

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Бр. 01-1/2911  
01.09.2023 год.  
КРАГУЈЕВАЦ

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Николе Коматине, мастер инжењера машинства

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-503/14 од 13.07.2023. године, на предлог Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу (одлука бр. 01-1/2306-12 од 06.07.2023. године), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (у даљем тексту Комисија) у научној области Индустијско инжењерство и инжењерски менаџмент, кандидата Николе Коматине, мастер инжењера машинства, под насловом:

### **„УНАПРЕЂЕЊЕ ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ ПРИМЕНОМ МОДИФИКОВАНЕ PFMEA АНАЛИЗЕ И МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИЈЕ ”**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја комисије за оцену подобности кандидата и теме докторске дисертације, која је одобрена за израду Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу број 01-1/1697-17 од 18.06.2020. године и Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-372/6 од 23.06.2020. године, а 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 кандидата Николе Коматине, мастер инжењера машинства, под називом „Унапређење процеса производње применом модификоване PFMEA анализе и метода оптимизације”, представља резултат мулти-дисциплинарног научно-истраживачког рада у области индустријског инжењерства и инжењерског менаџмента. Узимајући у обзир дефинисани предмет рада, коришћену методологију и добијене резултате, ова докторска дисертација представља оригиналан научни рад.

Иако је PFMEA анализа у аутомобилској индустрији прописана званичним међународним стандардом IATF 16949:2016, у литератури може да се нађе велики број радова у којима су изнесени бројни недостаци PFMEA анализе. Стога, кандидат је извршио критичку анализу недостатака који су представљени у релевантној литератури као и предложених поступака чијом применом могу ови недостаци да се елиминишу.

Многи аутори сматрају да унапређење процеса производње треба да буде засновано на примени методологије која комбинује *PFMEA* анализу и *MADM* методе. Кандидат је извршио преглед великог броја радова у којима је уведена горња претпоставка и извршио је њихову систематизацију. Кандидат је посебну пажњу усмерио на проширење *MADM* метода са тип 2 фази скуповима (*IT2FMADM*). Применом хибридних модела који комбинују *PFMEA* анализу и *IT2FMADM* методе на егзактан начин се добија ранг идентификованих начина отказа у процесу производње. Добијени резултати представљају улазне податке на основу којих се доносе одлуке о унапређењу процеса производње. На овај начин, одлуке о начину унапређења процеса производње у значајној мери мање су оптерећене субјективним ставовима оперативног менаџмента, па самим тим тачност процеса одлучивања је већа. Другим речима, применом ових хибридних метода оперативни менаџмент може да донесе адекватне одлуке о начину унапређења процеса производње.

Применом хибридних модела не може у потпуности да се елиминише субјективност у доношењу одлука. Полазећи од ове чињенице и узимајући у обзир да оперативни менаџмент увек има ограничени буџет и време, кандидат је развио оптимизациони модел помоћу кога је на егзактан начин одредио редослед елиминисања идентификованих начина отказа у процесу производње.

Поузданост процеса производње доминантно зависи од идентификованих начина отказа. Међутим, стратегија снабдевања, као и безбедност и здравље радника на радном месту не могу се занемарити када се разматра проблем унапређења процеса производње. Полазећи од ове чињенице, кандидат је развио моделе помоћу којих се одређују: (1) најбоља стратегија снабдевања и (2) фактори који имају највећи утицај на безбедност и здравље радника на радним местима у процесу производње предузећа аутомобилске индустрије.

У оквиру ове докторске дисертације спроведена су истраживања у четири предузећа аутомобилске индустрије. Подаци који егзистирају у предложеним моделима као што су: релативне важности фактора ризика, релативне важности критеријума према којима се оцењују добављачи као и релативне важности фактора који утичу на безбедност и здравље радника на радним местима као и њихове вредности су добијене применом методе анкете. У анкетама су учествовали менаџери и инжењери из разматраних предузећа који се налазе на различитим хијерархијским нивоима. Они су своје процене исказивали унапред дефинисаним лингвистичким исказима. Ове лингвистичке променљиве су у докторској дисертацији квантитативно описане помоћу тип 2 интервалних фази бројева (који представљају специјалан случај фази скупова). Остали потребни подаци као што су трошкови одржавања, време реализације активности одржавања и *PFMEA* извештаји су узети из евиденције разматраних предузећа.

На основу резултата истраживања верификоване су постављене хипотезе и изведени одговарајући закључци. Такође су изнети правци будућих истраживања, како у домену предложених модела, тако и у домену њихове примене.

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

Реализација пословних циљева предузећа аутомобилске индустрије која послују у веома променљивом пословном окружењу може да буде извршена унапређењем кључних пословних процеса, пре свега процеса производње. Унапређење процеса производње може да се постигне на различите начине. У овој докторској дисертацији разматрано је унапређење процеса производње кроз: (1) предузимање адекватних

менаџмент мера чијом применом треба да се елиминишу они начини отказа који имају највећи приоритет, (2) избор најбоље стратегије снабдевања репроматеријалом и (3) повећање безбедности и здравља радника на производним радним местима. Стога, може да се каже да докторска дисертација кандидата представља резултата научно-истраживачког рада у области индустријског инжењерства и инжењерског менаџмента.

Допринос докторске дисертације може се сагледати са становишта актуелних теоријских истраживања и искуства најбоље праксе у области аутомобилске индустрије.

