

Горбаченко В.И. Нейроморфные вычисления. Состояние и перспективы. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей XIV Междунар. научно-техн. конф. – Пенза: ПДЗ, 2014. – С. 73-77.

УДК 004.032.26

НЕЙРОМОРФНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ. СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.И. Горбаченко

NEUROMORPHIC COMPUTING. STATE AND PERSPECTIVES

V.I. Gorbachenko

Аннотация. В обзоре рассматриваются нейроморфные вычисления, т. е. вычисления, подобные вычислениям в биологических нейронах. Основное внимание уделено новому процессору TrueNorth и применению мемристоров в искусственных нейронах.

Ключевые слова: нейроморфные вычисления, нейронные сети, искусственный нейрон, мемристор.

Abstract. This review examines the neuromorphic computing, since the calculations, such calculations in biological neurons. Focuses on the the new processor TrueNorth and application memristors in artificial neurons.

Keywords: neuromorphic computing, neural networks, artificial neuron, memristor.

В области общих принципов и теории построения нейронных сетей в настоящее время в мире наблюдается очень высокая активность, связанная с появлением новых принципов построения и обучения искусственных нейронных сетей, с исследованиями работы головного мозга и с технологическим прорывом в области создания нейрочипов. Следствием этого развития стал пристальный интерес к нейронным сетям со стороны ведущих мировых компьютерных фирм, таких как IBM, Google, Microsoft, а также организаций, занимающихся оборонными исследованиями, в частности, DARPA.

Новый виток развития нейронных сетей начался после публикации в 2006 г. году статьи Джеффри Хинтона (Geoffrey Hinton) и Руслана Салахутдинова (Ruslan Salakhutdinov) [1], в которой описана техника предварительного обучения многослойной нейронной сети с использованием ограниченной машины Больцмана (специального вида стохастической нейронной сети) и последующей тонкой настройки сети методом обратного распространения ошибки. Эта работа положила начало направлению, названному "глубокое обучение" (Deep Learning) [2]. Глубокое обучение – это подраздел машинного обучения, основанный на двух идеях:

1. Обучение с использованием большого количества уровней представления информации для моделирования отношений признаков (факторов) в данных. При обучении признаки более высоких уровней определяются с помощью признаков более низких уровней. Такая иерархия признаков называется "глубокой архитектурой" (Deep Architecture).

2. Обучение на немаркированных данных ("без учителя") или на комбинации немаркированных и маркированных данных ("с частичным привлечением учителя").

Глубокие архитектуры произвели настоящую революцию в области машинного обучения, значительно превзойдя другие модели в задачах распознавания изображений, аудио, видео и др. Характерно успешное применение глубокого обучения ведущими ИТ-фирмами для решения практических задач, ранее казавшихся фантастическими.

Следует также отметить распространяющееся применение искусственных нейронных сетей как моделей для изучения мозга [3] и построения нейроморфных, т. е. подобных мозгу систем [4]. Один из наиболее крупных проектов выполняется фирмой IBM и рядом ведущих университетов США по заказу DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency – Управление перспективного планирования оборонных научно-исследовательских работ министерства обороны США). Это проект SyNAPSE (Systems of Neuromorphic Adaptive Plastic Scalable Electronics – Системы нейроморфической адаптивной пластически масштабируемой электроники) [5]. Проект SyNAPSE – это попытка создания так называемого "когнитивного компьютера" – "мыслящего" как мозг человека, способного обучаться в процессе познания окружающего мира, делающего самостоятельные выводы и принимающего самостоятельные решения на основе этих "умозаключений". Фирма IBM также реализует собственный проект C2S2 (Cognitive Computing via Synaptronics and Supercomputing – Когнитивные вычисления с помощью синаптроники и суперкомпьютеров) [6]. В рамках этого проекта на первых этапах будут созданы нейроподобные чипы. В перспективе миссия C2S2 заключается в создании компактных когнитивных компьютеров с минимальным энергопотреблением, приближающихся по интеллекту к мозгу млекопитающего.

В 2014 г. ученые фирмы IBM создали нейронный процессор TrueNorth [7]. Чип TrueNorth содержит 5,4 миллиарда транзисторов, что позволяет реализовать один миллион нейронов и 256 миллионов связей между нейронами – синапсов. Разработана новая парадигма программирования для таких чипов [8], так как последовательная парадигма программирования архитектуры фон Неймана является полностью непригодной для TrueNorth.

Проект BrainScaleS [9] реализуется в рамках программы Евросоюза по созданию нейроморфных систем. Фирма Qualcomm, специализирующаяся в разработке процессоров для мобильных систем, представила однокристалльный нейронный процессор Qualcomm Zeroth [10]. Фирма ставит целью построить процессор, способный к самообучению, способный видеть и воспринимать мир, как люди. Создание такого процессора – это первый шаг по внедрению нейросетевых технологий в мобильные устройства.

В России также ведутся исследования в области нейроморфных систем. Так, в Национальном исследовательском центре "Курчатовский институт" развивается научное направление, основанное на конвергенции нано-, био-, инфо-, когнитивных и социогуманитарных (НБИКС) наук и технологий [11].

Большие надежды в области новых компьютерных архитектур и, в частности, нейрокомпьютерных архитектур, возлагаются на мемристоры. Мемристор является нелинейным элементом с памятью. Современные мемристоры реализуются средствами нанoeлектроники [12]. Мемристор можно рассматривать как управляемый резистор. Если через мемристор проходят импульсы тока одной полярности (положительные или отрицательные), то мемрезистивность (сопро-

тивление мемристора) увеличивается или уменьшается. Чем больше длительность импульса, тем сильнее изменяется сопротивление. Прохождение постоянного тока приводит к минимальной или максимальной мемрезистивности [13]. Очень важно, что состояние мемристора сохраняется при отключении питания. Если через мемристор проходят чередующиеся положительные и отрицательные импульсы одной амплитуды и длительности, то мемристор представляет для таких импульсов резистор постоянного сопротивления. Мемристоры перспективны в качестве запоминающих и логических элементов и управляемых резисторов.

Фирма Hewlett-Packard разрабатывает новую компьютерную архитектуру The Machine [14], основанную на использовании мемристоров. Использование мемристоров позволит резко увеличить объем памяти. Мемристоры предполагается использовать и как оперативное запоминающее устройство и как накопитель данных. Таким образом, ликвидируется различие между оперативной и долговременной памятью, что значительно увеличивает скорость обмена данными с процессором. Вдобавок к мемристорам, проект The Machine предусматривает использование шины данных, работающей по технологиям кремниевой фотоники, то есть сигнал передаётся лазером, а не по медным контактам.

В России мемристор получен в Тюменском государственном университете в рамках проекта по моделированию нейронных сетей мозга, осуществляемого ТюмГУ и созданным университетом высокотехнологичным предприятием ООО "ТАСО" [15].

Мемристоры как переменные резисторы очень перспективны в качестве синапсов нейронных сетей [16–17]. Специалисты подчеркивают, что использование мемристоров в качестве синапсов нейронных сетей обеспечивает большее соответствие биологическому прототипу, чем существующие подходы. Это позволит перейти от носителя информации в виде уровней токов и напряжений в электрических схемах к носителю информации в виде импульсов, подобно тому, как это делается в реальной нервной системе. Но для использования мемристоров в нейронных сетях необходимо решить не только проблемы технологического характера, но и теоретические проблемы, связанные, в частности, с разработкой методов построения и обучения сетей с импульсным представлением информации.

Библиографический список

1. Hinton G. E., Salakhutdinov R. R. Reducing the Dimensionality of Data with Neural Networks // Science. – 2006. – Vol. 313. – No. 5786. – P. 504–507.
2. Bengio Y. Learning Deep Architectures for AI. – Now Publishers Inc., 2009. – 144 p.
3. Обзор современных проектов крупномасштабного моделирования мозговой активности [Электронный ресурс]. – URL: <http://habrahabr.ru/post/101787/> (дата обращения: 10.10.2014).
4. Нейроинтеллект и нейроморфные системы [Электронный ресурс]. – URL: <http://habrahabr.ru/company/postnauka/blog/202952/> (дата обращения: 10.10.2014).
5. DARPA SyNAPSE Program [Электронный ресурс]. – URL: www.artificialbrains.com/darpa-synapse-program (дата обращения: 10.10.2014).

6. IBM Seeks to Build the Computer of the Future Based on Insights from the Brain [Электронный ресурс]. – URL: <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/26123.wss> (дата обращения: 10.10.2014).

7. A million spiking-neuron integrated circuit with a scalable communication network and interface / Merolla P. A., Arthur J. V., Alvarez-Icaza R. and more // Science. – 2014. – Vol. 345. – No. 6197. – P. 668–673.

8. Cognitive Computing Programming Paradigm: A Corelet Language for Composing Networks of Neurosynaptic Cores / Amir A., Datta P., Risk W. P. // The 2013 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2013. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.research.ibm.com/software/IBMRResearch/multimedia/IJCNN2013.corelet-language.pdf> (дата обращения: 10.10.2014).

9. BrainScaleS [Электронный ресурс]. – URL: <https://brainscales.kip.uni-heidelberg.de/> (дата обращения: 10.10.2014).

10. Qualcomm Zeroth Processors official: mimicking human brain computing [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.slashgear.com/qualcomm-zeroth-processors-official-mimicking-human-brain-computing-14301263/> (дата обращения: 10.10.2014).

11. Демин В. А., Бурцев М. С. На пути к искусственному интеллекту // В мире науки. – 2014. – № 2. – С. 46–53.

12. Елисеев Н. Мемристоры и кроссбары. Нанотехнологии для процессоров // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2010. – № 8. – С. 84–89.

13. Kang S. M., Shin S. Memristor-based fine resolution programmable resistance and its applications // International Conference on Circuits and Systems, 2009. – P. 848–951.

14. The Machine, a view of the of computing. [Электронный ресурс]. – URL: <http://h30507.www3.hp.com/t5/Cloud-Source-Blog/The-Machine-a-view-of-the-future-of-computing/ba-p/164568#.VBfNsxagt8E> (дата обращения: 10.10.2014).

15. Мемристор – шаг к искусственному интеллекту. Новые разработки ученых ТюмГУ [Электронный ресурс]. – URL: <http://utmn.ru/news/6468> (дата обращения: 10.09.2014).

16. Johnsen G. K. An introduction to the memristor – a valuable circuit element in bioelectricity and bioimpedance // Journal of Electrical Bioimpedance. – 2012. – V. 3. – P. 20–28.

17. Thomas A. Memristor-based neural networks// Journal of Physics D: Applied Physics. – 2013. – V. 46. – No 9. [Электронный ресурс]. – URL: http://iopscience.iop.org/0022-3727/46/9/093001/pdf/0022-3727_46_9_093001.pdf (дата обращения: 10.10.2014).

Горбаченко Владимир Иванович
Пензенский государственный
университет,
г. Пенза, Россия
E-mail: gorvi@mail.ru

Gorbachenko Vladimir Ivanovich
Penza State University,
Penza, Russia