

Л.М. САМКОВ,

к.т.н., доцент, Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск, Россия,
e-mail: parzefal@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6545-7154>

ЛОГИКА МЕНТАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ В ДОКАЗАТЕЛЬНОЙ МЕДИЦИНЕ

УДК: 61:007 004.032.26 510.644

DOI: 10.37690/1811-0193-2020-4-78-85

Самков Л.М. *Логика ментальных моделей в доказательной медицине* (Ханты-Мансийская государственная медицинская академия, г. Ханты-Мансийск, Россия)

Аннотация. Поставлена актуальная задача дополнения интеллектуальных систем доказательной медицины технически реализованными ментальными моделями. Посредством этих моделей осуществляется осмысление пользователем результатов цифровых моделей в системах Больших Данных. Уточнены понятия, относящиеся к этой проблематике. Определена элементная база нейронных сетей для реализации ментальных моделей. Предложен вариант непрерывной логики ментальных моделей. Построены функциональные выражения сверток входных сигналов искусственных нейронов. Определены базовые операции для использования в вычислительной архитектуре нейронной сети. Намечены перспективы развития этой проблематики.

Ключевые слова: ментальная модель, нейронная сеть, непрерывная логика, мемристор, синаптический транзистор, нейрокомпьютер.

UDC: 61:007 004.032.26 510.644

Samkov L.M. *The Logic of mental models in evidence-based medicine* (Khanty-Mansi State Medical Academy, Khanty-Mansiysk, Russia)

Abstract. The actual task of supplementing intelligent systems of evidence-based medicine with technically implemented mental models is set. Using these models, the user understands the results of digital models in Big Data systems. Clarified concepts related to this issue. The electronic components of neural networks for the implementation of mental models is defined. A variant of continuous logic of mental models is proposed. Functional expressions of convolutions of input signals of artificial neurons are constructed. The basic operations for use in the computational architecture of a neural network are defined. Prospects for the development of this issue are outlined.

Keywords: mental model, neural network, continuous logic, memristor, synapstor, neurocomputer.

ВВЕДЕНИЕ

При эксплуатации систем больших данных и цифровых моделей ключевое значение имеет осмысление результатов моделирования. В компьютеризированной лечебной деятельности пользователь осуществляет это, используя свои ментальные модели. Это позволяет обеспечить обоснованность (доказательность) принимаемых решений.

В системах искусственного интеллекта следует осуществить, частично или полностью, техническую реализацию ментального моделирования. Для этого нужны нейроморфные устройства, бионически подобные нейронным сетям, а в перспективе и мозгу. Попытки создания искусственных нейронных сетей предпринимались еще полвека назад, но при тогдашнем уровне технологии они не увенчались успехом и развитие пошло по пути программной имитации нейронных сетей на цифровых компьютерах.

В настоящее время происходит бурное развитие нейроморфных устройств. Например, фирма Хьюлетт-Пакард в 2008 году создала наноразмерное устройство – мемристор, функции которого неотличимы от функций природного нейрона. Однако нейронная сеть, масштабно сопоставимая с мозгом, должна содержать миллиарды таких мемристоров. Кроме того, требуется создать адекватную архитектуру и вычислительную логику для реализации ментальных моделей на подобных нейроморфных устройствах. Этой задаче посвящена настоящая статья.



1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Принятие решений в любой, в том числе лечебной, деятельности опирается на знания об объектах, которые в этой деятельности нужно исследовать, изменять или управлять ими [1]. Согласно Новой философской энциклопедии [2, Т. 2, С. 51],

ЗНАНИЕ – это форма социальной и индивидуальной памяти, свернутая схема деятельности и общения, результат обозначения, структурирования и осмысления объекта в процессе *познания*. < . . . > знание характеризуется через противоположность *мнению*. Глубокое, полное и совпадающее с объектом знание противопоставляется поверхностному, фрагментарному и отклоняющемуся от подлинной реальности знанию, < . . . > – *заблуждению*.

