифицировано, это проявление самоорганизации первого, его обучения и адаптации. Эволюция производит изумительные по своей надежности и эффективности структуры (крылья птиц и насекомых, скелет прочносkeletalной землеройки (*Scutisoricinae*), кожа дельфина, мышцы с КПД в 50-60%...), так что было бы большой ошибкой думать, что в такой крайне важной области, как нервная система, первая почему-либо изменит себе.

1.3. Нейроапоптоз: объяснение и расчёт параметров. Что интересно, момент времени, после которого процесс запечатлевания информации в нервной ткани, начавшийся незадолго до рождения индивида, начавшийся в произвольной точке коры, охватит и «заполнит» всю кору, это: $10 \text{ лет} * \pi \approx 31 \text{ год}$. Этот момент времени известен как возраст («после 30 лет»), с которого естественная гибель нейронов коры резко ускоряется (в среднем в сутки по 50-100 тысяч нейронов [41]; ответа, зачем нужен таковой явно вредный эффект — и почему погибает именно это количество нейронов — до сих пор не было). В рамках же данной модели это интуитивно понятно: во-1-х, 50-100 тысяч нейронов — это примерная оценка количества нейронов в макро модуле («суточный» этап памяти), во-2-х, после того, как «ёмкость» **любого типа** заполнена полностью, при продолжающемся «заполнении» резко возрастает «давление», в «ёмкости» возникают структурные дефекты; а также, чтобы в такой ситуации что-то «записать», необходимо что-то удалить, при этом система аналоговая — *схема и есть программа...* (Минимальное значение для момента «заполненности» всей коры: $5 \text{ лет} * \pi \approx 15 \text{ лет}$ — также совпадает с моментом интенсификации гибели нейронов — подростковой.)

1.4. Нейросетевая модель фронтальной коры: мета-«кольчуга» и её функционирование. Фронтальная кора состоит преимущественно не из микроколонок, а из так называемых «нейронных ловушек» (по Лоренте Де Но, [10]) — нейросетей, элементы которых связаны друг с другом в переплетающиеся, пересекающиеся друг с другом кольца (строго говоря, это уже не сеть, а сетеподобная структура, которой больше подходит название «кольчуга»). На современном этапе считать «нейронные ловушки» лишь линиями задержки сигнала (тем более просто возбуждения) так же примитивно, как считать неспецифические ядра таламуса всего лишь механическими реле-переключателями (таковая функция далеко не единственная, и явно не чисто механическая).

Совокупность всех функций (по Клайсту, [38, 39]) фронтальной коры, по мнению автора, сводится к тому, что — это стратегическая кора, стратегико-поведенческие анализатор и доля мозга (даже т.н. «зона активного мышления» — это стратегический резерв на «случай чего»).

Решением приснопамятного парадокса "рефлекторного кольца" (столь похожего на «нейронную ловушку») в свое время оказалось положение биокibernетики о регулировании по замкнутому (гомеостаз) и открытому (поведение) контурам; при этом регулируемый объект может быть и участком нервной системы. И кроме того, если рассматривать сложный условный рефлекс как схему переработки информации, надо отметить, что сигнал в ней может течь по любой (в том числе кольцевой) траектории, целесообразной для обработки сигнала; при этом информация в кольцо поступает извне, выводится вовне, и обучение кольца так же идёт извне.

Рефлекторное кольцо фронтальной коры — это своего рода высший гомолог классической схемы (управляющей выбором типа поведения) из 4 колонок ретикулярной формации в стволе мозга (по Килмеру и Мак-Каллоку, цит. по Арбиб [37], стр. 269-276), схема того же класса, но другого типа — в отличие от ретикулярно-формационной, не с

“запаянным” энергетическим, а с обучаемым (условнорефлекторно, (УР)) семантическим голосованием.

