

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ
НАУКА
ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА
У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној **20.09.2018. године (број одлуке: 01-1/3005-30)** и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној **10.10.2018. године (број одлуке: IV-04-772/6)** којом смо одређени као чланови Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације: **"Убрзање алгоритама за сегментацију биомедицинских слика коришћењем реконфигурабилне хардверске платформе"** у научној области примењена информатика и рачунарско инжењерство кандидата **Ивана Миланковића**, маг. инж. електр. и рачунар.. На основу података којима располажемо достављамо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

У предложеној пријави докторске дисертације, кандидат је дао образложење предмета истраживања наводећи актуелност и допринос истраживања у области примене реконфигурабилне хардверске платформе у биомедицинском инжењерству као алата за убрзање обраде слика.

Реконфигурабилне хардверске платформе имају широку примену у области рачунарства високих перформанси где процесори са више језгара или графичке картице са много језгара не могу да одговоре задацима, а употреба интегрисаних кола дизајнираних према апликацији је прескупа. Ове платформе су показале одличне резултате у обради дигиталних биомедицинских слика и као такве се могу користити у системима где је након аквизиције потребно моментално извршити обраду велике количине биомедицинских слика, чиме процес дијагнозе постаје знатно бржи, а лабораторијски експерименти имају потенцијал да постану знатно јефтинији.

Кандидат је представио актуелна истраживања и предложио програм истраживања у наведеној области који је у складу са савременим научним методама истраживања. Истраживања се базирају на експерименталним истраживањима на расположивој опреми, као и експерименталној поставци која ће бити развијена у оквиру дисертације.

Имајући у виду приказ проблема истраживања, полазне хипотезе и предложене научне методе истраживања приказани нацрт докторске дисертације садржи све елементе који су потребни да би се изради докторске дисертације дао научни допринос значајан за даљи

развој научних истраживања у области убрзања алгоритама за обраду биомедицинских слика.

Веза са досадашњим истраживањима

Научно-истраживачка активност кандидата припада области примењене информатике и рачунарског инжењерства, а уско је везана за аквизицију и обраду биомедицинских сигнала и слика. Такође, кандидат је радио на оптимизацији и убрзању различитих алгоритама применом реконфигурабилне хардверске платформе. То је поткрепљено радовима штампаним у научно-стручним часописима, радовима презентованим на међународним и домаћим научно-стручним скуповима, као и учествовањем у пројектима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Рад у оквиру ове дисертације омогућава кандидату да оствари континуитет у свом истраживачком раду, што поред стручног усавршавања кандидата има за циљ и расветљавање проблематике у поменутој области истраживања.

2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће

Слика представља начин преноса информација. Свака слика се састоји од великог броја корисних информација. Разумевање слике и извлачење корисних информација из исте у циљу испуњења неког задатка представља важну област апликација у обради слика. У пракси, у највећем броју случајева, нису од интереса сви делови слике већ само одређени који имају сличне карактеристике. Један од првих корака ка разумевању слика представља управо сегментација слика.

Сегментација слика је једна од најчешће примењиваних процедура приликом анализе биомедицинских слика. Она такође представља и један од најважнијих задатака приликом обраде слика. У рачунарским наукама сегментација слика представља процес партиционисања слика у већи број сегмената. Ова техника или група техника се односи на дељење слика у регионе са сличним атрибутима. У највећем броју случајева атрибути представљају ниво сиве боје, боје, ивице, карактеристике текстуре или спектрална својства. Главни циљ сегментације слика јесте да упрости начин представљања слике у нешто што има више смисла и да је на тај начин учини једноставнијом за анализу у оквиру процеса обраде слике.

Сегментација слика се најчешће користи за проналажење објеката и граница (линија, кривих и слично) у сликама. Прецизније речено, сегментација слика представља процес додељивања етикете сваком пикселу у слици на тај начин да пиксели са истом етикетом деле одређене карактеристике. Резултат сегментације слика јесте сет сегмената који прекривају читаву слику или сет контура извучених из слике код детектовања ивица. Сваки од пиксела у извученом региону су међусобно слични са становишта одговарајуће карактеристике или прорачунатог својства.

