

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<ol style="list-style-type: none">1. Датум и орган који је именовео комисију Решење Декана Факултета техничких наука број: 012-72/32-2013 од 29. Јануара 2015.године2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:<ol style="list-style-type: none">1. Председник: Др Славко Весковић, редовни професор, Саобраћајни факултет, Београд, Планирање, моделирање, експлоатација и еколошка заштита у железничком саобраћају, изабран 1.3.2013.2. Члан: Др Гордан Стојић, доцент, ФТН, Нови Сад, Организације и технологије транспорта, изабран 21.01.2011.3. Члан: Др Бојан Лалић, доцент, ФТН, Нови Сад, Производни системи организација и менаџмента, изабран 07.10.2011.4. Члан: Др Илија Танацков, редовни професор, ФТН, Нови Сад, Организације и технологије транспорта, изабран 02.07.2014.5. Члан: Др Јован Тепић, ванредни професор, ФТН, Нови Сад, Организације и технологије транспорта, изабран 13.09.2011.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none">1. Име, име једног родитеља, презиме: Живота, Светислав, Ђорђевић2. Датум рођења, општина, држава: 24.10.1959. године, Нишка Бања, Србија3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Универзитет у Нишу, Машински Факултет, смер транспортног машинства, стечени стручни назив: магистар машинских наука област железничко машинство4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 28.11.2013.године, Студијски програм Саобраћај и транспорт5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Машински факултет, "РАЗВОЈ ДИЈАГНОСТИЧКОГ СИСТЕМА ЗА ОДРЖАВАЊЕ ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ТЕРЕТНИХ КОЛА", Железничко машинство, датум одбране: 28.септембар 2012. године.6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Железничко машинство
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p style="text-align: center;">МОДЕЛ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ОДРЖАВАЊА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА ПРИМЕНОМ ДИЈАГНОСТИЧКИХ СИСТЕМА</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација под називом "МОДЕЛ ЗА УНАПРЕЂЕЊЕ ОДРЖАВАЊА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА ПРИМЕНОМ ДИЈАГНОСТИЧКИХ СИСТЕМА" се састоји из 9 поглавља, уз попис коришћене литературе, списак скраћеница, слика и табела, прилог и резиме на српском и енглеском језику. Дисертација има 178 страна, 135 слика, 30 табела и 10 прилога. Текст је на адекватан начин пропраћен сликама и табелама које у потпуности илуструју анализирани проблем.

Дисертација је структурирана у 9 поглавља и има следећу структуру:

1. ОБЛАСТ, СВРХА И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА
2. ИДЕНТИФИКАЦИЈА УТИЦАЈНИХ ПАРАМЕТАРА НА СТАЊЕ РАДНЕ ИСПРАВНОСТИ ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА
3. НЕИСПРАВНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНИЧКИМ ВОЗИЛИМА КОЈЕ СМАЊУЈУ УПОТРЕБЉИВОСТ КОЛА И УГРОЖАВАЈУ БЕЗБЕДНОСТ САОБАЋАЈА
4. ТЕХНИЧКА ДИЈАГНОСТИКА
5. ИСТРАЖИВАЊЕ ТЕХНОЛОГИЈА МОНИТОРИНГА И ДИЈАГНОСТИЧКИХ МЕТОДА
6. ВЕРИФИКАЦИЈА ДИЈАГНОСТИЧКОГ СИСТЕМА У ПРОЦЕСУ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ НА ЖС – ПИЛОТ ПРОЈЕКАТ МЕРНА СТАНИЦА "БАТАЈНИЦА"
7. ПРИМЕНА КОНЦЕПТА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛЕГЕНЦИЈЕ У САОБРАЋАЈУ
8. ДИЗАЈНИРАЊЕ ОПЕРАТИВНОГ ЦЕНТРА
9. ЗАКЉУЧНА РАЗМАТРАЊА

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Област овог истраживања је нагласак на потенцијалне користи за постизањем циљева стратегије одржавања на основу дијагностикованог стања и фокусира се, пре свега, на праћење стања возних средстава, чиме се не искључује стање инфраструктуре. Циљ је био да се пронађе приступ за подржавање потпуног интерфејса између власника инфраструктуре и железничких оператера, како би се омогућила перманентна побољшања и развој ефикасног и економски исплативог транспорта.