Теоријски допринос дисертације се огледа у: (1) моделирању неизвесних и непрецизних улазних података помоћу теорије фази скупова, (2) развоју *IT2FMADM* модела и (3) развоју оптимизационих модела.

Конвенционална *PFMEA* анализа није добро математички утемељена, стога добијени резултати применом ове методе не одговарају у потпуности стању у пракси. Менаџмент веома често доноси одлуке о приоритету начина отказа на основу свог знања и искуства који се не подударају са резултатима који су добијени применом конвенционалне *PFMEA* анализе.

У практичном смислу, развијени модели треба да омогуће оперативном менаџменту да доноси одлуке на основу резултата који су добијени на егзактан начин што за последицу има да су одлуке мање оптерећене субјективним ставовима доносиоца одлука. Ово може да се означи као основни практични допринос.

Због свега наведеног, Комисија сматра да резултати и закључци ове дисертације отварају простор за даља истраживања која могу допринети већој и значајнијој примени *PFMEA* анализе комбиноване са *IT2FMADM* методама, као и *IT2FMADM* и хеуристичких метода за унапређење процеса производње. Резултати су веома употребљиви за унапређење процеса производње предузећа аутомобилске индустрије.

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

На основу детаљног прегледа и анализе научних радова из области докторске дисертације Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Николе Коматине, мастер инжењера машинства, под насловом „Унапређење процеса производње применом модификоване *PFMEA* анализе и метода оптимизације” представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна, садржајно квалитетна и даје конкретне научне резултате. Кандидат је тему обрадио темељно и детаљно, користећи при томе теоријске основе и литературне изворе научних дисциплина релевантних за разматране проблеме. Критички је анализирао бројне научне радове који се односе на проблематику разматрану у оквиру ове дисертације.

Оригиналност научног рада и истраживања остварених у оквиру докторске дисертације огледају се у следећем:

- *PFMEA* оквир је коришћен за дефинисање фактора ризика према којима се процењују начини отказа у процесу производње.
- Фактор ризика који је означен као озбиљност последице је разматран са више аспеката.
- Неизвесни и непрецизни улазни подаци су описани лингвистичким променљивама које су моделиране помоћу интервалних тип 2 фази бројева.
- Ранг идентификованих начина отказа у производном процесу је одређен применом: (а) *AP* при претпоставци да се разматрају различити аспекти озбиљности последице чије тежине су одређене применом предложене *IT2FANP* и

(б) применом предложене *IT2FVIKOR* која је комбинована са предложеном *IT2FBWM*.

- Проблем одређивања редоследа елиминисања идентификованих начина отказа је постављен као класични оптимизациони задатак. Функција циља је дефинисана у зависности од израчунатог приоритета и укупних трошкова. Одређивање функције циља је засновано на правилима фази алгебре. Оптималан редослед елиминисања начина отказа којим се остварује максимизација функције циља уз истовремено задовољење расположивог буџета добијен је на егзактан применом две методе: Методе променљивих околина и Генетског алгорита.
- Одређивање оптималне стратегије снабдевања репроматеријалом је постављен као задатак више-атрибутивног одлучивања. Ранг добављача је одређен применом *IT2FMABAC* који је комбинован са *IT2FAHP*. Коришћењем *IT2FMABAC* разматрани добављачи се класификују у два скупа. Први скуп чине добављачи који припадају горњом апроксимативном простору и они се могу разматрати при одређивању стратегије снабдевања. Друга група садржи оне добављаче који припадају доњем апроксимативном простору и ове добављаче нема смисла разматрати када се доноси одлука о стратегији снабдевања.
- Ранг фактора ризика који утичу на безбедност и здравље радника на производним радним местима је одређен помоћу *IT2FTOPSIS* и *IT2FSAW* које су комбиноване са Делфи методом, проширеном са интервалним тип 2 фази бројевима. На основу добијеног ранга оперативни менаџмент може да предузме адекватне менаџмент мере чија примена доводи до смањења утицаја најзначајнијег фактора ризика.
- Предложени модели су тестирани на подацима који су добијени из четири предузећа аутомобилске индустрије која послују у Републици Србији.
- Предложени модели су лако разумљиви доносиоцима одлука у предузећима, па самим тим могу да имају велику практичну применљивост.

Докторска дисертација је прошла обавезну проверу на плагијаризам у софтверу iThenticate, која потврђује да је реч о оригиналном научном раду. Поред тога, у складу са Правилником о поступку провере на плагијаризам Универзитета у Крагујевцу, докторска дисертација је позитивно оцењена од стране ментора, др Данијеле Тадић, редовног професора Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

#### **4. Преглед остварених резултата кандидата у одређеној научној области**

##### **4.1 Биографија кандидата**

Никола Коматина је рођен 8. новембра 1993. године у Чачку. Одрастао је у Ивањици, где је завршио основну и средњу школу. Основне академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу уписао је 2012. године, одредивши се за смер Машинско инжењерство, модул Индустријски инжењеринг. Завршни рад из наставног предмета Организација рада, на тему: „Оцена утицаја уређаја за рециклажу на животну средину у фази процеса производње применом TOPSIS методе”, одбранио је оценом 10 и стекао звање Инжењер машинства.

Након завршених основних академских студија, 2015. године је уписао мастер академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, одредивши се за исти смер и модул. Мастер рад из наставног предмета Организација производње и операциона истраживања, на тему: „Модел за одређивање ефикасности пословања производног ланца снабдевања”, одбранио је оценом 10, чиме је стекао звање Мастер инжењер машинства.

