

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

### ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Кованцић Небојша Марко
Датум и место рођења	16.01.1974, Алексинац, Србија

### Основне студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Машински факултет
Студијски програм	Машинско инжењерство
Звање	Дипломирани инжењер машинства
Година уписа	1993
Година завршетка	2003
Просечна оцена	7,54

### Магистарске студије

Универзитет	
Факултет	
Студијски програм	
Звање	
Година уписа	
Година завршетка	
Просечна оцена	
Научна област	
Наслов завршног рада	

### Докторске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Машински факултет
Студијски програм	Машинско инжењерство 2014
Година уписа	2010
Остварен број ЕСПБ бодова	150
Просечна оцена	10.00

### НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације	Оптимално препознавање и локализација извора звука применом метода вештачке интелигенције
Име и презиме ментора, звање	др Властимир Николић, редовни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	8/20-01-002/19-021 од 25. 02.2019.

### ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	164
Број поглавља	9
Број слика (шема, графикона)	85
Број табела	3
Број прилога	-

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ

Примљено: 06.11.2019.			
Орг.јед.	Број	Прилог	Вредности
	60-80	392	1/19



**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА  
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p><b>Kovandžić, M., Nikolić, V., Al-Noori, A., Ćirić, I., Simonović, M., Near field acoustic localization under unfavorable conditions using feedforward neural network for processing time difference of arrival</b>, Expert Systems With Applications, 2017, 71, 138-146. doi: 10.1016/j.eswa.2016.11.030</p> <p><i>У овом раду истражени су потенцијали вештачких неуронских мрежа у решавању проблема хиперболичног позиционирања, који настаје као резултат одређивања просторне позиције објекта на основу кашњења међу сигнаlima прикупљеним на различитим просторним позицијама у околини извора звука. Проблем додатно компликују поремећаји, различитог порекла који, у реалним условима, не могу бити избегнути. Уз помоћ великог броја акустичних узорака, испитане су перформансе система у погледу поставке сензора, конфигурације мреже и параметара за њено тренирање, ради проналажења оптималне конфигурације. Експеримент даје корисне смернице за практичну реализацију вештачких система за локализацију извора звука. Поступак не захтева експертско знање због чега је прихватљив широком кругу корисника.</i></p>	M21
2	<p><b>Simonović M., Kovandžić M., Nikolić V., Stojčić M., Knežević D., Artificial Neural Network Application for Temporal Properties of Acoustic Perception</b>, Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering, 2019, accepted</p> <p><i>У овом раду је приказана примена вештачке неуронске мреже за одређивање темпоралних карактеристика код акустичке перцепције. Акустичко перцепција је прилично добро објашњена у литератури али је недовољно примењена у пракси.. Коришћење вештачких неуронских мрежа је јако погодно за процесирање акустичких сигнала али је потребно реализовати процедуру која подразумева прикупљање односно аквизицију података, филтрирање, издвајање карактеристика и категоризацију акустичних сигнала. Представљен је експеримент који потврђује теоријске претпоставке да темпорална резолуција акустичке перцепције, коришћењем вештачких неуронских мрежа, веома зависи од процедуре издвајања карактеристика акустичких сигнала. Експеримент истражује два елементарна процеса акустичке перцепције: акустичко препознавање и акустичку локализацију. У оба случаја се уводи вештачка неуронска мрежа као алат за процесирање сигнала због своје једноставности, универзалности и одличних перформанси.</i></p>	M24
3	<p><b>Kovandžić, M., Nikolić, V., Simonović, M., Ćirić, I., Al-Noori, A., Soft robot positioning using artificial neural network</b>, Facta Universitatis, Series: Automatic Control and Robotics, 2019, 18 (1), 19 – 30. doi:10.22190/FUACR1901019K</p> <p><i>У овом раду је приказан експеримент који истражује перформансе вештачких неуронских мрежа у решавању инверзног кинематичког проблема код меког (еластичног) робота. За ову потребу, конструисан је једноставни меки робот, од градивних блокова који су нанизани на три гумена црева и покретачког система за обезбеђивање хидрауличног притиска. Аксијална деформација једног од црева, изазвана повећањем притиска, док су друга два црева у опуштеном стању, доводи до савијања робота. За моделирање понашања робота примењена је вештачка неуронска мрежа која је тренирана помоћу скупа улазно-излазних података. Показало се да је грешка позиционирања у оквиру прихватљивих граница чиме је оправдана примена вештачких неуронских мрежа за управљање меким роботима.</i></p>	M51
4	<p><b>Kovandžić, M., Miltenović, A., Application Of Triz Method For Improvement Of Black Welded Tubes Classification Process</b>, Machine Design, 2016, 8, 27-32. <a href="http://www.mdesign.ftn.uns.ac.rs/download/v8n1/p5.pdf">http://www.mdesign.ftn.uns.ac.rs/download/v8n1/p5.pdf</a></p> <p><i>Овај рад презентује примену систематске процедуре за решавање техничких проблема (руски Теорија решенија изобретатељских задатака-ТРИЗ) за унапређење поступка класификације црних шавних цеви. Полазно стање подразумевало је класификацију цеви од стране људског оператора на бази непосредног опажања. Ефикасност поступка је често нарушавана због опадања форме и концентрације оператора. Применом ТРИЗ методе, одлучено је о предузимању неколико акција које су водиле олакшавању процеса и смањењу умора.</i></p>	M52