В лечебной деятельности приходится сталкиваться с ворожеями, экстрасенсами, молитвенными ритуалами, гомеопатией и т.п. практиками, которые несут угрозу здоровью и жизни пациента. Проблема устранения знаний, отклоняющихся от реальности, привела к необходимости доказательной (научной) медицины.

Эмпирические, экспериментальные и теоретические знания получают в результате проведения соответственно наблюдений, экспериментов, моделирования. *Теоретическое знание* [2, Т. 4, С. 42] об объекте позволяет получить его целостное отражение в мышлении человека – его *модель*.

Моделирование замещает объект его знаковой (информационной) или предметной (материальной) моделью [3, С. 822].

Информационные и материальные модели реализуются соответственно цифровыми и аналоговыми компьютерами. Компьютер может быть техническим устройством или природным (биологическим). Технические компьютеры, как правило, являются цифровыми. Биологические, например, мозг, осуществляют обычно аналоговое восприятие и обработку информации. Однако наличие второй сигнальной системы и языка привело к использованию человеческого мозгом также знаковых моделей [4, С. 207], которые, однако, являются вербальными, а не цифровыми.

Для моделей, носителем которых является мозг, принято использовать термин «ментальные модели» [13]. Они являются инструментами создания теоретических моделей как результатов осмысления наблюдательных и экспериментальных данных [14, р. 6.3.4.1, р. 6.3.4.2]. В статье [1] используется термин «рассуждения» для обозначения элементов интеллектуальной системы поддержки принятия

врачебных решений (СППВР). Он как раз подчеркивает вербальный характер ментальных моделей.

Попытки создания технических средств, осуществляющих ментализацию цифровых моделей предпринимались еще полвека назад [5]. Адекватная техническая база в те времена отсутствовала, но уже проводились разработки по ментализации систем управления базами данных. В статье автора [6, С. 53] изложена основанная на общей теории систем реляционная модель данных и средств их аналитической обработки. Дан прогноз развития информационных систем, который во многом реализовался. В том же 1970 году Е.Ф. Кодд создал теорию реляционных моделей, ставшую стандартом последующих разработок баз данных [7]. Текст этой статьи как раз является примером «гибридизации» цифровых и вербальных моделей. Развитие такой методологии привело к созданию Систем Больших Данных (СБД), оснащенных мощными аналитическими инструментами, образующими Систему Цифровых Моделей (СЦМ) – статистический анализ, Data Mining, средства искусственного интеллекта, текстовая аналитика, нейронные сети и т.п. При их эксплуатации эксперт использует свои ментальные модели, в совокупности образующие Систему Ментальных Моделей (СММ).

Как правило, СЦМ предназначена для решения ограниченного множества задач. Но, кроме того, она может включать библиотеку цифровых моделей универсального назначения, например, моделей математической статистики. Эксперт, в свою очередь, в своей СММ может использовать в качестве библиотеки ментальных моделей собственные стереотипы мышления и поведения.

Медицинская СЦМ оперирует ресурсами различных СБД [8], включающих результаты клинических экспериментов, генетические паспорта, электронные истории болезни миллионов людей и т.п. Соответствующий обзор приведен в [9]. Врач в процессе лечения располагает ментальной моделью пациента, которая опирается на наблюдения (врачебный опыт) и результаты клинических экспериментов.

Ментальная модель может оказаться некорректной. У разных врачей могут формироваться различные ментальные модели одной и той же лечебной ситуации. Они могут приводить к ошибкам, которые обусловлены не только качеством модели, но и погрешностями наблюдений и экспериментов. Однако эти ошибки имеют иную природу, чем ошибки вненаучного «знания». Их можно верифицировать, используя стандартную методику



научных исследований и повышая квалификацию врачей. В конечном итоге формируется доказательная вербальная СММ.

Интуиция врача порою непостижимым образом соединяется с результатами математически обработанных данных приборных анализов и результатами статистического анализа, в результате чего обеспечивается доказательность заключений и принимаемых решений.

