

## КВАНТОВОЕ МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

*В статье описываются основные принципы квантового машинного обучения*

Квантовые вычисления — это перспективная новая область, которая сочетает в себе информатику, математику и физику. В этой области исследуются способы использования некоторых особых свойств квантовой физики для создания квантовых компьютеров, использующих преимущества квантовых битов (кубитов), которые могут одновременно содержать комбинации 0 и 1 в суперпозиции.

Квантовые компьютеры могут обрабатывать большие матрицы, а также ускорять различные операции линейной алгебры, значительно улучшая традиционные приложения машинного обучения и решая задачи, относящиеся к классам сложности, которые никогда не смогут решить традиционные компьютеры. Алгоритм Гровера, например, продемонстрировал квадратичное ускорение при исследовании неструктурированных баз данных, а метод Шора показывает, что квантовые вычисления могут обеспечить экспоненциальное ускорение при решении традиционно сложной задачи факторизации больших целых чисел. Ожидается, что эти алгоритмы будут включать некоторые ключевые характеристики квантовых вычислений, в том числе квантовую суперпозицию, квантовое измерение и квантовую запутанность.

Машинное обучение ограничено нехваткой вычислительной мощности, поэтому перспективны объединения квантовых вычислений и машинного обучения для обработки классических данных с использованием алгоритмов машинного обучения. Это сочетание представляет собой квантовое машинное обучение (QML), направленное на создание приложений для различных алгоритмов машинного обучения, используя вычислительную мощность квантовых компьютеров, а также масштабируемость и способность к обучению алгоритмов машинного обучения.

Уже разработаны квантовые варианты нескольких популярных алгоритмов машинного обучения. Квантовая нейронная сеть (QNN) показывает, как компоненты системы могут работать по сравнению с их традиционными аналогами. Квантовые машины опорных векторов (QSVM) для алгоритма обучения с учителем методом наименьших квадратов используют алгоритм HHL для обращения матриц с целью создания гиперплоскости. В 2014 году представили квантовую версию k-ближайших соседей, основанную на евклидовом расстоянии между точ-

ками данных, в дополнение к оценке амплитуды, которая устраняет необходимость в измерении. В 2018 году представлена модель классификации изображений, основанная на квантовых k-ближайших соседях и параллельных вычислениях. Эта модель улучшила точность категоризации и производительность. Также предложена квантовая линейная регрессия как версия классической линейной регрессии, и она работает в экспоненциальной среде выполнения с N размерностями признаков, используя квантовые данные, которые представлены в виде квантовой информации. Классификатор квантового дерева решений использует измерение квантовой точности и примесь квантовой энтропии.

Существует несколько методов квантового машинного обучения для обнаружения и назначения кластеров. Версия квантования метода Ллойда представляется как часть алгоритма кластеризации k-средних. Кроме того, предложен метод Q-средних, квантованная форма метода k-средних с аналогичными результатами. Введена квантовая кластеризация K-медиан, которая использует алгоритм поиска Гровера для определения медианы кластера. В 2014 году разработан квантовый анализ главных компонент (QPCA), который идентифицирует собственные векторы, относящиеся к огромным собственным значениям неизвестного состояния, экспоненциально быстрее, чем любое другое решение.

Квантовое обучение с подкреплением построено на непрерывном обучении через исследование окружающей среды и использует квантовый параллелизм и принцип суперпозиции. Обнаружено, что амплитуда вероятности и квантовый параллелизм могут помочь в скорости обучения. Для решения задач динамического программирования, которые являются детерминированными формами марковских задач принятия решений, в качестве решений были предложены различные квантовые алгоритмы. Разработан общий алгоритм для улучшения гибридных квантово-классических вычислений с использованием обучения с подкреплением.

1. Grover, L.K. Quantum Mechanics Helps in Searching for a Needle in a Haystack. *Phys. Rev. Lett.* 1997, 79, 325–328
2. Menneer, T.; Narayanan, A. Quantum-inspired neural networks. In *Proceedings of the Neural Information Processing Systems 95*, Denver, CO, USA, 27–30 November 1995.

*Соловей Д.С.*, студент факультета информационных технологий и управления, гр.120601  
*Янущик Г.С.*, студент факультета информационных технологий и управления, гр.120601  
*Прохор А.О.*, студент факультета информационных технологий и управления, гр.120602