

Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду Комисији за студије 3. степена

Наставно-научно веће Електротехничког факултета нас је на својој 755. седници од 06.11.2012. године именovalo за чланове Комисије за оцeну услова и прихватање теме докторске дисертације кандидата мр Ђорђа Ђурђевића, дипл. инж. електротехнике, под насловом **"Ефикасна паралелна компресија поља висина"**. Након прегледа и анализе добијеног материјала, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ О ПРИХВАТАЊУ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Подаци о кандидату

Ђорђе Ђурђевић рођен је 21.6.1976. године у Београду. Дипломирао је 2001. године на Електротехничком факултету у Београду, са највећом просечном оценом у школској 2000/01. години на Одсеку за рачунарску технику и информатику. Магистрирао је 2006. године на Електротехничком факултету у Београду. Од октобра 2001. године ради на Електротехничком факултету у Београду, у звању асистента-приправника, односно асистента.

Кандидат је одбранио магистарски рад 26.6.2006. године из области Рачунарска графика на тему "Динамичка реконфигурација модела терена са неправилним ивицама", под менторством др Игора Тартаље, на Електротехничком факултету у Београду.

Своје научно интересовање у области компресије података, као и обраде и визуелизације поља висина, релевантних за предложену тему дисертације, кандидат је показао објављивањем следећих радова у часописима и конференцијама:

1. **Ђурђевић, Ђ.**, Dujković, D., Potrebić, M., "A possibility of digital image compression based on conditional probabilities", *Journal of Electronics*, Faculty of EE, University of Banjaluka, Bosnia and Herzegovina, December 2002, Vol. 6, No. 1, pp. 22-25.
2. **Ђурђевић, Ђ.**, Sofilj, Z., Tartalja, I., "3D prezentacija promenljive površine terena u realnom vremenu," *Zbornik XLVII konf. ETRAN*, Herceg Novi, Crna Gora, Jun 2003, Vol. 3 pp. 111-114.
3. Popović, D., **Ђурђевић, Ђ.**, Potrebić, M., "Kompresija digitalne slike adaptivnom metodom pomoću kvaternarnog stabla," *Zbornik XLVII konf. ETRAN*, Herceg Novi, Crna Gora, Jun 2003. Vol. 1, pp. 181-184.
4. **Ђурђевић, Ђ.**, Dujković, D., Potrebić, M., Reljin, B., "Gray-Scale Digital Image Compression Based on Block Subdivision and Conditional Probabilities," *Proc. Int. Symp. On Theoretical Electrical Eng ISTET-03.*, Warsaw, Poland, 6-9 July 2003, pp. 109-112.
5. **Ђурђевић, Ђ.**, Tartalja, I., "3D prikaz terena nepravilnih ivica sa dinamičkom promenom nivoa detalja u realnom vremenu," *Proc. XLVIII konf. ETRAN*, Čačak, Srbija, June 2004, Vol. 3, pp. 70-73.
6. **Ђурђевић, Ђ.**, Tartalja, I., "Ubrzana dinamička rekonfiguracija modela terena nepravilnih ivica", *Zbornik apstrakata simpozijuma YU INFO 2006*, 2006, pp. 58.

Искуство у решавању проблема који у пракси прате интерактивну визуелизацију динамички променљивих поља висина, кандидат је стекао учешћем у развоју апликације *3D Terrain Viewer* компаније *Hypack Inc.*, у периоду од 2002. до 2010. године. Решења неких специфичних проблема објављена су у радовима [5-6] са горњег списка и у оквиру магистарског рада, док су неки проблеми мотивисали истраживања која су резултовала у објављивању следећих радова у часописима од међународног значаја са импакт фактором:

7. **Đorđe Đurđević**, Igor Tartalja, "Domino Tiling: A New Method of Real-Time Conforming Mesh Construction for Rendering Changeable Height Fields", *Journal of Computer Science and Technology*, Nov. 2011, Vol. 26, No. 6, pp. 971–987, DOI 10.1007/s11390-011-1194-8.
8. **Đorđe Đurđević**, Igor Tartalja, "HFPaC: GPU friendly height field parallel compression", *Geoinformatica*, Sep. 2012, Online First, DOI 10.1007/s10707-012-0171-x.

На основу наведеног списка објављених радова и остварених резултата, комисија оцењује да кандидат поседује високу стручну зрелост, као и да има одличне научне предиспозиције за рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања у докторској дисертацији кандидата је компресија података који представљају поља висина, а циљ је развој ефикасне методе која, користећи висок расположиви степен паралелизма савремених графичких процесора, врши компресију и декомпресију поља висина. Кандидат је у образложењу теме навео детаљне и, по оцени комисије, основане елементе који указују на значај циља истраживања, односно проблема који се решава у дисертацији.

Истраживани алгоритми компресије и декомпресије морају бити погодни за имплементацију на паралелним архитектурама са високим степеном паралелизма обраде над подацима у (вишедимензионим) низовима, јер су оне доминантно заступљене у савременим графичким процесорима и обећавају највећу ефикасност алгоритама који их користе. Грануларност паралелизма у алгоритму треба да буде на нивоу појединачних тачака поља висина. Тиме се постиже максимално искоришћење мултипроцесора, јер тада, у идеалном случају, компресију или декомпресију сваке тачке врши по једна процесна јединица, у паралели. Уместо *предикције*, која је уобичајена код секвенцијалних алгоритама, паралелни алгоритам компресије би користио *апроксимацију* математичком функцијом, чиме би се при декомпресији обезбедило да се приближне висине појединих тачака израчунавају независно и у паралели. Тако се добија и могућност декомпресије појединачне тачке из компримованих података. Даље, апроксимација може бити довољна за грубу реконструкцију (декомпресију) поља висина, чиме се остварује компресија са губицима. Додавањем резидуала (грешака апроксимације) на грубо реконструисано поље висина добија се прецизно реконструисано поље висина, чиме се остварује компресија без губитака. На тај начин добија се још једна важна карактеристика методе – могућност прогресивне декомпресије. Коначно, метода би обезбедила непрекидност реконструисане површи на месту споја две суседне парцеле поља висина. Како се ниједна од до сада објављених метода не одликује свим овим особинама, истраживање ће се фокусирати на нове алгоритме који би се одликовали свим наведеним особинама.

Значај предложеног истраживања је несумњив. Напредак у технологији детекције на даљину (енг. *remote sensing*) у протеклој деценији омогућио је снимање реалних терена на хоризонталним резолуцијама реда метра и вертикалним реда дециметра. За складиштење модела реалних терена, формираних снимањем на датим резолуцијама, потребан је значајан меморијски простор. На пример, простор за снимање површине целе планете величине Земље износи неколико десетина терабајта. Појава апликација на Интернету за интерактивно разгледање површи планете Земље у 3D, попут *Google Earth* компаније *Google*, или *Virtual Earth* компаније *Microsoft*, показала је да постоји велико интересовање корисника за том врстом информација. Обрада велике количине података од којих се састоје модели реалних терена захтева ефикасно складиштење и пренос од места складиштења до места обраде. Зато су и за произвођаче и за кориснике софтвера за приказивање терена од великог значаја могућности ефикасне компресије поља висина.

Највећи број до сада објављених метода које се баве компресијом поља висина разматрају секвенцијалну компресију [1-4]. У циљу ефикасног преноса података кроз рачунарске мреже, као и мањег оптерећења магистрале за пренос података између централног и графичког процесора, од великог интереса је формулисање брзих паралелних алгоритама за компресију и декомпресију поља висина, који су намењени извршењу на графичком процесору, уз занемарљиво учешће централног процесора. С обзиром на то да је до сада објављен релативно мали број научно-истраживачких радова из области паралелне компресије поља висина [5-6], постоји значајан простор за истраживања у овом домену.

- [1] Kidner DB, Smith DH (1992) Compression of digital elevation models by Huffman coding. *Comput. & Geosci.* 18(8):1013-1034
- [2] Kidner DB, Smith DH (2003) Advances in the data compression of digital elevation models, *Comput. & Geosci.* 29(8):985-1002
- [3] Inanc M. (2008) Compressing terrain elevation datasets. PhD dissertation, Rensselaer Polytechnic Institute Troy, NY, USA
- [4] Li Y (2011) CUDA-accelerated HD-ODETLAP: a high dimensional geospatial data compression framework. PhD dissertation, Rensselaer Polytechnic Institute Troy, NY, USA
- [5] Zhang J, You S, Gruenwald L (2011) Parallel Quadtree Coding of Large-Scale Raster Geospatial Data on GPGPUs. *Proc. of the 19th ACM SIGSPATIAL int. conf. on Advances in geographic information systems*, Chicago, Illinois, USA, November 1-4, doi: 10.1145/2093973.2094047
- [6] Lindstrom P, Cohen JD (2010) On-the-fly decompression and rendering of multiresolution terrain. *Proc. of the 2010 ACM SIGGRAPH symp. on Interactive 3D Graphics and Games*, Washington, D.C., USA, February 19-21, pp 65-73

3. Полазне хипотезе

Кандидат је у образложењу теме навео ваљане основне хипотезе истраживања:

- постоји просторна корелација у подацима који чине поље висина, што даје могућност формирања веродостојне апроксимације релативно једноставним математичким функцијама;
- математичке функције за апроксимирање поља висина треба да буду погодне за ефикасно израчунавање на савременим графичким процесорима, да инхерентно обезбеђују паралелну декомпресију на нивоу тачака, као и

непрекидност реконструисаног поља висина чак и код декомпресије са губицима;

- апроксимација поља висина је довољно добра у највећем броју случајева да би резидуали могли да се памте на релативно малом броју бита, а сама апроксимација користи за приказ поља висина са визуелно занемарљивим губицима;
- пренос података у компримованом облику између различитих нивоа меморијске хијерархије обезбеђује већу брзину преноса и тиме позитивно утиче на повећање ефикасности поступка обраде поља висина у целини.

4. Научне методе истраживања

У току истраживања планира се опсежан преглед радова из области компресије поља висина, нарочито оних који се концентришу на методе са високим степеном паралелизма, како би се утврдило тренутно најбоље решење проблема по критеријумима степена компресије, односно брзине компресије и декомпресије, које би се касније користило као референтно постојеће решење. Верификација предложене методе би се ослањала на анализу степена сложености алгоритама компресије и декомпресије и њихову прототипску имплементацију, а затим експерименте у којима се мере степен компресије и брзина компресије и декомпресије, те поређење измерених величина са одговарајућим објављеним у литератури, уз свођење на исте услове. Степен компресије ће бити утврђен у раној фази истраживања кроз секвенцијалну имплементацију алгоритама, док ће брзине компресије, декомпресије и преноса између оперативне и графичке меморије (у оба правца) бити мерене на паралелној имплементацији заснованој на CUDA (енг. *Compute Unified Device Architecture*) технологији. Мерења ће бити обављена на репрезентативним примерима реалних терена. Коначно, за потврду практичног значаја резултата, прототипски декомпресор ће бити уграђен у систем за визуелизацију терена у реалном времену.

5. Очекивани научни допринос

У раду се очекују следећи научни доприноси:

- детаљан преглед литературе из области паралелних алгоритама за компресију поља висина;
- развој методе за паралелну компресију и декомпресију поља висина са јединственим скупом особина:
 - подршка компресије са и без губитака, којом се остварују степени компресије поредиви са конкурентним методама;
 - могућност прогресивне декомпресије – од грубе апроксимације до најфинијих детаља поља висина;
 - могућност дохватања поједине тачке из компримованих података;
 - брз поступак не само декомпресије, већ и компресије, за подршку променљивих поља висина;
 - непрекидност реконструисане површине након декомпресије, чак и код декомпресије са губицима.
- опсежна мерења и анализа степена компресије и брзина компресије, односно декомпресије, у зависности од параметара методе, на реалним теренима различитих карактеристика.

Посебан допринос очекује се од провере практичне употребљивости предложене методе интеграцијом прототипских имплементација алгоритама у систем за визуелизацију терена.

6. План истраживања и структура рада

Највећи део истраживања је већ спроведен. На основу резултата спроведених истраживања објављена су 2 рада, чији је први аутор кандидат, у часописима са импакт фактором. Тренутно су истраживања у завршној фази у којој се испитује метода додатне компресије резидуала са високим степеном паралелизма.

Поред увода, закључка и листе библиографских референци, рад ће садржати и поглавља са радним називима: поставка проблема, преглед постојећих решења, суштина предложеног решења, детаљи предложеног решења, имплементација предложеног решења, анализа предложеног решења, примена предложеног решења

7. Закључак и предлог

На основу изложеног, Комисија је утврдила да кандидат испуњава све формалне и суштинске услове за израду докторске дисертације под предложеним називом. Стога комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета да кандидату мр Ђорђу Ђурђевићу одобри израду докторске дисертације под називом **"Ефикасна паралелна компресија поља висина"**, под руководством ментора доц. др Игора Тартаље.

У Београду,

Чланови комисије

20.11.2012. године

др Игор Тартаља, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Мило Томашевић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

др Душан Старчевић, редовни професор
Универзитет у Београду – Факултет организационих наука