Создание биокомпьютерных ментальных устройств, имитирующих интуицию и «глубинное знание» мозга с одной стороны, и системы цифрового программирования с другой, позволит освоить упомянутую «непостижимость» интуиции врача.

Последние события показали недостаточность лечебной инфраструктуры – как материальной (больницы, оборудование, медикаменты), так и информационной (знания, воплощенные в СБД и СММ). Обсуждается даже использование технологий Интернета вещей (IoT) для компенсации недостаточного профессионализма врачей-волонтеров [15]. Это «недостающее звено» должно быть воплощено в стационарном устройстве (автоматизированный врач-диагност), которое можно просто выключить после окончания эпидемии.

Целью настоящего исследования является разработка логико-математических методов создания ментальных моделей, воплощенных на материальных носителях, допускающих интеллектуальную обработку результатов цифровых моделей при эксплуатации медицинской СБД.

2. ЭЛЕКТРОННЫЕ НОСИТЕЛИ МЕНТАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Развитие компьютеров пошло по цифровому, а не аналоговому пути, это затрудняет создание устройств, непосредственно имитирующих функции мозга. Искусственные нейронные сети, показавшие свою эффективность при решении многих задач, обычно имеют цифровую, а не аналоговую реализацию.

Создатель стандартной архитектуры современных компьютеров фон Нейман указывал на возможность реализации математических операций не только цифровыми, но и аналоговыми средствами на основе искусственных нейронных сетей [10]. В качестве примера базовых операций он указал не только сложение и умножение, но и такие, как например $f(x, y) = 1 - xy$ и $g(x, y) = 1 - \alpha(x - y)$ [10, С. 132]. Однако отметил, что, ввиду ненадежности элементов это возможно только в больших системах [10, С. 129].

Цифровые компьютеры реализуют булеву логику совокупностью релейных элементов, состояния которых могут принимать только два значения проводимости – нуль и бесконечность. Если же их заменить резисторами с промежуточными значениями проводимостей, то такая сеть реализует непрерывную логику проводимостей. Она будет рассмотрена в четвертом разделе. Но для нее нужна адекватная элементная база. Обычные резисторы или транзисторы не могут быть использованы, поскольку управлять их состояниями (значениями проводимости) затруднительно.

Подходящие элементы – мемристоры были теоретически предсказаны в 1971 году Леоном Чуа как «недостающий четвертый элемент» электрических цепей (в дополнение к резистору, конденсатору и индуктивности), который способен изменять свою проводимость в зависимости от величины прошедшего через него заряда.

Этот, вначале теоретический, объект был материально воплощен в виде наноразмерного устройства фирмой Хьюлетт-Пакард в 2008 году. Он позволяет осуществлять управление электрической проводимостью на молекулярном уровне.

В качестве перспективных направлений развития мемристоров предполагается их использование как запоминающих устройств емкостью на несколько порядков большей, чем существующие, а также в качестве элементов нейронных сетей [11]. В перспективе просматривается возможность их гибридизации с мозгом [16]. Этому способствует присущее мемристорам свойство дендритной пластичности, которое было положено в основу третьего поколения искусственных нейронных сетей – спайковых [17].

Предпринимаются попытки создания гибридных органо-неорганических элементов – синапсторов (синапс-транзистор), реализующих функции как мемристоров, так и биологических нейронных объектов [18]. Все это дало основание изобретателю мемристора Леону Чуа утверждать:

“Since our brains are made of memristors, the flood gate is now open for commercialization of computers that would compute like human brains, which is totally different from the von Neumann architecture underpinning all digital computers.”

«Поскольку наши мозги состоят из мемристоров, открываются перспективы промышленного производства таких же компьютерных мозгов, работающих совсем не так, как цифровые компьютеры, основанные на архитектуре фон Неймана» [19].



