

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Дејана Мисовића.

Одлуком Наставно-научног већа одржаног 9.4.2019. године (број одлуке 5046/15-3 од 19.4.2019. године), именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Дејана Мисовића под насловом

"Интелигентни систем за управљање саобраћајем базиран на примени фази логике"

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

2.5.2018. године кандидат Дејан Мисовић пријавио је тему за израду докторске дисертације.

8.5.2018. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно –научном већу на усвајање.

Наставно-научно веће именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5046/15-1 од 24.5.2018. године) у следећем саставу:

- др Жељко Ђуровић, редовни професор, Електротехнички факултет у Београду,
- др Александар Ракић, ванредни професор, Електротехнички факултет у Београду,
- др Драган Денић, редовни професор, Електронски факултет у Нишу,
- др Татјана Лутовац, ванредни професор, Електротехнички факултет у Београду и
- др Саша Милић, виши научни сарадник, Електротехнички институт Никола Тесла.

Кандидат је полагао јавну усмену одбрану теме 1.6.2018. године.

Наставно-научно веће усвојило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5046/15-2 од 10.7.2018.године).

Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (број 61206-3374/2-18 од 27.8.2018. године).

28.3.2019. године кандидат је предао докторску дисертацију на преглед и оцену.

4.4.2019. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

Наставно-научно веће Факултета именovalo је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (број одлуке 5046/15-3 од 19.4.2019. године) у следећем саставу:

- др Жељко Ђуровић, редовни професор, Електротехнички факултет у Београду,
- др Александар Ракић, ванредни професор, Електротехнички факултет у Београду,
- др Саша Милић, виши научни сарадник, Електротехнички институт Никола Тесла,
- др Милица Калић, редовни професор, Саобраћајни факултет у Београду,
- др Горан Квашчев, ванредни професор, Електротехнички факултет у Београду.

Кандидат је уписан на трећу годину докторских академских студија у школској 2015/2016 години, након магистратуре, а у школској 2016/2017. години је имао статус мировања. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија за два семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета.

1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација припада Техничким наукама, ужој научној области Аутоматике, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду. Ментор докторског рада је проф. др Жељко Ђуровић, који је изабран у звање редовног професора за исту научну област и истовремено је аутор већег броја радова у истакнутим међународним часописима.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Кандидат мр Дејан Мисовић, дипл. инж. ел., је рођен 18.03.1977. године у Београду где је завршио основну и средњу електротехничку школу. Електротехнички факултет у Београду је уписао 1995. године. Дипломирао је 2001. године, на Катедри за аутоматику. Наслов дипломског рада је био „Примена LMI техника у синтези управљања и анализи стабилности“.

Кандидат је тренутно запослен у Електротехничком институту „Никола Тесла“. Претходно је радио и у приватној фирми „Decode Data Communications“. Кандидатова ужа стручна област је аутоматика, процесна и мерна техника. Дужи низ година је ангажован на пословима израде мерних и контролних уређаја који имају примену у системима за даљински надзор и управљање

процесима: детекција пловила у бродским преводницама, детекција прегрејаних лежајева теретних вагона, управљање процесом саобраћајне сигнализације у неколико подручја на територији града Београда и др.

Кандидат је зваршио магистарске студије на Електротехничком факултету, на одсеку Управљање системима, положио је предвиђене испите са оценом 10 и одбранио магистарски рад (18.9.2014.) са оценом 10 под насловом "Даљинско надгледање и управљање саобраћајем".

Током 2012. и 2013. године кандидат је учествовао у развоју и имплементацији ласерског система за даљински надзор и детекцију пловила у бродској преводници ХЕ Ђердап 2. Као резултат поменутих активности публикован је научни рад у врхунском међународном часопису категорије M21 (IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems), у коме је кандидат први аутор. Такође, кандидат је учествовао у писању два рада на међународним конференцијама, два техничка решења и осам радова објављених на домаћим конференцијама.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Дисертација је написана на српском језику, латиничним писмом, и садржи 227 страна. Текст дисертације је организован у осам поглавља којима су додељени следећи наслови: 1. Увод; 2. Улога интелигентних система у избегавању конфликтних ситуација у саобраћају; 3. Фази експертски системи; 4. Интелигентни систем за избегавање конфликтних ситуација у саобраћају; 5. Симулациони модел саобраћајне локације; 6. Интелигентни систем за управљање саобраћајем бродске преводнице; 7. Закључак; 8. Литература. На почетку дисертације дати су Резиме на српском и енглеском језику и Садржај. У последњем поглављу дат је списак коришћене литературе са 137 референци наведене по редоследу цитирања у тексту дисертације. Иза последњег поглавља дата је и Биографија кандидата.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље је уводног карактера и у њему су представљени основни појмови везани за разматрање проблематике избегавања конфликтних ситуација у саобраћају. С обзиром на брзу експанзију саобраћаја и наглог повећања саобраћајних учесника, данас у свету постоје многи приступи и концепти система чији је основни циљ повећање уређености у области саобраћаја. Друмски саобраћај је најстарији и најмасовнији, како са аспекта превоза робе, тако и путника. Са аспекта уређености, друмски саобраћај представља најзахтевнију саобраћајну грану. С обзиром на сложеност саобраћајне проблематике и њен друштвени значај, ова дисертација је остала у једном оквиру врло значајног дела ове области, који се односи на регулисање саобраћаја, дајући свој допринос праћењу, управљању и контроли саобраћаја у циљу избегавања конфликтних ситуација. Област од интереса за ову дисертацију је избегавање конфликтних ситуација у саобраћају са акцентом на два илустративна примера, од којих је један регулација друмског саобраћаја на раскрсницама и кружним токовима без светлосне сигнализације, а други регулација саобраћаја на бродским преводницама у условима отежане аквизиције података у њој. Развој интелигентних система за аутоматско избегавање конфликтних ситуација се развија упоредо са развојем неколико грана технике и науке. Технички системи који су развијени да самостално доносе одлуке, препознају потенцијалне конфликтне ситуације и врше аутоматску

