

Образац 2.

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука

(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

1761/3

(Број захтева)

05.12.2010. године

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

ГОРАНА (СВЕТОЗАР) ВОРОТОВИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ГОРАН (СВЕТОЗАР) ВОРОТОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА

Универзитет је дана 28.12.2006. год. својим актом под бр 16/18 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ГОРАНА (СВЕТОЗАР) ВОРОТОВИЋА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 04.06.2009. године, одлуком факултета под бр. 634/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Бранислав Ракићевић</u>	Ванредни професор	Моторна возила	Машински факултет Београд
2. <u>Др Живан Арсенић</u>	Редовни професор	Моторна возила	Машински факултет Београд
3. <u>Др Бранко Васић</u>	Ванредни професор	Моторна возила	Машински факултет Београд
4. <u>Др Слободан Радојевић</u>	Доцент	Математика-Рачунарство	Машински факултет Београд
5. <u>Др Слободан Јанковић</u>	Редовни професор	Материјали и технологије	Технички факултет Зрењанин

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 04.11.2010. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1761/2
Датум: 08.11.2010. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Бранислав Ракићевић, ментор, проф.др Живан Арсенић, проф.др Бранко Васић, доц.др Слободан Радојевић, проф.др Слободан Јанковић, Технички факултет у Зрењанину о оцени докторске дисертације „Методологија оптимизације управљивости и стабилности возила“ докторанта мр Горана Воротовића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 04.11.2010. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације „**МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА**“ докторанта мр **ГОРАНА ВОРОТОВИЋА**, дипл.инж.маш.

Одобрава се одбрана докторске дисертације, пошто је докторска дисертација са извештајем Комисије за оцену и одбрану била стављена на увид јавности у трајању од 30 дана, па како је после свих разматрања на ННВ М.Ф. на крају извештај Комисије коначно усвојен, доставља се Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да да сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

УНИВЕРЗИТЕТУ У БЕОГРАДУ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Горана Воротовића, дипл. маш.инж.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду, бр. 634/2 са седнице од 04.06.2009. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Горана Воротовића, дипл. маш. инж., под насловом: "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА", о чему подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1 Наслов и обим докторске дисертације

Докторска дисертација мр Горана Воротовића, дипл. маш. инж., под називом "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА" има 282 стране. Садржи два прилога од 106 страна, као и списак коришћене литературе на 4 стране.

1.2 Хронологија одобравања и израде дисертације

Мр Горан Воротовић је пријавио докторску дисертацију 28.10.2005. године, под ред. бр. 1204/1, на Катедри за Моторна возила Машинског факултета у Београду. Кандидат је за ментора предложио проф. др Бранислава Ракићевића. Обавештење о пријави докторске дисертације било је на седници Наставно-научног већа Машинског факултета од 03.11.2005. На основу те пријаве и предлога Катедре, формирана је Комисија за оцену испуњености услова кандидата и научне заснованости теме. Комисију су чинили проф. др Бранислав Ракићевић, проф. др Чедомир Дубока, проф. др Живан Арсенић, проф. др Бранко Васић и проф. др Ференц Часњи са Факултета техничких наука из Новог Сада.

Комисија за оцену испуњености услова и научне заснованости теме је поднела извештај бр. 1103/1 од 01.12.2006. у коме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под називом "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА", наводећи да је предложена тема адекватна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законске и истраживачке квалификације за рад на дисертацији. Овај извештај Наставно-научно веће Машинског факултета је усвојило 07.12.2006. У вези са захтевом докторанта мр Горана Воротовића да му се одобри израда докторске дисертације, одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета бр. 1103/2 о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, а на основу сагласности Стручног већа Универзитета у Београду за машинске, саобраћајне и организационе науке са седнице

од 28.12.2006. године, донета је коначна одлука бр. 151/1 од 29.12.2006. (датум завођења 01.02.2007.), којом се одобрава рад на теми докторске дисертације "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА", под менторством проф. др Бранислава Ракићевића.

