**Применение оптимизационных квантовых и квантово-инспирированных алгоритмов для решения прикладных задач**

**Еременко А.М.1**

1студентка

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,физический факультет, Москва, РоссияE–mail: eremenko.am18*@physics.msu.ru*

Квантовые вычисления получили большую популярность и широкое развитие в последние несколько десятилетий. Потенциально более выигрышными они могут оказаться для задач вычислительного материаловедения и задач криптографии.

Несмотря на широкий спектр уже существующих алгоритмов и опробованных подходов, существует целый ряд пока нерешенных задач – к ним относятся и упомянутые выше. В качестве разрабатываемых в данной работе исследований представлены: 1) задача параметризации потенциалов различного уровня сложности; 2) усовершенствованная модификация вариационного квантового алгоритма (задача криптографии).

Большой интерес представляет возможность использования квантовых вычислений для решения задач определения параметров многопараметрических потенциалов. Самым эффективным методом минимизации (рассматриваются в том числе и задачи многомерной минимизации) для них является квантовый отжиг. Математическое сведение выбранной задачи к форме, для которой возможно получить функционал минимизации и найти его экстремальное значение – одна из самых трудоемких частей. Квантовая «природа» минимизации отжигом позволяет сделать предложенный алгоритм наиболее эффективным и быстрым, а также менее ресурсозатратным. Пока численные эксперименты проводятся лишь на симуляторах, но могут быть применимы и к реальным устройствам, при их реализации с достаточным числом кубитов в ближайшем будущем.

Другая задача – задача целочисленной факторизации – не менее актуальна, но уже в области криптографии. Эта задача на сегодняшний день частично решена лишь для небольших чисел (весьма ограниченного диапазона входных данных, которые не представляют большого интереса). С учетом главной на текущей момент проблемы – существования NISQ-устройств, она требует разработки более эффективных алгоритмов. Описанный в работе усовершенствованный вариант алгоритма дополнительно проводит предварительную обработку данных (чтобы исключить использование ненужных ресурсов и упрощает вид гамильтониана, который впоследствии используется для поиска состояния с минимальной энергией) и делает задачу пригодной для решения на квантовых компьютеров разной природы, разных принципов действия. В работе на графиках наглядно показано преимущество нового алгоритма, а также произведено сравнение вентильного и адиабатического его варианта. Также показан характер изменения точности при различных входных параметрах и доступных компьютеру кубитах. По полученным в численном эксперименте зависимостям сделан вывод об эффективности использования подобных подходов в ближайшем будущем, при различных перспективах развития технических возможностей устройств.

Также предложен экспериментальный вариант иного подхода, который сможет решить уже две важных проблемы – расширить спектр решаемых задач до почти всего класса NP-сложных и ещё сильнее сократить используемые мощности компьютера. Эта идея основывается на некоторых нетривиальных математических преобразованиях, использующих теорию графов, поэтому пока представлена лишь в теоретическом виде, без численного эксперимента.

**Литература**

1. Eric R. Anschuetz and Jonathan P. Olson and Alán Aspuru-Guzik and Yudong Cao. Variational Quantum Factoring. // 2018.
2. Burges, C.J.C.: Factoring as Optimization. // Microsoft Research, MSR-TR-200 (2002)
3. Karamlou, A.H., Simon, W.A., Katabarwa, A. *et al.* Analyzing the performance of variational quantum factoring on a superconducting quantum processor. // Quantum Inf **7**, 156 (2021)
4. Pastorello, Davide and Blanzieri, Enrico. Quantum Information Processing. // Springer Science and Business Media LLC (2019)
5. Florian Richoux, Jean-François Baffier, Philippe Codognet. Learning QUBO Models for Quantum Annealing: A Constraint-based Approach. // International Conference on Computational Science, Jul 2023, Prague, Czech Republic.