Докторске академске студије је уписао 2017. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, одредивши се за смер Индустијско инжењерство и инжењерски менаџмент. Положио је све испите предвиђене планом и програмом студија са просечном оценом 10,00.

У досадашњем научно-истраживачком раду проучавао је проблеме попут унапређења квалитета и поузданости пословних процеса, анализе и процене ризика у домену индустрије, планирања производње и др. Посебна пажња била је усмерена на унапређење *PFMEA* анализе, као и на примену и унапређење метода вишекритеријумске оптимизације, што се може констатовати увидом у објављене радове.

Од ступања у радни однос, односно од 2018. године, ангажован је и у реализацији наставе на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. На основним академским студијама био је ангажован на следећим предметима: Производни системи, Организација рада, Статистика у инжењерству, Основи предузетничког менаџмента и економије и Теорија одлучивања. Осим тога, био је ангажован и на мастер академским студијама и то на предметима: Операциона истраживања, Менаџмент пројектима и Истраживачки рад у инжењерству.

Учествовао је у реализацији неколико научно-истраживачких пројеката. Као истраживач-приправник, од маја 2018. године, ангажован је на научно-истраживачком пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја: TP-35033 - „Одрживи развој технологија и опреме за рециклажу моторних возила”. Од августа 2020. године запослен је на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу у звању истраживач-сарадник.

До сада је као аутор или коаутор објавио 39 научних радова, од чега је 11 радова објављено у часописима индексираним на *SCI* листи, од којих је кандидат први аутор на 4 рада. Кандидат је до сада објавио: 1 рад категорије M21a, 1 рад категорије M21, 8 радова категорије M22, 1 рад категорије M23, 1 рад категорије M24, 18 радова категорије M33, 1 рад категорије M34, 1 рад категорије M51, 2 рада категорије M53 и 5 радова категорије M63.

#### **4.2 Референце кандидата**

##### **Рад у међународном часопису изузетних вредности [M21a]**

1. Michael Huber, **Nikola Komatina**, Vladan Paunović, Snežana Nestić, Analysis of the Relationship between the Organizational Resilience Factors and Key Performance Indicators' Recovery Time in Uncertain Environments in Industrial Enterprises, *Mathematics*, Vol.11, No.14, pp. 3075, ISSN 2227-7390, <https://doi.org/10.3390/math11143075>, 2023.

##### **Рад у врхунском међународном часопису [M21]**

1. Tijana Petrović, Jasmina Vesić Vasović, **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Đuro Klipa, Goran Đurić, A Two-Stage Model Based on EFQM, FBWM, and FMOORA for Business Excellence Evaluation in the Process of Manufacturing, *Axioms*, Vol.11, No.12, pp. 704, ISSN 2075-1680, <https://doi.org/10.3390/axioms11120704>, 2022.

## Рад у истакнутом међународном часопису [M22]

1. Aleksandar Aleksić, Marija Runić Ristić, **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Advanced risk assessment in reverse supply chain processes: A case study in Republic of Serbia, *Advances in Production Engineering and Management*, Vol.14, No.4, pp. 407-420, ISSN 1854-6250, <https://doi.org/10.14743/apem2019.4.338>, 2019.
2. Goran Đurić, Časlav Mitrović, **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Goran Vorotović, The hybrid MCDM model with the interval Type-2 fuzzy sets for the software failure analysis, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, Vol.37, No.6, pp. 7747-7759, ISSN 1064-1246, <https://doi.org/10.3233/JIFS-182541>, 2019.
3. Marija Milanović, Mirjana Misita, **Nikola Komatina**, Determination of the optimal production plan by using fuzzy AHP and fuzzy linear programming, *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, Vol.38, No.4, pp. 4315-4325, ISSN 1064-1246, <https://doi.org/10.3233/JIFS-190913>, 2020.
4. Nikola Banduka, Aleksandar Aleksić, **Nikola Komatina**, Amanda Aljinović, Danijela Tadić, The prioritization of failures within the automotive industry: The two-step failure mode and effect analysis integrated approach, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B: Journal of Engineering Manufacture*, Vol.234, No.12, pp. 1559-1570, ISSN 0954-4054, <https://doi.org/10.1177/0954405420926906>, 2020.
5. **Nikola Komatina**, Marko Đapan, Igor Ristić, Aleksandar Aleksić, Fulfilling External Stakeholders' Demands - Enhancement Workplace Safety Using Fuzzy MCDM, *Sustainability*, Vol.13, No.5, pp. 2892, ISSN 2071-1050, <https://doi.org/10.3390/su13052892>, 2021.
6. Aleksandar Aleksić, Dragan D. Milanović, **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Evaluation and ranking of failures in manufacturing process by combining BWM and VIKOR under type-2 fuzzy environment, *Expert Systems*, Vol.40, No.2, pp. e13148, ISSN 0266-4720, <https://doi.org/10.1111/EXSY.13148>, 2022.
7. **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Aleksandar Aleksić, Aleksandar D. Jovanović, The assessment and selection of suppliers using AHP and MABAC with type-2 fuzzy numbers in automotive industry, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, Vol.237, No.4, pp. 836-852, ISSN 1748-006, <https://doi.org/10.1177/1748006X221095359>, 2023.
8. **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Goran Đurić, Aleksandar Aleksić, Determination of manufacturing process failures priority under type 2 fuzzy environment: Application of genetic algorithm and Variable neighborhood search, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, Vol.-, No.-, pp. -, ISSN 0954-4089, <https://doi.org/10.1177/09544089231160510>, 2023.