Фокус истраживања је процена могућности коришћења праћења стања у функцији стратегије одржавања на основу стања возних средстава. Сврха овог истраживања је да проучи и анализира опрема за пружно праћење стања железничких возила у циљу подршке и примене иновираних стратегија одржавања на основу стања.

Почетни истраживачки рад био је постављен тако да је у фокусу налазио део који се односи на праћење стања као претпоставке за утврђивање вредности параметара који одређују техничко стање возила, што може осигурати добру подршку приликом доношења одлуке. Проблем истраживања и његова позадина одређују избор методологије истраживања и могу се препознати три основна разграничења:

- прво: истраживање нема сврху стварања нових технологија, већ разматра начине да користи оне које су већ на располагању (одговарајуће технологије постоје, али је најчешће проблем наћи одговарајуће техничко решење унутар њих);
- друго: процена валидности одлуке да се користе технологије за пружно праћење стања кола, јер монтирање опреме за праћење стања на свака кола изазива високе трошкове, а такође због тежких услова у којима многа кола саобраћају, опрема ће бити изложена врло "грубом" третману, и
- треће: истраживања су углавном била усредсређена на технологије интерфејса између точка и шине, пошто је главни трошак одржавања кола повезан са точковима, обртним постољима и хабањем шина.

Одржавање је постављено као област на коју се треба фокусирати због могућности решења за суочавање са последицама кварова и грешака.

Истраживање је фокусирано на три истраживачка питања и то:

- Како се стање и перформансе железничких кола могу пратити путем технологија за пружно праћење?
- Која врста информација се може добити од постигнутих мерења технологијама за пружно праћење?
- Које су могуће користи од примене технологија за пружно праћење стања за одржавање железничких кола на основу стања?

Овај рад је показао да је увођење нових технологија и подизање нивоа надзора и одржавања уопште, потребно и економски оправдано, односно, да сви будући ремонти делова пруга, тј. пројекти за исте,

обухвате и потребу пројектовања и стационарних мерних система поред пруге.

У првом поглављу, дефинисани су предмет, проблем и циљ истраживања, као и полазне хипотезе.

У другом поглављу рада извршена је идентификација утицајних параметара на стање радне исправности железничких теретних кола. Основне неисправности железничких кола које угрожавају безбедност саобраћаја су неисправности осовинских склопова, посебно точкова и осовинских лежишта, као и прекорачења товарног профила и осовинског оптерећења. Ове неисправности утврђује техничко-колска служба у оквиру прегледа који се обављају на одговарајућим прегледним местима. Са циљем сагледавања проблема отказа теретних кола у експлоатацији, извршена је и анализа ванредних догађаја и искључених кола на мрежи Железнице Србије последњих година.

У трећем поглављу рада дат преглед стања истраживања у области одржавања железничких теретних кола и то у делу њиховог надзора током експлоатације. Такође, описане су савремене концепције одржавања железничких возила и наведени су прописи и стандарди који се односе на област одржавања теретних кола. Показано је да су квалитет одржавања и правилно изабрана концепција одржавања од огромног значаја за ефикасан железнички транспорт.

У четвртном поглављу, дат је кратак опис техничке дијагностике и поступака који се користе у провери стања радне исправности саставних делова железничких возила.

Истраживање савремених технологија мониторинга и дијагностичких система које је спроведено током израде ове докторске дисертације, изложено је у петом поглављу приказом одабраних стационарних дијагностичких система који су развијени и инсталирани у Европи, Америци и бившем СССР-у. Описани дијагностички системи користе опште дијагностичке методе, описане у четвртном поглављу, али су конфигурације мерне опреме и комбинације мерних метода специфичне за сваки конкретан систем.

У шестом поглављу је дат приказ садашњих покушаја и реализација стационарног дијагностичког система у Србији, тј. пилот пројект мерне станице у Батајници. Пројекат дијагностичког система у Батајници покренут је 2008. године и први резултати и њихова конкретна употребна вредност су предмет овог поглавља. Географски положај Србије, њено окружење и гранични прелази, постојећа железничка инфраструктура, возни парк Железнице Србије, теретна кола других железница која транзитирају Србију, постојећи систем надзора и параметри саме мерне станице одредили су стационарну ове мерне станице. У оквиру овог поглавља приказана су извршена експериментална мерења стања возних средстава на мерној станици Батајница, а затим је развијена база података са складиштење података са мерних станица, структурирање и управљање подацима.

