

Отзыв научного руководителя на выпускную квалификационную работу

Кузнецова Кирилла Александровича

Тема работы: «Квантовый алгоритм поиска кратчайшего пути на графе»

Уровень образования: бакалавриат

Направление: 02.03.01 «Математика и компьютерные науки»

Основная образовательная программа: СВ.5152.2019 «Математика, алгоритмы и анализ данных»

В рамках выпускной квалификационной работы Кириллу Александровичу была поставлена задача исследовать квантовые и квантово-вдохновленные алгоритмы для задачи поиска кратчайшего маршрута на графе. Квантовые вычисления – это технология ускорения расчетов с использованием таких явлений как суперпозиция и запутанность квантовых состояний. Одним из ключевых направлений на сегодняшний день является квантовая и квантово-вдохновленная оптимизация. Для её выполнения необходимо переформулировать задачу в специализированный вид – гамильтониан в форме Изинга, или аналогичный ему, QUBO (квадратичная бинарная оптимизация без ограничений). После такой формулировки, специализированный квантовый или квантово-вдохновленный солвер может эффективно решить задачу, то есть найти собственный вектор, соответствующий минимальному собственному числу гамильтониана. Примерами таких солверов могут быть квантовые отжигатели D-Wave, Когерентная Машина Изинга, и другие.

Студент самостоятельно изучил соответствующую литературу и реализовал два метода (hop-based и edge-based) формулировки задачи поиска кратчайшего пути в QUBO. Было произведено аналитическое сравнение методов, в ходе которого было выяснено, что edge-based требует меньшего количества бинарных переменных по сравнению с hop-based. Далее, были рассмотрены два решателя для задач QUBO – симуляция отжига и Tensor Train Optimization (ТТOpt). Симуляция отжига – классический алгоритм нелинейной оптимизации, однако, в сочетании с задачами типа QUBO, его принято называть квантово-вдохновленным. ТТOpt – квантово-вдохновленный алгоритм оптимизации, основанный на тензорных поездках – частном случае тензорных сетей. Студент произвел многочисленные эксперименты для двух формулировок и двух доступных солверов, измеряя метрики качества работы алгоритмов. Кроме общепринятых в квантовых вычислениях метрик (вероятности оптимального и допустимого решений), была рассмотрена и новая, оригинальная – вероятность выбора корректных вершин. Она отвечает за те случаи, когда квантовый алгоритм выбрал правильные вершины для прокладывания маршрута, но они находятся не в том порядке. Также Кириллом были разработаны эвристики, позволяющие перевести некоторые недопустимые решения в область допустимых.

Результаты показали, что edge-based формулировка, несмотря на меньшее количество переменных, реже дает допустимые и оптимальные решения, по сравнению с hop-based подходом. Также, полученные результаты для алгоритмов симуляции отжига и ТТOpt позволяют сделать выводы об их применимости.

В рамках работы над ВКР студент проявил самостоятельность, оригинальный подход к поиску решения и высокий уровень подготовки. Кузнецов Кирилл Александрович заслуживает оценку отлично за выполненную выпускную квалификационную работу и присуждение степени бакалавра по Направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки».

А.Ю. Авдюшенко,

Доцент факультета математики и компьютерных наук, к.ф.-м.н.

6 июня 2023 года