### Рад у међународном часопису [M23]

1. **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Aleksandar Aleksić, Nikola Banduka, The integrated PFMEA approach with interval type-2 fuzzy sets and FBWM: A case study in the automotive industry, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, Vol.236, No.6, pp. 1201-1212, ISSN 0954-4070, <https://doi.org/10.1177/09544070211034799>, 2022.

### Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком [M24]

1. **Nikola Komatina**, Snežana Nestić, Aleksandar Aleksić, Analysis of the performance measurement models according to the requirements of the procurement business process, International Journal of Industrial Engineering and Management, Vol.10, No.3, pp. 211-218, ISSN 2217-2661, <http://doi.org/10.24867/IJIEM-2019-3-241>, 2019.

### Саопштење са међународног скупа штампано у целини [M33]

1. **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Slavko Arsovski, Evaluation of influence recycling device on environment in production process phase by TOPSIS method, 9th International quality conference, Kragujevac, 2015, 4-6 June, pp. 239-244, ISBN 978-86-6335-015-1.
2. **Nikola Komatina**, Slavko Arsovski, Danijela Tadić, Aleksandar Aleksić, Defining the input values in first house of quality of QFD method using fuzzy AHP method, 3rd International Scientific Conference - COMETA 2016, Jahorina, 2016, 7-9 December, pp. 493-500, ISBN 978-99976-623-7-8.
3. Dajana Živković, **Nikola Komatina**, Determination of the level of risk in manufacturing supply chain, 2nd International conference on Quality of Life, Kragujevac, 2017, 8-10 June, pp. 153-160, ISBN 978-86-6335-043-4.
4. **Nikola Komatina**, Dajana Živković, Determination of business successful of supply chain and influence on customers and employees, 2nd International conference on Quality of Life, Kragujevac, 2017, 8-10 June, pp. 161-166, ISBN 978-86-6335-043-4.
5. Tijana Cvetić, Dajana Živković, **Nikola Komatina**, Dušan Đurić, Analyzing influence of determinants of leadership, human resources and quality on achievement of sustainable success in organizations, V International Scientific Conference: Quality system condition for successful business and competitiveness, Kopaonik, 2017, 29th November - 1st December, pp. 103-110, ISBN 978-86-80164-06-9.
6. Aleksandar Aleksić, **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, The selection of equipment for recycling by using fuzzy COPRAS method, 7th International Symposium on Industrial Engineering, Belgrade, 2018, 27-28 September, pp. 164-167, ISBN 978-86-7083-981-6.
7. Marija Zahar Đorđević, **Nikola Komatina**, Nemanja Ignjatov, Analysis of startup companies and projects in the Republic of Serbia, 3rd International Conference on Quality of Life, Kopaonik, 2018, 28-30 November, pp. 99-104, ISBN 978-86-6335-056-4.
8. **Nikola Komatina**, Nikolina Ljepava, Danijela Tadić, The analysis procedure and application of Multi-Criteria Decision-Making methods in selection of industry equipment, 3rd International Conference on Quality of Life, Kopaonik, 2018, 28-30 November, pp. 157-164, ISBN 978-86-6335-056-4.
9. Marija Savković, Aleksandar Aleksić, Danijela Tadić, **Nikola Komatina**, Tijana Cvetić, The analysis of the impact of recycling equipment in the automotive industry in terms of circular economy, 13. International Quality Conference, Kragujevac, 2019, 30th May – 1st June, pp. 759-768, ISBN ISSN 2620-2832.

10. **Nikola Komatina**, Aleksandar Aleksić, Danijela Tadić, The significance of ELV recycling equipment from the aspect of preserving natural resources in the Republic of Serbia, 13. International Quality Conference, Kragujevac, 2019, 30th May – 1st June, pp. 753-758, ISBN ISSN 2620-2832.
11. Milan Pavlović, Danijela Tadić, Aleksandar Aleksić, **Nikola Komatina**, Bayoumi Hamuda Hosam, Contribution of Optimal Equipment for ELV Recycling to the Sustainable Development of Serbia and the Region, Urban Mining and Sustainable Waste Management, Jadavpur University, Kolkata, West Bengal, India, 2020, ISBN 978-9811505317.
12. Nastasija Mijović, **Nikola Komatina**, Snežana Nestić, Marija Runić Ristić, Aleksandar Aleksić, Contemporary education issues – Leadership in Engineering Management, COMETA 2020, Conference of Mechanical Engineering, Technologies and Applications, East Sarajevo, 2020, 26th - 28th November, pp. 520-528, ISBN 978-99976-719-8-1.
13. Aleksandar Aleksić, Snežana Nestić, Danijela Tadić, **Nikola Komatina**, Determination of organizational resilience level within business processes in production companies, 6th International Scientific Conference: "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications - COMETA 2022", Jahorina, 2022, 17. 11. - 19. 11., pp. 750-757, ISBN 978-99976-947-6-8.
14. Marija Savković, **Nikola Komatina**, Carlo Caiazzo, Marko Đapan, Improving the quality of final product by Poka-Yoke system on assembly workstation: A case study, 8th international conference on industrial engineering - SIE 2022, Belgrade, 2022, 29-30 September, pp. 152-155, ISBN 978-86-6060-131-7.
15. Marija Savković, **Nikola Komatina**, Snežana Nestić, Ranka Gojković, Comparative analysis competencies in traditional and agile project management approaches, 6th International Scientific Conference: "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications - COMETA 2022", Jahorina, 2022, 17-19 November, pp. 794-801, ISBN 978-99976-947-6-8.
16. **Nikola Komatina**, Aleksandar Aleksić, Nikola Banduka, Determination of failures priority based on FMEA, fuzzy sets, and fuzzy logic rules, 8th international conference on industrial engineering - SIE 2022, Belgrade, 2022, 29-30 September, pp. 246-249, ISBN 978-86-6060-131-7.
17. Zoran Nešić, **Nikola Komatina**, Nebojša Denić, Application of Genetic Algorithm and Linear Programming for determination of optimal production volume, 8th international conference on industrial engineering - SIE 2022, Belgrade, 2022, 29-30 September, pp. 250-253, ISBN 978-86-6060-131-7.
18. **Nikola Komatina**, Nastasija Nikolić, Vladan Paunović, Organizational resilience assessment from the perspective of process realization and key performance indicators, 22nd International Symposium INFOTEH, Jahorina, B&H, 2023, 15-17 March., pp. 13-16, ISBN 978-99976-996-1-9.

#### Саопштење са међународног скупа штампано у изводу [M34]

1. **Nikola Komatina**, Snežana Nestić, Danijela Tadić, Mirjana Misita, Evaluation and Selection of Manufacturing Companies Based on Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS with the Interval Type-2 Fuzzy Sets, XIII Balkan Conference on Operational Research, Belgrade, 2018, 25-28 May, pp. 26, ISBN 978-86-80593-65-4.



### Рад у водећем часопису националног значаја [M51]

1. Marin Peko, **Nikola Komatina**, Nikola Banduka, Marina Crnjac, Ocena i rangiranje grešaka u industriji informacionih tehnologija zasnovani na FMEA i višekriterijumskoj optimizaciji, Ekonomski horizonti, Vol.20, No.3, pp. 257-268, ISSN 1450-863, 2018.

### Рад у научном часопису [M53]

1. **Nikola Komatina**, Ivan Mačuzić, Aleksandar Aleksić, Tijana Bergam, Determination of barriers priority that impacts to the implementation of the TPM concept by using Genetic Algorithm, IETI Transactions on Engineering Research and Practice, Vol.3, No.2, pp. 1-19, ISSN 2616-1699, [http://doi.org/10.6723/TERP.201912\\_3\(2\).0001](http://doi.org/10.6723/TERP.201912_3(2).0001), 2019.
2. Marija Savković, Snežana Nestić, **Nikola Komatina**, Nastasija Mijović, Analysis of performance and key performance indicators in the lean companies, IETI Transactions on Engineering Research and Practice, Vol.3, No.2, pp. 43-57, ISSN 2616-1699, [http://doi.org/10.6723/TERP.201912\\_3\(2\).0004](http://doi.org/10.6723/TERP.201912_3(2).0004), 2019.

### Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини [M63]

1. Miroslav Vulić, Tijana Cvetic, **Nikola Komatina**, Kratak pregled ekonomske i ekološke održivosti sa aspekta reciklaže motornih vozila na kraju životnog ciklusa (ELV), Druga nacionalna naučno–stručna konferencija sa međunarodnim učešćem - Trendovi u poslovanju 2018, Kruševac, 2018, 17. 05., pp. 335-340, ISBN 978-86-7566-046-0.
2. **Nikola Komatina**, Aleksandar Đorđević, Marija Zahar Đorđević, Analiza kvaliteta komercijalnih ERP softverkih rešenja, 46. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, 2019, 30. 05. - 01. 06., pp. 99 - 116, ISBN 978-86-6335-059-5.
3. **Nikola Komatina**, Hrvoje Puškarić, Tijana Cvetic, Pravci razvoja savremenih ERP rešenja, 46. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, 2019, 30. 05. - 01. 06., pp. 117 - 126, ISBN 978-86-6335-059-5.
4. Tijana Cvetic, Miladin Stefanović, **Nikola Komatina**, Aleksandar Đorđević, Orijentisanost poslovnih modela u Republici Srbiji: Studija slučaja, 46. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, 2019, 30. 05. - 01. 06., pp. 85 - 92, ISBN 978-86-6335-059-5.
5. Aleksandar Aleksić, Danijela Tadić, **Nikola Komatina**, Prognoziranje tražnje primenom nekih kvantitativnih metoda, 24. nacionalni naučno-stručni skup: Sistem kvaliteta uslov za uspešno poslovanje i konkurentnost, Kopaonik, 2022, 18. 5. - 20. 5., pp. 137. - 142., ISBN 978-86-80164-18-2.

### 5. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Николе Коматине, мастер инжењера машинства под насловом „Унапређење процеса производње применом модификоване PFMEA анализе и метода оптимизације”, по обиму и садржају одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног Већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација. Наслов докторске дисертације, урађена истраживања, као и циљеви проучавања су у складу са онима који су наведени у пријави теме.

Дисертација је написана на 178 страница, садржи 20 слика, 43 табеле и 258 библиографских јединица. Дисертација је изложена у 6 поглавља, којима претходе резиме рада на српском и енглеском језику, списак слика и табела, преглед значајнијих скраћеница и садржај рада.

