

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Драгана Д. Стаменковића, дипломираног инжењера машинства, студента докторских студија

Одлуком број 982/2 од 23. јуна 2022. године, именовани смо за чланове комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Драгана Д. Стаменковића, дипломираног инжењера машинства, под насловом „Модел управљања аутономним моторним возилом”.

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

Кандидат Драган Д. Стаменковић, дипломирани инжењер машинства, уписао је прву годину докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2010/2011. године. Кандидат је поднео захтев за одобрење теме докторске дисертације број 1023/1 од 6. маја 2016. године. Кандидат је за ментора предложио др Владимира Поповића, редовног професора Машинског факултета Универзитета у Београду. На основу сагласности Катедре за моторна возила број 1023/2 од 25. маја 2016. године, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду донело је одлуку број 1023/3 од 2. јуна 2016. о именовању комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу:

- Др Владимир Поповић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет;
- Др Драган Александрић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет;
- Др Иван Благојевић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет;
- Др Горан Воротовић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет;
- Др Владимир Момчиловић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду донело је одлуку број 61206-3361/2-16 од 4. јула 2016. године којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Драгана Д. Стаменковића, дипломираног инжењера машинства, под

насловом „Модел управљања аутономним моторним возилом”. На основу обавештења редовног професора др Владимира Поповића да је кандидат Драган Д. Стаменковић, дипломирани инжењер машинства, завршио докторску дисертацију под насловом „Модел управљања аутономним моторним возилом” и предлога Катедре за моторна возила број 982/1 од 21. јуна 2022. године, Наставно-научно веће Машинског факултета Универзитета у Београду је на седници одржаној 23. јуна 2022. године донело одлуку број 982/2 којом се именују чланови комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- Др Владимир Поповић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет;
- Др Драган Александрић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет;
- Др Иван Благојевић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет;
- Др Горан Воротовић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет;
- Др Небојша Бојовић, редовни професор, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом „Модел управљања аутономним моторним возилом” припада области техничких наука – машинство, ужој научној области – моторна возила, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан. Ментор др Владимир Поповић је редовни професор на Катедри за моторна возила Машинског факултета Универзитета у Београду. Као аутор или коаутор до сада је објавио 23 рада на *SCI* листи.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Драган Д. Стаменковић рођен је 23. октобра 1984. године у Загребу. Основну школу „Јован Дучић” у Београду завршио је 1999. године. Средњу техничку школу у оквиру Политехничке академије завршио је 2003. године, стекавши звање техничара за роботiku и флексибилне производне системе. Машински факултет Универзитета у Београду уписао је 2003. године, где је 2009. године дипломирао на одсеку за моторна возила са просечном оценом 9,38, стекавши стручни назив дипломирани инжењер машинства. Године 2010. уписао је докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду, где је положио све испите предвиђене планом и програмом усавршавања са просечном оценом 10. Од 1. јула 2010. године запослен је на Машинском факултету Универзитета у Београду. У периоду од 11. јула 2013. године до 13. јула 2020. године кандидат је био асистент на Катедри за моторна возила на предметима Системи возила, Динамика возила и Перформансе возила на основним академским студијама и Ефективност система, Мехатроника на возилу и Испитивање возила на мастер академским студијама. Кандидат је од 2010. године ангажован на испитивању моторних и прикључних возила према домаћим и међународним прописима у оквиру Лабораторије ЦИАХ, акредитоване лабораторије Машинског факултета Универзитета у Београду. Био је учесник неколико пројеката, од којих се истичу пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије ТР35045 „Научно-технолошка подршка унапређењу безбедности специјалних друмских и шинских возила” (2010-2019.), чији је руководилац био проф. др Владимир Поповић и „Истраживање утицаја стила војње на енергетску ефикасност код аутобуса на електрични погон” (2019-2020.), финансиран од стране Градског секретаријата за јавни превоз Градске управе града Београда, чији је руководилац био проф. др Иван Благојевић. Коаутор је уџбеника за предмет Динамика возила „Вучно-динамички прорачун транспортних возила – Приручник”, који је 2022. године издао Машински факултет Универзитета у Београду. Члан је Националне асоцијације

аутономних и електричних возила (НААЕВ). Као аутор и коаутор објавио је 60 научних радова, од којих 7 у часописима са SCI листе и 13 у зборницима радова са међународних конференција.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Драгана Д. Стаменковића, дипломираног инжењера машинства, под насловом „Модел управљања аутономним моторним возилом” је документ формата А4, написан на српском језику, ћириличним писмом. Написана је на укупно 210 нумерисаних страна укључујући прилоге и литературу која садржи 208 референци. Дисертација садржи 168 слика и 23 табеле и састоји се од следећих поглавља:

1. Увод;
2. Препознавање граница пута, учесника у саобраћају и препрека;
3. Критеријуми за избор маневра након препознавања препреке;
4. Одређивање најпогодније трајекторије возила;
5. Управљачки модел;
6. Резултати симулација;
7. Закључна разматрања;
8. Прилози.

Осим наведеног, докторска дисертација садржи резиме на српском и енглеском језику, садржај, биографију аутора, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном поглављу обрађена је историја аутономних возила и дат преглед међународних прописа који регулишу употребу аутономних возила у саобраћају.

Друго поглавље обухвата преглед коришћених давача на изведеним аутономним возилима и описује прелиминарни експеримент спроведен за потребе дисертације са циљем утврђивања могућности управљања возилом на основу сигнала са камере. На основу ових анализа, поглавље даље описује избор давача за предметни модел аутономног возила – камере за препознавање граница пута и препрека, лидара за препознавање растојања од препрека и давача глобалног система за позиционирање за проверу тренутног положаја возила. У овом поглављу је и укратко описана могућност коришћења програмског пакета *MATLAB* за одређивање околине возила.

У трећем поглављу су обрађени критеријуми за избор најоптималнијег маневра у случају препознавања препреке, формиран на основу истраживања приказаних у литератури, а која су везана за могуће последице у зависности од брзине и типа удара у препреку, али и међународних прописа који дефинишу услове за напредне системе за помоћ возачу који управљају системима за управљање и кочење.

Четврто поглавље на свом почетку описује стандарде *ISO 3888-1* и *ISO 3888-2* који се користе за оцену динамичког понашања возила, као и универзални полигон формиран на основу ових стандарда, а чији је задатак да представи сваку могућу ситуацију у којој се на путу испред возила јавља препрека коју је потребно избећи. Даље, поглавље описује одређивање путање кроз задате тачке применом различитих метода и дефинисање жељене трајекторије. Поглавље се осврће и на могућност процене коефицијента приањања и угла повођења и коришћење на тај начин добијених података за управљање возилом на најоптималнији начин.

У петом поглављу је описан начин спровођења косимулације коришћењем програма *Adams Car* и *MATLAB Simulink*, дат је преглед коришћених контролера у литератури, али и

представљен модел за управљање возилом у циљу избегавања препреке (почевши од почетне идеје до коначне верзије модела).

Шесто поглавље садржи резултате спроведених симулација за све вредности брзина (у корацима од по 2,5 m/s) из могућег опсега проласка кроз полигоне према *ISO 3888-1* и *ISO 3888-2* и полигон који представља комбинацију ова два полигона, односно који је формиран на основу средњих вредности дужина и ширина деоница ова два полигона. Резултати су приказани као путања возила на полигону и зависности од времена следећих параметара: одступања од жељене путање, угла точка управљача, бочног убрзања и угаоне брзине вијугања возила. Дат је и приказ зависности оптималних вредности коефицијената који дефинишу управљачки модел од брзине и димензија полигона.

Резултати спроведених симулација су анализирани у следећем поглављу, у ком су дата и закључна разматрања.

Као прилози докторској дисертацији дати су упоредни приказ координатних система и ознака из литературе и оних коришћених у дисертацији, али и детаљно упутство за косимулацију, које може бити добра смерница за све истраживаче који желе да понове или спроведу унапређени експеримент.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација под насловом „Модел управљања аутономним моторним возилом”, кандидата Драгана Д. Стаменковића, дипломираног инжењера машинства, представља савремен и оригиналан допринос у области аутономних возила. У оквиру докторске дисертације примењен је савремен софтвер за симулацију понашања возила у екстремним маневрима избегавања препреке. Модели за управљање аутономним возилима приказани у литератури су прилагођени за двоструку промену саобраћајне траке приликом кретања на аутопуту, који представљају много мање захтевне маневре у односу на оне који су обрађени у предметној дисертацији. Оригиналноста дисертације доприноси и чињеница да УН правилници који дефинишу критеријуме за системе који се уграђују на савремена возила, а чији је задатак да избегну удар у препреку (скретањем или кочењем) не захтевају од ових система да буду способни да изведу овако оштре маневре. Треба нагласити да свака саобраћајна несрећа у којој учествује аутономно возило има велики одјек у јавности и на неки начин отежава увођење ових возила у свакодневицу – систем приказан у предметној дисертацији би могао бити корак ка решавању овог проблема.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је за потребе израде докторске дисертације прикупио и анализирао обимну литературу. Поред машинства, литература обухвата и радове из других научних области које се дотичу аутономних возила. Велики део референци представља радове новијег датума у међународним часописима са *SCI* листе. Поред тога, коришћена литература обухвата и поглавља из референтних савремених међународних монографија, али и старије радове и књиге који представљају стандард у својој области. Истраживања приказана у наведеним референцама су коришћена за планирање експерименталног дела дисертације, креирање модела управљања аутономним возилом, али и тумачење добијених резултата. Треба истаћи да се кандидат критички осврнуо на резултате приказане у наведеној литератури. Поред тога, прегледана обимна литература и приложени објављени радови указују на адекватно познавање предметне области истраживања.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Косимулације за потребе предметне дисертације су спроведене коришћењем програмских пакета *Adams Car*, који представља стандард за симулацију динамичког понашања возила, узимајући у обзир велики број чинилаца и користећи сложене моделе за симулацију понашања свих система возила, и *MATLAB Simulink*, који користе научници широм света за развијање управљачких модела. Верификација модела је спроведена на полигонима према стандардима *ISO 3888-1* и *ISO 3888-2*, који су општеприхваћени за испитивање динамичких карактеристика возила. Путање за избегавање препреке формиране су Безјеовим кривама и на основу путања генерисаних самосталним *Adams Car* симулацијама, са приказаним предностима и манама оба приступа.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати спроведених симулација су верификовали могућност модела да управља возилом приликом спровођења оштрих маневара избегавања препреке на путу. Развијени модел би се могао користити и на стварном возилу у оквиру напредних система за помоћ возачу, којима произвођачи возила посвећују велику пажњу последњих година, али који још увек нису на таквом нивоу да могу заобићи препреку на путу оштрим маневрима какви су описани у предметној дисертацији. База података добијена на основу спроведених симулација се може користити и за неки будући модел чији би задатак био да одлучи да ли ће пре скретања у суседну саобраћајну траку смањити брзину кретања кочењем, кочити до заустављања или ради ублажавања последица удара или одмах започети скретање.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације докторанд је показао способност за самостални научно-истраживачки рад, смисао и знање неопходно да самостално препозна, изолује и систематски реши проблеме примењујући савремене методе, да користи расположиву литературу и да успешно влада савременим истраживачким методама потребним за даљи научно-истраживачки рад. То је потврђено како испитима које је докторанд положио на последипломским студијама, тако и бројним објављеним научно-стручним радовима.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос предметне дисертације је модел за управљање аутономним возилом способан да управља возилом током маневра избегавања препреке на граници могућности возила. Овај допринос је приказан је у потпоглављу 5.4.3 на страницама 101 до 110 дисертације и објављен у [1].

Модел је заснован на постојећим решењима, али са неколико унапређења. Уведена је зависност коришћених коефицијената од брзине проласка кроз полигон и његових димензија. Поред тога, коришћен је корективни фактор који узима у обзир кашњење у одзиву система. Остали доприноси дисертације дати су у радовима [2-7].

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Развијени модел представља унапређење у односу на модел који је развијен за праћење пута и промену саобраћајне траке коришћењем благих маневара, који у случају изненадне појаве препреке на путу нису довољни за њено избегавање. Могућа унапређења модела обухватају корекцију трајекторије на основу промена положаја и брзине препреке на путу и осталих

учесника у саобраћају, али и узимање у обзир процењене вредности коефицијента приањања. Треба напоменути да се модел који користи програм *Adams Car*, због своје рачунарске захтевности, не би могао користити за онлајн управљање возилом, за разлику од модела развијеног за потребе дисертације. Приказани приступ се може користити за развијање управљачког модела симулацијама, што доводи до уштеде у времену и новцу. Модел се лако може прилагодити другим возилима.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси предметне докторске дисертације су верификовани следећим радовима:

Категорија M21:

- [1] **Stamenković, D.**, Popović, V.: Warranty optimisation based on the prediction of costs to the manufacturer using neural network model and Monte Carlo simulation, *International Journal of Systems Science*, vol. 46, no. 3, pp. 535-545, 2015 (**IF=1,947**) (ISSN 0020-7721), <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207721.2013.792972>

Категорија M22:

- [2] Janković, S., Kleut, D., Blagojević, I., **Stamenković, D.**, Vorotović, G.: Application of vehicle's CAN based network in transmission service load data acquisition, *Technical Gazette*, vol. 19, no. 2, pp. 201-210, 2012 (**IF=0,601**) (ISSN 1330-3651), <https://hrcak.srce.hr/clanak/124738>
- [3] Blagojević, I., Vorotović, G., **Stamenković, D.**, Petrović, N., Rakićević, B.: The effects of gear shift indicator usage on fuel efficiency of a motor vehicle, *Thermal Science*, vol. 21, no. 1B, pp. 707-713, 2017 (**IF=1,433**) (ISSN 0354-9836), <https://thermalscience.vinca.rs/2017/1/127>
- [4] Blagojević, I., Mitić, S., **Stamenković, D.**, Popović, V.: The future (and the present) of motor vehicle propulsion systems, *Thermal Science*, vol. 23, no. Supp. 5, pp. S1727 - S1743, 2019 (**IF=1,574**) (ISSN 0354-9836), <https://thermalscience.vinca.rs/2019/supplement-5/25>

Категорија M23:

- [5] Gordić, M., **Stamenković, D.**, Popović, V., Muždeka, S., Mićović, A.: Electric vehicle conversion: Optimisation of parameters in the design process, *Technical Gazette*, vol. 24, no. 4, pp. 1213-1219, 2017 (**IF=0,686**) (ISSN 1330-3651), <https://hrcak.srce.hr/clanak/273464>
- [6] Frlić Sekulić, N., Blagojević, I., Popović, V., **Stamenković, D.**, Janković, S.: Development of pedestrian alert system for use in electric vehicles, *Technical Gazette*, vol. 26, no. 6, pp. 1614-1619, 2019 (**IF=0,670**) (ISSN 1330-3651), <https://hrcak.srce.hr/228506>
- [7] Topouris, S., **Stamenković, D.**, Olphe-Galliard, M., Popović, V., Tirović, M.: Heat dissipation from stationary passenger car brake discs, *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, vol. 66, no. 1, pp. 15-28, 2020 (**IF=1,554**) (ISSN 0039-2480), <https://www.sv-jme.eu/article/heat-dissipation-from-stationary-passenger-car-brake-discs>

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу детаљног прегледа и анализе докторске дисертације, комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је докторска дисертација под називом „Модел управљања аутономним моторним возилом” кандидата Драгана Д. Стаменковића, дипломираног инжењера машинства, урађена према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и да је у складу са Статутом и Правилником о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду. На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији, комисија констатује да је кандидат Драган Д. Стаменковић, дипломирани инжењер машинства, успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања. Кандидат је дошао до оригиналних научних резултата који су успешно верификовани. Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључила је да докторска дисертација под називом „Модел управљања аутономним моторним возилом” представља оригиналан и вредан научни рад са научним доприносима у области машинства, ужа научна област моторна возила. Стога комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета Универзитета у Београду да реферат прихвати, дисертацију стави на увид јавности и упути реферат на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат Драган Д. Стаменковић, дипломирани инжењер машинства, позове на јавну одбрану дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Владимир Поповић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Др Драган Александрић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Др Иван Благојевић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Др Горан Воротовић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

Др Небојша Бојовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет