

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Богдана Марковића

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду бр. 1630-18 од 07.11.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Богдана Марковића под насловом

Нов алгоритам за обраду и естимацију позиције рефлексије ласерске линије код профилних скенера на наменској платформи

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Богдан Марковић је 31.01.2023. године пријавио тему за израду докторске дисертације под насловом „Нов алгоритам за обраду и естимацију позиције рефлексије ласерске линије код профилних скенера на FPGA платформи“.

Комисија за студије трећег степена је, на својој седници одржаној 14.02.2023. године, размотрила предлог теме за израду докторске дисертације, и упутила Наставно-научном већу Електротехничког факултета предлог Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

Наставно-научно веће је на својој 883. седници, одржаној 21.02.2023. године, донело одлуку (одлука бр. 335 од 03.03.2023. године), о именовању Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације у саставу:

- др Зоран Чича, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Дејан Ђирић, редовни професор, Универзитет у Нишу – Електронски факултет
- др Ненад Јовичић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

За ментора докторске дисертације предложена је др Јелена Ђертић, ванредни професор.

Јавна усмена одбрана теме докторске дисертације одржана је 20.03.2023. године, пред именованом Комисијом. Комисија је дала оцену „задовољно“. Комисија је предложила да се оригинално предложен наслов теме промени у „Нов алгоритам за обраду и естимацију позиције рефлексије ласерске линије код профилних скенера на наменској платформи“, што је

прихваћено од стране ментора и кандидата, па је тај усаглашен наслов унет у Извештај комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације.

Наставно-научно веће на својој 885. седници одржаној 11.04.2023. године донело одлуку о усвајању Извештаја Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације. За ментора је именована др Јелена Ђертић, ванредни професор Универзитета у Београду – Електротехничког факултета.

Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предложену тему докторске дисертације и именовање ментора на седници одржаној 15.05.2023. године (одлука број 61206-1684/2-23).

Кандидат Богдан Марковић је 23.10.2023. године предао докторску дисертацију на преглед и оцену.

Комисија за студије трећег степена је, на својој седници одржаној 31.10.2023. године, потврдила испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

Наставно-научно веће је на својој 891. седници, одржаној 07.11.2023. године (одлука број 1630-18), именовало Комисију за преглед и оцену докторске дисертације у саставу:

- др Зоран Чича, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Ненад Јовичић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Дејан Ђирић, редовни професор, Универзитет у Нишу – Електронски факултет
- др Милош Бјелић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
- др Ана Гавровска, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

Кандидат Богдан Марковић је уписао докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Телекомуникације, 2012. године. Положио је све испите предвиђене наставним планом и програмом са просечном оценом 10. Други пут је уписао докторске академске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, модул Телекомуникације, 2021. године, при чему су му, одлуком Комисије за студије трећег степена, признати сви претходно положени испити. Испунио је и све друге обавезе везане за студијски истраживачки рад, које су предвиђене наставним планом и програмом докторских академских студија.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада научној области Електротехника и рачунарство, ужа научна област Телекомуникације, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Ментор дисертације је др Јелена Ђертић, ванредни професор Електротехничког факултета, Универзитета у Београду, која има релевантне референце у области теме докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Богдан Марковић рођен је 06.11.1987. године у Ваљеву, Србија. Основну школу „Браћа Недић“ у Осечини је завршио 2002. године као носилац Вукове дипломе, где је освајао бројне награде на општинским и градским такмичењима из математике и физике. Ваљевску гимназију, природно-математички смер, завршио је 2006. године као носилац Вукове дипломе. Учествовао је на бројним градским и републичким такмичењима из математике и физике.

Електротехнички факултет Универзитета у Београду, одсек за телекомуникације и информационе технологије, смер Системско инжењерство, завршио је у јуну 2010. године са просечном оценом 8.82. Дипломски рад под називом „Формирање RINEX датотеке помоћу GPS-а AC12“ одбранио је са оценом 10, чиме је стекао академско звање Дипломирани инжењер електротехнике и рачунарства.