Ментор докторске дисертације "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА" проф. др Бранислав Ракићевић је обавестио Катедру за Моторна возила, као и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду 04.06.2009. год. да је кандидат мр Горан Воротовић завршио докторску дисертацију. Катедра за моторна возила је предложила Комисију за оцену и одбрану дисертације, у саставу проф. др Бранислав Ракићевић - ментор, проф. др Живан Арсенић, проф. др Бранко Васић, доц. др Слободан Радојевић и проф. др. Слободан Јанковић, Технички факултет у Зрењанину. Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду, бр. 634/2 од 04.06.2009. године, на основу извештаја проф. др Бранислава Ракићевића, ментора, да је докторант мр Горан Воротовић завршио докторску дисертацију "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА", предлога Катедре за Моторна возила и члана 128. Закона о високом образовању, именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: проф. др Бранислав Ракићевић - ментор, проф. др Живан Арсенић, проф. др Бранко Васић, доц. др Слободан Радојевић и проф. др. Слободан Јанковић, Технички факултет у Зрењанину.

1.3 Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација под називом "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА" припада техничким наукама, односно машинству, односно ближе научној области Моторна возила.

1.4 Биографски подаци о кандидату:

Мр Горан Воротовић, дипл. инж. маш., рођен је 1. априла 1973. године у Никшићу, Црна Гора. После завршене Основне школе уписује Гимназију, математички смер, смер програмер, коју завршава 1991. године са дипломом Луча. Природно-математички факултет и Машински факултет у Београду, уписује 1996. године. На трећој години студија опредељује се за смер Ваздухопловство на Машинском факултету. Звање Дипломираног машинског инжењера стиче 2000. године са оценом 10 на Дипломском раду. Статус студија на Природно-математичком факултету је у мировању. До јуна 1996. године ради као сарадник у Електропривреди Црне Горе, Монтекс, Ф&Д Лаб, ДиС, и великом броју већих и мањих предузећа на пословима пројектовања и реализације информационих система, пројектовања и имплементације софтверских пакета, пословима одржавања и информационим технологијама.

Последипломске студије на Машинском факултету у Београду, на групи за Моторна возила уписује 2000. године, након чега одлази на редовно служење војног рока. По одслужењу војног рока, започиње рад на Машинском факултету Универзитета у Београду као сарадник у Лабораторији ЦИАХ уз интензиван наставак магистарских студија. Почетком 2003. године засновао је радни однос на Машинском факултету у Лабораторији ЦИАХ. Након сагласности ННВ-а Машинског факултета у Београду, новембра 2004. године одбранио је магистарску тезу под насловом "Развој и имплементација информационог система за дијагностику рада возила у реалном времену".

Од самог почетка рада на пословима пројектовања и имплементације информационих система, поред ангажовања на том подручју, активан је у раду Лабораторије ЦИАХ на пословима испитивања моторних возила. Професионално пише софтвер у Ц-у, ВБа-у, Паскалу, Коболу, Јави, ради у Виндовс и Линукс окружењу и познаје све корисничке апликације написане за поменута окружења.

Аутор је и коаутор више информационих система у Аутомобилском Београд, Литас Пожаревац, Лабораторији ЦИАХ Машинског Факултета, Секретаријату Унутрашњих послова у Београду, Микрос Београд, итд. Аутор је и коаутор више научно-стручних радова међународног и националног значаја. Такође, учесник је пројеката Министарства за науку и технологију.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација је написана на 282 стране. Подељена је у 7 поглавља. То су:

Предговор

Садржај

1. Уводна разматрања
2. Преглед истраживања у овој области
3. Шематски приказ методологије
4. Развој методолошког прилаза
5. Основна фаза прикупљања података
6. Примена развијеног прилаза
7. Завршна разматрања

Литература

Прилози (два прилога)

Биографија

Дисертација садржи 139 слика, 25 табела и 157 формула.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У **првом поглављу** је дата дефиниција критичних радних режима у смислу управљивости и стабилности моторних возила. Концизно су издвојене основне претпоставке за избор модела које је могуће експериментално потврдити. Истичу се модерни приступи прикупљања, анализе и интеграције адекватних података кроз призму механичко-електронско-информатичке подршке. Наводи се значај дефинисања методологије оптимизације стабилности и управљивости моторних возила кроз интеграцију математичког модела, динамичке аквизиције и дистрибуције података, као и анализе у реалним условима експлоатације. Разрађује се могућност да се на основу постојећег стања моторног возила које је могуће квантификовати уз варијацију кључних параметара врши „предвиђање“, тј. симулација будућег понашања моторног возила.