Автор считает, что, исходя из общей логики зависимости свойств нейросетей от их архитектуры, можно предположить, что мета-«кольчуга» является мета-нейросетью распознавания, преобразования и т.д. процессов регуляции как таковых (в рефлекторных кольцах мозга, замкнутых и открытых контурах (ЗОК) управления), надстроенной над последними – являющимися (в т.ч.) и её «детекторным слоем», а также образов, паттернов окружающей среды, в которых выражена временная компонента (их обработка – функция лишь «линий задержки»). Благодаря последним, лобная кора – это «хрональная» кора.

С алгоритмической точки зрения «реверберационные кольца» фронтальной коры ответственны за циклические алгоритмы переработки информации (языком Павловских метафор это – «шаговые реле-искатели», коммутирующие системы условных рефлексов остальной коры между собой (шаг вперёд по сравнению с «телефонной станцией»).

Также «реверберационные кольца» реализуют принципы конвейера и естественной цикличности среды и времени (человек вышел из-под действия естественного отбора, ещё будучи кроманьонцем, на чём биологическая эволюция крайне замедлилась; а у кроманьонцев, поиск добычи, например, сменялся погоней за ней, погоня – схваткой, схватка – поеданием, поедание – отдыхом, отдых – тогда ещё примитивным творчеством, но голод опять толкал на поиск добычи, и т.д.), близкой к цикличности функции обработки ритмов, внутренняя разветвлённость нейронных ловушек отвечает за переключения между разными циклами (обработку ветвления линии событий).

Вследствие фазности "повторного хода сигнала" [1] (то есть межциклической синхронности, сигнал *самокогерентен*) топологическая мета-«кольчуга» в электрофизиологическом аспекте подобна (и трудноотличима от) перцептрону с синхронными переходами сигнала между слоями, «кольчужность» незначительно сказывается на характере импульсации.

Геометрически-трёхмерная лобная кора является синергетически-четырёхмерной (как минимум), а по сути – пятимерной (обработка ветвления линии событий, «вечные» вопросы, философия и т.д.). Более того, и топологическая структура нейронных связей в «нейронных ловушках», по мнению автора, напоминает четырёхмерную, свёрнутую в трёхмерное физическое пространство. Иначе говоря, рефлекторная цепь из «нейронных ловушек» — это четырёхмерная (охватывающая и временное измерение) рефлекторная цепь.

Исходя из той же логики зависимости свойств нейросетей от их архитектуры, – с позиции классической рефлекторной теории, в мета-«кольчуге» одна часть каждого рефлекторного кольца управляет, регулирует и т.д. по обычным УР-ЗОК механизмам другой, а та, в свою очередь 1-й (помимо управления собственно внешним управляемом объектом); (две (минимум) части, три, четыре, ..., x ; перекрестное, перекрестно-сетевое, и из соседних колец управление, в т.ч. с участием внешних элементов, нейросетей, кольчуг – соседних данной — т.е. нечто вроде системы гомеостатов Эшби (но гомеостатов *динамики*) с кольчужной топологией связей (и несколько другим принципом точки успокоения, равновесия); каждое из таких колец обучается внешним сигналом об эффективности своей работы, как и в любой обучающейся нейросети. Такая «кольчужная» архитектура способствует максимальной самоорганизации нейродинамики (максимальной в т.ч. и по сложности); т.к. данные процессы условнорефлекторны, а также (по Эделмену Дж., [1]) находятся под контролем селекции – то это приводит к самоорганизации (и генерации) адаптивных и эффективных поведенческих программ.

В кибернетическом аспекте, кора больших полушарий аналогична «универсальной моделирующей системе» (УМС) по Фаткину и Чекалиной [35, 36] – при отсутствии готовой формулы у решающего блока (гранулярная кора) задача передаётся в моделирующий блок (агранулярная, фронтальная кора), решающий гораздо более сложную метазадачу (з. Коши) моделирования, для которой формулы решающего блока (в т.ч. отсутствующая) – лишь частные случаи; выработанная формула потом используется решающим блоком (и сохраняется в его памяти). Что любопытно, в работе [35] УМС включает «модель себя» и применительно к ней упоминается термин «сознание».

В рамках данной гипотезы решается проблема «верховного управляющего поста», «человечка за пультом» **без** игнорирования феномена (сущностной необходимости) единого верховного центра управления – и сведения последнего исключительно к естественной саморегуляции подчинённых ему нейросетей, как, напр., в (Арбиб [37], стр. 225, 233, 235), и понятно, почему и **как** «мета-кольчуга» – фронтальная кора – в высшей степени способна к самоуправлению, а ее «программное обеспечение» – к самомета-программированию – и почему именно последняя является наивысшим центром регуляции и саморегуляции, управления и самоуправления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Из вышеприведенного можно сделать вывод, что предлагаемая автором в данной статье гипотеза дает ответ на принципиальный вопрос теоретической нейронауки об общем архитектурно-«платформенном» устройстве нейронно-глиальной сети мозга, его объединяющем все уровни организации мозга принципе. Согласно первому, головной мозг представляет собой биологический вычислитель на иерархически-полиуровневой масштабируемой самоорганизации (высоко-самоорганизующаяся самоподобная обработка и выработка сигнала). Следовательно, система нейронно-глионных сетей коры больших полушарий фактически представляет собой мета-сеть, иерархический кристалл, ячейкой которого является хорошо изученная, технически воссозданная и стратегически значимая (напр., DARPA [24]; см. также [48-50]) обучающаяся нейросеть из нейроподобных элементов, а базовый уровень, базовый "этаж" на 2 уровня организации ниже собственно нейронного. Архитектура типа "сети сетей" и сама по себе крайне перспективна (например, интернет), а будучи многократно повторенной, она может работать со сложносоставными образами реальности любой сложности и — при определённых добавлениях — быть физической основой разума.

Причём зачастую количество активных элементов данной мета-сети уступает таковому, например, в принципиальной схеме крупного серверного кластера или суперкомпьютера. Современные технические нейросети позволяют реализовывать сложнейшие функции бионейронов, в т. ч. проращивание новых дендритов и аксонов (программируемая общая шина данных микросхемы).

В данной работе показаны архитектура и схмотехническая воссоздаваемость человеческого мозга, что открывает **значительные** перспективы в сфере создания «сильного ИИ» и искусственного Разума.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Эделмен Дж., Маунткэсл В. Разумный мозг. М.: Мир. - 1981, 135 с.
2. Сентаготаи Я., Арбиб М. Концептуальные модели нервной системы. М., Мир. 1976 г.
3. К. Штейнбух. Автомат и человек./ Изд. "СОВЕТСКОЕ РАДИО", М., 1967.
4. Szentagothai J. The "modul-concept" in cerebral cortex: a functional interpretation// Brain Res. 1975, Vol.95, P.475-496
5. Радченко А.Н. Нейрофизиология. 1974. Т.6. №1. С.90.
6. Савельев А.В. "Модель нейрона как возможная мультицеллюлярная структура". // Нейрокомпьютеры: разработка и применение, 2002, № 1-2, ст. 4-20.
7. Роль электромеханической и реакционно-диффузионной системы внутринеуронной переработки информации в работе мозга. Либерман Е. А., Минина С. В., Шкловский-Корди Н. Е. "Биофизика", Т. 31 Выпуск: 2. Стр. 298-303. 1986, март.
8. Либерман Е. А. Как работает живая клетка. -М.: Знание, 1990. С.56.
9. Ухтомский А. А. Избранные труды. Под редакцией Е. М. Крепса. Статья Н. В. Голикова. Составление и комментарии Э. Ш. Айрапетьянца, В. Л. Меркулова, Ф. П. Некрылова. (Л.: Наука, 1978. - Классики науки).
10. Lorente de No, R (1933) Architectonics and structure of the cerebral cortex. J. F. Fulton, Editor. Psysiology of Nervous System. Oxford University Press. Ch. 15.
11. Ашмарин, И. П. Загадки и откровения биохимии памяти [Текст] / И.П. Ашмарин ; под ред. акад. Е.М. Крепса, Ленингр. гос. ун-т им. А.А. Жданова. - Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. - 159 с.
12. Galambos R. A glia-neural theory of brain function //Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 1961. – Т. 47. – №. 1. – С. 129. PMID: PMC285256 URL: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC285256/pdf/pnas00217-0144.pdf
13. Ройтбак, Александр Ильич. Глия и ее роль в нервной деятельности / Александр Ильич Ройтбак . - Санкт-Петербург : Наука, 1993 . - 351 с. : 1 л. портр. ; см. - Вф . - Рос. АН, Отделение физиологии, Акад. наук Грузии, Ин-т физиологии . - ISBN 5-02-025700-1.
14. Мелконян Д.С. Переходные процессы в нейронных системах,- Ереван: Изд-во АН Арм. ССР, 1987.- 407 с.
15. Мелконян Д.С. Математическое моделирование и компонентный анализ вызванной активности нервной системы частотными методами. : автореферат дис. ... доктора биологических наук : 03.00.13;03.00.02 / АН СССР. Ин-т высш. нервной деятельности и нейрофизиологии.- М., 1989.- 38 с.: ил. URL: <https://dlib.rsl.ru/viewer/01000099324#?page=1>
16. Y. LeCun and Y. Bengio. Convolutional networks for images, speech, and time-series. In M. A. Arbib, editor, The Handbook of Brain Theory and Neural Networks. MIT Press, 1995.
17. Pitts, W., and W. McCulloch. (1947). On how we know universals: The perception of auditory and visual forms. Bulletin of Mathematical Biophysics 9:127-147. Reprinted in W. S. McCulloch (1965/1988), Embodiments of Mind. Cambridge, MA: MIT Press.
18. С. Дейч. Модели нервной системы. Пер. с англ. С.Д. Бурцевой [и др.], под ред. Н.В. Позина, Е.Н. Соколова. - М. : Мир, 1970. - 325 с.
19. Данченко В. (№20). Принципиальные вопросы общей теории Чакр. К.: Самиздат, 1983. URL: <http://www.psylib.ukrweb.net/books/danch01/110/index.htm>
20. The brain-machine disanalogy. Biosystems. 1989; 22(3):197-213. The brain-machine disanalogy. Conrad M. PMID: 2650754
21. The brain-machine disanalogy revisited. Zeigler BP. Biosystems. 2002 Jan; 64(1-3): 127-40.
22. von Neumann, J. "Probabilistic logics and the synthesis of reliable organisms from unreliable components." In: Shannon. CI,;, McCarthy. J., eds. Automata Studies. Princeton: Princeton University Press, 1956:360.

23. Джордж Ф. Мозг как вычислительная машина. - М.: Иностранная литература, 1963. - 528 с.
24. Россихина Е. Обзор отчета DARPA за 2010 год. / Россия 2045. 22.03.2011. [Электронный документ]: <http://2045.ru/articles/28537.html>
25. Bergantz D., Barad H. Neural network control of cybernetic limb prostheses //Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. New Orleans, La, Nov 4-7, 1988. Page 1486-1487.
26. Радченко А.Н. Гистерезисные свойства возбудимых мембран - основа нейронной памяти // Биофизика. 1993. Т. 38. Вып. 2. - С. 288-293.
27. Радченко А.Н. Оптимизация распределенной ассоциативной памяти со случайной организацией // Биофизика. 1993. Т. 38. Вып. 2. - С. 294-299.
28. Радченко А.Н. Запись, консолидация и воспроизведение в нейронной памяти. - Биофизика. 1993. Т.38. Вып.2. - С. 300-304.
29. Бериташвили, И.С. Об образной психонервной деятельности животных, М., 1966.
30. Abeles M, Vaadia E, Bergman H. (1990) Firing patterns of single units in the prefrontal cortex and neural network models. *Network* 1:13-35.
31. Rosenblatt, F. (1962). *Principles of Neurodynamic: Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms*.
32. Гроссберг А.Ю., Хрустова Н.В. Коллективные свойства системы взаимообучающихся нейронных сетей в информационном поле. // Биофизика. 1993. Т.38., вып. 4. С.726-735.
33. Юзвизин И.И. Информациология. М.:, 1996. ISBN: 5-88693-003-5. 221 стр.
34. Юзвизин И.И. Основы информациологии. Изд.: М.: Информациология, Высшая школа, 2000 г. ISBN: 5-87489-029-7, 5-06-003973-0. 506 стр.
35. Фаткин Ю. М. Универсальная моделирующая система. Проблемы построения и функционирования. - В кн.: Модели управляющих систем. - М.: Институт проблем управления, 1976, с. 5-20.
36. Ю.М. Фаткин, Г.В. Чекалина. Универсальная моделирующая система. II. Реализация универсальной моделирующей системы. Автоматика и телемеханика, 1976, № 3, с. 121-132.
37. Арбиб М.А. Метафорический мозг. Пер. с англ. / Под ред. и с предисл. Д. А. Поспелова. М.: Мир, 1976. - 296 с.
38. Kleist, K. *Gehirmpathologie [Brain Pathology]*. Leipzig, J.A. Barth, 1934.
39. Kleist, K. (1957). Die Lokalisation im Großhirn und ihre Entwicklung. *Psychiatria et Neurologia: Internationale Monatschrift fur Psychiatrie und Neurologie*, 137, 289 -309 (1959).
40. Travers, Jeffrey, and Stanley Milgram, "An Experimental Study of the Small World Problem", *Sociometry* 32(4, Dec. 1969):425-443
41. Phillips E. M., Davidoff D. A. Normal and Successful Aging: What happens to function as we age //Primary Psychiatry. – 2004. – Т. 11. – №. 1. – С. 35-40. Primary Psychiatry, January 1, 2004. In Chapter "Cognitive Function".
URL: <http://web.archive.org/web/20190130160403/http://primarypsychiatry.com/normal-and-successful-aging-what-happens-to-function-as-we-age/>
42. Taylor A. The significance of grouping of motor unit activity //The Journal of physiology. – 1962. – Т. 162. – №. 2. – С. 259. doi: 10.1113/jphysiol.1962.sp006930.
43. Месарович М., Мако Д., Такахага И. Теория иерархических многоуровневых систем, пер. с англ., М., "Мир", 1973.
44. Pribram, Karl (1971). *Languages of the brain; experimental paradoxes and principles in neuropsychology*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall. ISBN 0-13-522730-5.
45. Varela F. *Principles of Biological Autonomy*. Elsevier/Noth-Holland, New York, 1979.-306 pp.
46. *Evolution without Selection Form and Function by Autoevolution*. by A. Lima-de-Faria, Institute of Molecular Cytogenetics, University of Lund, Sweden. 1988. Elsevier, 1988, xxvi+ 372 pages.
47. Иваницкий Г.Р. Нейроинформатика и мозг. Серия: Физика. Изд.: Знание, 1991. 64 с.
48. BRAIN Initiative. [Сайт]: <http://www.braininitiative.nih.gov/>
49. Бирюков П. Н. Деятельность США в сфере использования искусственного интеллекта //Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Право. – 2019. – №. 3. – С. 324-334. URL: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/pravo/2019/03/2019-03-34.pdf>

50. Дятлов С.А. Нейросетевая гиперконкурентная экономика: структурные элементы и институты // Инновации. 2016. №7 (213). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyrosetevaya-giperkonkurentnaya-ekonomika-strukturnye-elementy-i-instituty>

51. А.Н. Радченко, Информационные механизмы нейрона и нейронной памяти, Тр. СПИИРАН, 2002, выпуск 1, том 1, с. 240–257

Автор

Лупу Григорий Леонидович, выпускник (биолог-специалист) Черновицкого государственного университета им. Ю. Федьковича, г. Черновцы, Украина.
E-mail: zeta-13@bigmir.net