На дипломске академске-мастер студије, смер Системско инжењерство и радио комуникације уписао се у октобру 2010. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Положио је све предмете предвиђене планом и програмом са просечном оценом 9. Мастер рад под називом „Симулација и анализа LPI радарских система Wigner-Ville методом“, одбранио је са оценом 10, чиме је стекао академско звање мастер инжењер електротехнике и рачунарства.

На докторским академским студијама на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, смер Телекомуникације, положио је све предмете предвиђене наставним планом са просечном оценом 10. Аутор је више научних и стручних радова од којих је један објављен у часопису са SCI листе.

Од септембра 2010. године био је запослен у домаћој компанији Bitgear Wireless Design Services d.o.o. где је радио на многобројним пројектима:

- Био је део тима који је радио на Horizon 2020 пројекту „*Ultrawide band indoor positioning system*“ и био задужен за развој новог алгорита за *indoor* позиционирање који је био базиран на технологијама широкопојасног спектра.
- Радио је на развоју новог уређаја за *indoor* позиционирање заснованог на технологији ултразвука у комбинацији са инерцијалним сензорима где је радио на развоју нових алгоритама и обради сигнала.
- Био је део тима који је радио развој ултра-осетљивог AM, FM, SSB и CW SDR (*Software Defined Radio*) радио уређаја у сарадњи са компанијом Ирител из Београда.
- Велики део своје каријере посветио је развоју индустријских профилних скенера где је радио на развоју и имплементацији нових алгоритама за брзу обраду сигнала са индустријских камера на FPGA (*Field Programmable Gate Array*) платформама.
- Радио је на пројекту развоја новог 3D скенера на принципу структуралног светла, при чему је главни задатак био имплементација брзих алгоритама за процесирање 3D облака тачака.
- Радио је на развоју новог медицинског уређаја за лечење малигнух тумора, базираног на ултразвучним сондама где се бавио њиховом синхронизацијом и оптимизацијом таласних облика.
- Радио је на развоју прототипа *VR headset* уређаја последње генерације високе резолуције са екстремно малим временом освежавања слике.

Од маја 2022. године је запослен као сениор инжењер у фирми Tannera technologies d.o.o. где је радио на развоју нових алгоритама за обраду сигнала из области DRM30 стандарда базираног на OFDM технологији.

Од јануара 2023. године је директор фирме „Wenglor sensoric doo Београд“ где је наставио свој рад на истраживању нових алгоритама за обраду сигнала у области рефлексije ласерске линије код профилних скенера.

Говори енглески језик.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација је написана на српском језику, ћириличним писмом. Број страна дисертације, почевши од увода и укључујући списак литературе и прилог је 141. Дисертација садржи 91 слику, 11 табела и 148 референци.

Дисертација се састоји, редом, од: насловне стране на српском језику, насловне стране на енглеском језику, стране са подацима о ментору и члановима комисије, захвалнице, сажетка на српском језику, сажетка на енглеском језику, садржаја, списка слика, списка табела, списка коришћених акронима, посвете, девет нумерисаних поглавља, списка коришћене литературе, прилога, биографије аутора и три изјаве (изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу). Наслови поглавља дисертације су:

1. Увод
2. Профилни ласерски скенери базирани на принципу триангулације
3. Наменски системи за обраду сигнала у реалном времену
4. Преглед постојећих алгоритама за естимацију ласерске рефлексије
5. Примена аутоконволуције у естимацији позиције рефлексије ласерске линије
6. Симулације
7. Имплементација алгорита аутоконволуције на наменском систему
8. Тестирање алгорита у реалним условима рада
9. Закључак

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу дат је кратак увод у област теме докторске дисертације. Дат је кратак преглед развоја профилних скенера. Дат је преглед тренутно актуелних тема у области. Наведени су конкретни проблеми који се решавају у оквиру ове дисертације.

Друго поглавље детаљно објашњава рад профилних ласерских скенера заснованих на принципу триангулације. Описани су поједини склопови система. На основу релевантне литературе, дефинисани су проблеми који потичу од несавршености склопова, а који утичу на перформансе система у целини. Посебно је објашњен феномен засићења (сатурације) ласерске рефлексије, као и појам резолуције која је боља, мања од величине пиксела (*sub-pixel resolution*) јер су то конкретне области у којима је допринос саме дисертације.

У трећем поглављу дат је кратак преглед захтева који се постављају у односу на обраду сигнала у реалном времену на наменским системима. Наведени су типови платформи који се данас користе за обраду сигнала у реалном времену и аргументи за избор конкретне платформе која је коришћена у истраживањима приказаним у оквиру ове дисертације.

Четврто поглавље, уз навођење релевантне литературе, представља свеобухватан приказ алгоритама који се користе за естимацију позиције рефлексије ласерске линије. Обухваћени су једнодимензионални алгоритми (Гаусова апроксимација, центар масе, линеарна интерполација, естиматор параболе, БР полиномска апроксимација), предобрада сигнала филтрима коначне дужине импулсног одзива (FIR), и употребом таласне трансформације (*wavelet*), методе засноване на интерполацији, одређен број двовимензионалних алгоритама. Дат је критички осврт на могућности примене алгоритама у условима рада у реалном времену са великим захтеваним брзинама обраде, као и могућностима за естимацију позиције рефлексије ласерске линије са резолуцијом бољом од величине пиксела у условима сатурације ласерске рефлексије.

У петом поглављу приказан је један од главних резултата саме дисертације а то је примена аутоконволуције као технике предобраде сигнала у естимацији позиције рефлексије ласерске

линије у условима изражене сатурације, и са резолуцијом која је боља од величине пиксела. Дата је математичка основа која верификује могућност постизања добре резолуције. Аутоконволуција се у литератури помиње као алат, техника за процену симетрије на сликама, па се, с обзиром на очекиван симетрични облик рефлексије ласерске линије, показала као добра техника реконструкције рефлексије у условима изражене сатурације. Показано је да се аутоконволуција може успешно комбиновати са алгоритмом центра масе у условима очекиваног рада у реалном времену.

У шестом поглављу приказан је још један значајан резултат саме дисертације, а то је детаљан симулациони модел. Модел укључује све релевантне феномене присутне при естимацији позиције ласерске рефлексије, асиметрију, сатурацију, различите типове шума. При симулацији, узети су у обзир и релевантни параметри циљне наменске платформе. Због тога је посебна пажња посвећена анализи ефеката коначне дужине кодне речи. Резултати добијени симулацијом коришћени су при имплементацији алгоритма на наменској платформи. У прилогу дисертације, графички су приказани резултати за различите комбинације параметара симулације.

У седмом поглављу је приказан кључан допринос тезе, а то је комплетан алгоритам за естимацију позиције рефлексије ласерске линије, заснован на примени аутоконволуције, код профилних скенера на наменској платформи. Детаљно су објашњени кораци у прилагођењу теоријских поставки реалном систему, који су претходно верификовани и кроз симулацију. Алгоритам се, принципски састоји од аутоконволуције као предобраде, а у другом кораку се применом алгоритма центра масе естимира позиција рефлексије ласерске линије. Алгоритам је принципски једноставан, па самим тим погодан за рад у реалном времену. Уместо неког од стандардних FIR филтара, што је решење које се најчешће среће у литератури, у предобради, као метод филтрирања, примењена је аутоконволуција. Аутоконволуција се, на изванредан начин, понаша као филтар прилагодљив променљивој ширини рефлексије, што даје добре резултате за реалне сценарије где се очекује сатурација. С друге стране, FIR филтрирање је погодније за имплементацију на платформама с коначном дужином кодне речи, јер се може реализовати као блок „без множача“ (*multipliers*). У оквиру овог поглавља показано је како се и аутоконволуција може имплементирати „без множача“. Приказани су и други конкретни поступци који су неопходни да би предложени алгоритам заиста био погодан за рад у реалном времену на наменској платформи FPGA (*Field Programmable Gate Array*). У оквиру овог поглавља, дато је и поређење са тренутно актуелним, релевантним имплементацијама приказаним у литератури. Показано је да предложени алгоритам са становишта ефикасности имплементације даје добре резултате, односно има мале захтеве у погледу потребних ресурса на изабраној наменској платформи.

