

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен
„доктор”

Автор на дисертационния труд: инж. Николай Мирчев Райчев

Тема на дисертационния труд: **Изследване на подходи за създаване и приложение на квантови алгоритми**

Рецензент: проф. дтн. Стойчо Димитров Стойчев

1. **Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научноприложно отношение. Степен и нива на актуалността на проблема и конкретните задачи, разработени в дисертацията.**

Обект на изследване в дисертационния труд са квантовите изчисления във верижан модел. Разработвания в дисертационния труд проблем е актуален както в научно, така и в научно-приложно отношение.

През последните години се работи с нарастваща интензивност както по реализацията на квантовите компютри, така и по разработването на алгоритми и програми за тях. Очевидно, има нужда от система за разработване и тестване на тези програми със средствата на съвременните компютри (симулиране на квантови алгоритми.). Това е и основната задача в този труд!

Следните факти показват последните достижения в областта на квантовите компютри: 1) През 2015 г IBM са представили първата версия на собствен Квантов изчислителен чип с четири кубита подредени в квадрат. 2) През 2015 г изследователи от Университета Санта Барбара /Калифорния/ и Google са представили собствен Квантов изчислителен чип с 9 кубита подредени в линия; 3) През 2015 г D-Wave Systems са представили 1000+ кубитов квантов компютър. D-Wave Systems работят съвместно с Google, NASA и USRA (Universities Space Research Association); 4) От лабораториите по квантови изследвания на Microsoft и Bell работят по собствен квантов чип.

2. **Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал.**

Авторът познава състоянието на проблемите в областта на квантовите алгоритми. Това ясно личи от много подробния литературен обзор, направен въз основа на голям брой литературни източници.

3. **Съответствие на избраната методика на изследване с поставената цел и задачи на дисертационния труд.**

Избраната методика на изследване се изразява в анализ на състоянието на изследванията в областта на квантовите компютри и алгоритми и предлагане въз основа на този анализ на нови решения на някои от проблемите по разработката и тестването на квантовите алгоритми. Тази методика съответства напълно на поставената цел и задачи на дисертационния труд.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд.

Дисертационният труд съдържа 145 страници, включително 37 фигури, 11 таблици и 5 приложения, оформени в 4 глави, общи изводи и списък с използваната литература от 170 заглавия, от които 6 на кирилица и 149 на латиница.

В глава 1 накратко се разглежда разработването на модели за абстракция на квантови изчисления. В тази глава е представен преглед на верижния модел за квантови пресмятания, на основата на който е разработено това проучване, дава се сбит преглед на ключовите резултати в квантовите алгоритми и квантовата теория на сложността и е обсъдено развитието на формализирана системата за проектиране на алгоритмични модели за квантови вериги, базирани на параметризация на примитивни квантови оператори (ФСПАМКВ).

В глава 2 се разглежда тъждеството и отрицанието, които служат като концептуален фон за формализацията на примитивни единични кубитови квантови оператори. Разглеждат се екстензионалните и интензионалните оператори за тъждество, дефинирани в ФСПАМКВ.

В глава 3 се разглежда формализацията на фазовото пространство, композицията на основните оператори, както и система за фазово кодиране и декодиране, на базата на които е разработена ФСПАМКВ. Предложени са две реализации на алгоритъма на Дойч реализирани на базата на ФСПАМКВ.

В глава 4 се разглежда разработения на базата на ФСПАМКВ квантов симулатор ИСИСКА. Предложени са осем симулируеми с ИСИСКА квантови алгоритъма.

5. Научни и/или научноприложни приноси на дисертационния труд: формулиране и обосновка на нов научен проблем (област); формулиране и обосновка на нова теория (хипотеза); доказване с нови средства на съществени нови страни в съществуващи научни проблеми и теории; създаване на нови класификации, методи на изследване, нови конструкции, технологии, препарати, схеми за лечение и т.н.; получаване и доказване на нови факти; получаване на потвърдителни факти; значими художественотворчески постижения. Характер на приносите за внедряване: методи, конструкции, технологии, препарати, схеми, художествено творчество и т.н. Значимост на приносите за науката и практиката.