Биологический мозг является большой системой, состоящей из миллиардов нейронов. Поэтому для получения ощутимых результатов техническую систему, выполняющую те же функции, нужно строить по-крупному, а не имитировать работу небольших искусственных нейронных сетей на цифровых компьютерах для решения отдельных задач, как это сейчас делается.

Микропроцессор современного компьютера содержит десятки миллиардов транзисторов на одном чипе. Проектирование такого устройства возможно только автоматизированное, при этом одновременно проектируется и устройство для монтажа такого чипа. Подобная инфраструктура должна быть создана для проектирования и монтажа мемристорного мозга.

Промежуточные полезные результаты могут быть получены при проектировании функциональных аналогов природных нейронов в нейробионических устройствах, например, предназначенных для нейропротезирования.

3. ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕНТАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Термин «Доказательная медицина» или «Evidence-based_medicine» появился в конце 60-х годов и получил затем широкое распространение. Появились аналогичные понятия в других областях, например, «Доказательное образование» и «Доказательная политика». В совокупности они образуют категорию Википедии «Практики, основанные на доказательствах». В англоязычной Википедии категория «Evidence-based practices» включает 43 статьи.

Термин «доказательство» в Большом энциклопедическом словаре содержится в определениях двух близких по смыслу понятий [3, С. 403]:

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА (в праве) – фактические данные об обстоятельствах, имеющих значение для правильного разрешения уголовного или гражданского дела. Содержатся в показаниях, вещественных доказательствах, заключениях экспертов, протоколах и др. Различают доказательства прямые и косвенные (улики). Ни одно из доказательств не имеет преимущественного значения.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО, установление (обоснование) истинности высказывания, суждения, теории. В логическом доказательстве аргументация проводится по правилам и средствам логики.

В первом понятии подразумевается наличие множества доказательств, которые инициируют различные ментальные модели у различных субъектов.

При одном и том же наборе доказательств присяжные заседатели или депутаты могут иметь разные мнения. В лечебной практике подобное происходит при проведении консилиумов.

Второе понятие относится к математическим доказательствам, адекватным средством реализации которых являются цифровые компьютеры.

Для терминологического разграничения этих двух понятий будем их именовать соответственно «ментальные доказательства» и «цифровое доказательство».

Цифровое (математическое) доказательство устанавливает «тождественную истинность» [2, С. 1338], которая не зависит от субъекта и принимает лишь два значения «Истина» и «Ложь».

В отличие от других разновидностей доказательных подходов, в доказательной медицине, помимо наблюдений (в правоведении это – прецеденты) широко используются специально спланированные клинические эксперименты, чего нет в других доказательных практиках.

Осмысление пользователем результатов экспериментов предоставляет доказательную основу ментальным моделям, которыми он оперирует. Но эти результаты принимаются на веру, а не воспринимаются как непреложная истина. Сама математическая статистика дает оценки степени доверия, используя такие критерии, как «Доверительный интервал», «Доверительный предел», «Доверительная граница». Ментальное моделирование принятия решений связано с такими понятиями математической статистики, как ошибки первого и второго рода. Ошибка первого рода – это ложная тревога, когда здорового человека по результатам теста признают больным; ошибка второго рода возникает, если фактически имеющуюся болезнь тест не выявил. В медицине используются также термины «ложноположительные и ложноотрицательные результаты».

В качестве базового элемента выберем искусственный нейрон [20]. На его вход поступает множество импульсов x_j , которые предварительно преобразуются в один входной сигнал, являющийся их взвешенной суммой. Нейрон перерабатывает входной сигнал в выходные сигналы y_k , путем применения к нему передаточной функции φ :

$$y_k = \varphi \left(\sum_{j=0}^m w_{kj} x_j \right).$$

Сигналы y_k являются входными сигналами других нейронов. В качестве φ используют различные функции – сигмовидную, пороговую и т.п. Именно



в этом проявляется аналоговый характер биологических нейронных сетей и мозга. Дискретные входные сигналы, для которых напрашивается применение булевых логических операций и цифровой архитектуры, в биологической нервной системе обрабатываются все же аналоговым способом – как взвешенная сумма.