	<i>Ове акције су имале за последицу очување радних способности оператора у дужем временском интервалу. На крају је процес класификације комплетно аутоматизован чиме је људски фактор елиминисан из процеса.</i>	
5	<p><b>M. Kovandžić, V. Nikolić, R. Nikolić, M. Stojičić, D. Knežević: Temporal Properties of Acoustic Perception by Artificial Neural Networks using Standard Computer Equipment, Proceedings of XIV International Conference on Systems, Automatic Control and Measurements, ISBN 978-86-6125-205-1 (FEE), SAUM 2018, Niš, November 14-16, 2018, 215-219</b></p> <p><i>Акустична перцепција је добро описана у литератури али је недовољно примењена и потврђена у пракси. Експериментални резултати су одлични али многа питања остају отворена када дође до примене у реалним условима. Коришћење неуронских мрежа омогућава да процесирање акустичних сигнала буде веома добро са математичког становишта. Међутим, велики посао треба урадити да би то било могуће. Та процедура укључује аквизицију података, филтрирање, избор узорака. Ове технике захтевају много више ресурса у односу на неуронску мрежу и представљају ограничавајући фактор за имплементацију. Овај рад истражује и описује потпуну процедуру акустичне перцепције у односу на време и идентификацију ограничења.</i></p>	M33

### ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета.

ДА НЕ

Кандидат је дипломирани машински инжењер, има одобрену тему докторске дисертације, објавио је већи број научних и стручних радова и поднео докторску дисертацију одговарајуће садржине, обима и квалитета, у складу са одобреном темом докторске дисертације.

### ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације

Разматрана теза састоји се из 9 поглавља којима претходе резиме на српском и енглеском језику, списак кључних речи, садржај и листе табела и слика. На крају се налази списак са 127 референци.

Уводно поглавље објашњава мотив предузетог истраживања, његов предмет и циљ и даје уводне напомене о примењеним методама. На крају овог дела дат је кратак преглед садржаја дисертације.

Друго поглавље посвећено је теоретској анализи вештачке интелигенције, са акцентом на рачунској интелигенцији због њеног значаја на предмет дисертације. Објашњени су основни методи вештачке интелигенције и дата њихова општа класификација, на основу приступа решавању проблема. За различите класе вештачке интелигенције представљени су репрезентативни алгоритми.

Након теоретске анализе, као најефикасније средство за обраду података, у поступцима акустичне опсервације, изабране су вештачке неуронске мреже. Због тога треће поглавље дисертације објашњава структуру и принцип функционисања неуронских мрежа, даје њихову класификацију и објашњава основне методе за њихово обучавање на основу скупа експерименталних података.

Четврто поглавље посвећено је еволуционом рачуну пошто је примењен за конфигурацију поступка предобраде сигнала приликом акустичне опсервације. Дат је преглед основних оператора и смернице за успешно извођење еволуционих алгоритама. Објашњена је подела, на 4 опште категорије, у зависности од примењених оператора и намене еволуционих алгоритама.

Препознавање акустичних извора разматрано је у петом поглављу. У првом делу су разматрани основни перцептивни квалитети и механизми којима се користе жива бића у сврху акустичног препознавања. У наставку су објашњена техничка средства и методе акустичног препознавања, по правилу инспирисане способностима живих бића. На крају поглавља описан је експеримент акустичног препознавања, предузет у оквиру научноистраживачког рада, презентовани резултати примене вештачких неуронских мрежа и одговарајући закључци.

За потребе овог експеримента снимљено је и прикупљено 685 дигиталних узорака звука, на стандардној фреквенцији од 44.1 kHz у трајању од 1s. Ради симулирања различитих нивоа апстракције узорци звука су припадали трима различитим категоријама – цврчак као један од симбола акустичне комуникације међу инсектима, мува као један од најчешћих инсеката које човек сусреће па постоје потенцијали практичне примене њихове детекције и узорци звука различитог порекла (људски глас, животиње, природни феномени, возила, машине,...)



