

**КВАНТОВЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ
ИЗОБРАЖЕНИЙ****Чирков Д.А. (ИТМО), Лобанов И.С. (ИТМО)****Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, Лобанов И.С.
(ИТМО)**

Введение. Тяжело переоценить роль, которую приобрели нейронные сети за последние несколько лет. Одной из основных задач, решаемой с помощью нейронных сетей является задача распознавания изображений. Прорыв в этой области произошел, когда в 2012 году в статье [1] применили сверточную архитектуру сети. Это позволило значительно уменьшить количество параметров и при этом увеличить точность распознавания. Однако с увеличением объемов вычислений (размеров датасетов/ёмкости нейронных сетей) встал вопрос об ускорении вычислений. Одним из перспективных подходов в этом направлении являются квантовые вычисления. Теоретически квантовое превосходство – экспоненциальное ускорение вычислений, было продемонстрировано, например, в работе [2]. Для реализации квантовой сверточной сети, обладающей свойствами математической свертки, нами была выбрана задача распознавания изображений. А именно набор данных MNIST, состоящий из изображений рукописных цифр [3].

Основная часть. Опираясь на архитектуру классических сверточных сетей, был построен квантовый аналог, обладающий следующими свойствами:

1) Трансляционная инвариантность – требование, возникающее из математического определения операции свертки.

2) Унитарность преобразований – свойство присущее всем квантовым преобразованиям.

Еще одной важной частью сверточных сетей является нелинейность, реализованная с помощью различных активационных функций. Однако, одним из постулатов квантовой механики является линейность всех преобразований. Нами был реализован квантовый аналог, не нарушающий линейности всех преобразований, но вводящий нелинейность между двумя сверточными слоями. Для этого мы использовали измерения некоторых кубитов в процессе вычисления. После применения квантового сверточного слоя все кубиты измерялись и результат измерений передавался на классическую часть сети. Эта часть состоит из двух полносвязных слоев, на выходе состоящих из 10 нейронов – каждый соответствует одну из классов MNIST. В дальнейшем мы вычисляем функцию потерь. В нашем случае это кросс-энтропия. Была сделана реализация сети, используя оптимизатор Adam из библиотеки JAX [4].

Выводы. Построена квантовая нейронная сеть, позволяющая решать задачу распознавания изображений из набора данных MNIST с высокой точностью 98.2%. Этот результат повторяет результаты, полученные для классических сетей с аналогичной архитектурой, и превосходит точность существующих реализаций квантовых сетей [5].

Список использованных источников:

1. Krizhevsky, Alex, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton. ImageNet classification with deep convolutional neural networks // Communications of the ACM 60 (6). – 2017 – pp. 84–90.
2. LeCun, Yann and Corinna Cortes. The mnist database of handwritten digits
3. Peter W. Shor. Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer // SIAM Journal on Computing. – 1997. – Vol 26, Iss.5
4. Bradbury, James et al. JAX: composable transformations of Python+NumPy programs. – 2018
5. Kharsa, Ruba, Ahmed Bouridane, and Abbes Amira. Advances in Quantum Machine Learning and Deep Learning for Image Classification: A Survey. // Neurocomputing. – 2023. – V.560