У осмом поглављу приказани су резултати тестирања алгоритма у реалним условима рада. За потребе тестирања, направљено је комплетно окружење које је омогућило варијације параметара. На тај начин омогућено је тестирање у условима великог броја сценарија који се реално срећу у примени профилних скенера.

У деветом поглављу дат је закључак, правци за даља истраживања и преглед најважнијих доприноса дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Нов алгоритам за обраду и естимацију позиције рефлексије ласерске линије код профилних скенера на наменској платформи“ је оригиналан научно-истраживачки рад у области дигиталне обраде једнодимензионалног сигнала рефлексије ласерске линије. Конкретно, алгоритам предложен у дисертацији решава проблем правилне процене позиције

рефлексије у условима сатурације сигнала који, у одсуству адекватне обраде, значајно деградира перформансе система. Тема дисертације је веома актуелна јер су ласерски профилни скенери постали нераздвојни део индустрије 4.0 те је извесно да је област њихове примене широка.

Сам алгоритам предложен у овој дисертацији имплементиран је као низ неколико блокова, независних целина, чиме је остварено модуларно решење погодно за комбинацију и са другим блоковима и прилагодљиво и другим конкретним захтевима.

У делу рада који се односи на теоријску анализу, дати су општи закључци независни од конкретне имплементације алгоритма. Јасно су дефинисани услови које алгоритам намењен за рад у реалном времену, када се захтева велика брзина обраде и велика ефикасност, треба да задовољи.

Симулација развијена у оквиру дисертације укључује све ефекте карактеристичне за обраду рефлексије ласерске линије. Симулација допушта да се разматрани ефекти независно укључују или искључују, чиме је омогућено да се сагледају појединачни и збирни утицаји анализираних феномена на процену позиције рефлексије ласерске линије. Симулација укључује и анализу ефеката коначне дужине кодне речи на релативно општем нивоу, не везујући се за конкретну платформу.

Предложени алгоритам је имплементиран на конкретној наменској платформи али се из резултата теоријске анализе, као и из резултата симулације, може закључити да је лако прилагодљив и за друге сличне платформе за рад у реалном времену у условима у којима се захтева велика брзина обраде и велика ефикасност.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

При изради докторске дисертације, кандидат је користио релевантну литературу, која се односи на конкретан проблем естимације позиције рефлексије ласерске линије, неке друге алгоритме који су разматрани као кандидати за предобраду сигнала рефлексије ласерске линије, као и на проблеме анализе коначне дужине кодне речи и имплементације алгоритма за рад у реалном времену. Укупно је наведено 148 референци, које су поменуте у тексту дисертације на адекватан начин, највише у поглављима два и четири која, сама за себе, представљају и преглед литературе. Већина наведених референци су из реномираних међународних часописа и из зборника релевантних конференција, а коришћене су и веб референце. Велики број референци у којима се разматрају конкретна решења су из последњих неколико година, а део референци који се односи на класичне алгоритме који се користе у обради сигнала рефлексије ласерске линије је нешто старији. С једне стране, постојање релативно нових референци, указује на значај теме и указује на то да у овој области и даље постоје отворена питања, а с друге стране, постојање и нешто старијих референци указује да ова област има упориште у класичној обради сигнала.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У току истраживања које је резултовало овом дисертацијом, кандидат је користио методе уобичајене за научну област дисертације:

- Анализа релевантне литературе из области дигиталне обраде сигнала рефлексије ласерске линије.
- Сагледавање и дефинисање конкретних проблема за које не постоји довољно добро решење у постојећој литератури.
- Анализа литературе из шире области дигиталне обраде сигнала, с идејом мултидисциплинарног приступа и проналажења адекватних алгоритма који би били

применљиви у обради специфичног једнодимензионалног сигнала као што је једна линија ласерске рефлексије.