Использование адекватных технических средств позволяет реализовать, кроме взвешенной суммы, также другие способы свертки входных сигналов (операции), имеющие ясный логический смысл и являющиеся обобщениями булевых операций.

Определим три типа операций на основании влияния аргументов на значения свертки. Множество значений аргументов ограничено минимальным и максимальным значениями, которые интерпретируются в отношении позитивного вербального суждения «Получен успешный результат» соответственно как «Ложно» и «Истинно». Кроме того, будет использоваться медианное значение, расположенное между минимальным и максимальным («Несущественно»).

Дизъюнкция. Добавление аргумента, имеющего максимальное значение, дает максимальное значение свертки. Добавление аргумента, имеющего минимальное значение, не влияет на нее.

Примеры:

- При терминальном состоянии обезвоживания организма ввести пациенту внутривенно достаточное количество изотонического раствора (20 мл/кг/час). То есть добавление аргумента, имеющего оценку «Истинно» приводит к значению свертки, также имеющему оценку «Истинно».
- Пусть условием решения задачи транспортировки является наличие 20 литров бензина. Имеется несколько неполных емкостей. Если добавим полную канистру объемом 20 литров, задача разрешима. («Истинно» → «Истинно»).

Конъюнкция. Добавление аргумента, имеющего минимальное значение, дает минимальное значение свертки. Добавление аргумента, имеющего максимальное значение, не влияет на нее.

Примеры:

- Врачи убивали царевича Алексея, больного гемофилией, аспирином, но появился Г. Распутин и всех их разогнал вместе с аспирином. Хотя ментальная модель Г. Распутина («замолить болезнь») была неверна, она позволила исключить при-

менение другой неверной модели, которая наносила пациенту больший вред. («Ложно» → «Ложно»).

- «Оттого, что в кузнице не было гвоздя» – каузальная цепь суждений с транзитивным переносом оценки «Ложно» вдоль цепи. В общем же случае имеем каузальную сеть, аналогичную нейронной сети.

Медиация. Добавление аргумента, имеющего минимальное значение, дает минимальное значение свертки. Добавление аргумента, имеющего максимальное значение, дает максимальное значение свертки. Добавление аргумента, имеющего медианное значение, не влияет на значение свертки. Добавление двух аргументов – с минимальным и максимальным значениями дает минимальное значение свертки.

Примеры:

- В отсутствие надежных клинических данных применяются разнообразные лечебные средства, среди которых могут оказаться:
 - опасные для пациента («Ложь»);
 - волшебные исцеляющие («Истина»);
 - малоэффективные («Несущественно»);
 - добавление опасного средства в условиях болезни не позволит высокоэффективному средству проявить себя.

Именно так в первой половине 2020 года проводилось лечение коронавирусных больных.

- Критерий того, является ли сооружение зданием, определяется наличием следующих элементов:
 - Фундамент: если его нет («Ложь») – здание рухнет.
 - Крыша: если она имеется («Истина»), объект называется зданием.
 - Балконы, окна и т.п. – их наличие или отсутствие («Несущественно») не оказывает влияния на значение критерия.
 - Если есть крыша, но отсутствует фундамент, здание не устоит.

4. НЕПРЕРЫВНЫЕ ЛОГИКИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕНТАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ

Пусть аргументы принимают значения в некотором подмножестве S числового множества $P = [0, A]$. Определим гомоморфизмы F и G множества $I = [0, 1]$ во множество S , каждый из которых ставит в соответствие операции умножения на I некоторую операцию на множестве S .