Наслови поглавља су:

1. Увод
2. Основна теоријска разматрања о фази скуповима, *FMEA* анализи и методама вишеатрибутивног одлучивања
3. Основна теоријска разматрања о примењеним оптимизационим методама
4. Предложени модели за унапређење процеса производње применом модификоване *PFMEA* анализе и метода оптимизације
5. Студије случаја
6. Закључак

Литература

У првом поглављу дата су уводна разматрања, описан је домен истраживања, дати су предмет и циљеви истраживања и основне хипотезе. Наведене су основне методе које су коришћене у истраживању и описани су очекивани резултати. На крају дат је оквирни садржај дисертације.

У другом поглављу дати су основни појмови теорије тип 2 фази скупова као и основне алгебарске операције са интервалним тип 2 фази бројевима, преглед развијених метода дефазификације, развијене дистанце између два интервална тип 2 фази броја и методе поређења тип 2 фази бројева које могу да се нађу у литератури. Осим тога, у овом поглављу дат је преглед литературе у области: (1) *PFMEA* анализе, (2) *IT2FMADM* метода примењене за решавање проблема у инжењерству и менаџменту и (3) приступа који комбинују *PFMEA* анализу и *MADM* методе.

У трећем поглављу дисертације приказана је класификација оптимизационих метода. У литератури не постоји правило нити препорука како изабрати методу која даје најбоље решење разматраног проблема. Кандидат је анализирао оптимизационе проблеме који егзистирају у домену индустријског инжењерства и инжењерског менаџмента. На основу извршене анализе, кандидат је закључио да Метода променљивих околина и Генетски алгоритам се најчешће користе за решавање проблема у домену инжењерства и менаџмента. Ове две методе су детаљније описане у трећем поглављу дисертације.

У четвртном поглављу детаљно су описани развијени модели. Проблем рангирања идентификованих начина отказа је разматран у првом и другом развијеном моделу. Оба модела су сложена и састоје се из два дела. У првом делу одређује се вектор тежина аспеката фактора ризика који је означен као озбиљност последице, односно разматраних фактора ризика, респективно. Вредности тежина су одређене применом развијеног *IT2FBWM* приступа. У првом моделу, рангирање идентификованих начина отказа је засновано на *AP* приступу. У другом моделу, рангирање идентификованих начина отказа је засновано на предложеној *IT2FVIKOR* методи. У трећем моделу је проблем одређивања најбоље стратегије снабдевања репроматеријалом заснован на хибридном моделу који се састоји из два дела. У првом делу вектор тежина атрибута према којима се оцењују добављачи је добијен применом предложене *IT2FANP* методе. У другом делу, ранг добављача је одређен применом предложене *IT2FMABAC* методе.

Добављачи који припадају доњој апроксимативној области не треба да се узму у обзир при дефинисању стратегије снабдевања. У четвртном моделу је разматран проблем одређивања фактора који имају највећи утицај на безбедност и здравље на раду. Проблем је решен помоћу развијеног модела који се састоји из два дела. У првом делу, тежине фактора ризика су одређене помоћу предложене Делфи методе која је проширена са интервалним тип 2 фази бројевима. Треба нагласити да је кандидат развио поступак за проверу постизања консензуса процена доносилаца одлука што представља главни теоријски допринос ове методе. У другом делу, ранг фактора ризика је одређен применом предложене *IT2FTOPSIS* и *IT2FSAW* методе. Извршено је поређење добијених резултата. У петом развијеном моделу приказан је предложени оптимизациони модел за одређивање редоследа елиминисања начина отказа. Функција циља је постављена као однос агрегиране отежане фази вредности критеријума према којима се оцењују начини отказа и укупних трошкова (који обухватају трошкове одржавања и трошкове који се генеришу услед застоја процеса производње). Ограничење је постављено у односу на расположиви буџет. Применом овог модела оперативни менаџмент може да одреди скуп начина отказа које треба елиминисати узимајући у обзир њихов приоритет као и расположиви буџет.

У петом поглављу предложени модели су тестирани на подацима који су добијени из предузећа аутомобилске индустрије која егзистирају у Републици Србији.

У шестом поглављу су анализирани теоријски и практични доприноси развијених модела. Дати су правци даљих истраживања, као и основна ограничења предложених модела.

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 дисертације.

## 6. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Никола Коматина, мастер инжењер машинства, је у оквиру дисертације извршио систематизацију постојећих знања из области: (1) проширења и примене *PFMEA* анализе, (2) модификовања *IT2FMADM* метода и (3) примене метода хеуристике у области унапређења процеса производње. У оквиру ове докторске дисертације кандидат је дошао до резултата на основу којих могу да се изведу бројни закључци који су важни, како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу.