аутоматску контролу и управљање сложеним технолошким процесима, често називамо интелигентним системима (ИС). У дисертацији су приказана два интелигентна система за избегавање конфликтних ситуација који су базиран на примени фази-логичког експертског система.

У другом поглављу је дат преглед неких од концепата и конкретних реализација система за избегавање конфликтних ситуација. Приказани су концепти и решења примењени у ваздушном, воденом, железничком и друмском саобраћају. При разматрању ваздушног саобраћаја дат је осврт на интелигентне системе типа TCAS (Traffic alert and Collision-Avoidance System) и описане су стратегије избегавања конфликтних ситуација хоризонталним и вертикалним маневрисањем. При разматрању воденог саобраћаја дат је осврт на ласерски систем који спречава нежељене блиске контакте пловила са инфраструктуром пловних путева и експертски систем за избегавање конфликта пловила на отвореном мору базиран на примени фази логике. При разматрању железничког саобраћаја акценат је стављен на TCAS систем примењен у трамвајском саобраћају заснован на употреби ласерских скенера првенствено намењених за примену у аутомобилској индустрији и опис комплексног избегавања конфликтних ситуација у железничком саобраћају заснованог на фази сигнатурама. Разматрање друмског саобраћаја је, у овој дисертацији, обухватило преглед система базираних на обради видео сигнала, примени радара и кооперативне системе (у којима се избегавање конфликта остварује комуникацијом и сарадњом самих учесника у саобраћају). Поред самих система за избегавање конфликта у овом поглављу су предложени и начини за одређивање позиције и брзине возила, базирани на обради видео сигнала, примени индуктивних петљи и магнеторезистивних сензора или 2Д ласерских скенера који би могли бити коришћени у оквиру интелигентног система који је предмет ове дисертације.

У трећем поглављу приказани су теоријски основи и концепти који се користе при реализацији фази експертских система. Приказани су фази скупови и основне операције над њима. Описане су фази релације и операције над њима. Дефинисане су лингвистичке променљиве. Приказана је концепција тип-1 и тип-2 фази-логичких система.

Четврто поглавље садржи један од значајних доприноса ове дисертације. У њему је приказан концепт интегралног система за управљањем саобраћајем. Укратко је описано постојеће решење и одређено је место интелигентног система за избегавање конфликтних ситуација у оквиру интегралног система. Детаљно су описани концепт и елементи интелигентног система за избегавање конфликтних ситуација у саобраћају. Дефинисан је појам саобраћајне локације и њени елементи као што су *look-up* табела путање, конфликтне тачке путање, конфликтне зоне два возила и тд. Назначена је и општост концепта, по питању облика саобраћајне локације, дефинисањем саобраћајних локација типа раскрсница и кружни ток. Детаљно су описани делови система као што су сензорски подсистем, централни контролер и подсистем за обавештавање. У оквиру подпоглавља везаног за сензорски подсистем, описано је на који начин се одређују положај и брзина возила, мере величине које одређују стање амбијента и које информације се преузимају из возила да би се одредила способност реаговања возила, у случају постојања могућности V2I (Vehicle To Infrastructure) кооперативне комуникације у оквиру возила. У оквиру подпоглавља везаног за централни контролер описано је само језгро система. Дефинисани су процеси извршавања који су носиоци реализације самог алгоритма. Дефинисани су способност реаговања возила (CPV), критични временски интервали, алгоритам процене вероватноће судара два возила, одређивање препоручене брзине кретања, алгоритам кориговања брзине у улазној деоници и алгоритам процене опасности кретања заснован на примени фази експертског система. У оквиру подпоглавља везаног за подсистем за

обавештавање дефинисани су низови обавештајних панела и приказан је алгоритам за формирање обавештајних порука.