- Критичко сагледавање расположивих алгоритама из перспективе применљивости у условима захтеваног рада система у реалном времену.
- Развој свеобухватног модела на принципима *Monte Carlo* симулације.
- Тестирање развијеног оригиналног алгорита кроз симулацију и кориговање односно подешавање параметара алгорита.
- Модификација предложеног оригиналног алгорита према захтевима хардверске платформе.
- Хардверска имплементација на наменској FPGA (*Field Programmable Gate Array*) платформи.
- Верификација поређењем измерених вредности на реализованој платформи са резултатима симулације.
- Верификација поређењем са резултатима приказаним у литератури.

Набројане методе се уобичајено користе у области развоја алгоритама дигиталне обраде сигнала са применом у телекомуникацијама, што је научна област ове дисертације. Методе у потпуности одговарају стандардима научно-истраживачког рада.

3.4. Применљивост остварених резултата

Главни резултат докторске дисертације, нов алгоритам за обраду и естимацију позиције рефлексије ласерске линије, представља заокружено решење које је у фази тестирања већ имплементирано у конкретан систем профилног скенера. Основне предности предложеног алгорита су:

- Добре перформансе у погледу тачности естимације, поготово у условима изражене сатурације рефлексије ласерске линије са променљивом ширином рефлексије.
- Велика ефикасност у погледу брзине и заузећа хардверских ресурса што га чини погодним за потенцијално комбиновање са алгоритмима постобраде.

Иако је алгоритам имплементиран на конкретној FPGA платформи, значај истраживања је далеко шири јер је анализа алгорита, како кроз аналитички поступак тако и кроз поступак свеобухватне симулације, општа и не укључује претпоставке о специфичностима платформе.

Добијени резултати отварају нове правце истраживања, преваходно у примени неког од алгоритама који у обзир узимају и суседне линије слике, односно делимичног усложњавања система у циљу постизања боље тачности, по цену нешто редуковане ефикасности.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Упоредо са својим докторским студијама, кандидат Богдан Марковић је изградио веома успешну каријеру радећи на бројним пројектима из домена примене дигиталне обраде сигнала у различитим областима телекомуникација. Кандидат је показао све особине неопходне за успешан научно-истраживачки рад, а пре свега методичност, критичко размишљање, способност да јасно дефинише отворене проблеме, одлично познавање математичких алата који се стандардно користе у дигиталној обради сигнала и телекомуникацијама, добро познавање релевантне литературе, изузетну креативност у проналажењу потпуно нових решења и комбиновању и модификацији постојећих решења. Кандидат је и при писању научних радова а и кроз сам текст дисертације показао способност да резултате истраживања прикаже на начин адекватан за научну област којом се бави. Кандидат је у току својих докторских студија показао велику самосталност у раду, уз истовремену спремност да у дијалогу са ментором, члановима комисије и колегама унапреди свој или заједнички рад.