Дизъюнкция \vee , обладающая свойствами $x \vee 0 = x$; $x \vee A = A$.

$$F(x): I \rightarrow S; F(x) = \frac{1-x}{\alpha-\lambda x};$$

$$\alpha = \frac{1}{A}, \lambda \leq \alpha$$

$$x_1 \vee x_2 = F(F^{-1}(x_1)F^{-1}(x_2)) =$$

$$= \frac{x_1 + x_2 - (\lambda + \alpha)x_1x_2}{1 - \lambda\alpha x_1x_2}.$$

Конъюнкция \wedge , обладающая свойствами $x \wedge 0 = 0$; $x \wedge A = x$.

$$G(x): I \rightarrow S; G(x) = \frac{vx}{1-(1-v\alpha)x}; v \geq 0$$

$$x_1 \wedge x_2 = G(G^{-1}(x_1)G^{-1}(x_2)) =$$

$$= \frac{x_1x_2}{v+(1-v\alpha)(x_1+x_2)-\alpha(1-v\alpha)x_1x_2}.$$

Эти две операции определяют параметризованную непрерывную логику на множестве S . В ней операция **отрицания** \bar{x} задается функцией $N: S \rightarrow S$, обладающей свойством $N(N(x)) = x$, то есть $\bar{\bar{x}} = x$.

$$\bar{x} = N(x) = \frac{1-\alpha x}{\alpha + (1-\alpha^2)x}.$$

Операции дизъюнкции, конъюнкции и отрицания при $\lambda + v = \alpha$ связаны законами де Моргана.

$$\overline{x_1 \vee x_2} = \overline{x_1} \wedge \overline{x_2}; \quad \overline{x_1 \wedge x_2} = \overline{x_1} \vee \overline{x_2}.$$

Частные случаи:

- **Булева логика**, в которой истинность принимает значения «ложь» или «истина», им сопоставлены соответственно числа 0 и 1. Ее параметры $\alpha = 1, \lambda = 0, v = 1$.

$$x_1 \vee x_2 = x_1 + x_2 - x_1x_2; \quad x_1 \wedge x_2 = x_1x_2;$$

$$\bar{x} = 1 - x; \quad x, x_1, x_2 \in \{0; 1\}.$$

- **Вероятностная логика** с параметрами $\alpha = 1, \lambda = 0, v = 1$. Аргументы лежат в единичном числовом сегменте $x, x_1, x_2 \in [0, 1]$. Выражения для операций те же.

- **Логика проводимостей** с параметрами $\alpha = 0; \lambda = -0, v = 0$.

$$x_1 \vee x_2 = x_1 + x_2; \quad x_1 \wedge x_2 = \frac{x_1x_2}{x_1 + x_2};$$

$$\bar{x} = \frac{1}{x}; \quad x, x_1, x_2 \in [0, \infty].$$

Ее техническая реализация – мемристорные сети.

- **Релятивистская скорость** $A = c, \alpha = 1/c, \lambda = -1/c, c$ – скорость света в вакууме.

$$x_1 \vee x_2 = \frac{x_1 + x_2}{1 + \frac{x_1x_2}{c^2}}.$$

Медиация

Определим гомоморфизм H множества неотрицательных чисел R во множество S , который ставит в соответствие операции умножения на R операцию \cap на множестве S , со свойствами

$$x \cap 0 = 0; \quad x \cap M = M; \quad x \cap A = A;$$

$$0 \cap A = 0; \quad M \in S,$$

тогда

$$H(x): R \rightarrow S; \quad H(x) = \frac{(\mu - \alpha)x}{1 - \alpha x};$$

$$\mu = \frac{1}{M} \geq \alpha$$

$$x_1 \cap x_2 = H(H^{-1}(x_1)H^{-1}(x_2)) =$$

$$= \frac{(\mu - \alpha)x_1x_2}{1 - \alpha(x_1 + x_2) + \alpha\mu x_1x_2}.$$

Частным случаем при $\alpha = 0, \mu = 1, H(x) = x$ является умножение положительных чисел.

А для определенной выше операции дизъюнкции частным случаем при $\lambda = \alpha = 0$ (логика проводимостей) является сложение положительных чисел.

То есть в мемристорной сети могут быть использованы обычные операции цифрового компьютеринга.

Рассмотрим выражения сверток для определенных выше операций с несколькими аргументами.

Операции \vee, \wedge, \cap ассоциативны и симметричны, поэтому можно определить n – местные операции:

$$\bigvee_{i=1}^n x_i = F\left(\prod_{i=1}^n F^{-1}(x_i)\right);$$

$$\bigwedge_{i=1}^n x_i = G\left(\prod_{i=1}^n G^{-1}(x_i)\right);$$

$$\bigcap_{i=1}^n x_i = H\left(\prod_{i=1}^n H^{-1}(x_i)\right).$$

Для аддитивной операции \vee определим понятие кратного значения аргумента x :

$$(n)x = F((F^{-1}(x))^n),$$

где n – натуральное число. При $\lambda = \alpha = 0$ (обычное сложение) имеем $(n)x = nx$, то есть умножение на константу n .

Для операций \wedge, \cap определим степени:

$$x^{(n)} = G((G^{-1}(x))^n);$$

$$x^{[n]} = H((H^{-1}(x))^n).$$



Для логики проводимостей $\alpha = \nu = 0$ и $x^{(n)} = x^n$.
Для операции медиации при $\alpha = 0$, $\mu = 1$ $x^{[n]} = x^n$.
Дробное кратное является решением уравнения

$(m) y = (n) x$, то есть

$$\left(\frac{n}{m}\right) x = F \left((F^{-1}(x))^{\frac{n}{m}} \right).$$

Аналогичным образом определяются дробные степени.

Стандартным способом определяются рациональные и вещественные значения кратных и степеней.

Если суммы весов равны единице, получаем различные варианты средних величин – средневзвешенная сумма (среднее арифметическое), среднее геометрическое, среднее гармоническое и т.п.

Предложенный набор операций позволит не только расширить спектр вычислительных задач, решаемых искусственными нейросетями, но и обогатить функциональность природных нейронов в нейробионических системах, особенно в средствах нейропротезирования [16].

Прототипом предложенной разновидности непрерывной логики является разработка, выполненная автором в НПП «Восток» (Новосибирск) в рамках одного из первых проектов создания нейрочипа [12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация в едином комплексе систем больших данных, цифровых и ментальных моделей даст следующие положительные эффекты:

- экономия ресурсов;
- сокращение времени постановки диагнозов;
- повышение эффективности лечения;
- повышение достоверности и обоснованности решений.

решений.

Важнейшим значением будет использование ментальных моделей в интеллектуальных системах, таких как:

- роботизированные системы для проведения интенсивной терапии и хирургических операций;
- системы имитационного моделирования при клинических исследованиях для определения оптимальных режимов лечения;
- обучающие тренажеры, способствующие обогащению практического опыта и формированию интуитивных навыков врача;
- системы интерактивного обучения для высших учебных заведений;
- системы дистанционного консультирования и телемедицины.

В настоящей статье для реализации ментальных моделей на нейроморфных устройствах предложен один из вариантов непрерывной логики, в частности:

- сформулирована постановка задачи;
- уточнены определения основных понятий; относящихся к данной проблематике;
- рассмотрены возможные электронные носители;
- сформулированы логические основы ментальных моделей доказательности суждений;
- построена соответствующая непрерывная логика;
- даны определения вычислительных операций, предназначенных для реализации ментальных моделей.

В следующих публикациях нами будет представлена вычислительная архитектура нейроморфной сети, основанная на предложенном варианте непрерывной логики.