Најважнији научни резултати ове дисертације су:

1. Проширење фактора ризика који је означен као озбиљност последице; у конвенционалној *PFMEA* анализи, озбиљност последице се разматра само са аспекта квалитета и делимично са аспекта безбедности; у овој докторској дисертацији озбиљност последице се разматрала са више аспеката као што су квалитет, безбедност, трошкови и важност производа.
2. Развијена су два модела за одређивање ранга идентификованих начина отказа у процесу производње. У првом моделу, фактор ризика који је означен као озбиљност последице је разматран са три аспекта: важност производа, квалитет и трошкови. Вектори тежина ових аспеката су одређени применом *IT2FBWM* методе. Остала два фактора ризика су преузета из конвенционалне *PFMEA* анализе. Вредности неких фактора ризика су преузете из извештаја *PFMEA* анализе и описане су прецизним бројевима. Вредности осталих фактора ризика су процењене од стране доносилаца одлука. Ове вредности су описане неизвесним бројевима; агрегирана фази вредност фактора ризика који је означен као озбиљност последице је добијена применом

*IT2FOWA*; дефазификацијом израчунатих агрегираних фази вредности се добијају репрезентативни скалари који припадају интервалу [1-10] аналогно конвенционалној *PFMEA* анализи. Ранг идентификованих начина отказа у разматраном производном процесу је одређен према *AP* методологији. У другом раду, фактор ризика који је означен као озбиљност последице је разматран са два аспекта: квалитета и трошкова; ови аспекти озбиљности последице су разматрани као два независна фактора ризика; идентификовани начини отказа су оцењивани према укупно четири фактора ризика: озбиљност последице са аспекта квалитета, озбиљност последице са аспекта трошкова, учесталости појаве и могућности детекције начина отказа; вектор тежина разматраних фактора ризика је израчунат помоћу предложене *IT2FBWM* методе. Вредности матрице одлучивања, као и отежане матрице одлучивања су моделиране помоћу интервалних тип 2 фази бројева; компромисно решење које обухвата различите идентификоване начине отказа је одређено применом предложене *IT2FVIKOR* методе.

3. Развијен је један модел за одређивање редоследа елиминисања идентификованих начина отказа; идентификовани начини отказа су оцењивани према три фактора ризика као у конвенционалној *PFMEA* анализи; вектор тежина ових фактора ризика је одређен применом предложене *IT2FAHP* методе; матрица одлучивања је конструисана према *PFMEA* извештају; конструисање отежане нормализоване матрице одлучивања је засновано на примени процедуре линеарне нормализације и принципу додате вредности; одређивање редоследа начина отказа је засновано на конструисаном оптимизационом моделу; функција циља је дефинисана као максимизација односа агрегиране фази вредности (агрегирана фази вредност која се придружује сваком идентификованом начину отказа је заснована на коришћењу *IT2FOWA*) и укупних трошкова који су моделирани интервалним тип 2 фази бројевима; трошкови одржавања морају да буду мањи од расположивог буџета, што представља ограничење у конструисаном оптимизационом моделу; постављени проблем је решен применом две хеуристичке методе: Методе променљивих околина и Генетског алгорита.
4. Примењена стратегија снабдевања у великој мери утиче на поузданост производног процеса. Избор стратегије снабдевања у овој дисертацији је заснован на предложеном моделу који се састоји из два дела. У првом делу се одређује вектор тежина критеријума према којима се оцењују добављачи. Ови критеријуми имају хијерархијску структуру. Тежина критеријума на сваком хијерархијском нивоу је добијена применом *IT2FAHP* методе. Вредности матрице одлучивања су описане лингвистичким променљивама које су моделиране интервалним тип 2 фази бројевима. Отежана нормализована фази матрица одлучивања је конструисана коришћењем процедуре линеарне нормализације и правила фази алгебре. Правила на основу којих се одређује да ли добављач припада горњој или доњој области апроксимације је модификован тако што је коришћена метода за поређење фази бројева. Ранг добављача је одређен применом предложене *IT2FMABAC* методе.
5. Безбедност и здравље радника на радним местима у значајној мери утичу на поузданост производног процеса. Одређивање фактора ризика који највише утичу на безбедност и здравље на раду је извршено кроз предложени фази модел који се састоји из два дела. У првом делу, одређивање вектора тежина фактора ризика који утичу на безбедност и здравље на радном месту је засновано на предложеној Делфи методи која је проширена са интервалним тип 2 фази бројевима; посебно треба нагласити да је развијен нов начин за проверу постизања консензуса процена доносилаца одлука. Ранг разматраних фактора ризика је добијен применом *IT2FTOPSIS* методе која се најчешће користи за решавање *MADM* проблема из

домена индустријског инжењерства и инжењерског менаџмента. Такође, ранг разматраних фактора који утичу на безбедност и здравље на раду је добијен и применом *IT2FSAW* методе. Одређен је коефицијент сличности рангирања.

Резултати ове докторске дисертације су приказани и публиковани у пет радова који су објављени у часописима: категорије M22 (четири рада) и M23 (један рад). На овај начин су верификовани научни резултати докторске дисертације.

## 7. Примењивост резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Николе Коматине, мастер инжењера машинства, под насловом „Унапређење процеса производње применом модификоване *PFMEA* анализе и метода оптимизације” применљиви су и корисни, како у теоријском, тако и у практичном смислу. Предложена методологија даје низ значајних резултата који представљају нова сазнања из области унапређења процеса производње.

Смањивање утицаја идентификованих начина отказа или њихово елиминисање се постиже кроз примену одговарајућих менаџмент мера. Сматра се да сви начини отказа треба да буду елиминисати током једне пословне године. Искуства најбоље праксе показују да готово ни у једном предузећу аутомобилске индустрије није могуће да се сви начини отказа елиминишу због ограничених ресурса. Стога, примена развијених модела омогућава оперативном менаџменту да одреди оне начине отказа који имају највећи приоритет са респектовањем свих разматраних фактора ризика као и њихових тежина. Менаџмент активности се прво примењују на начине отказа највећег приоритета. На овај начин, постиже се највеће унапређење процеса производње у најкраћем времену.