Шесто поглавље посвећено је акустичној локализацији. Описани су основни физички феномени и методе локализација извора звука од стране живих бића и вештачких направа. Преглед базичних метода за локализацију извора звука праћен је прегледом поступака за предобраду акустичних сигнала намењених овој сврси. На крају поглавља описан је експеримент акустичне локализације предузет у оквиру истраживачког рада, презентовани су резултати експеримента са применом вештачких неуронских мрежа, применом генетског алгорита за оптимизацију путање извора звука и на основу њих, донети закључци.

За потребе овог експеримента коришћена су два модела.

Први модел је сачињен од 12 паралелно везаних минијатурних звучника, сваки смештен у центру странице правилног додекахедрона.

Други модел је састављен од пинг-понг лоптице у којој је смештен минијатурни вибрациони мотор тако да, ударајући у њене зидове, производи акустичне вибрације. Снимљено је преко 2000 узорака, уз помоћ 8 просторно распоређених микрофона, и сваком од њих придружене су одговарајуће просторне координате добијене ласерским мерењем.

Утицај поремећаја као и репрезентативне методе предобrade сигнала које за циљ имају смањење овог утицаја на тачност акустичне опсервације разматрани су у седмом поглављу. Подаци сакупљени у експериментима акустичне опсервације, представљеним у два претходна поглавља, употребљени су за извођење експеримента са методама предобrade акустичног сигнала.

Предложен је општи метод за конфигурисање поступка предобrade акустичних сигнала и презентовани позитивни ефекти његове примене.

Други део експеримента описаног у петом поглављу је овде презентован са циљем испитивања робустности постигнутог решења у односу на присуство поремећаја и мерама намењених превенцији њиховог утицаја. Употребом дигиталног филтера другог реда са неограниченим импулсним одзивом приметно је смањена грешка препознавања како у зонама корелисаног утицаја тако и у зонама утицаја случајног шума.

У овом поглављу је урађен још један додатни експеримент са циљем конфигурисања комплетног поступка предобrade сигнала намењених акустичкој локализацији у блиском пољу. Показано је да правилан избор конфигурационих параметара обезбеђује драстично смањење грешке израчунатих кашњења међу сигнаlima и тиме омогућује локализацију извора у блиском пољу.

У осмом поглављу предложен је модел хибридног ситема за акустичну опсервацију пројектован у складу са принципима ефикасности, једноставности и универзалности. Модел остварује стратегију опсервације комбиновањем различитих метода вештачке интелигенције са циљем прикупљања што веће количине корисних информација о посматраном објекту. На крају је предвиђена и пост обрада резултата акустичке локализације применом Калмановог филтра.

Применом репрезентације знања уз помоћ правила омогућено је ефикасно контролисање поступка акустичке перцепције каоја укључује интеракцију између различитих метода. Смештањем различитих стратегија акустичке перцепције и одговарајућих конфигурационих параметара у базу података остварена је универзалност поступка.

Последње поглавље резервисано је за извођење општих закључака истраживачког рада и представљање планова даљег истраживања на пољу акустичне опсервације околине применом метода вештачке интелигенције.



## ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

### Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације

Циљеви постављени у пријави докторске дисертације су остварени, уз поштовање предложеног оквирног садржаја.

Истраживања су по садржају обухватила више актуелних научноистраживачких праваца. Систематизовано је сазнање о феномену акустичне опсервације које потиче из најразличитијих научних дисциплина. Осим саме интерпретације сигнала обрађене су и пратеће теме као што су прикупљање, предобрада и постобрада сигнала. Анализа интелигентних алгоритама истакла је ефикасност вештачких неуронских мрежа у интерпретацији акустичних сигнала док је за одређивање адекватних вредности конфигурационих параметара, примењен еволуциони рачун. Због тога је, у зрелој фази истраживања, фокус усмерен ка овим методама рачунске интелигенције.

У складу са резултатима анализе осмишљени су поступци акустичне опсервације намењени препознавању извора звука и његовој локализацији у непосредној околини. Робустност опсервације, у реалним условима, обезбеђена је јединственим поступком предобраде акустичних сигнала. Примена овог поступка предвиђена је у оквиру алгоритма стохастичке оптимизације који се обавља на основу скупа расположивих узорака.

Тестирање поступака извршено је независно у експерименталном окружењу креираном за ову намену. Резултати су доказали да се применом вештачке интелигенције може извршити успешно препознавање и локализација извора звука, у реалним условима, уз утрошак скромних ресурса. На крају је демонстрирана могућност реализације хибродног система, оствареног комбиновањем предложених поступака помоћу елемената логичког расуђивања, са циљем повећања количине информација о предмету акустичне опсервације.

### Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације

Обрађивана тема докторске дисертације је веома значајна и актуелна, како у научном смислу, тако и смислу практичне применљивости. Поднета докторска дисертација представља оригиналан и вредан научни и стручни допринос кандидата. Научни допринос разматраног рукописа и објављених радова се пре свега огледа у следећем:

- Развој система за аквизицију и обраду акустичних сигнала намењених препознавању
- Развој система за аквизицију и обраду акустичних сигнала намењених локализацији у блиском пољу
- Развој алгоритма за препознавање (категоризацију) звука на основу амплитудно-фреквентног спектра
- Развој система за локализацију извора звука, у блиском пољу, на основу кашњења међу сигналима регистрованим на различитим просторним позицијама
- Развој адаптивног алгоритма, универзалне примене, за конфигурисање предобраде акустичних сигнала са циљем унапређења тачности акустичне опсервације.
- Развој хибродног система са циљем проширења спектра информација о објекту опсервације.

### Оцена самосталности научног рада кандидата

Кандидат дипл.инг Марко Кованџић је показао значајно теоријско и практично знање, као и висок ниво самосталности, систематичности и креативности у бављењу научно-истраживачким радом. Кандидат је приказао детаљну, свеобухватну и квалитетну анализу постојеће научне литературе из области теме докторске дисертације. Познавање литературе и стечена знања из више области је искористио да на креативан начин осмисли, формулише и примени научни приступ за развој система вештачке интелигенције намењених опсервацији акустичних сигнала. Креирао је одговарајуће симулационо окружење које омогућава развој и примену предложених метода.

Неки од научних резултата представљених у разматраној тези презентирани су у оквиру научних радова који су штампани у часописима и представљени на конференцијама.



## ЗАКЉУЧАК

На основу прегледа поднете радне верзије докторске дисертације и увидом у објављене научне радове кандидата, чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације закључују следеће:



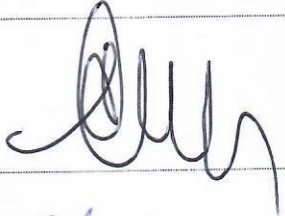


- Поднети рукопис одговара теми докторске дисертације одобреној од стране Наставно научног већа Машинског факултета у Нишу и Научно стручног већа Универзитета у Нишу;
- Докторска дисертација представља оригиналан и вредан научни и стручни допринос веома актуелној и значајној проблематици опсервације звука у реалним условима применом метода вештачке интелигенције
- Научни допринос и оригиналност дисертације показани су објављивањем већег броја радова;
- Докторска дисертација је адекватно конципирана и технички квалитетно урађена;
- Резултати приказаног научног рада имају висок степен општости и применљивости;
- Кандидат поседује висок ниво теоријских и практичних знања из више области потребних за решавање комплексних проблема опсервације звука применом метода вештачке интелигенције и добро је упознат са досадашњим научним достигнућима;
- Кандидат је показао висок ниво самосталности и систематичности у бављењу научно-истраживачким радом, као и креативан приступ формулацији и решавању разматраних проблема.

Имајући у виду напред наведено, Комисија предлаже Наставно научно већу Машинског факултета у Нишу да се поднети рукопис кандидата **Марка Кованџића**, дипломираног машинског инжењера, под називом:

### „ОПТИМАЛНО ПРЕПОЗНАВАЊЕ И ЛОКАЛИЗАЦИЈА ИЗВОРА ЗВУКА ПРИМЕНОМ МЕТОДА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ“

прихвати као докторска дисертација, а кандидат позове на усмену јавну одбрану.

## КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовању Комисије		НСВ број 8/20-01-007/19-022	
Датум именовања Комисије		30.10.2019.	
Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	др Милош Симоновић, доцент	председник	
	Аутоматско управљање и роботика (Научна област)	Машински факултет Универзитета у Нишу (Установа у којој је запослен)	
2.	др Властимир Николић, редовни професор	ментор	
	Аутоматско управљање и роботика (Научна област)	Машински факултет Универзитета у Нишу (Установа у којој је запослен)	
3.	др Драган Антић, редовни професор	члан	
	Аутоматика (Научна област)	Електронски факултет Универзитета у Нишу (Установа у којој је запослен)	
4.	др Иван Ћирић, доцент	члан	
	Аутоматско управљање и роботика (Научна област)	Машински факултет Универзитета у Нишу (Установа у којој је запослен)	
5.	др Жарко Ђојбашић, редовни професор	члан	
	Аутоматско управљање и роботика (Научна област)	Машински факултет Универзитета у Нишу (Установа у којој је запослен)	

Датум и место:  
У Нишу, новембра 2019.