

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пичковского Ивана Сергеевича «Решение оптимизационных задач методом квантового отжига на системе спинов с $S = 1$ », представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений.

Универсальные отказоустойчивые квантовые компьютеры потребуют безошибочного выполнения длинных последовательностей операций квантовых вентилей, что будет включать миллионы физических кубитов. До того, как будет доступна полная мощность таких машин, квантовые устройства будут обеспечивать несколько сотен кубитов и ограниченное исправление ошибок. Однако существует перспектива запуска полезных алгоритмов в пределах ограниченной глубины схемы таких устройств. Особенно многообещающими являются алгоритмы оптимизации, где цель состоит в том, чтобы направить высокозапутанное состояние квантовой системы в целевое состояние, которое минимизирует функцию стоимости посредством изменения некоторых параметров вентиля. Этот вариационный подход может использоваться как для классических задач оптимизации, так и для задач квантовой химии. Задача состоит в том, чтобы сойтись к целевому состоянию с учетом ограниченного времени когерентности и связности кубитов. В этом контексте тематика рецензируемой работы является актуальной. Получены важные результаты, касающиеся построения эффективных гамильтонианов для задач ассоциативной памяти и кластеризации данных. При построении эффективных гамильтонианов для задачи факторизации двоичная система счисления, используемая для кубитов, в случае кутритов заменена на более естественную троичную систему счисления.

Были написаны программы и выполнено численное моделирование в приближении дискретного времени ассоциативной памяти на двух и трех кутритах. Предложен способ выравнивания амплитуд запомненных состояний с помощью вспомогательного гамильтониана без привлечения дополнительных кутритов. Продемонстрирована успешная работа АКВ на кутритах и существенное увеличение емкости памяти нейронной сети Хопфилда. Создание и отладка компьютерных программ выполнены лично автором. Вспоминаются слова Л. Гровера о том, что прорыв в квантовых вычислениях будет достигнут, скорее, инженерами, чем физиками.

Использование модельной системы – квантового процессора на пяти кутритах, представленных квадрупольными ядрами со спинами $S=1$, который управляется РЧ импульсами, селективными по переходам между соседними уровнями – позволило И.С. Пичковскому получить ряд интересных результатов в аналитическом виде, которые были подтверждены численными расчетами. Особенно важны результаты, в которых найдены амплитуды и длительности прямоугольных РЧ импульсов, а также длительности интервалов свободной эволюции в управляющей последовательности импульсов, позволившей получить зависящий от времени эффективный гамильтониан в приближении дискретного времени и исследована зависимость точности реализации от физических параметров. Показана принципиальная возможность реализации АКВ на данном процессоре и преимущества кутритов над кубитами, поскольку для решения той же задачи потребовалась бы система из 15 кубитов. В качестве замечаний можно отметить отдельные

грамматические ошибки (фамилия Троттер то склоняется, то нет), а также использование обозначения b_0 вместо b_1 в формуле (4). Сделанные замечания несущественны и не портят общее хорошее впечатление о диссертации.

Автореферат дает полное представление о проделанной работе, которая по объему, новизне результатов и практической значимости соответствует требованиям к кандидатским диссертациям. Соискатель продемонстрировал умение выполнять вычисления аналитически и численно. Он хорошо разбирается как в методах расчета, так и в физическом содержании полученных результатов. Считаю, что И.С. Пичковский заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 Физика магнитных явлений.

Доцент кафедры информационной безопасности ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»,
(660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79
Тел. 8-913-592-34-29. E-mail: mkucherov@sfu-kras.ru)
канд. физ.-мат. наук

Ученый секретарь УС СФУ, кандидат юридических наук
13.12.2024

mk
И.Ю. Макаруч

И.Ю. Макаруч

М.М. Кучеров

И.Ю. Макаруч



ФГАОУ ВО СФУ
Подпись *М.М. Кучеров* заверяю
Начальник общего отдела *И.Ю. Макаруч*
« 13 » 12 2024 г.