

УДК 519.688+004.421+519.24

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ КЛАССИЧЕСКИХ ГРАФОВЫХ АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КВАНТОВЫХ И СТОХАСТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ

Хури П.М. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент

Возианова А.В. (ИТМО)

**Введение.** Классические алгоритмы поиска кратчайшего пути ( $A^*$ , Дейкстры) демонстрируют высокую вычислительную сложность при работе со сложными графами в динамических системах (логистика, телекоммуникации), что ограничивает скорость реакции таких систем. Существующие подходы к оптимизации либо основаны на узкоспециализированных эвристиках, либо исследуют перспективные, но технологически незрелые квантовые алгоритмы (напр., Гровера) в условиях шумных квантовых устройств (NISQ). При этом слабо изучен потенциал гибридных архитектур, комбинирующих классические алгоритмы с различными ускорителями, включая стохастические методы (Монте-Карло), для принципиального сокращения пространства поиска. Анализ литературы выявил пробел в сравнительных исследованиях эффективности квантовых и стохастических подходов в рамках единой гибридной системы для задач маршрутизации.

**Основная часть.** Суть работы заключается в разработке и сравнительном анализе расширяемого гибридного фреймворка, предназначенного для ускорения классических алгоритмов  $A^*$  и Дейкстры. Предлагается оригинальное архитектурное решение, позволяющее динамически подключать к классическому алгоритму специализированные модули-«ускорители», отвечающие на вспомогательные вопросы (например, о связности подграфа) принципиально иными методами. В рамках исследования реализованы и интегрированы в единый фреймворк два типа ускорителей: 1) квантовый – на основе алгоритма Гровера (эмуляция и схема на Qiskit), и 2) стохастический – на основе быстрых методов Монте-Карло (например, оценка достижимости через случайные блуждания). Данный подход позволяет не только исследовать потенциал квантового ускорения, но и предложить «страховочный» практичный вариант на основе стохастики, снижая технологические риски зависимости от одного нестабильного направления. Фреймворк включает менеджер, способный выбирать ускоритель на основе характеристик подзадачи (размер, плотность графа).

**Выводы.** Проведено экспериментальное сравнение эффективности гибридных подходов на синтетических графах различных типов. Ключевой метрикой стало сокращение числа вершин, посещаемых классическим алгоритмом. Результаты позволили определить «зоны эффективности» каждого метода: для каких типов графов и размеров подзадач квантовый или стохастический ускоритель даёт максимальный выигрыш. Практическим результатом является рабочая Python-библиотека с открытым исходным кодом, предоставляющая готовый инструмент для дальнейших исследований

и потенциального внедрения в прототипы систем динамической маршрутизации. Полученные выводы и реализованный фреймворк позволяют рекомендовать гибридный подход как гибкую и расширяемую методологию для разработки высокопроизводительных систем принятия решений на графах.

**Список использованных источников:**

1. Chen, Y., Wei, S., Gao, X., et al. (2019). "An Optimized Quantum Maximum or Minimum Searching Algorithm and its Circuits". arXiv:1908.07943.
2. Lytrosyngounis, C., & Lytrosyngounis, I. (2024). "Hybrid Quantum-Classical Optimisation of Traveling Salesperson Problem". arXiv:2503.00219.
3. Spall, J. C. (2003). Introduction to Stochastic Search and Optimization: Estimation, Simulation, and Control. Wiley.