Имајући у виду претходно циљ предметне дисертације јесте дефинисање методологије оптимизације стабилности и управљивости моторних возила кроз интеграцију математичког модела, динамичке аквизиције и дистрибуције података, као и анализе у реалним условима експлоатације.

Полазна хипотеза је да су параметри потребни за оцену управљивости и стабилности кретања возила мерљиве величине на основу којих се могу дефинисати карактеристике понашања возила у овом погледу, при чему је могуће утврдити парцијалне утицаје појединих утицајних чинилаца, као и да се њиховим усмереним варирањем може реализовати оптимизација карактеристика возила са аспекта његове управљивости и стабилности.

У **другом поглављу** је дат критички осврт на предметну проблематику и истиче се да је предмет истраживања проблематике стабилности и управљивости моторних возила у свету фокусиран на израду математичких модела понашања возила у карактеристичним радним режимима, при чему је представљен један од најчешће коришћених. Интересантна је тенденција да се такви математички модели директно имплементирају у модерне системе динамичке стабилности возила који укључују и одређене степене повратних спрега. У овом поглављу дат је концизан осврт на примеру система (VSC) (Vehicle Stability Control) односно систем контроле стабилности возила. Везано за систем контроле стабилности возила овде је дат уводни сегмент имплементације одређених сензорских аспеката као што је мерење угаоне брзине око вертикалне осе.

У циљу интеграције математичких модела у реалне услове експлоатације моторних возила потребно је користити прецизније податке и информације. У том смислу, пре свега треба користити податке који су добијени као резултат емпиријских истраживања. У ту сврху је један број истраживача обезбедило генералне податке о моторним возилима са аспекта масе возила, димензија, момената

инерције, међуосовинских растојања и слично. Ови подаци се могу користити и доступни су у иностраној литератури. Међутим, информације које се могу добити на основу коришћења иностране стручне литературе имају превасходно оријентациони карактер, из разлога што могу у већој или мањој мери утицати на директну везу између теоретских модела понашања возила и конкретних реалних услова експлоатације. Поред тога, ови подаци, односно конкретне базе података, не садрже инерцијалне карактеристике возила са изолованим кључним чиниоцима који утичу на стабилност и управљивост моторних возила.

Имајући у виду претходно, тежиште експерименталних истраживања је померено на одређивање параметара кључних чинилаца који утичу на управљивост и стабилност. Таква истраживања су првенствено фокусирана на пнеуматике као најдиректније системе везане за принцип везе возило-подлога. Сходно чињеници да пнеуматик представља изузетно важан, ако не и најважнији утицајни чинилац моторног возила у овом смислу, формиране су и базе података о карактеристикама истих на основу директних истраживања. Ова истраживања представљају значајан помак у даљем разумевању комплексног система управљивости и стабилности моторног возила, али и даље су само парцијални утицаји на комплетну проблематику.

Визуелизација понашања возила на основу математичких модела уз укључивање теоријских разматрања пнеуматика представља још један правац у изучавању предметне проблематике. Међутим и овај прилаз није довољан за свеобухватну анализу. Поновљивост евентуалног експерименталног утврђивања карактеристика моторног возила такође условљава елиминисање субјективности возача, али је изузетно скупа у погледу увођења аутоматских система управљања.

Претходна анализа је показала да се проблематика стабилности и управљивости моторних возила у истраживањима у свету већином заснива на различитим прилазима. Логично се намеће закључак да је проблем неопходно посматрати на начин који обједињује погодности појединих прилаза. Наиме, уколико се посматра возило као целина, вреди чињеница да све његове компоненте (уз компоненте услова подлоге) утичу на стабилност и управљивост возила. Приступ који би обухватио снимање свих релевантних чинилаца моторног возила у експлоатацији који битно утичу на стабилност и управљивост, а који су изабрани према одговарајућем математичком моделу, представља добру подлогу за истраживање јер интегрише парцијалне утицаје возила са генерализованим подацима о возилу.

У трећем поглављу дат је шематски приказ методологије оптимизације. Понуђена оптимизација базирана је на развоју алгорита и софтверске подршке који, на основу утврђених парцијалних утицаја, омогућавају варирање појединих утицајних величина у складу са дефинисаним варијантним решењем возила, чије се карактеристике управљивости и стабилности и визуелизација понашања обезбеђују симулацијом, тј. без испитивања на полигону. У овом смислу формираће се базе података и базе знања, које ће се непрекидно развијати и представљаће основу усмерене корекције у циљу оптимизације понашања возила у погледу његове управљивости и стабилности. Ток података је прецизно дефинисан кроз спрегу претпроцесора, процесора и постпроцесора. Претпроцесор је дефинисан као примарна аквизициона јединица са прецизно одређеним параметрима који се прате и даље дистрибуирају ка процесору. Процесор представља контролни модуло методологије оптимизације стабилности и управљивости, док је постпроцесор дефинисан као симулатор и визуелизатор предметне методологије.

У четвртном поглављу извршен је детаљан приказ математичког модела понашања моторног возила. Као једна од најважнијих карактеристика моторног возила у реалним условима експлоатације издвојена је карактеристика закретања моторног возила. Овде је одвојено закретање при малим брзинама од закретања при великим брзинама где се на пнеуматичким појављују бочне силе. Овим је предочено да се са појавом бочне силе на пнеуматичким издавају круцијални параметри понашања пнеуматика у критичном радном режиму закретања при великим брзинама. Ти параметри су квантификовани као Акерманов угао, угао повођења и отпор повођењу. У циљу бољег разумевања модела, дефинисани су сви аспекти теоријског математичког модела чиме су се створиле претпоставке за посматрање једначина закретања кроз основне постулате другог Њутновог закона уз коришћење геометрије возила у кривини.

Детаљна анализа претпостављеног математичког модела проширује број параметара интересантних за понашање возила у кривини као што су угао закретања на предњим точковима, међуосно растојање, радијус закретања, брзина кретања, гравитационо убрзање, оптерећења предње и задње осовине, као и отпори повођењу предњих и задњих пнеуматика.

Даље разматрање предоченог модела дефинише убрзања и угаоне брзине у тежишту возила као кључне чиниоце понашања возила и изводи кључни параметар за оцењивање стабилности и управљивости моторних возила – степен подуправљивости.

У овом поглављу су описани и остали утицајни параметри на укупан степен подуправљивости, при чему је компонента степена подуправљивости услед отпора повођењу као најутицајнија изолована и узета као показна за предметну методологију.

У овом поглављу су описани методи мерења степена подуправљивости са посебним освртом на директан метод који је обезбеђен динамичким мерењем радијуса заокрета моторног возила у реалним условима експлоатације.

Ово поглавље дефинише и коначне алгоритме критичности као основу за оцену стабилности и управљивости моторних возила.

У даљем тексту дат је детаљан опис сателитске навигације у простору. Ово поглавље представља могућност дефинисања тродимензионалних координата позиције возила у простору у циљу имплементације директне методе мерења радијуса заокрета моторног возила као основне претпоставке шематског приказа методологије. У овом поглављу су дате и претпоставке одређивања брзине возила помоћу сателита као другог битног параметра рада моторног возила. Издвојене су и ставке које описују прорачуне грешака са интересантним освртом на теорију релативности која је и у овој области нашла кључну примену. Овде се даје осврт на један од основних уређаја за прикупљање података чија је интеграција у централни аквизициони систем дата у поглављима која следе.

Након дефинисања прорачуна позиције и брзине у простору, кандидат разматра уређаје за трансформацију изабраних физичких величина у електричне у циљу аквизиције истих. Овде је концизно приказан начин функционисања акцелерометара. Анализа која је овде приказана је од виталног значаја за методологију оптимизације стабилности и управљивости моторних возила јер укључује системе за праћење убрзања у сва три правца. У овом поглављу су дати концизни подаци о мерним опсезима и очекиваним вредностима убрзања приликом екстремних услова експлоатације.

Такође у овом поглављу, размотрени су уређаји за трансформацију угаоног убрзања, тј. угаоне брзине у електричне величине. Детаљно је описан принцип функционисања вибрационих цилиндара и вибрационих прстенова као основних уређаја за мерење угаоних брзина око одговарајућих тежишних оса. Анализа из овог поглавља је веома значајна јер се овде дефинише генерални инерцијални систем за праћење стања возила кроз одређивање убрзања у сва три правца као и одређивање угаоних брзина око све три тежишне осе возила. Ови параметри су кључни за методологију оптимизације стабилности и управљивости моторних возила што је и приказано кроз избор одговарајућег теоретског математичког модела понашања возила у кривини при великој брзини.

Као један од основних параметара за оцену стабилности и управљивости моторних возила у овом делу се приказује одређивање отпора повођењу. Евидентан утицај отпора повођењу на целокупно понашање моторног возила у кривини при великој брзини директно је пропорционалан комбинацији геометријских карактеристика карактеристика крутости конструкције пнеуматика уз утицаје оптерећења на исти и утицај квалитета подлоге. Укључујући ове чиниоце може се дефинисати функционална зависност између ових параметара и отпора повођењу као виталног чиниоца понашања моторног возила. Укључивањем коефицијента трења и угла повођења као геометријске компоненте издваја се математички модел пнеуматика интересантан за ову дисертацију. Наиме, директну функционалну зависност могуће је аналитички описати а на основу емпиријских истраживања и интегрисати кроз развијени софтверски модуло у шематски приказ методологије.

Након дефинисања отпора повођењу овде се врши опис централне аквизиционе јединице. Оваква аквизициона јединица обезбеђује интеграцију давача убрзања, давача угаоних брзина, компоненти

локације возила у простору, брзинску компоненту возила, угао закретања тачкова кроз потенциометар на управљачком тачку возила, као и интеграцију израчунаог радијуса заокрета и осталих изведених величина интересантних за изабрани модел.

У овом поглављу је јасно описана аналогна и дигитална форма информација да би се на квалитетан начин извршила интеграција изабраних величина у предметну методологију. Процес мерења је описан концизно са освртом на ефикасност система за аквизицију. Централно процесирање сигнала зависи од тога да ли се мерена величина мења у току времена или не. Уколико се мења неопходно је временски променљиву величину секвентно записивати у сукцесивним временским интервалима у дигиталну меморију. Повећањем фреквенције узорковања добија се тачнија слика вредности амплитуде сигнала. На основу претходне анализе извршена је подела аквизиционих система где је, с обзиром на природу проблема, акценат стављен на мултифункционалне моделе пријема аналогних и дигиталних сигнала.

Неизбежна ставка је развој софтверског пакета за повезивање претпроцесора са процесором и постпроцесором. Развој софтвера је изведен у складу са стандардним софтверским процедурама у модерном програмском окружењу. Ово поглавље представља суштинску интеграцију кроз теоријско-експериментални прилаз јер се бави утврђивањем степена подуправљивости као основног показатеља-параметра за оцену понашања возила. У том смислу дефинисана је база података за возило која се формира непрестаним мерењима у контролисаним условима стационарног заокрета са једне стране и динамичким снимањем у свим радним режимима са друге. База је, као и програмско окружење, пројектована и реализована са модерним алатима који подразумевају релационе базе података.

У петом поглављу извршен је приказ основне фазе прикупљања података са описом мерне опреме која је коришћена у овом истраживању. У овом поглављу су дати подаци са полигона за контролисане услове стационарног заокрета при различитим брзинама и при различитим радијусима заокрета у циљу формирања показне базе података. У циљу боље прегледности дати су илустративни прикази добијених резултата. На основу ових података извршена је оцена понашања возила кроз израчунавање степена подуправљивости.

У шестом поглављу приказана је примена развијеног методолошког прилаза. Дат је осврт на припрему за симулацију параметара кретања возила кроз дефинисање и разраду виртуелног окружења као дела методологије који обезбеђује истраживачима визуелну слободу у даљим проценама понашања моторног возила. Виртуелно окружење је реализовано кроз коришћење тродимензионалних софтверских поставки са освртом на математички опис трансформација и динамичких аспеката виртуелизације. Свођењем проблема у дводимензионални простор уз употребу конкретних мрежних модела возила, са ослањањем на формирану базу података, остварена је могућност визуелног приказа кретања возила у нумеричком простору.

Сходно чињеници да је реализација методологије двоструко оријентисана и то ка формирању базе података за серију стационарних заокрета и формирање базе података за континуалну експлоатацију, извршено је и коначно формирање базе за први аспект са једне стране и коначно формирање показне базе реалне експлоатације са друге.

Прва фаза је обезбедила формирање геометријског места тачака функционалне зависности бочне силе и отпора повођењу, тј. угла повођења за предњу и задњу осовину који суштински представљају улазне параметре дефинисане на основу постојећих база података за симулирање произвољних понашања возила у стационарним стохастичким условима кретања. У другој фази за произвољну путању на полигону извршено је снимање података и оцена понашања кроз израчунавање степена подуправљивости.

Коначно, извршено је генерисање базе података за произвољан експеримент према претходно дефинисаним условима на полигону као директног метода. Резултати су дати на упоредном дијаграму

као степен подуправљивости где се јасно уочава усаглашеност резултата теоријско експерименталног прилаза.

Кроз варијантно решење приказан је случај примене методологије у смислу укључења пнеуматика измењене крутости како би се извршила симулација и процена понашања возила за исту произвољну путању која је претходно дефинисана и тиме показала суштина методологије, односно верификовала иста. За предметно варијантно решење уочава се погоршање у погледу стабилности и управљивости возила што је приказано кроз дијаграм директног поређења теоретских разматрања и експерименталних резултата за случајеве укључења два пнеуматика различитих карактеристика.

У седмом поглављу су презентована закључна разматрања. Истиче се да активно учешће теоретских разматрања у проблематици стабилности и управљивости моторних возила представља значајан корак у анализи и оптимизацији предметне проблематике. Међутим физикалност стохастичких појава које се дешавају приликом сложених кретања моторних возила не могу у целини да се обухвате једним теоретским моделом. Из тог разлога разматрање се проширује експерименталним утврђивањем карактеристика возила као и увођење теоријско експерименталног приступа материји, како би се на адекватан начин описало понашање возила у кривини. С обзиром на чињеницу да безбедност коришћења моторног возила представља најзначајнији аспект проблематике, то је и разматрање предметне проблематике од суштинског значаја.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА" представља савремен, оригиналан и значајан допринос разматраној проблематици. Свакодневно се на друмовима широм планете користе десетине ако не и стотине милиона моторних возила. Из тог разлога аспект безбедности коришћења истих представља кључни чинилац са становишта експлоатације. Проблематика безбедности у погледу управљивости и стабилности решава се применом различитих прилаза који захтевају интеграцију и анализу у реалном времену и реалним условима експлоатације. Сходно чињеници да је интеграција појединих прилаза који су у овом раду приказани неопходна то указује на висок степен оригиналности који је присутан у овој докторској дисертацији, као и на примену савременог научног приступа приликом решавања овог проблема.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији је коришћена обимна литература из области динамике моторних возила, са акцентом на област управљивости и стабилности. Ова литература је пре свега кандидату послужила као полазна основа за приказ постојећег стања у овој области, везано за проблематику која се тиче докторске дисертације. При томе треба имати у виду да није познато да је у свету обављено истраживање које је директно везано за назив и проблематику која је била предмет израде докторске дисертације. Велики део литературе чине радови еминентних светских стручњака из ове области, као и радови са SCff листе. Мр Горан Воротовић је у дисертацији навео 61 цитат. Међу овим цитатима се налази и литература која се односи на проблематику софтверског инжењеринга и литература из области аквизиционих система.

3.3 Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

У докторској дисертацији су коришћене експерименталне и аналитичке методе. У циљу добијања резултата који могу послужити као основа за оптимизацију стабилности и управљивости моторних возила, коришћене су методе прикупљања, обраде и анализе података, као и методе математичког моделирања, пројектовања и развоја информационих система. Ове методе су потпуно адекватне за проблем који се истражује у оквиру докторске дисертације, јер се применом ових метода могу дефинисати утицајни чиниоци битни за проблематику стабилности и управљивости моторних

возила, као и поступци потребни за процену понашања виртуелног возила за познате податке истог из реалних услова експлоатације.

У циљу анализе добијених резултата, коришћене су статистичке и квантитативне методе. Кандидат је направио избор адекватних метода које су коришћене за анализу добијених резултата и извођење релевантних закључака.

3.4 Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Резултати до којих је кандидат дошао у дисертацији поред научне, поседују и високу употребну вредност. Они се у пракси могу успешно користити за предвиђање понашања возила у ситуацијама у којима моторно возило може да се нађе са аспекта стабилности и управљивости. Основни разлог за то је што су подаци добијени серијом експеримената успешно имплементирани у теоријско-експерименталну матрицу. У дисертацији је такође разматрано питање утицајних параметара и начина њихове идентификације што представља оригиналне поставке за имплементацију таквог система у пракси. Констатовано је да се резултати до којих се дошло применом експерименталног истраживања могу користити и приликом одржавања возила према стању, пројектовања моторних возила, као и даље визуелизације проблема. У оквиру експерименталних истраживања кроз примену приказаног методолошког прилаза на конкретном примеру возила који укључује измену карактеристичних парцијалних утицаја од значаја за његову стабилност и управљивост, реализована су и верификациона испитивања у условима путање која одговара траси кретања возила која је симулацијом разматрана. Добијени резултати указују на оправданост примене изложеног прилаза при оптимизацији стабилности и управљивости возила. Резултати експерименталног истраживања који су добијени током израде докторске дисертације су поновљиви.

3.5 Оцена способности кандидата за самостални научни рад

У оквиру реализације истраживања, чланови комисије сматрају да је кандидат показао знања и способности да самостално решава инжењерске и научне проблеме.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Ова дисертација је документовано проширила постојећа знања и остварила научни допринос у области моторних возила, односно динамике возила.

Остварени научни допринос докторске дисертације "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА" се пре свега огледа у следећем:

- презентацији најновијих сазнања везаних за проучавање проблематику на прегледан начин, са нагласком на анализи оних сегмената који откривају могућност и иницирају потребу даљих научних истраживања са циљем унапређења
- методолошком прилазу оптимизације управљивости и стабилности возила у карактеристичним условима;
- развоју оригиналног модела за аквизицију параметара понашања возила у реалном времену;
- развоју алгоритма идентификације меродавних вредности параметара из базе података који одговарају карактеристичним разматраним режимима возила кроз издвајање-изоловање вредности;
- развоју алгоритма и потребне хардверско-софтверске подршке комуникацији и дистрибуцији података између возила и централне базе података у оквиру експерименталних истраживања;
- изради одговарајућег софтверског пакета у оквиру развијеног методолошког прилаза према унапред предложеном моделу, поготово у смислу утврђивања и укључења појединих парцијалних утицајних чинилаца;
- формирању базе података и знања за конкретно возило;

- анализи и поређењу добијених података на конкретном возилу за одређена варијантна решења и услове, како у реалном времену, тако и карактеристичним путањама у оквиру процеса симулације понашања возила.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Параметри рада моторног возила се могу прикупити коришћењем већег броја уређаја. Евидентна је тенденција коришћења инерцијалних система аквизиције и система који се ослањају на ГПС поставке. Инерцијални системи представљају објективно веома прецизне уређаје који су у могућности да у кратком временском периоду генеришу и процесирају све величине интересантне за разматрање проблематике стабилности и управљивости моторних возила. Уколико се такви уређаји користе у дужем временском периоду значајно се повећава мерна несигурност, што је у тексту доктората и приказано на примеру мерења бочног убрзања возила. Сходно претходном, неопходно је вршити континуално корекције инерцијалног система што представља значајан технички проблем. Са друге стране коришћење ГПС-а за утврђивање параметара рада моторног возила у смислу управљивости и стабилности указује на два основна проблема. Први се односи на брзину читавања позиције у простору (а самим тим и брзине и компоненти убрзања) која је за цивилну употребу тренутно ограничена на 5 Hz. Читавања овом брзином представљају уско грло у реализацији предметне методологије јер је број тачака које се користе за формирање путања и инерцијалних карактеристика релативно мали. Решење овог проблема је у набавци уређаја који врше читавања брзином од 20 Hz. Недостатак овог уређаја је изузетно висока цена, тако да он реално није доступан за индивидуалну набавку. Из тог разлога кандидат за израду докторске документације није користио уређај са већом брзином читавања података. Овај проблем, кандидат је превазишао коришћењем уређаја мање брзине читавања заједно са контролним инерцијалним системом за мерење параметара рада у смислу управљивости и стабилности. Овакви уређаји се често користе у истраживачке сврхе. Примена оваквих уређаја је присутна у већини истраживања у свету што се може закључити анализом публикованих часописа. Из тог разлога, сматрамо да је кандидат користио мерне уређаје чија је употреба оправдана за прикупљање експерименталних резултата.

4.3 Очекивана примена резултата у пракси

Примена резултата који су добијени у овој докторској дисертацији отвара нове перспективе у пројектовању моторних возила са аспекта управљивости и стабилности. Досадашња пракса у овој области се заснивала на различитим прилазима проблематици и имплементацији резултата кроз коришћење теоретских истраживања. Применом предложене методологије оптимизације стабилности и управљивости која представља надградњу постојећих прилаза експерименталним истраживањем, остварене су претпоставке за квалитетну оцену понашања возила у произвољним условима експлоатације за познате (измерене) вредности меродавних параметара.

Значај разматране проблематике огледа се и у обезбеђивању хардверско - софтверских модула у смислу «on line» праћења стања и понашања возила са посебним акцентом на могућност њихове имплементације у путно-експлоатационим условима (црна кутија, контрола и надзор коришћења возила у гарантном року, итд.).

Имајући у виду да су овом докторском дисертацијом обухваћени релевантни чиниоци неопходни за процену стања возила у произвољним условима експлоатације, може се очекивати примена предложене методологије у пракси за потребе ауто индустрије. С обзиром на спроведену анализу која се односи на примену теоријско-експерименталног прилаза за оцену понашања возила, може се претпоставити да ће део резултата из овог истраживања након објављивања наћи примену и кроз даљу разраду предметне проблематике у другим научноистраживачким пројектима.

4.4 Верификовани научни доприноси

С обзиром на чињеницу да је докторска дисертација пријављена 2006. године, верификација научних доприноса на СЦИ листи за ову дисертацију није предуслов.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација под називом "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА" кандидата **мр Горана Воротовића**, дипл.инж.маш., представља савремен и оригиналан научни допринос кроз свеобухватно сагледавање проблема комбиновања различитих теорија у примени иновационог приступа проблему. Ценећи оно што је приказано у докторској дисертацији и чињеницу да је анализирана проблематика веома актуелна у научној јавности, са задовољством се констатује да је кандидат **мр Горан Воротовић**, дипл.инж.маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима докторске дисертације. Треба истаћи да је кандидат дошао до оригиналних и проверљивих резултата у веома атрактивној области, и показао висок ниво способности и самосталности у доношењу и спровођењу одлука у току израде докторске дисертације. На тај начин је демонстрирао способност за самостални научни рад.

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом "МЕТОДОЛОГИЈА ОПТИМИЗАЦИЈЕ УПРАВЉИВОСТИ И СТАБИЛНОСТИ ВОЗИЛА" кандидата **мр Горана Воротовића**, дипл.инж.маш., Комисија за оцену и одбрану са задовољством констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности, и упути Извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Унивезитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду, 29.10.2010. године

ПОТПИСНИЦИ ИЗВЕШТАЈА - КОМИСИЈА:

др Бранислав Ракићевић
ванредни професор Машинског факултета у Београду, ментор

др Живан Арсенић
редовни професор Машинског факултета у Београду

др Бранко Васић
ванредни професор Машинског факултета у Београду

др Слободан Радојевић
доцент Машинског факултета у Београд

др Слободан Јанковић,
редовни професор Техничког факултета у Зрењанину