

**А.В. БАХШИЕВ**

ЦНИИ робототехники и технической кибернетики,  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
alexab@rtc.ru

## **БИОЛОГИЧЕСКИ-ИНСПИРИРОВАННЫЙ ПОДХОД – СПАЙКОВЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ И СТРУКТУРНОЕ ОБУ- ЧЕНИЕ**

Рассматриваются ограничения сетей глубокого обучения и основные направления их развития. Показано, что перспективным направлением для дальнейшего расширения возможностей искусственных нейронных сетей является переход к сегментным моделям нейрона как элемента сети и структурному обучению.

The restriction of deep learning networks and the main directions of their development are considered. It is shown that a prospective direction for further expanding the capabilities of the artificial neural networks is the transition to compartment models of the neuron as an element of the network and structural learning.

**Ключевые слова:** спайковые сети, структурное обучение, глубокое обучение

Как известно, технология искусственных нейронных сетей в настоящее время достигла больших успехов в решении ряда задач, еще полтора десятилетия назад считавшимися не имеющими, по крайней мере практического решения, пригодного для прикладного применения. В новейшем развитии этого, изначально биологически-инспирированного, направления можно выделить множество архитектур и подходов, давших принципиально новые возможности [1].

Однако все архитектуры сохраняют ряд ограничений, которые, в целом, находятся за пределами современной парадигмы глубокого обучения. Это пластичность к существенным изменениям среды функционирования и самой постановке задачи, свойственное биологическому прототипу; чрезвычайная вычислительная и энергетическая ресурсоемкость современных реализаций сетей глубокого обучения (при условии сохранения возможности повторного обучения).

Спайковые нейронные сети в глубоком обучении нацелены на решение второй проблемы. Существует большое количество работ, направленных на создание математических моделей таких сетей и алгоритмов их обучения [2], а также работ, рассматривающих аппаратную реализацию спайковых глубоких сетей [3].

Проблема пластичности к существенным изменениям среды функционирования в нервной системе решается чрезвычайной гибкостью в первую очередь в рамках возможностей по структурной адаптации как топологии нейронных структур, так и дендритных деревьев отдельных нейронов.

Можно выделить ряд работ, которые касаются этой проблемы (структурная адаптация) в рамках глубокого обучения. Это работы, посвященные сжатию сетей после обучения и формированию упрощенной структуры, решающей задачу. Также существуют работы изначально нацеленные на формирование топологии, оптимальной под выбранную задачу, например методами глобальной оптимизации [4], либо онлайн-методами, формирующими топологию сети в процессе обучения без учета весов связей [5].

Представляется перспективным рассмотреть применение сегментных моделей нейронов [6], и сфокусироваться на разработке алгоритмов структурного обучения сетей на основе таких моделей.

#### *Список литературы*

1. A. Shrestha and A. Mahmood, "Review of deep learning algorithms and architectures," IEEE Access, vol. 7, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., pp. 53040–53065, 2019.
2. A. Tavanaei, M. Ghodrati, S. R. Kheradpisheh, T. Masquelier, and A. Maida, "Deep learning in spiking neural networks," Neural Networks, vol. 111, pp. 47–63, 2019.
3. C. D. James et al., "A historical survey of algorithms and hardware architectures for neural-inspired and neuromorphic computing applications," Biologically Inspired Cognitive Architectures, vol. 19, pp. 49–64, 2017.
4. S. Yadav and A. Sood, "Adaptation in Neural Networks : A Review" International Journal Of Engineering And Computer Science. Volume 2 Issue 11 November, 2013 Page No. 3278-3281.
5. A. Gaier and D. Ha, "Weight Agnostic Neural Networks," arXiv:1906.04358v2 [cs.LG] 2019, pp. 1–19.
6. Bakhshiev A., Stankevich L. Prospects for the Development of Neuromorphic Systems. In: Kryzhanovsky B., Dunin-Barkowski W., Redko V. (eds) Advances in Neural Computation, Machine Learning, and Cognitive Research. NEUROINFORMATICS 2017. Studies in Computational Intelligence, vol 736. Springer, Cham, pp 47-52.