У петом поглављу је дефинисан симулациони модел саобраћајне локације. Приказана су два типа генерисања возила псеудо-случајним генератором и унапред дефинисаном секвенцом. Приказан је алгоритам успоравања возила, алгоритам детектовања конфликта и избегнутог конфликта. Приказана је реализација симулационе апликације. У другом делу поглавља приказани су резултати симулација које су вршене помоћу симулационе апликације. Симулације су вршене према дефинисаним сценаријима. Сценарији су тако одређени да на најбољи начин истакну поједине аспекте понашања система за избегавање конфликта. Посебан допринос ове докторске дисертације се састоји у томе да су, поред симулационих резултата, у дисертацији приказани резултати примене испројектованог система над реалним мерењима и саобраћајним сценаријима добијених са појединих саобраћајних чворишта у Београду. У овом поглављу су приказани резултати експеримента у коме је вршена анализа реалне ситуације на кружном току снимљене WEB камером којом је показана оправданост примене алгоритма за процену опасности кретања возила конципираног у дисертацији. Резултати ове анализе указују на то да се испројектовани систем понаша врло слично експертском доживљају нивоа ризика саобраћаја у датом чворишту.

Шесто поглавље садржи следећи, врло важан допринос ове дисертације. У њему је приказан концепт интегралног система за управљањем саобраћајем бродске преводнице. Значај бродске преводнице као стратешког објекта хидроелектране на Дунаву на интернационалном пловном путу је диктирао развој интелигентног система за избегавање инцидентних ситуација у процесу превођења пловила кроз преводницу. Овај систем се састоји од четири софистицирана ласерска скенера који спадају у категорију смарт сензора, два ПЛЦ-а, етернет мреже и централног индустријског рачунара са графичким корисничким интерфејсом и базом података. Укратко је описано новоразвијено решење. Детаљно су описани концепт и елементи интелигентног система за избегавање конфликтних ситуација у зони врата бродске преводнице. Развојено је неколико сложених алгоритама детекције присуства пловила у зони врата. Посебно треба истаћи алгоритме за детекцију круга (и припадајућих зона) и алгоритме за детекцију линије (и припадајућих зона). Ови алгоритми су надоградили постојеће могућности ласерских сензора са циљем поузданије детекције нежељених објеката попут птица, магле и дима бродских мотора, затим атмосферских падавина, високих таласа и плутајуће прљавштине. Фази логика је у овим алгоритмима и моделовању појединих појава нашла своју пуну примену. У оквиру овог поглавља је приказан и фази логички контролер који служи да провери све услове који треба да буду испуњени да би се свака од низа команди могла спровести, односно да онемогући манипулацију вратима преводнице када за то нису испуњени сви потребни услови. Такође је показано да платформа фази-логичких контролера представља природан теоријски и манипулативни оквир за реализацију различитих врста интелигентних, мање или више емпиријских система за управљање саобраћајем и повећање његове безбедности.

У закључку дисертације сумирана су искуства настала током рада на овој докторској дисертацији. Указано је на значај, као и на ограничења добијених резултата, како симулационих тако и оних измерених на реалним, живим системима и саобраћајним сценаријима. Поново је наглашен значај истраживања које је посвећено повећању безбедности у саобраћају, развоју интелигентних система за избегавање конфликтних ситуација, при чему је посебан акценат дат примерима оваквих система који су развијени и приказани у овој дисертацији, а то су регулисање саобраћаја на бродској преводници и саобраћаја на друмских раскрсницама. На један објективан начин је извршена анализа

добробити али и ограничења и недостатака који су саставних део ових система. У наставку овакве анализе дата су и запажања и смернице за даља истраживања у овој области.

Иза закључка следи списак коришћене литературе у редоследу којим је литература цитирана. Списак литературе обухвата 137 референци које су у непосредној вези са материјом рада и које су коректно цитиране у дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Водени и друмски саобраћај спадају у стратешке саобраћајне гране. Експанзија саобраћаја и повећање броја, како пловила тако и возила, се одвија непрестано из дана у дан. Из тог разлога регулисање и управљање саобраћајним процесима у данашњем тренутку има велику важност. Разматрање избегавања конфликтних ситуација, као једног уског сегмента саобраћајних процеса, је у самом врху по важности. Подизање ефикасности система за избегавање конфликтних ситуација у саобраћају првенствено резултује смањењу броја повреда и жртава, а поред тога резултује смањењем економских губитака. Претходно наведено може навести на закључак да је проблематика избегавања конфликтних ситуација у данашњем тренутку врло актуелна.

У данашњем тренутку је на сцени убрзани развој мерних елемената (сензора), елемената за обраду података (микропроцесорске јединице), комуникационих система и информационих система. Као резултат овог развоја појавила се јасна могућност за примену сложених принципа и алгоритама у разним областима технике, па тако и у реализацији система за избегавање конфликтних ситуација у саобраћају и процесима који су у дирекној вези са саобраћајем (нпр. процес превођења пловила кроз бродску преводницу). У данашњем тренутку је разматрање проблематике избегавања конфликтних ситуација у саобраћају врло заступљено у свету. Из тог разлога се може закључити да је тема ове дисертације савремена и у потпуности прилагођена духу и захтевима данашњице.