ЛИТЕРАТУРА



1. Реброва О.Ю. Жизненный цикл систем поддержки принятия врачебных решений как медицинских технологий // Врач и информационные технологии. – 2020. – № 1. – С. 26–34.
2. Новая философская энциклопедия. М.: Мысль, 2010. – Т. 1–4.
3. Большой энциклопедический словарь. М.: Большая Российская энциклопедия. – 2009.
4. Лэнгтон Г.Р. Разумный глаз – М.: Едиториал. – 2003.
5. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики. Перцептроны и теория механизмов мозга. – М.: Мир, 1965.
6. Самков Л.М. Математическая информатика // Информатика и ее проблемы. – Новосибирск: Наука. – 1970. – № 1. – С. 52–65. – <http://parzefal.com/library/08599.pdf>. Доступ 17.06.2020.
7. Кодд Е.Ф. Реляционная модель данных для больших совместно используемых банков данных. <http://citforum.ru/database/classics/codd/>. Доступ 17.06.2020.



8. Карнаухов Н.С., Ильяхин Р.Г. Возможности технологий «BIG DATA» в медицине // Врачи и информационные технологии. – 2019. – № 1. – С. 59–63.
9. Бельшев Д.В., Гулиев Я.И., Малых В.Л., Михеев А.Е. Новые аспекты развития медицинских информационных систем // Врачи и информационные технологии. – 2019. – № 4. – С. 6–12.
10. Фон Нейман Вероятностная логика и синтез надежных организмов из ненадежных компонент // Автоматы. М.: ИЛ, 1956. – С. 68–139.
11. Галушкин А.И. Нейрокомпьютеры на базе мемристоров // Информатизация и связь. – 2013. – № 3. – С. 156–165.
12. Самков Л.М. Теоретико-логический подход к построению целевых функций для задач оптимизации проектирования // Численные методы и задачи оптимизации. Томск: ТГУ, 1983. – С. 142–151 – <http://parzefal.com/library/09014.pdf>. Доступ 17.06.2020.
13. Mental_model. – https://en.wikipedia.org/wiki/Mental_model. Доступ 17.06.2020.
14. Clement John J. Creative Model Construction in Scientists and Students: The Role of Imagery, Analogy, and Mental Simulation. Springer, 2008.
15. Prajapati B.B., Parikh S.M., Patel J.M. (2019) Effective Healthcare Services by IoT-Based Model of Voluntary Doctors. In: Mishra D., Yang X.S., Unal A. (eds). Data Science and Big Data Analytics. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 16. Springer, Singapore, DOI: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-7641-1_9
16. Indiveri G., Linares-Barranco B., Legenstein R., Deligeorgis G., Prodromakis T. Integration of nanoscalememristor synapses in neuromorphic computing architectures // Nanotechnology. – 2013. – Vol. 24. – № 38.
17. Maas W. Networks of spiking neurons: The third generation of neural network models // Trans. Soc. Comput. Simul. Int. – 1997. – Vol. 14. – P. 1659–1671.
18. Alibart F. et al. A memristive nanoparticle/organic hybrid synapstor for neuro-inspired computing // Advanced Functional Materials. – 2012. – Vol. 22. – P. 609–616.
19. HP Labs Discovery Holds Potential to Fundamentally Change Computer System Design. “Memristor” could enable computation on memory chips. www8.hp.com/us/en/hp-news/press-release.html?id=342185 Accessed 17.06.2020.
20. Искусственный нейрон. https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_neuron Accessed 17.06.2020.

Новости отрасли



ЗАМЕСТИТЕЛЬ МИНИСТРА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ПАВЕЛ ПУГАЧЕВ В ИНТЕРВЬЮ «РОССИЙСКОЙ ГАЗЕТЕ» РАССКАЗАЛ О ПЛАНАХ ДАЛЬНЕЙШЕЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Все поликлиники и больницы должны быть подключены к единой информационной системе в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ) к 2022 году, а медицинские полисы, рецепты и больничные – стать электронными к 2024 году. Будет развиваться телемедицина и сервис для пациентов «Мое здоровье» на ЕПГУ.

Полный текст интервью доступен тут: <https://rg.ru/2020/11/09/pugachev-do-konca-goda-na-portale-gosuslug-poiaviatsia-elektronnye-recepty.html>