

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

## ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Павловић, Гордана, Милан
Датум и место рођења	18.09.1986. године, Ниш

## Основне студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Машински факултет
Студијски програм	Машинско инжењерство
Звање	Инжењер машинства – мехатроника
Година уписа	2005.
Година завршетка	2010.
Просечна оцена	9,00

## Мајстер студије, магистарске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Машински факултет
Студијски програм	Машинско инжењерство
Звање	Мајстер инжењер машинства – мехатроника
Година уписа	2005.
Година завршетка	2010.
Просечна оцена	9,00
Научна област	Машинско инжењерство
Наслов завршног рада	Модели система за убризгавање горива код дизел мотора

## Докторске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Машински факултет
Студијски програм	Машинско инжењерство
Година уписа	2010.
Остварен број ЕСПБ бодова	150
Просечна оцена	9,67

## НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације	Примена интелигентних система машинске визије код аутономног управљања железничким возилима
Име и презиме ментора, звање	др Властимир Николић, редовни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	НСВ број 8/20-01-003/19-014 , 1.4.2019. године

## ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	247	МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ Приймљено: 15.7.2020. Број Прилог Вредности 612-80-134/2020
Број поглавља	11	
Број слика (шема, графикана)	149	
Број табела	12	
Број прилога	-	



**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>Milan Pavlović, Ivan Ćirić, Danijela Ristić-Durrant, Vlastimir Nikolić, Miloš Simonović, Milica Ćirić, Milan Banić, Advanced Thermal Camera Based System For Object Detection On Rail Tracks, Thermal Science, 2018, Vol. 22, Suppl. 5, pp. S1-S11</p> <p><i>Кратак опис садржине (до 100 речи)</i></p> <p>У овом раду је представљен напредни систем за детекцију објеката на колосеку, заснован на термовизијској камери. Овај систем садржи напредни алгоритам за обраду слике како би се постигла већа поузданост и робустност, а рад система је тестиран на сету термовизијских слика снимљених у ноћним условима. Прво, детектован је колосек како би се одредио регион од интереса, а затим је у наведеном региону извршена детекција објекта. Поред тога, употребом овог система, извршена је оцена растојања од камере до детектованог објекта, применом методе хомографије, са максималном грешком оцене од 2%.</p>	M22
2.	<p>Milan Pavlović, Vlastimir Nikolić, Miloš Simonović, Vladimir Mitrović, Ivan Ćirić, Edge Detection Parameter Optimization Based on the Genetic Algorithm for Rail Track Detection, FACTA UNIVERSITATIS Series: Mechanical Engineering, Vol. 17, No 3, 2019, pp. 333 - 344</p> <p><i>Кратак опис садржине (до 100 речи)</i></p> <p>У овом раду је представљена примена генетског алгоритма за одређивање оптималне вредности параметра <i>Canny</i> детектора ивица, у циљу боље детекције колосека. У првом делу рада, коришћењем генетског алгоритма, одређена је висока вредност прага, док је ниска вредност прага израчуната коришћењем <i>Otsu</i> методе. Како резултати детекције колосека нису били задовољавајући, у другом делу рада су, применом новог генетског алгоритма, одређене обе вредности прага. Овај метод је тестиран на сету термовизијских слика, снимљених у ноћним условима, а резултати су показали да је квалитет детекције бољи, а грешка мања, у случају коришћења генетског алгоритма за одређивање оптималних вредности оба прага.</p>	M24
3.	<p>M. Pavlović, V. Mitrović, I. Ćirić, B. Petrović, V. Nikolić, M. Ćirić, M. Simonović, Determination of Optimal Parameter for Edge Detection Based on Genetic Algorithm, Proceedings of XIV International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements, Niš, Serbia</p> <p><i>Кратак опис садржине (до 100 речи)</i></p> <p>У овом раду је представљено одређивање оптималне вредности високог прага за <i>Canny</i> детектор ивица, коришћењем генетског алгоритма. Главни циљ је био одредити вредност високог прага, тако да грешка детекције колосека има минималну вредност. Вредност ниског прага се израчунава <i>Otsu</i> методом. Ефикасност развијене методе тестирана је на сету термовизијских слика снимљених у ноћним условима.</p>	M33
4.	<p>Milan Pavlović, Ivan Ćirić, Vlastimir Nikolić, Miloš Simonović, Dušan Stamenković, Jelena Stevanović, Application of Machine Vision Systems for Autonomous Train Operation, Proceedings of XXVIII МНТК „АДП-2019”, Sozopol, Bulgaria, pp. 248-253</p> <p><i>Кратак опис садржине (до 100 речи)</i></p> <p>У овом раду је приказан систем за детекцију препрека као кључни елемент аутономног управљања железничким возилом, заснован на употреби термовизијских слика. За детекцију препрека у условима слабог осветљења и ноћним условима, коришћена је термовизијска камера спрегнута са напредним алгоритмом за обраду слике. Да би се постигла поуздана детекција, најпре се врши одређивање региона од интереса, где се детектује железничка пруга. У одређеном региону врши се детекција препрека коришћењем имплементiranог алгоритма заснованог на сегментацији. Резултати су показали да овај систем може успешно извршити детекцију препрека у напред наведеним условима.</p>	M33
5.	<p>Milan Pavlović, Ivan Ćirić, Vlastimir Nikolić, Emina Petrović, Dušan Radovanović, Night vision based system for ATO obstacle detection, Proceedings of XVIII Scientific-Expert Conference on Railways RAILCON '18, Niš, Serbia, 2018, 145-148</p> <p><i>Кратак опис садржине (до 100 речи)</i></p> <p>У овом раду је приказан систем за детекцију препрека на делу железничке инфраструктуре, заснован на систему ноћне визије. Овај систем садржи појачавач и</p>	M33



коришћен је за снимање слике у ноћним условима. За детекцију препрека развијен је и коришћен напредни алгоритам за обраду слике. Најпре је детектован колосек и, на основу тога, одређен регион од интереса, а затим је, у одређеном региону од интереса, извршена детекција објеката. Алгоритам је тестиран на великом сету слика снимљених у шест специфичних случајева, а резултати су показали да систем може да обезбеди поуздану детекцију препрека на делу железничке инфраструктуре у ноћним условима.

**НАПОМЕНА:** уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

### 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

*Образложење*

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

### ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

Докторска дисертација се састоји из једанаест поглавља. У првом поглављу су дата уводна разматрања у коме су представљени предмет и циљ истраживања.

У другом поглављу је дат преглед истраживања из области примене машинске визије код интелигентних транспортних система, аутономних возила и у железници. У овом поглављу су приказане и теоријске основе дигиталне слике, аквизиције, обраде и анализе слике. Поред тога, дате су и теоријске основе термовизијских система и њихова примена, а затим и система ноћне визије.

У оквиру трећег поглавља, приказан је систем машинске визије за детекцију и препознавање објеката на железничкој прузи применом термовизијског система и система ноћне визије. Најпре су описани термовизијски системи који су коришћени током реализације експеримената на укупно четири различите локације. Затим су описани реални сценарији који су реализовани на терену и резултати детекције и препознавања у различитим временским условима и условима осветљења. Такође, описан је и систем ноћне визије који је коришћен у експериментима на две локације, као и реални сценарији и резултати детекције и препознавања. Оба система су спрегнута са развијеним напредним алгоритмима за обраду слике, чији је опис дат у наведеном поглављу.

У четвртном поглављу је приказана примена генетских алгоритама у циљу побољшања детекције колосека. Најпре је генетски алгоритам примењен за одређивање оптималне вредности високог прага Саппу детектора ивица. Затим је, у циљу побољшања квалитета детекције колосека, приказана примена генетског алгоритма за одређивање обе вредности наведеног детектора ивица. Оба генетска алгоритма су тестирана на реалним сценаријима, а резултати су приказани у истом поглављу.

У петом поглављу, прво је представљен преглед досадашњих истраживања у области оцене растојања од различитих система до објекта. Затим су представљена теоријска разматрања методе хомографије, након чега је приказано коришћење исте за оцену растојања од система машинске визије до детектованог објекта са пратећим резултатима. Даље, у овом поглављу је представљен и развијени хибридни FuzzyN систем који интегрише методу хомографије и фази логику, у циљу повећања тачности оцене растојања, као и одговарајући резултати. Поред тога, приказана је и примена вештачке неуронске мреже за оцену растојања, као методе вештачке интелигенције, такође са пратећим резултатима. На крају овог поглавља, дата је упоредна анализа резултата оцене растојања наведене три методе.

У оквиру шестог поглавља, дата су разматрања о аутономним железничким возилима и нивоима аутоматизације истих. Затим, приказан је интелигентни интегрисани систем машинске визије за детекцију потенцијалних препрека на делу железничке инфраструктуре, чији су поједини елементи представљени у претходним поглављима докторске дисертације. Такође, дат је опис свих елемената наведеног система, са пратећим карактеристикама.

У седмом поглављу су приказани закључци изведени током израде докторске дисертације, као и научни доприноси и правци даљих истраживања. У осмом поглављу је приказана коришћена литература, у деветом, десетом и једанаестом поглављу попис слика, табела и биографија аутора предметне докторске дисертације.

### ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације (до 200 речи)

Циљеви истраживања постављени у пријави докторске дисертације су остварени, у складу са предложеним оквирним садржајем дисертације.



Истраживања представљена у докторској дисертацији обухватају више научноистраживачких праваца и то: анализу могућих метода за детекцију објеката, анализу специфичности услова смањене видљивости, развој и експериментално тестирање интелигентних система машинске визије за детекцију објеката у условима смањене видљивости уз примену алата вештачке интелигенције, анализу метода за оцену растојања, развој и експериментално тестирање интелигентних система машинске визије за оцену растојања од система до детектованог објекта уз примену алата вештачке интелигенције и примену развијених система код аутономног управљања железничким возилом. Резултати истраживања представљени у овој докторској дисертацији потврђују да се применом наведеног система машинске визије може реализовати детекција објеката у условима смањене видљивости на делу железничке инфраструктуре, као и оценити растојање од система до детектованог објекта у наведеном условима. Такође, резултати истраживања показују да се наведени систем може применити код аутономног управљања железничким возилом, као један од његових кључних елемената за даљи развој, повећање безбедности и квалитета железничког саобраћаја.

#### Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације (до 200 речи)

Тема докторске дисертације је веома актуелна и значајна у научном смислу, те представља оригиналан и вредан научни и стручни допринос кандидата. Научни доприноси разматране докторске дисертације су следећи:

- развијен је интелигентни систем машинске визије за детекцију потенцијалних препрека у условима смањене видљивости на делу железничке инфраструктуре;
- развијени су нови напредни алгоритми за обраду слике и спрегнути са термовизијском камером и системом ноћне визије;
- развијен је нови генетски алгоритам, као алат вештачке интелигенције, и примењен за одређивање оптималних вредности прага;
- развијене су и примењене три методе за оцену растојања од система машинске визије до детектованог објекта;
- извршено је експериментално тестирање система машинске визије на терену на укупно четири различите локације кроз реализацију више реалних сценарија у различитим временским условима и условима осветљења у циљу утврђивања могућности примене код аутономних железничких возила.

Резултати спроведених истраживања су директно применљиви за детекцију потенцијалних препрека и оцену растојања на делу железничке инфраструктуре. Рад развијеног система је могућ на различитим локацијама и окружењима, у различитим временским условима, као и условима осветљења.

#### Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Кандидат је, кроз истраживања и резултате, показао да поседује адекватна теоријска и практична знања из различитих области потребних за израду докторске дисертације.

Кандидат је показао висок ниво самосталности, систематичности, инвентивности и креативности у току научно-истраживачког рада уз способност сагледавања, свеобухватне анализе и решавања различитих проблема истраживања на оригиналан и креативан начин.

Неки од научних резултата, представљених у разматраној докторској дисертацији, су приказани у оквиру већег броја научних радова, који су објављени у научним часописима и зборницима међународних конференција.

#### ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)

Имајући у виду значај и актуелност обрађене теме, као и остварене научне резултате кандидата, чланови Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације закључују да поднета докторска дисертација представља оригиналан и вредан научни и стручни допринос развоју ове научне области и са задовољством предлажу Наставно-научном већу Машинског факултета да поднеси рад кандидата Милана Павловића, мастера инжењера машинства, под називом:

### **„ПРИМЕНА ИНТЕЛИГЕНТНИХ СИСТЕМА МАШИНСКЕ ВИЗИЈЕ КОД АУТОНОМНОГ УПРАВЉАЊА ЖЕЛЕЗНИЧКИМ ВОЗИЛИМА”**

прихвати као докторску дисертацију, а кандидата позове на усмену јавну одбрану.




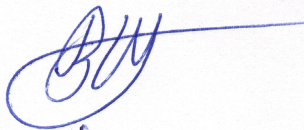
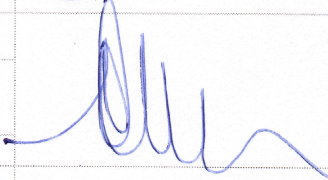


## КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовану Комисије

НСВ број 8/20-01-005/20-029

Датум именовања Комисије

10.7.2020. године

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	др Иван Ђирић, доцент	председник	
	Аутоматско управљање и роботика <small>(Научна област)</small>	Универзитет у Нишу, Машински факултет <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
2.	др Властимир Николић, редовни професор	ментор, члан	
	Аутоматско управљање и роботика <small>(Научна област)</small>	Универзитет у Нишу, Машински факултет <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
3.	др Драган Антић, редовни професор	члан	
	Аутоматика <small>(Научна област)</small>	Универзитет у Нишу, Електронски факултет <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
4.	др Душан Стаменковић, редовни професор	члан	
	Саобраћајно машинство <small>(Научна област)</small>	Универзитет у Нишу, Машински факултет <small>(Установа у којој је запослен)</small>	
5.	др Милош Симоновић, доцент	члан	
	Аутоматско управљање и роботика <small>(Научна област)</small>	Универзитет у Нишу, Машински факултет <small>(Установа у којој је запослен)</small>	

Датум и место:

15.7.2020. Ниш