Наведени процеси су по својој суштини доста сложени и тешко описиви егзактним математичким моделима. Они су добрим делом стохастичке природе и зависе од многобројних фактора из околине. Имајући то у виду кандидат је на оригиналан начин формирао два експертска система на бази тип-1 и тип-2 фази логике.

Први експертски систем служи за одређивање способности реаговања возила у друмском саобраћају. На тај начин је многобројне факторе: стање амбијента (присуство падавина и осветљеност), стање возача (рефлекс и годиште) и стање возила (стање пнеуматика и стање кочионог система) укључио у формирање вредности способности реаговања возила. Овако формирана вредност, поред тренутне брзине и растојања возила од места конфликта, учествује у одређивању опасности кретања возила. Одређивање опасности кретања возила врши тип-1 фази-логички систем, у коме је назначен допринос. У дисертацији се разматра систем за избегавање конфликтних ситуација који може да се примени на раскрсницама или кружним токовима било каквог облика. У општости примене је, по питању типа саобраћајне локације, такође назначен допринос дисертације.

Други експертски систем служи у воденом саобраћају за онемогућавање манипулације вратима бродске преводнице када се неко пловило налази у њиховој зони. У реализацији овог система су коришћени умрежени софистицирани ласерски скенери и развијено је

више алгоритма за детекцију нежељених обејката и појава који могу да ометају сензоре, односно да онемогуће лажне излазне сигнале тј. поруке. Развијено је неколико фази модела који служе за моделовање неколико сценарија, а на крају је дат и приказ услова који су имплементирани у фази-логичком контролеру чија је улога да испита све потребне услове за манипулацијом вратима преводнице, односно да онемогући ту манипулацију у случају неиспуњења тих услова. Велики је значај овог експертског система на објекту бродске преводнице са аспекта подизања поузданости процеса превођења и избегавања хаваријских ситуација (нежељеног контакта пловила са вратима преводнице).

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације кандидат Дејан Мисовић је користио обимну и релевантну расположиву литературу везану за проблематику избегавања конфликтних ситуација у саобраћају. Преглед стања у подручју истраживања обухватио је осврт на ваздушни, водени, железнички и посебно друмски саобраћај.

Значајан део коришћене литературе је из научних области вештачке интелигенције које су на посредан начин повезане са саобраћајем [1], и које се баве анализом и пројектовањем интелигентних система (ИС) примењених у саобраћајним процесима у циљу повећања сигурности учесника и обима саобраћаја без стварања гужви и застоја у паметним градовима (Smart Cities) [2], превазилажењем недостатака управљања светлосном сигнализацијом фиксног трајања у паметним градовима [3], кооперативним алгоритмима за планирање маневара (избегавања, претицања, заустављања, праћења...) самих возила у односу на друге учеснике [4], дубинском анализом података о незгодама [5] и мултидисциплинарном анализа незгода на путевима [6], [7].

Један део коришћене литературе је посвећен третирању избегавања конфликтних ситуација у ваздушном саобраћају. Тако се издвајају осврт на допуну систему TCAS (Traffic alert and Collision-Avoidance System) у облику система OACAS (Optical Aerial Conflict Alarm System) којим се подиже ефикасност избегавања конфликта [8], систем TCAS четврте генерације у коме су реализоване две врсте хоризонталног маневрисања: промена брзине без промене правца летења и промена правца летења без промене брзине [9], оквир за проучавање решења за избегавање конфликта за случајеве укрштања путања авиона у планарном ваздушном простору [10] и вишенаменска методологија за решавање конфликта у ваздухоплову на основу примене теорије игара која разматра смањење конфликта и економске губитке [11].

Наведена је и коришћена и литература која се бави избегавањем конфликтних ситуација у железничком саобраћају. Тако се издвајају осврт на систем TCAS примењен у трамвајском саобраћају заснован на употреби ласерских скенера који на основу тренутног снимка терена и предефинисаних дигиталних мапа доноси закључак о евентуалној конфликтној ситуацији [12] и опис комплексног избегавања конфликтних ситуација у железничком саобраћају заснованог на фази сигнатурама [13].

