

## Квантовая нейронная сеть на основе массива квантовых точек

М.В. Алтайский<sup>1</sup>, Н.Е. Капуткина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН

<sup>2</sup>Национальный технологический университет “МИСиС”

Идея искусственных квантовых нейронных сетей, впервые сформулированная в работе [1], представляет собой объединение концепции искусственной нейронной сети и парадигмы квантовых вычислений. Несмотря на достаточное разнообразие предложенных квантовых нейросетевых алгоритмов [2-8], практическую аппаратную реализацию к настоящему времени получили лишь квантовые сети Хопфилда, реализованные на основе SQUID технологии [9]. Основным недостатком этих сетей является низкая рабочая температура 30-80 мК, требующая огромных энергозатрат на охлаждение системы и препятствующая компактной имплементации. Одним из альтернативных гипотетических вариантов реализации квантовой нейронной сети является предложенная Е.Берман с соавторами [10] квантовая нейронная сеть в виде одномерного массива квантовых точек на основе GaAs, взаимодействующего с тепловым резервуаром подложки. Недостатками этой модели являются невозможность локального воздействия на отдельные квантовые точки и отсутствие управляемого потенциала взаимодействия между соседними квантовыми точками. В нашей работе, см. также [11], предложена квантовая нейронная сеть на основе двумерного массива квантовых точек, в которой, наряду с взаимодействием отдельных квантовых точек с фононами подложки, имеется управляемое диполь-дипольное взаимодействие между соседними квантовыми точками. Управление диполь-дипольным взаимодействием может осуществляться путем изменения концентрации носителей заряда в передаточных линиях с помощью плазмонов или электростатическим путем. В качестве модельной системы исследовано поведение массива одноэлектронных квантовых точек с диполь-дипольным взаимодействием при конечной температуре окружение. Исследуется зависимость квантовых корреляций между состоянием отдельных точек от температуры и от времени. Целью исследования является разработка аппаратной реализации

квантовой нейронной сети с практически приемлемым диапазоном рабочих температур, а также исследование принципов функционирования биологических нейронных сетей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 13-07-00409.

### Литература

1. Kak, S., On quantum neural computing. *Inf. Sci.* **83**(1995)143
2. Menneer, T., Quantum-inspired neural networks, Proc. *NIPS95*, Denver, Colorado, 1995
3. Vlasov, A., Quantum computations and images recognition, <http://arxiv.org/quant-ph/9703010>
4. Kouda, N., Matsui, N. and Nishimura, H. Image compression by layered quantum neural networks, *Neural processing letters* **16**(2002)67
5. Ezhov, A., Nifanova, A. and Ventura, D. Quantum associative memory with distributed queries. *Inf. Sci.* **128**(2000)271
6. Altaisky, M., Quantum neural network. <http://arxiv.org/quant-ph/0107012>, 2001
7. Алтайский М.В., Бонюшкина А.Ю., Квантовые нейронные сети. *Нелинейный мир* **4**(2006)238
8. Zhou, R. and Ding, Q., Quantum m-p neural network. *Int.J.Theor. Phys.* **46**(2007)3209
9. Johnson, M., et al. Quantum annealing with manufactured spins. *Nature* **473**(2011)194
10. Behrman, E. et al. Quantum dot neural networks. *Inf. Sci.* **128**(2000) 257
11. Алтайский, М.В., Капуткина, Н.Е., Крылов, В.А. Квантовые нейронные сети: Современное состояние и перспективы развития. *ЭЧАЯ* 45(2014) вып.5-6