Приемам приносите в труда така, както са представени от дисертанта. Те могат да бъдат представени и по-обобщено. Те имат научен и научно-приложен характер. Кратко ги представям:

Научни приноси:

1. Разработена е формализирана система от математически модели за логическо управление и кохерентен квантов контрол чрез принципно нова техника за унифицирана формализация и параметризиране на квантови оператори.

2. Предложена е нова множествена логика, която може да се приложи към всички форми на контролирани оператори.

3. Предложен е метод за динамичен контрол на параметрите чрез кодиране и декодиране на двоична информация във фазовото пространство, който е от ключово значение при разработка на процеси включващи континуум. Методът предлага нов начин за характеризирание, анализиране и обработка на смущението, генерирано между два оператора. Проблемите свързани с квантово смущение са вградени в областта на булеви функции и множество от правила за боравене с параметрите.

Научно-приложни приноси:

1. Разработена е формализирана система, в която може да се започне стриктно изследване, дали кодиращата/декодиращата логика може да бъде прилагана универсално при проектирането на квантови алгоритми. Системата предлага симулационни модели за квантови изчисления базирани на йерархия от n кубитови квантови оператори.

2. Разработена е Интерактивната Среда за Имплементация и Симулация на Квантови Алгоритми (ИСИСКА). ИСИСКА е интерактивна среда за експериментирание и визуализация на алгоритми за малки квантови вериги. Включва 1-кубитови и 2-к-кубитови квантови гейтове. ИСИСКА поддържа както контролирани, така и времезависими операции. ИСИСКА поддържа симулация на квантови алгоритми включващи до 4 квантови линии. Предложени са осем симулируеми с ИСИСКА квантови алгоритъма.

3. Предложен е метод за динамичен контрол на параметрите по време на изчисления, който е от ключово значение при проследяване на процесите.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите.

Считам, че резултатите получени в дисертацията са предимно лично дело на докторанта. Основание за това са представените 15 публикации, свързани с дисертацията, от които 13 са самостоятелни и 2 с участие на научния ръководител. В публикациите със съавтор докторантът има равностойно участие.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд: брой, характер на изданията, в които са отпечатани. Отражение в науката – използване и цитиране от други автори, в други лаборатории, страни и пр.

Основната част на дисертацията е публикувана като 10 доклада представени на конференции в България и чужбина и 5 публикации в реферирани списания с импакт фактор (International Journal of Scientific and Engineering Research, Journal of Quantum Information Science). От тях 13 публикации са в съавторство, а 2 са самостоятелни. Под печат са статии 13 и 15.

Публикациите са:

[1] Nikolay Raychev. (2012). Comparative analysis of quantum languages. Юбилеен международен конгрес: Науката и образованието в бъдещето (Технически университет - Варна), vol. I, pp. 124-129.

[2] Nikolay Raychev. (2012). Dynamic simulation of quantum stochastic walk. Юбилеен международен конгрес: Науката и образованието в бъдещето (Технически университет - Варна), vol. I, pp. 116-124.

[3] Nikolay Raychev. (2012). Classical simulation of quantum algorithms. Юбилеен международен конгрес: Науката и образованието в бъдещето (Технически университет - Варна), vol. I, pp. 110-116.