Значајна пажња је посвећена литератури која је посвећена избегавању конфликтних ситуација у друмском саобраћају. Тако се издвајају осврт на модуларни визуелни систем за анализу безбедности путева [14], RWR (Road Watch Radar) систем за избегавање конфликта који се заснива на примени импулсних доплерових радара, детекцији покретних возила применом MTI (Moving Target Indicator) филтрирања и детекцији непокретних (фиксних) објектата применом IMTI (Inverse MTI) филтрирањем [15], приступ за процену ризика и формирање стратегије обавештавања у оквиру TCAS

примењеног на раскрсницама заснованог на теорији вероватноће [16], хибридна архитектура са узајамним дејством централизоване координације и дистрибуиране слободе преузимања активности [17], метод процене ризика заснован на предикцији стања саобраћаја у околини возила у блиској будућности који за предикцију трајекторије користи два модела: MRM (Maneuver Recognition Module) и CYRA (Constant Yaw Rate and Acceleration) [18], кооперативни систем за обавештавање у циљу избегавања конфликтних ситуација на раскрсницама CICWS (Cooperative Intersection Collision Warning System) [19], метод за предикцију вероватноће судара између два возила која комуницирају преко V2V (Vehicle to Vehicle) везе [20], модел понашања возила у раскрсници када скрећу улево [21], анализа утицаја дисперзије брзина на безбедност у саобраћају [22], кооперативни приступ проласка већег броја возила кроз раскрсницу који као крајњи резултат даје секвенцу управљања (хоризонт узмицања) за свако возило понаособ [23] и централизовано избегавање судара више возила у заједничком окружењу [24].

Посебно је издвојена литература која третира избегавање конфликтних ситуација у воденом саобраћају. Тако се издвајају осврт на систем за превођење бродова кроз бродске преводнице базиран на примени ласерских скенера [25], [26], методологија доношења одлука [27] и фази-експертски систем за избегавање конфликтних ситуација на отвореном мору [28].

Коначно, у списку референтне и коришћене литературе место су нашли и наслови из области фази-експертских система. Тако се издвајају осврт на теорију фази скупова, фази логику и тип-1 фази-логичке системе [29] и тип-2 фази-логичке системе [30].

- [1] John A. Stoop, "Independent accident investigation: a modern safety tool", *Journal of Hazardous Materials* 111 (2004) 115–122
- [2] Centre of Regional Science, Vienna UT, "Smart cities – Ranking of European medium-sized cities", Final report, October 2007
- [3] Sabhijit Singh Sandhu, Naman Jain, Aditya Gaurav, N. Ch. Sriman Narayana Iyengar "Agent Based Intelligent Traffic Management System for Smart Cities", *International Journal of Smart Home*, Vol. 9, No. 12, (2015), pp. 307-316, <http://dx.doi.org/10.14257/ijsh.2015.9.12.31>
- [4] Michael Düring, Reza Balaghiasafi, Markus Belkner, "Adaptive Cooperative Maneuver Planning Algorithm for Conflict Resolution in Diverse Traffic Situations", 2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE), DOI: 10.1109/ICCVE.2014.3, (2014) 242–249.
- [5] J.A. Stoop, „Accidents - In-Depth Analysis, towards a method AIDA?“, *Safety Science* 19 (1995) 125-136
- [6] Lotte Larsen, „Methods of multidisciplinary in-depth analyses of road traffic accidents“, *Journal of Hazardous Materials* 111 (2004) 115–122
- [7] Lotte Larsen, Peter Kines, „Multidisciplinary in-depth investigations of head-on and left-turn road collisions“, *Accident Analysis and Prevention* 34 (2002) 367–380
- [8] CHENG Dejie, LI Xiaofeng, LI Zaiming, „Motion Analysis and Morphological Approach for Optical Aerial Conflict Alarm in Traffic Alert and Collision Avoidance System (TCAS)“, 2006 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings
- [9] Liangfu Peng and Yunsong Lin, „Study on the Model for Horizontal Escape Maneuvers in TCAS“, *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, VOL. 11, NO. 2, JUNE 2010
- [10] Kyle Treleven, Zhi-Hong Mao, „Conflict Resolution and Traffic Complexity of Multiple Intersecting Flows of Aircraft“, *IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS*, VOL. 9, NO. 4, DECEMBER 2008
- [11] Tianhang Wu, Wenbo Du, „A Distributed Approach to Aircraft Conflict Resolution Based on Satisficing Game Theory“, *Proceedings of the Eighth International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering*, Shenzhen, China, Nov 2013 (ISKE 2013), pages 383 – 393
- [12] Dr. Roman Katz, Raymond Schulz, „Towards the Development of a Laserscanner-based Collision Avoidance System for Trams“, 2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), June 23-26, 2013, Gold Coast, Australia
- [13] Aron Ballagi, Gabor Rozsa, Laszlo T. Koczy, „Fuzzy Signature Based Description of Overtaking and Engagement Conflicts in Railway Traffic Control“, *AFRICON* 2015
- [14] Nicolas Saunier, Tarek Sayed, Clark Lim, „Probabilistic Collision Prediction for Vision-Based Automated

- Road Safety Analysis“, WeB3.4, Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Seattle, WA, USA, Sept. 30 - Oct. 3, 2007
- [15] Jung S. Jung, Chul H. Jung, Jung Kim, Young K. Kwag, „Road Watch Radar System Development“, 2013 Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings
- [16] ZHU Tong, XU Jian, BAI Yu, YANG Xiaoguang, „A Research on Risk Assessment and Warning Strategy for Intersection Collision Avoidance System“, Proceedings of the 12th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, St. Louis, MO, USA, October 3-7, 2009
- [17] Hemant Kowshik, Student Member, IEEE, Derek Caveney, Member, IEEE, and P. R. Kumar, Fellow, IEEE, „Provable Systemwide Safety in Intelligent Intersections“, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 60, NO. 3, MARCH 2011
- [18] Adam Houenou, Philippe Bonnifait and Veronique Cherfaoui, „Risk Assessment for Collision Avoidance Systems“, 2014 IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) October 8-11, 2014. Qingdao, China
- [19] Jeong-Ah Jang, Keechoo Choi, Hanbyeog Cho, „A Fixed Sensor-Based Intersection Collision Warning System in Vulnerable Line-of-Sight and/or Traffic-Violation-Prone Environment“, IEEE TRANSACTIONS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, VOL. 13, NO. 4, DECEMBER 2012
- [20] James Ward, Gabriel Agamennoni, Stewart Worrall, Eduardo Nebot, „Vehicle Collision Probability Calculation for General Traffic Scenarios Under Uncertainty“, 2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) June 8-11, 2014. Dearborn, Michigan, USA
- [21] J. Shahi, B. Namaki Araghi, Aliasghar Mehdizadeh, „ESTIMATING THE ACCURACY OF OPPOSING LEFT-TURN POTENTIAL CONFLICT MODEL VIA PROGRAMMING IN MATLAB“, System Safety, 2008 3rd IET International Conference on System Safety
- [22] Fangqiang Lu, Xuewu Chen, „Analyzing the Speed Dispersion Influence on Traffic Safety“, 2009 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation
- [23] Gabriel R. Campos, Paolo Falcone, Henk Wymeersch, Robert Hult, Jonas Sjöberg, „Cooperative receding horizon conflict resolution at traffic intersections“, 53rd IEEE Conference on Decision and Control December 15-17, 2014. Los Angeles, California, USA
- [24] Dong Shen, Youfang Lin, Sheng Han, Ruibo Xun, „Collision Avoidance Among Multiple Car-Like Robots in Common Environment“, Proceedings of the Eighth International Conference on Intelligent Systems and Knowledge Engineering, Shenzhen, China, Nov 2013 (ISKE 2013), pages 657 – 667
- [25] D. S. Misović, S. D. Milić, and Ž. M. Đurović, „Vessel Detection Algorithm Used in a Laser Monitoring System of the Lock Gate Zone“, Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on Year: 2016, Volume: PP, Issue: 99, Pages: 1 - 11, DOI: 10.1109/TITS.2015.2477352
- [26] Saša Milić, Dejan Misović, Željko Đurović, Miša Kožićić, „Detekcioni algoritam laserskih nadzornih sistema u brodskim prevodnicama“, INFOTEH-JAHORINA Vol. 15, March 2016.
- [27] J. F. Campbell, L. D. Smith, D. C. Sweeney II, R. Mundy, „Decision Tools for Reducing Congestion at Locks on the Upper Mississippi River“, HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on, System Sciences 2007, ISSN: 1530-1605, E-ISSN: 0-7695-2755-8, DOI: 10.1109/HICSS.2007.164, Page 56, Jan. 2007, Waikoloa, Hawaii,
- [28] J. Zhao, M. Tan, W. G. Price, P. A. Wilson, „DCPA SIMULATION MODEL FOR AUTOMATIC COLLISION AVOIDANCE DECISION MAKING SYSTEMS USING FUZZY SETS“, OCEANS '94. 'Oceans Engineering for Today's Technology and Tomorrow's Preservation.' Proceedings
- [29] Chin-Teng Lin, C. S. George Lee, „Neural Fuzzy Systems: A Neuro-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems“, 1996, Prentice Hall
- [30] Jerry Mendel, Hani Hagras, Woei-Wan Tan, William W. Melek, Hao Ying, „Introduction To Type-2 Fuzzy Logic Control: Theory and Applications“, Jul 2014, Wiley-IEEE Press

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру ове докторске дисертације представља комбинацију експерименталних и теоријских метода које су реализоване кроз неколико битних корака:

- најпре је извршен детаљан увид у методе и алгоритме који се користе у системима за избегавање конфликтних ситуација у саобраћају и то у ваздушном, воденом, железничком и посебно друмском,
- разматрана су и анализирана потребна мерења и информације о амбијенту, возачима и возилима која су потребна да се на свеобухватан начин реализују

експертски системи који би довољно добро обезбедили избегавање конфликтних ситуација,

- конципиран је систем за избегавање конфликтних ситуација са својим мерним делом, делом за обавештавање и централним делом у коме су конципирани фази-експертски системи за одређивање способности реакције возила и потом укупне опасности кретања возила,
- за потребе испитивања рада система реализован је симулациони модел саобраћајне локације (раскрсница и кружни ток),
- уз помоћ симулационог модела саобраћајне локације, вршени су експерименти којима је приказана оправданост коришћења система за избегавање конфликтних ситуација у друмском саобраћају,
- разматрана су и анализирана потребна мерења и информације о процесу превођења бродова кроз бродску преводницу,
- конципирани су алгоритми за анализу детектованих објеката у видном пољу ласерских скенера
- конципиран је систем за избегавање конфликтних ситуација у зони врата бродске преводнице са својим алгоритмом и делом у коме су конципирани фази-експертски системи за доношење одлука на бази великог броја анализираних сигурносних услова.

О адекватности примењених научних метода истовремено говоре савремена литература посвећеним темама, али и резултати добијени, како тестирањима у реалним ситуацијама, тако и кроз симулације.

3.4 Применљивост остварених резултата

У данашњем тренутку, условљеном брзом експанзијом саобраћаја, регулација саобраћајних процеса и увођење сигурносних система је од великог интереса.

У друмском саобраћају експанзија је можда и најизраженија тако да је и регулација у овој области најпожељнија. С обзиром да се тежи што већем протоку у саобраћају, често се избегавају саобраћајне локације са светлосним сигнализацијама јер на овај начин се добијено повећање безбедности плаћа смањеним протоком. Из тог разлога се често прибегава реализацији саобраћајних локација без светлосне синхронизације (нпр. кружни токови). У таквим ситуацијама опасност по учеснике расте. Како би се обезбедило повећање безбедности, у оваквим случајевима би корисна била примена система за избегавање конфликтних ситуација разматраним у оквиру ове докторске дисертације. Другим речима потреба за применом ових система је несумњива.

У воденом саобраћају, препознат је проблем манипулације вратима бродске преводнице када се пловило налази у опасној зони (близини) врата. Из тог разлога је практично реализован експертски систем за детекцију присуства пловила у зони врата који ради на бази неколико алгорита описаних у овој дисертацији. Систем је у периоду експлоатације потврдио своју функционалност јасно показујући постигнуте бенифите са аспекта бродског превођења кроз преводницу и онемугавање манипулације вратима у условима када постоји опасност од инцидента.

Са друге стране, без обзира на рачунарску и технолошку захтевност представљених експертских система, технолошки и информатички развој у данашњем тренутку гарантује да је примена оваквих система сасвим реална.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад

Кандидат Дејан Мисовић је истраживању и изради ове докторске дисертације посветио непуних пет година. Током овог времена је значајну пажњу посветио изучавању научних дисциплина као што су: експертски системи, препознавање облика, вештачка интелигенција и обрада сигнала. Поред тога, кандидат је морао да реализује симулациони модел друмске саобраћајне локације и бродске преводнице применом програмског језика C# и фази логике. Изучавајући ове области и реализујући симулациони модел, сакупљајући и анализирајући реалне резултате, а истовремено радећи на својој дисертацији, кандидат је показао систематичност, упорност, креативност, самосталност, зрелост и могућност примене и синергије резултата из различитих научних области. Проблеми којим се бави ова дисертација су веома актуелни, а добијени резултати у доброј мери превазилазе недостатке које постојећа решења показују. Остварени доприноси су оригинални и они сами по себи потврђују способност кандидата за самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Имајући у виду све напред наведено, а на основу приложеног рукописа докторске дисертације, чланови Комисије могу да експлицитно издвоје следеће научне доприносе.

- конципиран је тип-2 фази-експертски систем за одређивање *способности реаговања возила* у друмском саобраћају а базиран на великом броју улазних параметара,
- конципиран је фази-експертски систем за одређивање *укупне опасности кретања возила* који уважава растојање возила од места потенцијалног конфликта и тренутну брзину возила,
- реализован је симулациони модел саобраћајне локације (раскрсница и кружни ток) без светлосне синхронизације,
- конципиран је алгоритам за анализу облика пловних објеката и потенцијалних препознатих лажних објеката и сметњи у реону бродских преводница, а на основу сигнала добијених од стандардизованих мерних уређаја за ове намене,
- конципиран је фази модел и фази логички контролер за анализу испуњености услова и одлучивање у процесу превођења пловила кроз бродску преводницу,
- опширним испитивањем, како путем симулација (друмских саобраћајних раскрсница), тако и анализом практичних резултата из реалне експлоатације (бродска преводница) показана је оправданост предложеног концепта и методологије имплементације интелигентних система за избегавање конфликтних ситуација приказаних у овој докторској дисертацији.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Најважније унапређење научних знања у поређењу са постојећим стањем састоји се у свеобухватнијој анализи параметара и величина које учествују у формирању величине *способност реаговања возила*, применом тип-2 фази-експертског система и *доношења одлука о сигурној манипулацији вратима бродске преводнице*, применом фази логичких система и алгоритама за препознавање облика. Прво унапређење научних знања представља и примена фази-експертског система за одређивање *тренутне опасности*

кретања возила, која на оригиналан начин третира тренутну брзину возила и растојање возила од потенцијалног места конфликта, која се успешно може користити за обавештавање учесника у саобраћају у циљу избегавања конфликта. Такође, значајан резултат истраживања ове дисертације представља конципирање система који има општост примене у односу на тип саобраћајне локације (раскрсница или кружни ток). Друго унапређење научних знања представља практична примена фази експертских система са новоразвијеним алгоритмима за препознавање облика и фази логичким контролером који подиже поузданост и сигурност процеса превођења пловила кроз бродску преводницу.

Оно што би се могао невести као елемент критичке анализе резултата истраживања приказаних у овој дисертацији јесте да предложени концепт и методологија његове имплементације захтева много обимнију верификацију примењивости, него што је то, са становишта времена и обима материјала, могло бити приказано у оваквој докторској дисертацији. Инжењерска пракса би морала да да свој суд о значају и бенефиту примене оваквих система а са становишта вишегодишње експлоатације на великом броју прометних саобраћајних објеката.

4.3 Верификација научних доприноса

Научни доприноси дисертације верификовани су следећим радовима:

Категорија M21

Dejan S. Misović, Saša D. Milić, Željko M. Đurović, "Vessel Detection Algorithm Used in a Laser Monitoring System of the Lock Gate Zone", DOI: 10.1109/TITS.2015.2477352, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (Volume: 17, Issue: 2, Feb. 2016), ISSN: 1524-9050, IF:3.724

Категорија M51

Saša Milić, Dejan Misović, Miša Kožicić, Radeta Marić, Dejan Cvetković, "SISTEM DALJINSKOG NADZORA ZAUZETOSTI ZONE VRATA BRODSKE PREVODNICE", str. 221-226, list saveza energetičara, Energetika 2012.

Категорија M63

Saša Milić, Dejan Misović, Željko Đurović, Miša Kožicić, "Detekcioni algoritam laserskih nadzornih sistema u brodskim prevodnicama", INFOTEH-JAHORINA Vol. 15, March 2016.

Nidžo M. Miladinović, Saša D. Milić, Dejan S. Misović, "RAČUNARSKI PROGRAM ZA AKVIZICIJU I MONITORING TEMPERATURA OSOVINSKIH LEŽAJEVA TERETNIH KOLA", INFOTEH-JAHORINA Vol. 6, Ref. C-7, p. 156-159, Mart 2007.

Saša Milić, Dragan Kovačević, Aleksandar Žigić, Dejan Misović, "BEŽIČNI MREŽNI MERNI SISTEM ZA DALJINSKO MERENJE TEMPERATURA OSOVINSKIH LEŽAJEVA TERETNIH KOLA", R B4-08, 28. savetovanje Juko Cigre, maj 2007.

Категорија M82

Saša Milić, Dejan Misović, "Laserski sistem daljinskog nadzora i detekcije plovila u brodskoj prevodnici", tehničko rešenje, 2014.

Saša Milić, Aleksandar Žigić, Dejan Misović, Nikola Miladinović, "Uređaj za merenje parametara železničkih kola u pokretu", tehničko rešenje, 2014.

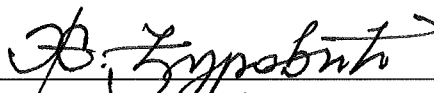
5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега изложеног, Комисија сматра да дисертација кандидата Дејана Мисовића испуњава све законске, формалне и суштинске услове, као и све критеријуме који се уобичајено примењују приликом вредновања докторске дисертације. Узимајући у обзир све наведене научне доприносе, предложен систем за избегавање конфликтних ситуација у саобраћају, практично реализован систем за детекцију пловила у зони врата бродске преводнице, показану зрелост кандидата и његову способност за самосталан научно-истраживачки рад, Комисија сматра да докторска дисертација мр Дејана Мисовића садржи оригиналне научне доприносе који имају доказану практичну применљивост у области аутоматике. Стога Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Интелигентни систем за управљање саобраћајем базиран на примени фази логике“ прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

у Београду,

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

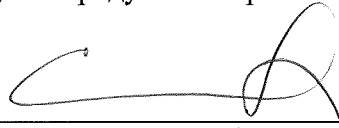
дана 24.06.2019.



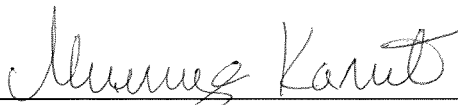
др Жељко Туровић, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



др Александар Ракић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет



др Саша Милић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду - Електротехнички институт Никола Тесла



др Милица Калић, редовни професор
Универзитет у Београду - Саобраћајни факултет



др Горан Квашчев, ванредни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет