

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Славице Мачужић Савелић, мастер инжењера машинства

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-32/8 од 25. 01. 2023. године, на предлог Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу (одлука бр. 01-1/4581-10 од 22. 12. 2022. године), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (у даљем тексту Комисија) у научној области Машинско инжењерство, ужој научној области Моторна возила и мотори, кандидаткиње Славице Мачужић Савелић, маст. инж. маш., под називом:

„РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА ОЦЕНУ ОСЦИЛАТОРНЕ УДОБНОСТИ ВОЗИЛА“

На основу увида у приложени докторску дисертацију и Извештаја комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, која је одобрена за израду Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу бр. 01-1/3278-12 од 19. 09. 2019. године и Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу бр. IV-04-806/11 од 09. 10. 2019. године, на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Опис докторске дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Славице Мачужић Савелић, маст. инж. маш., под називом „Развој модела за оцену осцилаторне удобности возила“ представља резултат мулти-дисциплинарног научно-истраживачког рада кандидаткиње у областима моторна возила и вештачка интелигенција.

На почетку докторске дисертације, после јасно дефинисаног предмета и циља дисертације, образложења хипотеза и метода коришћених у истраживању, извршена је систематизација експерименталних и моделских истраживања утицаја вибрација на тело возача. Преглед и критичка анализа претходних експерименталних истраживања извршени

су према: врсти побуде, месту испитивања, правцу деловања побуде, примењеним методама и положају тела испитаника. Претходна моделска испитивања су анализирана на основу димензија и конфигурација модела и резултата идентификације модела.

С обзиром да дуготрајно излагање возача вибрацијама целог тела може да доведе до значајног угрожавања његовог здравља, у докторској дисертацији су приказане и неопходне теоријске основе везане за утицај вибрација на возача са аспекта: карактеристика вибрација (интензитет, фреквенција, дужина трајања и друге карактеристике у временском и фреквентном домену) и одговора тела возача на дејство вибрација. Посебна пажња је посвећена анализи утицајних фактора на појаву неудобности код возача и осцилаторној неудобности уопште.

Анализирани су постојећи индикатори који се користе за оцену пренетих вибрација на човека. Анализа је урађена на свеобухватан начин - приказане су расположиве методе за проучавање неудобности возача и расположиви стандарди и законска регулатива који се баве овом облашћу. Такође, анализиран је и биодинамички одговор човека и фактори који на њега утичу (маса, пол, положај руку, начин ослањања стопала, утицај наслона седишта, као и карактеристике побуде).

Компаративне предности и недостаци анализираних приступа, метода и експерименталних истраживања, утицале су на конкретизацију циљева сопствених истраживања.

У оквиру докторске дисертације спроведена су експериментална лабораторијска истраживања која су реализована у Лабораторији за моторна возила Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Мерени су одзиви тела испитаника на једноосне и вишеосне случајне вибрације, у одговарајућем фреквентном опсегу, за различите угаоне положаје наслона седишта. Одговарајућа побуда обезбеђена је коришћењем електрохидрауличког пулзатора Лабораторије за моторна возила, чија је мерна инсталација допуњена и адаптирана елементима прилагођеним конкретној употреби.

На основу добијених резултата лабораторијских истраживања понашања тела возача у различитим условима седења, утврђени су релевантни фактори који утичу на одзив тела возача на вибрације у процесу вожње. Извршена је статистичка анализа експерименталних резултата, као и факторска анализа утицајних величина на испитанике мушког и женског пола, за подужни, вертикални и вишеосни правац побуде.

Резултати експерименталних истраживања били су полазна основа за утврђивање и анализу спреге између једноосних и вишеосних вибрација. Формиран је модел за оцену осцилаторне удобности возила применом методе вештачких неуронских мрежа, која може да изврши оцену осцилаторне удобности возила на бази разматраних утицајних фактора.

На основу резултата теоријских и експерименталних истраживања верификоване су полазне хипотезе докторске дисертације и изведени одговарајући закључци. Уз објашњење ограничења у истраживању која потичу од људског фактора, истакнути су правци даљих истраживања у смислу интеграције модела неуронских мрежа са реалним окружењем возила, као и обуке неуронских мрежа на обједињеном скупу података испитаника мушког и женског пола.

2. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација кандидаткиње представља резултат научно-истраживачког рада кандидаткиње у актуелној тематској области истраживања осцилаторне удобности возила. Значај докторске дисертације огледа се у развоју сопственог модела за оцену осцилаторне удобности возила заснованог на резултатима експерименталних истраживања, који може

бити основа за формирање биодинамичких модела. Тиме је учињен продор ка бољем разумевању осцилаторне удобности возила као важног сегмента каталитичке безбедности возила, али и једног од утицајних фактора на успех конкретног модела возила на тржишту.

Допринос докторске дисертације може се сагледати са становишта актуелних теоријских и експерименталних истраживања у предметној научној области.

Теоријски допринос дисертације се огледа у систематизацији и критичкој анализи доступних актуелних теоријских и експерименталних истраживања компетентних аутора у области осцилаторне удобности возила. Теоријски научни резултати су категорисани према димензији и конфигурацији модела, примењеним методама идентификације и генерисања функција фреквентног одзива типа „седиште - глава“. Анализа савремених експерименталних истраживања у области утицаја вибрација целог тела извршена је имајући у виду различите врсте побуда, углове нагиба наслона седишта и правце деловања побуде.

Експериментални допринос дисертације се огледа у формирању експерименталне инсталације са електро-хидрауличким симулатором побуде и платформом са уграђеним седиштем. Екстензивна експериментална истраживања су обављена уз учешће 30 испитаника мушког и женског пола, који су изложени случајним вибрацијама целог тела. Генерисане су побуде једноосним или вишеосним вибрацијама, у фреквентном опсегу од 0,1 Hz до 20 Hz, за три вредности угла нагиба наслона седишта. Ранг утицаја фактора на резонантну фреквенцију утврђен је на основу добијених експерименталних података о понашању тела возача у различитим условима седења. Узимајући у обзир пол и антропометријске карактеристике испитаника, правце и амплитуде побудних вибрација и различите углове наслона седишта, формиран је LSTM (енгл. *Long Short-Term Memory*) модел вештачке неуронске мреже за оцену осцилаторне удобности тела човека, који има адекватну прецизност у сфери биодинамичког моделирања. Модел је способан да предвиђа функцију фреквентног одзива типа „седиште-глава“ у фреквентном домену, а такође и да предвиђа осцилаторну удобност на бази пондерисаних вредности убрзања у временском домену, дефинисано стандардом SRPS ISO 2631-1:2014. Спроведена анализа и развијени модел вештачке неуронске мреже могу допринети значајнијој примени савремених технологија у анализи утицаја вибрација на тело човека.

3. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидаткиње Славице Мачужић Савелић, маг. инж. маш., под називом „Развој модела за оцену осцилаторне удобности возила“ представља резултат самосталног научно-истраживачког рада кандидаткиње у актуелној научној области. На основу спроведених теоријских и експерименталних истраживања и резултата добијених применом вештачке неуронске мреже, може се закључити да дисертација представља оригинални научни рад. Докторска дисертација је прошла обавезну проверу на плагијаризам, која потврђује да је реч о оригиналном научном раду.

Кандидаткиња је критички анализирала и вредновала доступна истраживања из разматране области и утврдила ограничења постојећих студија. Вишедеценијска истраживања у области осцилаторне удобности возила реализована су у више праваца и применом различитих метода. Истраживања су рађена у различитим експлоатационим и лабораторијским условима који су обухватили различите врсте побуда (једноосне, вишеосне, хармонијске, импулсне, случајне, транслаторне и угаоне), субјективне и објективне методе и различите методе анализе и обраде резултата. На основу експерименталних истраживања, формиран је значајан број биодинамичких модела, како континуалних, тако и модела са концентрисаним масама. Примена различитих функција фреквентног одзива има за циљ да се формира објективан параметар којим би се могао имати увид у одзив тела на вибрације. Испитиване су различите спреге које постоје у систему седиште - возач: спреге праваца

побуде, спреге амплитуда побуде и спреге резонанци. На основу прегледа литературе, уочава се да је било покушаја да се формирају модели на бази привидне масе и динамичке импедансе, али и модела који примењују различите методе машинског учења у циљу формирања и верификације модела. Преносна функција „седиште-глава“ која је такође била предмет истраживања, коришћена је у бројним и експерименталним и моделским истраживањима. Закључује се да у литератури не постоји општи модел за оцену осцилаторне удобности заснован на функцији преноса и формиран применом метода машинског учења.

У оквиру ове докторске дисертације, понашање и пратеће појаве у телу возача изложеног вибрацијама у систему седиште-возач, замењује се одговарајућим моделом за оцену осцилаторне удобности који је развијен на бази вештачке неуронске мреже. Применом овог јединственог модела могуће је предвидети понашање тела возача при различитим нивоима оптерећења и условима седења.

4. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

4.1. Биографија кандидаткиње

Славица Д. Мачужић Савелић је рођена 08. 01. 1989. године у Рашки, Република Србија, СФРЈ. Завршила је Основну школу „Јосиф Панчић“ у Баљевцу, док је средњошколско образовање стекла у „Техничкој школи за машинство и саобраћај“ (сада „Политехничкој школи“) у Крагујевцу.

Машински факултет (сада Факултет инжењерских наука) у Крагујевцу је уписала школске 2008/2009. године. Основне академске студије завршила је са просечном оценом 8,37 (осам и 37/100) и одбрањеним завршним радом под називом „Транспорт опасних материја класе 2 (гасова) друмским возилима“ са оценом 10 (десет), чиме је стекла стручни назив „инжењер машинства“.

На истом факултету је уписала мастер академске студије школске 2011/2012. године на модулу Друмски саобраћај. Мастер рад под називом „Анализа утицаја конструкције и техничког стања кочног система на безбедност саобраћаја“ је одбранила 04. 07. 2013. године са оценом 10 (десет). Мастер академске студије је завршила са просечном оценом 9,63 (девет и 63/100) и тиме стекла стручни назив „мастер инжењер машинства“.

Школске 2013/2014. године уписала је докторске академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Положила је све испите на докторским студијама са просечном оценом 9,67 (девет и 67/100).

Од 24. 03. 2015. године до 23. 01. 2019. године радила је на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу у звању истраживач-сарадник на пројекту „Истраживање безбедности возила као дела кибернетског система возач-возило-окружење“ (евиденциони број пројекта код ресорног Министарства ТР35041).

Од 24. 01. 2019. године ради у звању асистент на истом факултету. Изводи аудиторне и лабораторијске вежбе из следећих предмета: Погонски и мобилни системи (2014-), Механика флуида (2015-2019), Моторна возила 1 (2015-), Методе вештачења саобраћајних незгода (2014-2018), Механика саобраћајне незгоде (2014-), Ергономија моторних возила (2015-), Возила повећане проходности (2016-), Моторна возила и њихов развој (2016-2018) и Урбани транспорт (2016-2018).

Поседује средњи ниво знања енглеског језика и основни ниво знања немачког језика. Награђивана је за постигнуте успехе од стране Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Учествује у реализацији научноистраживачког пројекта из области технолошког развоја под називом „Истраживање безбедности возила као дела кибернетског система: возач –

возило - окружење“ (евиденциони број пројекта код ресорног Министарства: TP35041).

Током свог истраживачког рада објавила је преко 40 научних радова у научно-стручним часописима и на међународним и домаћим конференцијама, као аутор или коаутор.

4.2. Референце кандидаткиње

Кандидаткиња је до сада, као аутор или коаутор, објавила укупно 42 научно-истраживачка рада. Објављени радови кандидаткиње су:

Рад у међународном часопису – категорија М23

1. **Slavica Mačuzić**, Jovanka Lukić, Dragan Ružić, Three-Dimensional Simulation of the McPherson Suspension System, Technical Gazette, Vol. 25, No. 5, pp. 1286-1290, ISSN 1330-3651, 2018, <https://doi.org/10.17559/TV-20161215093920>
2. **Slavica Macuzic Saveljic**, Branko Arsic, Igor Saveljic, Jovanka Lukic and Nenad Filipovic, Artificial neural network for prediction of seat-to-head frequency response function during whole body vibrations in the fore-and-aft direction, Technical Gazette, Vol. 29, No. 6, pp. 2001-2007, ISSN 1330-3651, 2022, <https://doi.org/10.17559/TV-20220207192647>

Саопштење са међународног скупа штампано у целини – категорија М33

1. Jovanka Lukić, **Slavica Mačuzić**, Jasna Glišović, Dragan Taranović, Human body transmissibility response to vertical whole body vibration: anthropometrics effects – case study Serbia, International Congress Motor Vehicles & Motors 2014, Kragujevac, 2014, 9th-10th October, pp. 539-546, ISBN 978-86-6335-010-6
2. Jasna Glišović, Jovanka Lukić, Danijela Miloradović, **Slavica Mačuzić**, Trends in the development of brake systems of the agricultural tractors and trailers, DEMI 2015, Banja Luka, 2015, 29th-30th May, pp. 621-626, ISBN 978-99938-39-53-8
3. Jasna Glišović, Jovanka Lukić, Danijela Miloradović, **Slavica Mačuzić**, Method of disk brake noise assessment, DEMI 2015, Banja Luka, 2015, 29th-30th May, pp. 627-638, ISBN 978-99938-39-53-8
4. Igor Saveljić, **Slavica Mačuzić**, Nenad Filipović, Numerical analysis of the child lumbar spine movements in the motor vehicle crash, International Congress Motor Vehicles & Motors 2016, Kragujevac, 2016, 6th-7th October, pp. ISBN 978-86-6335-037-3
5. Igor Saveljić, **Slavica Mačuzić**, Nenad Filipović, Numerical analysis of brake discs with different angles of blade inclination, International Congress Motor Vehicles & Motors, Kragujevac, 2016, 6th-7th October, pp. 201-205, ISBN 978-86-6335-037-3
6. **Slavica Mačuzić**, Danijela Miloradović, Jasna Glišović, Jovanka Lukić, FEM modelling of McPherson suspension system, International Congress Motor Vehicles & Motors, Kragujevac, 2016, 6th-7th October, pp. 195-199, ISBN 978-86-6335-037-3
7. **Slavica Mačuzić**, Jovanka Lukić, Numerical analysis of motorcycle suspension system, 9th International Symposium “KOD 2016”, Balatonfuerd, Hungary, 2016, 9th-12th June, pp. 79-82, ISBN 978-86-7892-821-5
8. **Slavica Mačuzić**, Jovanka Lukić, Numerical analysis of human spine during different levels of vibration, 13th International Conference on Accomplishments in Mechanical and

- Industrial Engineering, Banja Luka, 2017, 26th-27th May, pp. 689-696, ISBN 978-99938-39-72-9
9. **Slavica Mačužić**, Jovanka Lukić, Ergonomics analysis of automobile seat comfort, 16th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, Jahorina, 2017, 22nd-24th March, pp. 412-415, ISBN 978-99976-710-0-4
 10. **Slavica Mačužić**, Jovanka Lukić, Jasna Glišović, Determination of the foot pedal force by application of digital human model, 6th International Conference Transport & Logistics, Niš, 2017, 25th-26th May, pp. 137-140, ISBN 978-86-6055-088-2
 11. **Slavica Mačužić**, Jovanka Lukić, Jasna Glišović and Danijela Miloradović, Pedal force determination respect to ride comfort, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, The International Congress of Automotive and Transport Engineering, CAR 2017, Pitesti, Romania, 2017, 8th-10th November, Vol. 252, pp. 012010, ISSN 1757-8981, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/252/1/012010>
 12. **Slavica Mačužić**, Jovanka Lukić, Assessment of the human body discomfort in the vehicle, 9th International Automotive Technologies Congress, OTEKON, Bursa, Turkey, 2018, 7th-8th May, pp. 210-218, ISBN 978-605-68414-2-2
 13. **Slavica Mačužić**, Jovanka Lukić, Seated human body responses to dual-axis vibration, 14th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering, Banja Luka, DEMI 2019, 2019, 24th-25th May, pp. 455-460, ISBN 978-99938-39-85-9
 14. Dragan Ružić, Jovanka Lukić, Jasna Glišović, **Slavica Mačužić**, Comparison of Two Models of Human Thermal Sensation in an Agricultural Tractor Cab, 19th International Conference on Thermal Science and Engineering of Serbia, SimTerm, Sokobanja, Serbia, 2019, 22nd-25th October, pp. 960-970, ISBN 978-86-6055-124-7
 15. **Slavica Mačužić**, Jovanka Lukić, The impact of the seatback angle on the appearance of the driver's discomfort, In: Karabegović, I. (eds) New Technologies, Development and Application II, NT 2019, 5th International Conference "New technologies, development and application" NT 2019, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2019, 27th-29th June, Vol. 76, pp. 424-428, ISBN 978-3-030-18071-3, https://doi.org/10.1007/978-3-030-18072-0_49
 16. **Slavica Mačužić**, Jovanka Lukić, Application of digital human models in determination of the pedal force while driving, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 9th International Scientific Conference - Research and Development of Mechanical Elements and Systems (IRMES 2019), Kragujevac, 2019, 5th-7th September, Vol. 659, pp. 012058, DOI: 10.1088/1757-899X/659/1/012058
 17. **Slavica Mačužić Saveljić**, Igor Saveljić, Nenad Filipović, Effect of Vibration on semicircular canal during whole body vibration, International Congress Motor Vehicles & Motors 2020, Kragujevac, 2020, 8th-9th October, pp. 253-257, ISBN 978-86-6335-074-8
 18. **Slavica Mačužić Saveljić**, Jovanka Lukić, Effects related to random whole-body vibration and posture on a passengers, International Congress Motor Vehicles & Motors 2020, Kragujevac, 2020, 8th-9th October, pp. 247-252, ISBN 978-86-6335-074-8
 19. Igor Saveljić, **Slavica Mačužić Saveljić** and Nenad Filipović, Numerical analysis of

- vibration effects on the lumbar spine, 20th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2021, 17th-19th March, pp. 1-4, ISBN 978-1-7281-8229-2
20. Igor Saveljic, **Slavica Macuzic Saveljic**, and Nenad Filipovic, Influence of Random Vibration on Semicircular Canals During Exposure to Whole Body Vibrations, International Conference on Medical and Biological Engineering, CMBEBIH 2021, Mostar, Bosnia and Herzegovina, 2021, 21st-24th April, pp. 784-792, ISBN 978-3-030-73908-9
 21. Igor Saveljic, **Slavica Macuzic Saveljic**, Dalibor Nikolic and Nenad Filipovic, Numerical analysis of human spine during whole body vibration, 1st International Conference on Chemo and Bioinformatics, Kragujevac, Serbia, 2021, 26th-27th October, pp. 109-113, ISBN 978-86-82172-01-7
 22. Igor Saveljic, **Slavica Macuzic Saveljic**, Dalibor Nikolic, Tijana Djukic, Smiljana Djorovic, Jovanka Lukic and Nenad Filipovic, Numerical modeling the motion of otoconia particles in the semicircular canal under whole body vibration, 8th International Congress of Serbian Society of Mechanics, Kragujevac, 2021, 28th-30th June, pp. 1-9, ISBN 978-86-909973-8-1
 23. Jovanka Lukić, **Slavica Mačužić Saveljić**, ANN driver model based on seat to head transmissibility, 10th International Automotive Technologies Congress OTEKON 2020, Bursa, Türkiye, 2021, 6th-7th September, pp. 393-399, ISBN 978-605-70422-4-8
 24. **Slavica Macuzic Saveljic**, Jovanka Lukic, Ergonomic analysis of driver postures on electric scooter, In: Karabegović, I., Kovačević, A., Mandžuka, S. (eds) New Technologies, Development and Application V, NT 2022, 8th International Conference “New Technologies, Development and Applications” NT-2022, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2022, 23th-25th June, pp. 337-344, ISBN 978-3-031-05229-3, https://doi.org/10.1007/978-3-031-05230-9_39
 25. Igor Saveljic, **Slavica Macuzic Saveljic**, Nenad Filipovic, Numerical analysis of covid-19 virus transmission in a vehicle, Proceedings of the 1st International Conference On Advances in Science and Technology, COAST 2022, Herceg Novi, Montenegro, 2022, 26th-29th May, pp. 32-37, ISBN 978-9940-611-04-0
 26. **Slavica Mačužić Saveljić**, Branko Arsić, Igor Saveljić, Jovanka Lukić, In-vehicle comfort assessment during fore-and-aft random vibrations based on artificial neural networks (ANN), IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 9th International Congress Motor Vehicles & Motors 2022, Kragujevac, Serbia, 2022, 13th-14th October, Vol. 1271, pp. 012021, ISBN 78-86-6335-096-0

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу – категорија М34

1. Jasna Glišović, Jovanka Lukić, Danijela Miloradović, **Slavica Mačužić**, Trends in the development of brake systems of the agricultural tractors and trailers, 12th International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology-DEMI 2015, Banja Luka, Bosnia & Herzegovina, 2015, 29th-30th Maj, pp. 98-98, ISBN 978-99938-39-52-1
2. Jovanka Lukić, Jasna Glišović, Danijela Miloradović, **Slavica Mačužić**, Method of disk

brake noise assessment, 12th International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Technology DEMI 2015, Banja Luka, Bosnia & Herzegovina, 2015, 29th-30th May, pp. 100-100, ISBN 978-99938-39-52-1

3. **Slavica Mačužić Saveljić**, Danijela Miloradović, Simulation of pedestrian throw distance in the software package PC-Crash - comparison with experiment and theory, 9th International Congress Motor Vehicles & Motors 2022, Kragujevac, Serbia, 2022, 13th-14th October, ISBN 978-86-6335-096-0

Рад у часопису националног значаја – категорија M52

1. Jasna Glišović, **Slavica Mačužić**, Vanja Šušteršič, Dobrivoje Čatić, Development of brake systems of the tractors and trailers in compliance with the latest legal requirements in the world and in Serbia, *Traktori i pogonske mašine*, Vol. 19, No. 2, pp. 7-17, ISSN 0354-9496, 2014
2. **Slavica Mačužić**, Jasna Glišović, Jovanka Lukić, Danijela Miloradović, Structural and thermal analysis of multi-plate disc brakes of agricultural tractors, *Traktori i pogonske mašine*, Vol. 20, No. 1, pp. 1-7, ISSN 0354-9496, 2015
3. **Slavica Mačužić**, Jovanka Lukić, Numerical analysis of motorcycle suspension system, *Machine Design*, Vol.9, No.1, pp. 15-18, ISSN 1821-1259, 2017
4. Igor Saveljić, **Slavica Mačužić**, Nenad Filipović, Numerical analysis of the child lumbar spine movements in the motor vehicle crash, *International Journal Mobility & Vehicle Mechanics*, Vol. 43, No. 1, pp. 19-25, ISSN 1450-5304, Doi: 10.24874/mvm.2017.43.01.02, 2017
5. **Slavica Mačužić**, Jovanka Lukić, Ride vibration of agricultural tractors – a literature review, *Traktori i pogonske mašine*, Vol. 22, No. 1/2, pp. 17-23, ISSN 0354-9496, 2017
6. **Slavica Mačužić**, Jovanka Lukić, Quasi-static analysis of a motorcycle strut, *Machine Design*, Vol. 10, No. 4, pp. 147-152, ISSN 1821-1259, 2018
7. **Slavica Mačužić**, Igor Saveljić, Three dimensional analyses of seat belt and driver in case of sudden braking, *International Journal Mobility & Vehicle Mechanics*, Vol. 45, No. 2, pp. 45-53, ISSN 1450-5304, 2019

Рад у научном часопису – категорија M53

1. **Slavica Mačužić**, Igor Saveljić, Jovanka Lukić, Jasna Glišović, Nenad Filipović, Thermal analysis of solid and vented disc brake during the braking process, *Journal of the Serbian Society for Computational Mechanics*, Vol. 9, No. 2, pp. 19-26, ISSN 1820-6530, 2015
2. **Slavica Mačužić Saveljić**, Jovanka Lukić, Application of digital human modeling order to determine the fatigue and discomfort feeling of the tractor driver, *Traktori i pogonske mašine*, Vol. 26, No. 1/2, pp. 21-28, ISSN 0354-9496, 2021
3. Igor Saveljić, **Slavica Mačužić Saveljić**, Dalibor Nikolić, Smiljana Tomasević, Tijana Djukić, Nenad Filipović, Numerical Analysis of the Impact of Vibration on the Lumbar Spine of the Driver, *The IPSI transactions on internet research*, Vol. 19, No. 1, pp. 62-68, ISSN 1820-4503, 2022

4. **Slavica Mačuzić Saveljić, Igor Saveljić, Nenad Filipović, Effect of vibration on semicircular canal during whole body vibration, International Journal Mobility & Vehicle Mechanics, Vol. 48, No. 1, pp. 47-54, ISSN 1450-5304, 2022**

4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидаткиње Славице Мачужић Савелић, маг. инж. маш., под називом „Развој модела за оцену осцилаторне удобности возила“ одговара по садржају теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одлуком бр. 01-1/3278-12 од 19. 09. 2019. године и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу одлуком бр. IV-04-806/11 од 09. 10. 2019. године. Наслов докторске дисертације, урађена истраживања, као и циљеви проучавања су у складу са онима који су наведени у пријави теме.

Дисертација је написана на 194 стране, садржи 114 слика и 41 табелу, а цитирана је 291 библиографска јединица претежно новијег датума.

Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод;
2. Утицај вибрација на возача;
3. Индикатори за оцену пренетих вибрација на возача;
4. Експериментална истраживања одзива тела човека у моторном возилу на вибрације;
5. Модел за оцену осцилаторне удобности;
6. Закључна разматрања;

Литература;

Прилог.

Поглавље 1 дефинише предмет и циљ дисертације, као и хипотезе од којих се полази. Поред тога, описане су методе које су се користиле у истраживању, као и преглед остварених резултата у подручју истраживања.

Поглавље 2 приказује утицај вибрација на возача. Приказани су фактори који утичу на одзив људског тела изложеног вибрацијама целог тела. Кроз преглед савремене литературе, анализирани су неки од најбитнијих фактора: јачина вибрације, фреквенција и дужина излагања вибрацијама.

Поглавље 3 проучава индикаторе за оцену пренетих вибрација на тело човека. Дат је приказ метода које се користе за проучавање неугодности возача. Такође, приказани су стандарди који се користе за анализу и оцене вредновања осцилаторне удобности. Урађен је преглед функција биодинамичког одговора и дат детаљан опис фактора који утичу на биодинамички одговор људског тела, као што су: маса, пол, положај руку, подршка стопала, угао наслона седишта, као и врста вибрација, њихов интензитет и фреквенција.

Поглавље 4 је подељено на два дела. У првом делу, дат је опис експеримента, мерне опреме и приказ свих релевантних резултата. Лабораторијска испитивања су изведена у Лабораторији за динамичка испитивања моторних возила Факултета инжењерских наука. У експерименту је учествовало 30 испитаника, 20 мушких и 10 женских. Испитаници су били изложени једнокомпонентним и двокомпонентним побудама. Пре почетка експеримента спроведена је верификација експерименталне поставке и извршено је поређење са подацима из стандарда ISO 5982, као и другим резултатима из савремене литературе. Анализирани су утицаји вибрација за три угла наслона седишта (90°, 100° и 110°) и три јачине побуде (0,45

m/s^2 , $0,8 m/s^2$ и $1,1 m/s^2$ r.m.s). На основу прикупљених експерименталних података одређене су функције преноса „седиште-глава“, STHT (енгл. *Seat-to-Head Transmissibility*), и спроведена статистичка анализа резултата везаних за испитанике оба пола. Одређене су средње вредности STHT одговора у оба правца посматрања, њихова стандардна девијација, као и коефицијент корелације R^2 . Други део четвртог поглавља посвећен је оцени осцилаторне удобности на бази стандарда ISO 2631-1:2014. Коришћењем средње ефективне вредности убрзања (RMS) и поменутог стандарда могуће је извршити оцену удобности одређеног положаја испитаника.

Поглавље 5 показује примену вештачке интелигенције и метода машинског учења у циљу предвиђања функције преноса „седиште-глава“ на основу измерених експерименталних резултата. Коришћене су три методе за предвиђање. Прве две методе су засноване на предвиђању временских серија. У питању су модел ауторегресије и померања средње вредности ARIMA (енгл. *Autoregressive Integrated Moving Average*) и Facebook Prophet. Трећи модел заснован је на рекурентним неуронским мрежама које користе ћелију дуге краткорочне меморије (LSTM). Добијени резултати су показали да развијени модел неуронске мреже има адекватну прецизност биодинамичког моделирања. Упркос својој сложености, јер су у предвиђању узете у обзир антропометријске карактеристике испитаника, као и различите амплитуде вибрација и углови седења, својство предвиђања чини овај модел погодним за моделирање и предвиђање функција преноса у фреквентном домену, као и предвиђање осцилаторне удобности преко RMS вредности, дефинисане стандардом ISO 2631-1:2014.

У поглављу 6 су дата закључна разматрања у вези резултата добијених у оквиру ове докторске дисертације, као и правци будућих истраживања.

У последњем поглављу је представљен списак литературе која је коришћена при изради докторске дисертације.

У прилогу су дати опис коришћене методе за проверу стационарности података и ARIMA, Facebook Prophet, LSTM и RMS модели.

На основу свега наведеног, Комисија сматра да докторска дисертација по обиму истраживања и квалитету добијених резултата у потпуности испуњава постављене циљеве и одговара пријављеној теми докторске дисертације.

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидаткиња Славица Мачужић Савелић, маг. инж. маш., је у оквиру докторске дисертације систематизовала постојећа теоријска знања, извршила експериментална истраживања, развила модел вештачке неуронске мреже и дошла до закључака који су значајни у научном и у практичном смислу.

Експерименталним истраживањем је утврђено да се систем седиште - возач понаша нелинеарно. До овог закључка се дошло анализом различитих антропометријских карактеристика испитаника који су били изложени како једноосним, тако и вишеосним вибрацијама. Променом услова седења, где се пре свега мисли на правац побуде вибрација (у једном или два правца), затим променом амплитуде вибрација и углова нагиба наслона седишта, добијени су нелинеарни одговори тела човека, мерени функцијама фреквентног одзива STHT у два правца: подужном и вертикалном. Анализом експерименталних података дошло се до закључка да не постоји спрега једноосних и вишеосних вибрација. Функције фреквентног одзива STHT су се разликовале, прво у броју значајних локалних максимума, а потом и у опсегу резонантних фреквенција, за оба правца посматрања функције фреквентног одзива STHT. Анализом 30 испитаника потврђене су разлике биодинамичког одговора тела човека у погледу појаве резонантних фреквенција. Утицајним факторима, на основу опсега резонантних фреквенција, показано је која антропометријска карактеристика има највећи

утицај, што је било могуће одредити само одређивањем пренетих вибрација кроз тело човека.

Функције фреквентног одзива и ефективних вредности пондерисаних убрзања у временском домену одређене су на основу експерименталних података свих испитаника, за различите правце побуда, различите интензитете вибрација и углове нагиба наслона седишта. На бази добијених резултата, применом вештачке интелигенције обучена је вештачка неуронска мрежа, уз помоћ функције фреквентног одзива СТНТ и пондерисаних убрзања на бази стандарда SRPS ISO 2631-1:2014, која представља објективан параметар за оцену осцилаторне удобности.

Кандидаткиња је резултате докторске дисертације верификовала компарацијом са стандардом ISO 5982, као и са другим одговарајућим резултатима из савремене литературе. Такође, резултате докторске дисертације публиковала је у оквиру једног рада у међународном часопису категорије M23 и у оквиру пет радова објављених на међународним конференцијама категорије M33.

6. Примењивост резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидаткиње Славице Мачужић Савелић, маг. инж. маш., под називом „Развој модела за оцену осцилаторне удобности возила“, применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси.

С обзиром на то да су циљеви истраживања проистекли из недовољне истражености проблема и непостојања одговарајућих модела, добијени резултати представљају оригинални научни допринос у области осцилаторне удобности возила.

Развијени модел вештачке неуронске мреже у оквиру докторске дисертације имаће примену у фази развоја новог модела или реконструкције постојећих модела возила, у циљу избегавања обимних и дуготрајних испитивања субјективних оцена удобности возила. Како је модел је развијен и верификован на бази испитивања у лабораторијским условима, имаће примену у оцени осцилаторне удобности различитих врста возила и радних машина.

7. Начин презентовања резултата научној јавности

Део научних резултата кандидаткиње је већ верификован објављивањем научно-стручних радова у међународним часописима и на међународним конференцијама. Кандидаткиња је као непосредни резултат рада на дисертацији објавила следеће радове:

Категорија M23:

1. **Slavica Macuzic Saveljic**, Branko Arsic, Igor Saveljic, Jovanka Lukic and Nenad Filipovic, Artificial neural network for prediction of seat-to-head frequency response function during whole body vibrations in the fore-and-aft direction, Technical Gazette, Vol. 29, No. 6, pp. 2001-2007, ISSN 1330-3651, 2022, <https://doi.org/10.17559/TV-20220207192647>

Категорија M33:

1. **Slavica Mačuzić**, Jovanka Lukić, Seated human body responses to dual-axis vibration, 14th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering, Banja Luka, DEMI 2019, 2019, 24th-25th May, pp. 455-460, ISBN 978-99938-39-85-9
2. **Slavica Mačuzić**, Jovanka Lukić, The impact of the seatback angle on the appearance of the driver's discomfort, In: Karabegović, I. (eds) New Technologies, Development and Application II, NT 2019, 5th International Conference "New technologies, development and application" NT 2019, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2019, 27th-29th June, Vol. 76, pp.

3. **Slavica Mačuzić Saveljić**, Jovanka Lukić, Effects related to random whole-body vibration and posture on a passengers, International Congress Motor Vehicles & Motors 2020, Kragujevac, 2020, 8th-9th October, pp. 247-252, ISBN 978-86-6335-074-8
4. Jovanka Lukić, **Slavica Mačuzić Saveljić**, ANN driver model based on seat to head transmissibility, 10th International Automotive Technologies Congress OTEKON 2020, Bursa, Türkiye, 2021, 6th-7th September, pp. 393-399, ISBN 978-605-70422-4-8
5. **Slavica Mačuzić Saveljić**, Branko Arsić, Igor Saveljić, Jovanka Lukić, In-vehicle comfort assessment during fore-and-aft random vibrations based on artificial neural networks (ANN), IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 9th International Congress Motor Vehicles & Motors 2022, Kragujevac, Serbia, 2022, 13th-14th October, Vol. 1271, pp. 012021, ISBN 78-86-6335-096-0

У овим радовима кандидаткиња је приказала део методологије која је развијена у оквиру дисертације, а која се односи на експериментално одређивање функције преноса „седиште-глава“ и израду вештачке неуронске мреже која може да предвиди осцилаторну удобност возача за различите антропометријске карактеристике возача, услове седења и интензитета вибрација.

Комисија сматра да представљена истраживања и резултати ове докторске дисертације пружају корисне материјале за даље публикације у међународним часописима, а који се односе на осцилаторну удобност возача у возилу изучавану применом модела заснованог на вештачкој неуронској мрежи.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидаткиње Славице Мачужић Савелић, маг. инж. маш., под називом „Развој модела за оцену осцилаторне удобности возила“ и менторством проф. др Јованке Лукић, одговара теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и одобреној од стране Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу.

Кандидаткиња је у приказу свог рада користила одговарајућу стандардизовану стручну терминологију, док су структура докторске дисертације и методологија излагања у складу са универзитетским нормама.

Докторска дисертација по квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

Кандидаткиња је показала да влада методологијом научно-истраживачког рада и поседује способност системског приступа и коришћења литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање, показала способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу добијања конкретних и применљивих резултата.

С обзиром на актуелност проблематике и остварене резултате, чланови Комисије сматрају да кандидаткиња Славица Мачужић Савелић, маг. инж. маш. и поднета докторска дисертација испуњавају све услове, који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.


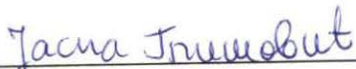
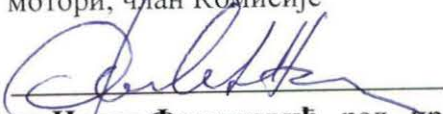

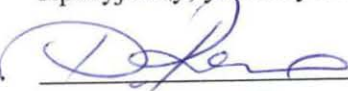
На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Славице Мачужић Савелић, маг. инж. маш., предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да докторску дисертацију кандидаткиње под називом:

„Развој модела за оцену осцилаторне удобности возила“

прихвате као успешно урађену, и да кандидаткињу позову на јавну одбрану докторске дисертације.

У Крагујевцу, 21. 03. 2023. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. 
др Данијела Милорадовић, ред. проф., Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Универзитет у Крагујевцу, ужа научна област: Моторна возила и мотори, председница Комисије
2. 
др Јасна Глишовић, ред. проф., Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Универзитет у Крагујевцу, ужа научна област: Моторна возила и мотори, члан Комисије
3. 
др Ненад Филиповић, ред. проф., Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Универзитет у Крагујевцу, уже научне области: Примењена механика, Примењена информатика и рачунарско инжењерство, члан Комисије
4. 
др Бранко Арсић, доцент, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу, ужа научна област: Примењено рачунарство, члан Комисије
5. 
др Драган Ружић, ванредни професор, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, ужа научна област: Моторна возила и мотори СУС, члан Комисије