У поглављу седам спроведен је поступак моделирања коришћењем концепта вештачке интелигенције и ново развијених хибридних интелигентних система заснованих на fuzzy логици, адаптивним neuro-fuzzy системима и вишекритеријумском одлучивању. Комбинацијом два различита концепта вештачке интелигенције искоришћене су појединачне предности fuzzy логики и модела ВКО у хибридни системима хомогене структуре.

Први модел који је заснован хибридни интелигентним системима односи се на дефинисање локације мерних станица на одабраној железничкој мрежи. У првом кораку примењена је метода PROMETHEE за избор макролокације постављања мерних станица (деоница пруге). Вишекритеријумско одлучивање изабрано је као метода да би се без упрошћења полазног проблема одредило компромисно решење, како строго оптимално решење због конфликта критеријума и не постоји. ВКО управо и има за циљ да изабере најбољу варијанту (најбоље решење) из низа могућих или из низа повољних, у смислу усвојеног критеријума. За овај пример коришћена је метода PROMETHEE, која спада у методе меке оптимизације. И то метода PROMETHEE II јер омогућава одређивање редоследа, односно рангирање варијанти. У другом кораку дизајниран је fuzzy модел за утврђивање микролокације постављања мерних станица (станица, односно километарски положај). Други модел је Fuzzy модел за утврђивање деформације точкова железничких возних средстава који као улазне параметре користи измерене податке који су складиштени у дефинисаној бази података.

У оквиру осмог поглавља, изнете су основне поставке савременог система надзора железничких теретних кола у експлоатацији и препоруке како унапредити одржавање теретних кола развојем дијагностичког система и инсталирањем мерних станица на мрежи пруга Железнице Србије. Дефинисан је layout Оперативног центра и процедуре активности по активирању аларма, као и систем праћење стања у функцији одржавања.

У оквиру закључних разматрања у сажетој форми сумирани су сви главни елементи докторске дисертације, укључујући предмет и циљ истраживања, коришћену методу и добијене резултате истраживања. Такође, закључено је да су све претходно постављене хипотезе у оквиру дисертације потврђене.

Коришћена литература односила се на таксативно навођење коришћених референци и извора података, уз констатацију да је наведена литература адекватна и актуелна.

Прилог садржи детаљан приказ свих вредности улазних и излазних параметра у оквиру коришћених модела неуронских мрежа.

Мишљења смо да су сви делови дисертације обрађени на високом научно истраживачком нивоу, као и да је дисертација написана систематично и јасно. На основу прегледаног рада, закључујемо да докторска дисертација кандидата мр Животе Ђорђевића, дипл. инж. маш. представља оригиналан допринос науци.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Списак објављених радова у међународним часописима

- S. Vesković, **Ž. Đorđević**, G. Stojić, J. Tepić, I. Tanackov, *Necessity and Effects of Dynamic System for Railway Wheel Defect Detection*, Metallurgy, Croatian Metallurgical Society, No.51/3, 2012, ISSN: 0543-5846, (M22).
- **Ž. Đorđević**, M. Vasiljević, S. Vesković, S. Rajilić, V. Vukadinović *Fuzzy Model for Predicting the Number of Deformed Wheels*, Metallurgy, Croatian Metallurgical Society ISSN 0543-5846; UDC: 629.11.012.3.004.64:625.2.01.004.05:621.72=111 (prihvaćen za štampu u broju 3 2015. god.), (M22).
- A. Radosavljević, **Ž. Đorđević**, S. Mirković, *Concept for Wayside Train Monitoring at Serbian Railways - pilot project Batajnica*, European Rail Technology Review Special - Wayside Train Monitoring Systems, 2011,(pp. 6-11),(M24).

Spisak objavljenih i prezentovanih radova na naučnim skupovima

- **Ž. Đorđević**, S. Vesković, S. Mirković, S. Aćimović, A. Radosavljević, *Measuring Points System for Wayside Dynamic Control of Vehicles on Serbian Railway Network*, XLVI International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies Icest 2011, University of Nis, pp. 736-739, Niš, Serbia, June 29-July 1, 2011., ISBN 978-86-6125-032-3, (M33).
- **Ž. Đorđević**, J. Tepić, M. Kostelac, I. Tanackov, V. Vukadinović, *Development Systems for Dynamic Control of Railway Vehicles: Case Study Serbian Railways*, IV Međunarodni simpozijum: Novi Horizonti 2013, Univerzitet u Istočnom Sarajevu Saobraćajni Fakultet Doboj, 22. i 23. novembar. 2013., pp. 212-217, ISBN 978-99955-36-45-9, (M33).
- S. Janković, **Ž. Đorđević**, S. Mladenović, S. Vesković, I. Branović, *A Database For Dynamic Monitoring Of The Rolling Stock*, IV Međunarodni simpozijum: Novi Horizonti 2013, Univerzitet u Istočnom Sarajevu Saobraćajni Fakultet Doboj, 22. i 23. novembar. 2013., pp. 212-217, ISBN 978-99955-36-45-9,(M33).
- Mitrović, B., Milinković, S., Vesković, S., Branović, I., **Đorđević, Ž.** *Model za lokaciju mernih stanica na mreži Železnica Srbije*, YU INFO 2014. Kopaonik, Srbija: Informaciono društvo Srbije, 2014, str. 467-472, (M33).
- Janković S., **Đorđević Ž.**, Branović I., Rajilić S., Vesković S., *Database to support optimization of rolling stock maintenance in Serbian railways*, XVI Scientific-Expert Conference on Railways - RAILCON '14, Organized by] University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, pp 149-152, October 09-10. 2014, Niš, Serbia, editor Dušan Stamenković - Niš: Faculty of Mechanical Engineering, ISBN 978-86-6055-060-8, (M33).

VII ЗАКЉУЧЦИ, ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу образложења предмета истраживања, коришћене стручне и научне литературе, као и датог описа тренутног стања у области, Комисија закључује да су истраживања у вези проблема у погледу унапређења одржавања железничких возила применом дијагностичких система за динамички мониторинг стања железничких возила оправдана и актуелна.

Да би се сагледао и моделирао проблем отказа теретних кола у експлоатацији, извршена је и анализа ванредних догађаја и искључених кола на мрежи Железница Србије. Извршена је идентификација утицајних параметара на стање радне исправности железничких возила. Основне неисправности железничких кола класиране су према ризику и степену угрожавања безбедности саобраћаја. На основу дефинисаних класа је спроведено експериментална мерења у Мерној станици Батајница и извршено испитивање и анализа резултата.

Наведени резултати дисертације указују на важност савременог приступа при динамичком мониторингу стања железничких возила у процесу нове концепције одржавања истих према техничком стању. Такође, база измерених вредности параметара стања у дужем временском периоду пружа могућност коришћења вештачке интелигенције у предикцији потенцијалних отказа елемената и склопова возила са циљем превентивног деловања. Истовремено, то је основа за потенцијалну надоградњу модела и унапређење у наредном периоду, где се могу препознати правци даљих истраживања. Модели су дали веома добре резултате и показало се да је могуће успешно управљање процесом одржавања кола, односно представљени су као веома успешно средство за планирање, организовање, руковођење и контролисање техничких параметара који битно утичу на стање радне исправности кола. Предложени модел доприноси ефикаснијем процесу одржавања железничких возила, што је квантитативно доказано у дисертацији, а самим тим и већем задовољавању друштвено-економских потреба управљача железничке инфраструктуре и транспортних оператера. На основу добијених резултата може се закључити да примењене технике вештачке интелигенције могу веома успешно да репродукују одлуке искусног експерта са великом тачношћу.

Као главни закључци спроведеног истраживања могу се навести следеће чињенице:

- Развој концепције за динамички мониторинг и дијагностику склопова железничких возила ради дефинисања ефикаснијег система за одржавање железничких возила
- Са тачке гледишта инфраструктуре, праћење стања представља средство за контролу одређених стандарда возила, али праћење стања инфраструктуре, такође, могло би да помогне да се избегну откази због деформација на инфраструктури.
- Уз аутоматску електронску евиденцију параметара стања возила и њихове динамике у систему даљинског надзора и дефинисаног система управљања подацима, односно базама података о возилима и оценама њиховог стања, предложени систем мерних станица за даљинско динамичко праћење стања возила је основа експертног система који у реалном времену изводи естимацију актуелног стања, предикцију стања у произвољном времену и предлаже активности у циљу спровођења новог, савременог концепта одржавања возила према стању, а не према времену или пређеном путу.
- Показано је да база параметара за оцену стања возила и њихово динамичко праћење на великим узорцима има велику практичну примену у дизајнирању модела за предикцију неопходних интервенција на возилима са циљем постизања високог нивоа безбедности и поузданости железничких возила и саобраћаја уопште.
- Уз помоћ система за мониторинг и детекцију железница долази у прилику да прати стање железничких возила и железничке инфраструктуре, што представља моћан подстицај за унапређење ефикасности одржавања и развој концепта одржавања на основу стања
- У дисертацији је егзактно декларисан и промовисан систем одржавања железничких возила и инфраструктуре према стању, а на основу вредности релевантних параметара стања возила и инфраструктуре превасходно добијених помоћу стационарних система за динамички мониторинг возила.
- Дизајнирана је база података за резултате динамичког мерења вредности параметара стања железничких возила на нивоу железничке мреже и организационих делова. Омогућено је утврђивање функција стања склопова железничких возила у функцији безбедности саобраћаја и стратегије одржавања.
- На основу базе података измерених параметара развијен је модел предикције стања и отказа склопова железничких возила заснован на теорији fuzzy логике у функцији стандарда стабилности одржавања и дефинисан систем за подршку одлучивању у процесу нове концепције одржавања система према стању.
- Дефинисан је модел распоређивања стационарних мерних станица за динамички мониторинг возила на железничкој мрежи заснован на хибридној вештачкој интелигенцији.
- Дефинисана је методологија управљања одржавањем железничких возила са предлогом новог модела организације одржавања возних средстава према стању.
- Извршено је дизајнирање оперативног центра са умреженим мерним станицама
- Иако финансијски аспект није анализиран у оквиру истраживања спроведених у оквиру ове дисертације, јасно је показано да је увођење нових технологија и подизање нивоа надзора и одржавања потребно и економски оправдано, односно, да сви будући ремонти пруга, тј. пројекти за исте, треба да обухвате и потребу пројектовања и мерних система за динамички мониторинг поред пруге.

Закључак је да се на основу развијених модела за предвиђање будућих отказа елемената и склопова возила применом модела вештачке интелигенције, односно на бази добијених резултата у склопу дисертације, даје значајан допринос доношењу адекватних стратешких одлука у погледу организације будућег система за одржавање возила и железничке инфраструктуре на нивоу железничке управе у целини.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати истраживања у оквиру докторске дисертације су анализирани, приказани и тумачени на систематичан и јасан начин, применом релевантних метода. Закључци су адекватни, научно оправдани и логично произилазе из добијених резултата рада. Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачење добијених резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је у целини написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Докторска дисертација својим насловом, садржајем, избором теме, оригиналним резултатима истраживања, начином тумачења и могућом применом тих резултата садржи све битне елементе који се захтевају за радове овакве врсте. Дисертација је структурирана према принципима који се користе код научно-истраживачког рада, прегледна је и добро организована. У дисертацији је дата неопходна теоријска основа из области које обухвата тема уз детаљан приказ добијених резултата. Списак референци садржи релевантне радове и сведочи да је кандидат добро упознао област истраживања.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Комисија сматра да докторска дисертација има све елементе оригиналног научног рада. Истраживања реализована у оквиру докторске дисертације, односно развој модела за предикцију отказа склопова железничких возила и алокације мерних станица на железничкој мрежи представљају прва и јединствена истраживања овог типа. Модели засновани на коришћењу вештачке интелигенције представљају вредан оригинални допринос науци у области истраживања, посебно у домену проблематике предвиђања будућих стања железничких возила и инфраструктуре. Примењени модели и добијени резултати могу се искористити у циљу успостављања приоритета и као подршка приликом доношења стратешких одлука када је у питању развој будућег система управљања одржавањем железничких возила и инфраструктуре на Железницама Србије, али и уопште железничких управа. Такође, веома значајно је и дизајнирање оперативног центра са умреженим мерним станицама.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Комисија је мишљења да докторска дисертација не садржи било какве недостатке.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

На основу укупне оцене дисертације, Комисија позитивно оцењује поднету докторску дисертацију кандидата мр Животе Ђорђевића под називом "Модел за унапређење одржавања железничких возила применом дијагностичких система" и предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду и Сенату Универзитета у Новом Саду да поднету докторску дисертацију и овај извештај прихвати, а кандидату одобре јавну одбрану.

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Председник: др Славко Весковић, редовни професор

Члан: др Гордан Стојић, доцент

Члан: др Бојан Лалић, доцент

Члан: др Илија Танацков, редовни професор

Члан: др Јован Тепић, ванредни професор
