

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 21.05.2024. године именовало нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Лазара Златића под насловом „Квантни алгоритам за утврђивање бијективности функције”. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Лазар Златић је рођен 25.08.2000. године у Чачку. Завршио је основну школу „Кирило Савић” у Ивањици као носилац дипломе „Вук Караџић”. Уписао је Математичку гимназију у Београду, коју је завршио као носилац дипломе „Вук Караџић”. Током школовања је освојио више првих награда на државним такмичењима из физике и програмирања. Електротехнички факултет је уписао 2019. године. Дипломирао је на модулу Физичка електроника – смер Биомедицински и еколошки инжењеринг 2023. године са просечном оценом 9,91. Дипломски рад је одбранио у јуну 2023. године са оценом 10. Дипломске академске – мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, на модулу Биомедицински и еколошки инжењеринг, уписао је у октобру 2023. године. Положио је све испите са просечном оценом 10.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Лазар Златић је као припрему за израду мастер рада урадио истраживање релевантне литературе која се односи на област квантне информатике. Конкретно, анализирана су постојећа решења и проблеми везани за имплементацију квантних функција и алгоритама. Истраживањем области је утврђено да постоји велики потенцијал за решавање класичних алгоритама на квантном рачунару. Уочено је да постоји проблем за примену постојећих алгоритама на излаз функција које нису бијективне, а који је везан за неопходност коришћења помоћних кубита за њихову реализацију. Овај проблем је решен за одређене класе небиективних функција, тако што је имплементирано квантно коло које на излазу даје стање где су помоћни кубити сепарабилни од кубита који дефинишу излаз функције. Постављањем улазних кубита у равномерну суперпозицију и применом алгорита итеративне процене амплитуде на излаз функције, реализовано је квантно коло за тестирање бијективности функције. Теоријском анализом и тестирањем на одабраним примерима је демонстрирано да предложени квантни алгоритам има значајно мању временску сложеност од адекватних класичних алгоритама.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 35 страна са укупно 3 слике и 17 референци, од чега прилог обухвата 6 страна. Рад садржи увод, 4 тематска поглавља и закључак (укупно 6 поглавља), списак коришћене литературе и прилог.

Прво поглавље представља увод у коме су описани предмет и циљ рада. Представљени су основни проблеми везани за тематику тезе. Дат је кратак осврт на потенцијал примене квантног рачунања за решавање разматране проблематике. Указано је на

могућност примене квантног рачунања за испитивања бијективности функције на начин који би био временски ефикаснији у односу на примену класичног приступа.

У другом поглављу је дат кратак преглед теоријских основа квантног рачунања. Детаљно су објашњена својства квантних система која могу да помогну код решавања задатог проблема. Посебан осврт је дат оним особинама које отежавају имплементацију циљног алгоритма на квантном рачунару.

У трећем поглављу су детаљно представљени квантни алгоритми који могу послужити за ефикасно квантно рачунање. Размотрени су само алгоритми који су идејно значајни за решавање задатог проблема. Дојч-Јожа алгоритам је послужио као инспирација за паралелизацију рачунања, док је Гроверов алгоритам био кључан за свођење алгоритма на проблем процене амплитуде квантног стања.

Четврто поглавље даје детаљну теоријску анализу решавања проблема испитивања бијективности на квантном рачунару и могућности имплементације одговарајућег квантног кола. Објашњена је идеја реализације алгоритма на квантном рачунару. Теоријском анализом је потврђена исправност предложеног концепта квантне имплементације. Дата је анализа комплексности квантног алгоритма за најнеповољнији случај небијективне функције и резултати су упоређени са оним који се могу добити класичним рачунањем. Установљено је да се додатно убрзање алгоритма може остварити уколико би помоћни кубити били сепарабилни од излаза функције. За одређене класе небијективних функција је предложена имплементација којом се ова сепарабилност реализује, што је омогућило свођење постављеног алгоритма на решавање проблема естимације амплитуде.

У оквиру петог поглавља је описана модификација алгоритма коришћењем итеративног поступка за процену амплитуде. Имплементирани квантни алгоритам је тестиран на неколико карактеристичних примера и дати су нумерички резултати. Ови резултати су дискутовани у смислу поузданости процене и временске ефикасности квантног приступа.

Шесто поглавље је закључак у оквиру кога је приказан значај описаног алгоритма и могућа даља унапређења. Резимирани су резултати рада, проблеми који су се јавили при реализацији квантног кола и постављени теоријски темељи за верификацију квантне имплементације.

У прилогу су дати изворни програмски кодови који су коришћени у петом поглављу за тестирање предложеног квантног алгоритма.

4. Анализа рада са кључним резултатима

Мастер рад дипл. инж. Лазара Златића се бави изузетно атрактивном проблематиком имплементације квантних алгоритама са применом на проблем тестирања бијективности функције. Овакви алгоритми су од великог значаја јер демонстрирају потенцијалну предност квантног рачунања у односу на класично, што је показано теоријски и демонстрирано на неколико карактеристичних примера.

Имплементација је реализована коришћењем библиотеке *Qiskit* у програмском језику *Python*. У циљу тестирања резултата су имплементирани једноставне трокубитне функције. Емулацијом квантног рачунања је установљено да предложени алгоритам има значајно мању временску сложеност од класичног.

Основни доприноси рада су: 1) теоријска анализа проблематике и постављања концепта квантног алгоритма за тестирање бијективности функције; 2) имплементација квантног кола и нумеричка верификација његове ефикасности на одабраним примерима; 3) могућност наставка рада на развоју сродних квантних алгоритама који би се бавили решавањем практично значајних проблема.

5. Закључак и предлог

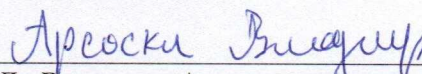
Кандидат Лазар Златић је у свом мастер раду успешно решио проблем пројектовања квантног кола за тестирање бијективности функције. Применом равномерне суперпозиције стања на улазу имплементиране функције је остварена паралелизација процеса рачунања. За одређене класе небијективних функција је решен проблем несепарабилности помоћних и излазних кубита, што је омогућило додатно убрзање применом алгорита итеративне процене амплитуде квантног стања. Дате су смернице за развој сложенијих алгорита који би имали већу практичну примену.

Кандидат је исказао самосталност и систематичност у раду, као и иновативне елементе у решавању задате проблематике.

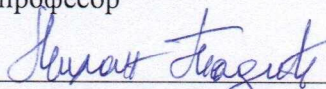
На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Лазара Златића прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 24.05.2024. године

Чланови комисије:



Др Владимир Арсоки, ванредни професор



Др Милан Тадић, редовни професор