

## Квантовоподобный алгоритм маршрутизации на основе агломерации графа

Чуруксаев И.В.<sup>1</sup>

Научный руководитель – доктор физ-мат. наук, Алоджанц А. П.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Университет ИТМО

ivchuruksaev@yandex.ru

Работа выполнена в рамках НИР №625133 "Методы, модели и архитектуры интеллектуальных сервисов и приложений"

### Введение

На сегодняшний день разработка квантово-вдохновленных (quantum-inspired) эвристических алгоритмов, работающих по некоторому сценарию эволюции квантовых физических систем и включающих в себя в том числе методы машинного обучения является одним из магистральных направлений современного развития параллельных вычислений и применения подходов искусственного интеллекта [1]. Как правило, такие эвристические алгоритмы позволяют на практике добиться уменьшения вычислительной сложности решения NP-сложных задач, а также ускорения работы классических вычислительных устройств (CPU, GPU, и пр.) за счет методов и подходов, используемых при исследовании определенных квантовых и/или статистических свойств поведения физических систем, хорошо зарекомендовавших себя в теоретической физике, квантовой и статистической механике, и пр.

### Основная часть

В работе рассмотрена практически значимая задача ускорения маршрутизации трафика на телекоммуникационной сети заданной топологии - поиска кратчайшего пути от одной из вершин связного графа до всех остальных. Существенное количество используемых на практике протоколов маршрутизации имеют в своей основе алгоритм Дейкстры или его модификации, который в некоторой мере является общепринятым стандартом промышленного подхода к задаче маршрутизации в телекоммуникационных сетях. Тем не менее разработка альтернативного алгоритма маршрутизации, позволяющего ускорение вычисления кратчайших путей в телекоммуникационных сетях при незначительной потере точности маршрутизации является востребованной отраслевой задачей, особенно для сетей с большим количеством узлов (порядка  $10^3$  и более), в которых прямое вычисление алгоритма Дейкстры становится вычислительной затратным, что в свою очередь неизбежно ведет к падению метрик, связанных с quality of service для конечных клиентов [2]. Основная идея, лежащая в основе разработанного алгоритма - агломерация графа, оригинальный метод сокращения размерности графа, т.е. преобразования исходного графа в более компактную структуру, где группы узлов объединяются в "суперузлы" сохраняя при этом топологические и статистические свойства исходного графа в графе, состоящем из «суперузлов» (агломерированном графе). Это позволяет значительно уменьшить вычислительную сложность задачи вычисления кратчайших путей, так как непосредственно вычисление в таком случае осуществляется алгоритмом Дейкстры на

агломерированном графе меньшей размерности. Ключевая особенность, позволяющая успешно использовать предложенный подход агломерации состоит в т.н. предобучении коэффициентов, которые используются для классификации направлений движения на агломерированном графе. Для каждого узла сети алгоритм обучается на различных версиях графа указанной в постановке задачи топологии, но с разными распределениями весов по ребрам, выбранных также в соответствии с постановкой задачи. Это позволяет адаптировать алгоритм к конкретному топологическому расположению узла. После обучения коэффициенты используются для вычисления направлений на уровне «суперузлов», что даёт возможность эффективно решать задачи маршрутизации в упрощённой структуре графа.

## **Выводы**

Разработан эвристический (квантово-вдохновленный) алгоритм вычисления кратчайших путей в большой сети с топологией двумерной квадратной решетки, каждому ребру которой присваивается задержка (вес ребра), случайно выбираемая из некоторого множества. Предложенный алгоритм, апробированный на Intel Xeon D-1520, 8 ядер, 2.2 GHz; 32 GB DDR4 ECC; SSD M.2 128 GB(характеристики стандартного роутера используемого в сетях с IPRAN структурой), позволил в 4 раза ускорить поиск кратчайших путей от заданного источника до всех остальных узлов без существенной потери точности результатов по сравнению с хорошо известным алгоритмом Дейкстры.

## **Список используемой литературы**

1. Alexey Melnikov, Mohammad Kordzanganeh, Alexander Alodjants, Ray-Kuang Lee, Quantum machine learning: from physics to software engineering, Advances, in Physics: X, 8:1, 2165452 (2023).
2. Т.Н. Cormen, С.Е. Leiserson, R.L. Rivest, С. Stein, Introduction to Algorithms. MIT Press (2009).