Из свега наведеног, констатујемо да је кандидат достигао висок степен способности за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Најважнији научни доприноси ове дисертације су:

- Критичко сагледавање великог броја алгоритама који се потпуно или делимично користе у обради сигнала рефлексије ласерске линије из позиције применљивости у условима рада у реалном времену, када се захтева велика брзина обраде и висока ефикасност решења,
- Примена аутоконволуције као предфилтра, што резултује смањеном грешком естимације у поређењу с другим решењима,
- Детаљан симулациони модел који обухвата велики број реалних случајева и даје основу за развој нових алгоритама или поређење перформанси постојећих и будућих алгоритама,
- Нов алгоритам за обраду и естимацију позиције ласерске рефлексије на профилним скенерима у условима засићења, односно проширење граница где други алгоритми дају лоше резултате или престају са радом у потпуности,
- Потпуна верификација предложеног алгоритма извођењем аналитичких израза, као и имплементацијом комплетног алгоритма на наменској платформи,
- Мултидисциплинарни приступ, односно могућност да се резултати тезе искористе и у другим сличним применама, као што је и идеја да се у овој тези искористи аутоконволуција преузета из друге, донекле различите, области.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Као што је већ речено, обрада сигнала рефлексије ласерске линије је веома актуелна због великог броја савремених индустријских апликација где се користе ласерски профилни скенери. Самим тим, у литератури постоје радови у реномираним часописима и на релевантним конференцијама који се баве темом на коју се односи и ова дисертација. Као први корак, спроведена је опсежна анализа различитих типова алгоритама за естимацију позиције рефлексије ласерске линије. Критички је сагледано који од алгоритама уопште долазе у обзир, с обзиром на то да је фокус ове дисертације на систему прилагођеном за рад у реалном времену. Додатно, истраживања су усмерена у правцу решавања проблема тачне естимације у условима засићења сигнала, јер за овај конкретан реалан проблем у литератури није постојало потпуно адекватно решење. Развијен је нов алгоритам који је робустан и даје добре резултате у условима засићења сигнала а у присуству и других реалних карактеристичних ефеката, као што су асиметрија и различите врсте шума. Алгоритам се, принципски, састоји од два блока, предобраде и саме процене позиције рефлексије ласерске линије. Као потпуно ново, оригинално решење за блок предобраде сигнала изабрана је аутоконволуција, за коју је у комбинацији са алгоритмом центра масе показано да даје добре резултате. При том је сама аутоконволуција прилагођена специфичностима сигнала једне линије ласерске рефлексије која се може посматрати као једнодимензионални сигнал одређених карактеристика.

Да би предложен алгоритам био заиста применљив у условима рада у реалном времену, било је потребно модификовати га тако да се значајно редукује број множача инхерентно присутних код аутоконволуције. Ова модификација је успешно реализована на основу детаљне симулације ефеката квантизације, трансформисањем сваког множача у низ од неколико операција померања и сабирања.

Као крајњи резултат, добијен је изузетно ефикасан систем који је, због малог заузећа хардверских ресурса погодан за надоградњу или комбинацију са другим алгоритмима у даљим етапама обраде и формирања слике са профилних скенера.

Предложени алгоритам даје веома добре резултате, што је потврђено симулацијама и мерењима у тест окружењу, као и поређењем перформанси у погледу ефикасности са алгоритмима из литературе. Квалитет предложеног решења потврђен је и публикавањем три научна рада која се директно односе на тему дисертације од којих је један објављен у часопису са SCI листе а два на међународним конференцијама.

4.3. Верификација научних доприноса

У оквиру истраживачког рада у области теме докторске дисертације Богдан Марковић објавио је као аутор или коаутор три рада која се непосредно односе на тему дисертације и то један рад у часопису са SCI листе и два рада на међународним конференцијама.

Категорија M23:

1. **Marković, B.R.** and Čertić, J.D., “Improving Sub-pixel Estimation of Laser Stripe Reflection Center by Autoconvolution on FPGA”, *Journal of Circuits Systems and Computers*, vol. 31, no. 4, pp. 2250063-1 – 2250063-15, 2022, (IF=1.278), (ISSN 0218-1266) (DOI: 10.1142/S0218126622500633).

Категорија M33:

1. **Marković, B.R.** and Čertić, J.D., “Simulation of the Laser Stripe Reflection in Sub-Pixel Estimation with Autoconvolution Algorithm,” *2022 30th Telecommunications Forum (TELFOR)*, Belgrade, Serbia, 2022, pp. 05_15.1-4, (Electronic ISBN: 978-1-6654-7273-9) (DOI: 10.1109/TELFOR56187.2022.9983764).
2. **Marković, B.R.**, Bjelić, M., Stanojević, M., and Čertić, J.D., “Efficient Implementation of the Half-band FIR based Multistage Decimator”, *Proceedings of 4th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, IcETRAN 2017*, Kladovo, Serbia, June 05-08., pp. EKI2.2.1-4, (ISBN 978-86-7466-692-0).

Осим ова три рада, у досадашњем раду, кандидат је објавио још три рада из области дигиталне обраде сигнала, што је ширира област дисертације.

Категорија M51:

1. **Marković, B.R.** and Čertić, J.D., “FPGA Realization of Farrow Structure for Sampling Rate Change”, *Serbian Journal of Electrical Engineering*, vol. 13, no. 1, pp. 83-93, February 2016, (eISSN 2217-7183) (DOI: 10.2298/SJEE1601083M).

Категорија M33:

1. **Marković, B.R.** and Čertić, J.D., “Efficient Realization of Farrow Structure For Sampling Rate Change On FPGA Platform”, *Proceedings of 2th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, IcETRAN 2015*, Srebrno Jezero, Serbia, June 08-11., pp. EKI1.3.1-5, (ISBN 978-86-80509-71-6 2015), награда за најбољи рад младог аутора.
2. Živković, D.S., **Marković, B.R.**, Rakić, D. and Tadić, S., “Design Considerations and Performance of Low-Cost Ultrasonic Ranging System” *2013 10th Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC)*, Dresden, Germany 2013, pp. 6533274.1-6, (DOI: 10.1109/WPNC.2013.6533274).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација Богдана Марковића „Нов алгоритам за обраду и естимацију позиције рефлексије ласерске линије код профилних скенера на наменској платформи“ написана је у складу са образложењем наведеним у пријави теме. Дисертација испуњава све формалне и суштинске захтеве дефинисане Законом о високом образовању и релевантним актима Универзитета у Београду и Електротехничког факултета.

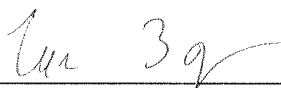
Комисија констатује да докторска дисертација „Нов алгоритам за обраду и естимацију позиције рефлексије ласерске линије код профилних скенера на наменској платформи“ Богдана Марковића, садржи оригиналне научне доприносе.

Докторска дисертација бави се актуелном темом дигиталне обраде сигнала рефлексије ласерске линије. Кандидат је у оквиру дисертације приказао оригиналан алгоритам за процену позиције рефлексије ласерске линије који је у погледу оствариве резолуције и ефикасности бољи у односу на решења позната у литератури. Резултати су верификовани на начине уобичајене у научном раду, кроз аналитички прорачун, кроз симулацију и кроз мерења у тест окружењу. У току истраживања у оквиру дисертације, кандидат је показао велику способност за самосталан научни рад, што је потврђено и објављивањем једног рада у часопису са SCI листе и два рада на међународној конференцији који се директно односе на тему дисертације.

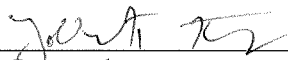
Имајућу у виду све наведено, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Нов алгоритам за обраду и естимацију позиције рефлексије ласерске линије код профилних скенера на наменској платформи“ кандидата Богдана Марковића прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 03.01.2024. године

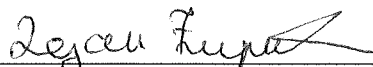
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



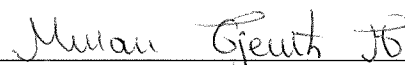
др Зоран Чича, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Ненад Јовичић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Дејан Тирић, редовни професор
Универзитет у Нишу – Електронски факултет



др Милош Бјелић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Ана Гавровска, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет