

Гибридный алгоритм кластеризации данных без учителя на основе самоорганизующейся карты признаков

И.Д. Лазарев^{1,2}, Marek Narozniak^{3,4}, Tim Byrnes^{3,4}, А.Н. Пырков²

¹ ФИЦ проблем химической физики и медицинской химии РАН

² Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

³ New York University Shanghai, 567 West Yangsi Road, Shanghai, 200122, China

⁴ Department of Physics, New York University, New York, New York 10003, USA

Большие данные и искусственный интеллект (ИИ) — так называемая четвертая промышленная революция — оказали глубокое влияние на современную науку и технологии [1]. Одной из ключевых особенностей машинного обучения является длительное время обучения моделей. Этот процесс требует значительных вычислительных ресурсов и времени из-за необходимости обработки и анализа огромных массивов информации. В связи с этим использование квантовых вычислений представляется перспективным решением для ускорения обучения моделей ИИ. Интерес к квантовым нейронным сетям был вызван прогрессом в экспериментальной квантовой вычислительной технике, когда стало возможным использовать параметризованные квантовые схемы, где параметры ведут себя аналогично весам нейронной сети [2].

В этой работе мы предлагаем [3] гибридный квантовый алгоритм кластеризации данных без учителя с использованием самоорганизующейся карты признаков Кохонена [4] — тип искусственной нейронной сети. Сложность нашего алгоритма масштабируется как $O(LN)$ по сравнению с классическим случаем, который масштабируется как $O(LMN)$, где N — количество векторов для обучения, M — количество кластеров, а L — число шагов обучения. Мы приводим оптимизированную схему вычисления расстояния Хэмминга [5] и демонстрируем надежную работу ключевого компонента алгоритма на NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum) [6] платформе IBM. Наш алгоритм демонстрирует экспоненциальное уменьшение ошибок матрицы расстояний с увеличением числа повторений алгоритма.

1. Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, Deep learning, *Nature* 521, 436 (2015).
2. S. Lloyd, M. Mohseni, and P. Rebentrost, Quantum algorithms for supervised and unsupervised machine learning, arXiv: 1307.0411 (2013).
3. I.D.Lazarev, Marek Narozniak, Tim Byrnes, and A.N.Pyrkov Hybrid quantum-classical unsupervised data clustering based on the self-organizing feature map, *Phys. Rev. A* 111, 012416, (2025).
4. T. Kohonen, The self-organizing map, *Proceedings of the IEEE* 78, 1464 (1990).
5. C. A. Trugenberger, Probabilistic quantum memories, *Physical Review Letters* 87, 067901 (2001).
6. J. Preskill, Quantum computing in the NISQ era and beyond, *Quantum* 2, 79 (2018).