- [4] Nikolay Raychev. (2012). Quantum adiabatic evolution. In Strategy of quality in industry and education (GIPO), vol. I, pp. 422-426
- [5] Nikolay Raychev. (2012). Quantum phase estimation. In Strategy of quality in industry and education (GIPO), vol. I, pp. 426-430
- [6] Nikolay Raychev. (2012). Classical cryptography in quantum context. In International Conference on Information Technologies (InfoTech, IEEE), vol. I, Section B, pp. 35-45.
- [7] Nikolay Raychev, Elena Racheva. (2013). Quantum Constructor. In International Scientific Conference: Computer science and technologies (TU-Varna), vol. I, pp. 83-90.
- [8] Nikolay Raychev. (2013). Indexed logical operators. ПЪРВА НАЦИОНАЛНА ТЕМАТИЧНА ШКОЛА И БОРСА за научни идеи в областта на информационните и комуникационни технологии, vol. I, pp. 177-187.
- [9] Nikolay Raychev. (2014). Adapted models of learning through quantum algorithms (2014). Десетата международна научна конференция: „Образователен мениджмънт: Ефективни практики—, БАН (Регионален академичен център—Добрич), vol. I, pp. 148-158.
- [10] Nikolay Raychev. (2015). Logical sets of quantum operators. In International Journal of Scientific and Engineering Research 6 (4), 395-398. DOI:10.14299/ijser.2015.04.002
- [11] Nikolay Raychev. (2015). Functional composition of quantum functions. In International Journal of Scientific and Engineering Research 6 (4), 413-415. DOI:10.14299/ijser.2015.04.004
- [12] Nikolay Raychev. (2015). Unitary combinations of formalized classes in qubit space. International Journal of Scientific and Engineering Research 6 (4), 391 – 394. DOI:10.14299/ijser.2015.04.003
- [13] Nikolay Raychev, Elena Racheva. (2015). Interactive environment for implementation and simulation of quantum algorithms. CompSysTech'15, June 25-26, Dublin, Ireland (под печат)
- [14] Nikolay Raychev. (2015). Conflicts resolving by symmetry breaking. In International Journal of Scientific and Engineering Research 6 (5), 1481-1483. DOI:10.14299/ijser.2015.05.005
- [15] Nikolay Raychev. (2015). Bilaterally symmetrical transformation between independent operators and rotations. In Journal of Quantum Information Science, (под печат)

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика. Наличие на постигнат пряк икономически ефект и пр. Документи, на които се основава твърдението.

В материалите по дисертацията дисертантът не е посочил цитирания на негови публикации от други автори, но в Интернет се откриват такива, като различните сайтове дават различен брой, включително и на публикации, които не са свързани с дисертационния труд! Например, в следните 2 статии има 33 цитирания: на публикации на дисертанта:
<https://www.researchgate.net/publication/281836093> Constructing Asymmetric Quantum Codes via Graphs,
<https://www.researchgate.net/publication/281811406> Quantum Computing and Metrology.

Квантовият симулатор ИСИСКА е внедрен в два университета: 1. Висше Училище Международен Колеж, България, 2. Cardiff Metropolitan University (Cardiff Met), UK (Програми за България). От учебната 2016-2017 година студентите от специалност „Software engineering“ на „Cardiff Metropolitan University“ ще имат възможност да избират като свободно избираем предмет за третата година на обучението си: „Quantum Computation“ – обучението ще се извършва с разработеният от дисертанта квантов симулатор ИСИСКА. В резултат на публикациите по дисертацията, дисертантът е получил покани за рецензент в областта на квантовите изчисления от 2 авторитетни реферирани списания с импакт фактор: Biological Sciences and Pharmaceutical Research.

9. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд.

Считам, че представеният автореферат съответства на изискванията за изготвянето му. Той отразява основните положения и приноси на дисертационния труд.

10. Мнения, препоръки и бележки.

Имам следните забележки към дисертационния труд:

- Обзорната глава 1 е прекалено голяма по обем. По-добре би било да се съсредоточи вниманието върху предложените решения от дисертанта.
- Препоръчвам авторът да продължи публикуването в реномирани международни списания и конференции.
- Много от термините са буквален превод от английски вместо да се използват приетите в нашата литература термини. Например, квантова верига и цифрова логическа верига вместо схема.
- Използват се много чуждици, напр. експлицитно и др.
 - Изложението е трудно разбираемо за специалистите по класическите алгоритми и компютри (например, добро изложение на физическите основи на квантовите алгоритми е дадено в книгата Algorithms, S. Dasgupta, C. H. Papadimitriou, and U. V. Vazirani, July 18, 2006).

11. Заключение

Всичко гореизложено ми дава основание да преценя, че представеният дисертационен труд „ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПОДХОДИ ЗА СЪЗДАВАНЕ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА КВАНТОВИ АЛГОРИТМИ“ с автор инж. Николай Мирчев Райчев отговаря на изискванията за такъв труд. Като имам предвид получените резултати и приносите в рецензирания дисертационен труд, убедено предлагам на Уважаемото жури да присъди научната и образователна степен 'доктор' на **инж. Николай Мирчев Райчев.**

Дата:
23.09.2015, София

РЕЦЕНЗЕНТ:
/ проф. д-н. Стойчо Димитров Стойчев/