Када се сегментација примени над стеком слика, најчешће биомедицинских слика, резултујуће контуре се могу искористити за креирање тродимензионалне реконструкције уз употребу одговарајућих интерполационих алгоритама. Како би тродимензионална реконструкција била што већег квалитета, потребно је обезбедити велики стек улазних слика, тако да је размак између две суседне слике што мањи. Такође је од велике важности и да слике буду што је могуће боље резолуције.

Сегментација слика има широку и веома значајну употребу и у дигиталној мамографији. Главни циљ научника и истраживача јесте развој софистицираног алата за анализу слика који могу аутоматски да открију сумњиве регионе на мамограмским сликама груди. Овај процес започиње извлачењем региона од интереса на мамограмским сликама груди. Након тога прелази се на откривање сумњивих региона и њихову класификацију. На крају се врши поређење са већ постојећим базама слика. За биомедицинске системе одлучивања је од велике важности обезбеђивање великог скупа података за тренирање.

Време процесирања, како мамограмских слика дојки, тако и стека биомедицинских слика који се користи за тродимензионално реконструисање, може бити ограничавајући фактор. Како би се извршило убрзање процесирања ових слика користе се различите платформе, као што су рачунари високих перформанси са више језгара, платформе са великим бројем језгара као што су графичке картице и реконфигурабилне хардверске платформе.

Предмет рада ове докторске дисертације јесте убрзање алгоритама за сегментацију мамограмских слика дојки и стека биомедицинских слика који се користе за тродимензионално реконструисање употребом реконфигурабилне хардверске платформе. Основни циљеви ове дисертације јесу објашњавање поступка ефикасног пребацивања алгоритама и тока података на реконфигурабилне хардверске платформе, приказ и анализа различитих конфигурација исте платформе као и приказ и анализа постигнутих резултата.

У оквиру израде ове докторске дисертације биће дат опис три алгорита за сегментацију биомедицинских слика. Један алгоритам ће вршити сегментацију мамограмских слика дојки, а два алгорита ће вршити сегментацију стека биомедицинских слика који се користе за тродимензионално реконструисање. Један стек слика ће се састојати од микротомографских слика мишјих плућа, а други стек ће се састојати од слике колена добијених процесом рачунарске томографије. Сва три алгорита ће вршити обраду слика које се користе у реалној биомедицинској пракси.

Очекује се да резултати ове докторске дисертације покажу да је могуће успешно користити реконфигурабилну хардверску платформу у циљу убрзања алгоритама за сегментацију различитих биомедицинских слика. Такође, очекује се да се поред убрзања алгоритама оствари и уштеда електричне енергије употребом реконфигурабилне хардверске платформе.

Основне полазне хипотезе које воде испуњавању циљева ове докторске дисертације настале су као резултат детаљног проучавања досадашњег истраживања и најновијих достигнућа и сазнања у области реконфигурабилних хардверских платформи и њихове

примене у обради биомедицинских слика. На основу тога се дефинишу следеће претпоставке:

- Мамограмске слике дојки су све веће резолуције а и сетови ових слика који се користе за тренирање су све већи
- Стек слика који се користи за тродимензионалну реконструкцију је све већи, односно све је мање растојање између две суседне слике у стеку, а и саме слике су све веће резолуције
- Због све већих сетова биомедицинских слика и све веће резолуције истих потребно је извршити убрзање алгоритама за сегментацију тих слика
- Примена реконфигурабилних хардверских платформи у обради биомедицинских слика даје добре резултате
- На реконфигурабилној хардверској платформи постоји довољно ресурса, односно логичких јединица и дигиталних процесора сигнала како би се алгоритми за обраду биомедицинских слика могли имплементирати

Методe истраживања

У оквиру овог истраживања ће бити описана три алгоритма за сегментацију биомедицинских слика. Један је алгоритам за сегментацију мамограмских слика дојке који има велику примену у раном откривању канцера дојке. Други алгоритам је алгоритам за сегментацију микротомографских слика мишићних плућа у циљу њихове тродимензионалне реконструкције. Трећи алгоритам је алгоритам за сегментацију слике колена добијених процесом рачунарске томографије, такође у циљу њихове тродимензионалне реконструкције.

Такође, биће коришћена и реконфигурабилна хардверска платформа као посебан алат који дозвољава паралелизацију алгоритама на знатно вишем нивоу, односно развој алгоритама у простору, а не у времену као што је то случај са рачунарима високих перформанси. Као програмски језик за дизајнирање реконфигурабилне хардверске платформе биће коришћен MaxJ. Такође, биће дат и детаљан опис пребацивања алгоритама за сегментацију слика са рачунара високих перформанси на реконфигурабилну хардверску платформу, пошто само ефикасно пребацивање гарантује убрзање алгоритама.

Оквирни садржај докторске дисертације

Оквирни план дисертације је конципиран у десет поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Преглед платформи за убрзање алгоритама за сегментацију биомедицинских слика
3. Реконфигурабилна хардверска платформа

4. Системи за аквизицију биомедицинских слика
5. Алгоритми за сегментацију биомедицинских слика
6. Алгоритам за сегментацију мамограмских слика дојке
7. Алгоритам за сегментацију микротомографских слика мишијих плућа
8. Алгоритам за сегментацију слика колена добијених процесом рачунарске томографије
9. Пребацавање алгоритама за сегментацију слика на реконфигурабилну хардверску платформу са постигнутим резултатима
10. Закључна разматрања

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације "**Убрзање алгоритама за сегментацију биомедицинских слика коришћењем реконфигурабилне хардверске платформе**", кандидата **Ивана Миланковића**, са образложеним предметом и циљевима рада, научним доприносима и очекиваним резултатима, насталим детаљном анализом доступних научних радова у научном и стручном смислу оригинална идеја.

4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Кандидат Иван Миланковић ће у својој докторској дисертацији обухватити све елементе савременог научно-истраживачког рада поштујући основне критеријуме науке, научних циљева и метода анализе, имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања. Кандидат ће детаљно проверавати полазне хипотезе анализом обимне литературе и извора, у већини случајева новијег датума.

У достављеној пријави теме, кандидат се служио одговарајућом терминологијом из области која је предмет рада. Дефиниција предмета истраживања је усклађена са основним појмовима, предложеним хипотезама и методама истраживања. Кандидат је показао изразиту способност за селекцију и анализу литературних извора.

Тема докторске дисертације обухвата истраживање веома актуелне и значајне проблематике из области примене реконфигурабилне хардверске платформе у биомедицинском инжењерству као алата за убрзање обраде слика. Обзиром на то да су циљеви истраживања проистекли из запажених недостатака и недовољне изражености проблема, добијени резултати представљали би оригиналан допринос истраживачкој области.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

а. Кратка биографија кандидата

Иван Миланковић је рођен 14.03.1988. године у Горњем Милановцу, Република Србија.

Основно образовање је стекао у Основној школи „Десанка Максимовић“ у Горњем Милановцу као носилац Вукове дипломе. Техничку школу „Јован Жујовић“ завршава 2017. године као носилац Вукове дипломе. Током основног и средњег образовања учествовао је на такмичењима из математике, физике, електротехнике и електронике а највећи успех је освајање петог места на Републичком такмичењу из енергетске електронике.

Основне академске студије је завршио 2011. године на Техничком факултету у Чачку Универзитета у Крагујевцу са просечном оценом 9.44 у току студија и оценом 10 на дипломском испиту и стиче звање дипломирани инжењер електротехнике.

Мастер академске студије је завршио 2012. године на Техничком факултету у Чачку Универзитета у Крагујевцу са просечном оценом 10 и стиче звање мастер инжењер електротехнике и рачунарства.

У новембру 2013. године уписује докторске академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, на студијском програму машинско инжењерство, област примењена информатика и рачунарско инжењерство. Предмет његових истраживања јесу алгоритми за обраду биомедицинских слика и примена различитих хардверских платформи у биомедицинском инжењерству.

Запослен је у истраживачко развојном центру за биоинжењеринг БиоИРЦ од фебруара 2013. године. У периоду од јуна 2014. до јула 2015. године је био запослен на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Учествовао је на два пројекта ресорног Министарства:

- ОИ174028 – „Методe моделирања на више скала са применом у биомедицини“
- ИИИ45005 – „Функционални, функционализовани и усавршени нано материјали“.

Учествовао је и у реализације наставе на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и то на предметима:

- Електротехника са електроником
- Мерење и управљање

б. Научно-истраживачки рад

Као аутор или коаутор објавио је укупно 16 радова у научно-стручним часописима као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима:

M22

1. **Ivan L. Milankovic**, Nikola V. Mijailovic, Nenad D. Filipovic, Aleksandar S. Peulic, Acceleration of Image Segmentation Algorithm for (Breast) Mammogram Images Using High-Performance Reconfigurable Dataflow Computers, Computational and Mathematical Methods in Medicine, Volume 2017, Article ID 7909282, 11 pages, ISSN 1748-670X, DOI 10.1155/2017/7909282, 2017
2. A. M. Milovanovic, B. M. Koprivica, A. S. Peulic, **I. L. Milankovic**, Analysis of Square Coaxial Line Family, The Applied Computational Electromagnetics Society (ACES), Vol. 30, No.1, pp. 99-108, ISSN 1054-4887, 2015

M23

1. N. Mijailovic, R. Vulovic, **I. Milankovic**, R. Radakovic, N. Filipovic and A. Peulic, Assessment of Knee Cartilage Stress Distribution and Deformation Using Motion Capture System and Wearable Sensors for Force Ratio Detection, Computational and Mathematical Methods in Medicine, Volume 2015, Article ID 963746, 8 pages, ISSN 1748-670X, DOI 10.1155/2015/963746, 2015

M24

1. **Milanković Ivan**, Mijailović Nikola, Peulić Aleksandar, Nikolić Dalibor, Končar Igor, Exarchos Themisd, Parodi Oberdane, Filipović Nenad, Softverski i hardverski sistemi za ispitivanje mehaničkih karakteristika abdominalne aorte zahvaćene aneurizmom, FME Transactions, Vol. 43, No. 2, pp. 161-167, ISSN 1451-2092, DOI 10.5937/fmet1502161m, 2015

M33

1. A. Peulic, **I. Milankovic**, N. Mijailovic, Z. Jovanovic, Remotely analyze spine angle in rehabilitation after spine surgery using acceleration and gyro sensors, 2016 13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV), pp. 281-282, ISBN 978-1-4673-8246-5, DOI 10.1109/REV.2016.7444482, Madrid, Spain, 24-26 Feb. 2016
2. **Ivan Milanković**, Vesna Ranković, Miodrag Peulić, Nenad Filipović, Aleksandar Peulić, Diagnosis of Lumbar Disc Herniation using Multilayer Perceptron Neural Network, ICIST 2015 5th International Conference on Information Society and Technology, pp. 210-213, ISBN 978-86-85525-16-2, Kopaonik, Serbia, 8-11 Mar. 2015.
3. Tijana Šušteršič, Nikola Mijailović, **Ivan Milanković**, Nenad Filipović, Aleksandar Peulić, Segmentation and Three-Dimensional Visualization of Brain Tumor and Possibility of Mapping Such Algorithms on High Performance Reconfigurable Computers, ICIST 2015 5th International Conference on Information Society and Technology, pp. 455-459, ISBN 978-86-85525-16-2, Kopaonik, Serbia, 8-11 Mar. 2015.
4. Mijailovic, Nikola; Radakovic, Radivoje; Peulic, Aleksandar; **Milankovic, Ivan**; Filipovic, Nenad, Using force plate, computer simulation and image alignment in jumping analysis, Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 2015 IEEE 15th International Conference on, 4 pages, ISBN 978-1-4673-7982-3, Belgrade, 2-4 Nov. 2015
5. **Milankovic, Ivan**; Peulic, Aleksandar; Ysasi, Alexandra B.; Wagner, Willi L.; Pabst, Andreas M.; Ackermann, Maximilian; Houdek, Jan; Fohst, Sonja; Mentzer, Steven J.;

Konerding, Moritz A.; Filipovic, Nenad; Tsuda, Akira, Acceleration of image filtering algorithms for 3D visualization of murine lungs using dataflow engines, Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 2015 IEEE 15th International Conference on, 5 pages, ISBN 978-1-4673-7982-3, Belgrade, 2-4 Nov. 2015

6. Rankovic, Vesna; **Milankovic, Ivan**; Peulic, Miodrag; Filipovic, Nenad; Peulic, Aleksandar, A fuzzy model for supporting the diagnosis of lumbar disc herniation, Bioinformatics and Bioengineering (BIBE), 2015 IEEE 15th International Conference on, 5 pages, ISBN 978-1-4673-7982-3, Belgrade, 2-4 Nov. 2015
7. **Ivan Milankovic**, Nikola Mijailovic, Jasna Radulovic, Aleksandar Peulic, Nenad Filipovic, DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR ANALYZING THE ELECTROMAGNETIC RADIATION CAUSED BY THE CT SCANNER, 8th International Quality Conference, pp. 893-898, ISBN 978-86-6335-004-5, Kragujevac, Serbia, 23. May 2014
8. Uroš Pešović, **Milanković Ivan**, Jagodić Dijana, Siniša Randić, Model intenziteta globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu, INFOTEH, pp. 204-207, ISBN: 978-99938-624-8-2, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Bosna i Hercegovina, 11. Mar. 2012

M51

1. **Milanković Ivan**, Mijailović Nikola, Končar Igor, Nikolić Dalibor, Filipović Nenad, Peulić Aleksandar, Development of the system for abdominal aortic aneurysm mechanical properties research using 'Bubble inflated' method, Serbian Journal of Electrical Engineering, Vol.10, No.3, pp. 415-423, ISSN 1451-4869, DOI: 10.2298/SJEE131007013M, 2013

M63

1. **Ivan Milanković**, Nikola Mijailović, Igor Končar, Dalibor Nikolić, Nenad Filipović, Aleksandar Peulić, Razvoj sistema za ispitivanje mehaničkih karakteristika tkiva abdominalne aorte zahvaćenog aneurizmom pomoću „Bubble Inflated“ metode, 57th ETRAN Conference, 4 strane, ISBN 978-86-80509-68-6, Zlatibor, 3-6 jun 2013
2. **Ivan Milanković**, Nikola Mijailović, Miodrag Peulić, Vojin Kovačević, Nenad Filipović, Aleksandar Peulić, Dijagnostika lumbalne diskus hernije primenom uređaja za određivanje površinske raspodele pritiska stopala na podlogu, 57th ETRAN Conference, 5 strana, ISBN 978-86-80509-68-6, Zlatibor, 3-6 jun 2013
3. Aleksandar Peulic, **Ivan Milankovic**, Nikola Mijailovic, Nadzor elektromagnetnog polja u radnom i životnom okruženju, Naucno-strucna konferencija s medunarodnim ucešcem "Zaštita životne sredine između nauke i prakse - stanje i perspektive", ISBN 978-99938-846-6-8, Banja Luka, Bosna i Hercegovina, 13. decembar 2013

На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Иван Миланковић, маг. инж. електр. и рачунар., испунио је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

"Убрзање алгоритама за сегментацију биомедицинских слика коришћењем реконфигурабилне хардверске платформе"

прихвати и одобри њену израду кандидату **Ивану Миланковићу**, маг. инж. електр. и рачунар..

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Александар Пеулић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу,

22.10.2018.

КОМИСИЈА



Др Ненад Филиповић, редовни професор – председник комисије
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Ужа научна област: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство



Др Никола Јорговановић, редовни професор
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
Ужа научна област: Аутоматика и управљање системима



Др Владимир Миловановић, доцент
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Ужа научна област: Електротехничко и рачунарско инжењерство