Д. Д. Швецов

Московский государственный технический университет

имени Н.Э. Баумана

daniil@shvetsov.business

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КЛАССИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ АЛГОРИТМОВ БИНАРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ СИМУЛЯЦИИ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Рассматривается тренировка квантовых бинарных классификаторов при помощи симуляторов с ограниченными ресурсами. В ходе экспериментов было показано, что современные классические вычислительные машины не обладают достаточной вычислительной мощностью для моделирования квантовых классификационных схем, сравнимых по точности с классическими моделями за приемлемые временные интервалы.

**Ключевые слова:** *квантовое машинное обучение, квантовая нейронная сеть, бинарная классификация, вариационная квантовая схема.*

**Введение**

В связи с новыми прорывами в технологиях разработки квантовых компьютеров актуальной становится задача разработки и тестирования квантовых схем, которые впоследствии будут применяться на таких устройствах. Несмотря на возможность тестирования квантовых схем на реальных квантовых компьютерах, предоставляемых компаниями IBM, Google, Microsoft и другими, доступ к этим машинам остается ограниченным. В связи с этим симуляция квантовых систем на классических компьютерах представляет собой привлекательную альтернативу.

Однако использование квантовых симуляторов сопряжено с рядом сложностей. Основным теоретическим ограничением является объем используемой оперативной памяти: программа должна хранить весь вектор состояния квантовой схемы в памяти, размер которого растет экспоненциально с числом кубит. Помимо этого, важным ограничением является время выполнения симуляции. Особенно это актуально для алгоритмов квантового машинного обучения, где высокая сложность оптимизационных процедур существенно увеличивает затраты времени.

Одной из целей данной работы является сравнение скорости работы и эффективности различных алгоритмов оптимизации в контексте квантового машинного обучения.

Под термином «квантовое машинное обучение» подразумевается использование квантовых схем для обработки классических данных. Эта область является наиболее изученной среди направлений квантового машинного обучения и включает исследования в области бинарной [1], одноклассовой [2] и многоклассовой классификации [3]. В большинстве работ применяются вариационные квантовые классификаторы, которые демонстрируют модели сравнимые по метрикам с классическими алгоритмами машинного обучения. Поэтому, в рамках данной работы внимание уделяется моделям бинарной классификации на основе вариационных квантовых схем.

**Вариационные квантовые классификаторы**

Вариационные квантовые алгоритмы получили широкое распространение благодаря своей относительной простоте реализации на текущих Noisy Intermediate-Scale Quantum (NISQ) устройствах и возможности использования их для решения задач машинного обучения с ограниченными ресурсами.

Основная идея заключается в том, что квантовая часть алгоритма отвечает за подготовку и обработку квантовых состояний с помощью параметрических схем (или ансатзов), а классическая часть — за оптимизацию этих параметров. Аналог вариационных квантовых классификаторов в классической задаче классификации – нейронные сети. Аналогично нейронным сетям, процесс тренировки квантовых классификаторов сводится к минимизации функции потерь, такой как