Избор оптималне стратегије снабдевања као и предузимање одговарајућих мера које доводе до повећање безбедности и здравља на раду имају велики утицај на унапређење процеса производње. Применом развијених фази модела могу да се одреде добављачи које има смисла разматрати при дефинисању оптималне стратегије снабдевања репроматеријалом. Ова одлука има директан утицај на обезбеђење континуитета процеса производње који је веома важан у аутомобилској индустрији у којој је заступљена масовна производња. Безбедност и здравље радника на посредан начин утиче на ефикасност реализације процеса производње. Применом развијеног фази модела може да се на егзактан начин одреди онај фактор ризика који има највећи утицај на безбедност и здравље радника. Елиминисањем овог фактора или смањивањем његовог утицаја остварује се већа безбедност и здравље радника, а самим тим се унапређује процес производње.

У теоријском смислу, предност предложених модела се објашњава на следећи начин: (а) доносиоци одлука могу боље да искажу своје процене користећи лингвистичке исказе чије моделирање је засновано на интервалним тип 2 фази бројевима, (б) *MADM* методе су проширене са интервалним тип 2 фази бројевима, (в) извршено је комбиновање *PFMEA* анализе и *IT2FMADM* метода, (г) извршено је комбиновање различитих *IT2FMADM* метода и (д) комбиновање теорије фази скупова и хеуристичких метода.

Предложени фази модели су флексибилни у смислу да се промена броја начина отказа, промена фактора ризика, промена релативне важности фактора ризика као и њихове вредности могу лако и једноставно да се инкорпорира у моделе. Развијени фази модели који су развијени у овој докторској дисертацији, уз одређене модификације, могу се применити у свим индустријским предузећима.

## 8. Начин презентовања резултата научној јавности

Део научних резултата који су проистекли при изради ове докторске дисертације презентован је објављивањем већег броја научно-стручних радова у међународним научним часописима, као и на међународним и националним научним скуповима. Кандидат је као непосредни резултат рада на дисертацији публиковао четири рада на којима је први аутор и један рад на ком је аутор за кореспонденцију. Непосредни резултат рада на дисертацији су следећи објављени радови:

### Категорија M22:

1. **Nikola Komatina**, Marko Đapan, Igor Ristić, Aleksandar Aleksić, Fulfilling External Stakeholders' Demands - Enhancement Workplace Safety Using Fuzzy MCDM, Sustainability, Vol.13, No.5, pp. 2892, ISSN 2071-1050, <https://doi.org/10.3390/su13052892>, 2021.
2. Aleksandar Aleksić, Dragan D. Milanović, **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Evaluation and ranking of failures in manufacturing process by combining BWM and VIKOR under type-2 fuzzy environment, Expert Systems, Vol.40, No.2, pp. e13148, ISSN 0266-4720, <https://doi.org/10.1111/EXSY.13148>, 2022.
3. **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Aleksandar Aleksić, Aleksandar D. Jovanović, The assessment and selection of suppliers using AHP and MABAC with type-2 fuzzy numbers in automotive industry, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability, Vol.237, No.4, pp. 836-852, ISSN 1748-006, <https://doi.org/10.1177/1748006X221095359>, 2023.
4. **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Goran Đurić, Aleksandar Aleksić, Determination of manufacturing process failures priority under type 2 fuzzy environment: Application of genetic algorithm and Variable neighborhood search, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering, Vol.-, No.-, pp. -, ISSN 0954-4089, <https://doi.org/10.1177/09544089231160510>, 2023.

### Категорија M23:

1. **Nikola Komatina**, Danijela Tadić, Aleksandar Aleksić, Nikola Banduka, The integrated PFMEA approach with interval type-2 fuzzy sets and FBWM: A case study in the automotive industry, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, Vol.236, No.6, pp. 1201-1212, ISSN 0954-4070, <https://doi.org/10.1177/09544070211034799>, 2022.

Комисија сматра да истраживања и резултати ове докторске дисертације представљају обиман и користан материјал за даљу публикацију радова у међународним и националним часописима и скуповима у области организације, планирања и управљања производњом, анализе ризика и поузданости у домену процеса производње, као и у области операционих истраживања.

## ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Николе Коматине, мастер инжењера машинства, под називом „Унапређење процеса производње применом модификоване PFMEA анализе и метода оптимизације”, под менторством проф. др Данијеле Тадић, у потпуности, како по обиму, тако и по квалитету, одговара одобреној теми дисертације, Одлуком бр. 01-1/1697-17 од 18.06.2020. године од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-372/6 од 23.06.2020. године.

Кандидат је у приказу истраживања користио одговарајућу и стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са свим универзитетским нормама. Докторска дисертација по садржају, квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

Кандидат је показао да влада методологијом научноистраживачког рада и да поседује способност систематског приступа и коришћења литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање, показао способност да приступи свеобухватно сложеној проблематици, у циљу дефинисања суштинских закључака и добијању конкретних и применљивих резултата.

С обзиром на актуелност проблематике која је обрађена и остварене резултате, чланови Комисије сматрају да кандидат Никола Коматина, мастер инжењер машинства, и поднета докторска дисертација, испуњавају све услове, који се у поступку оцене писменог дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.





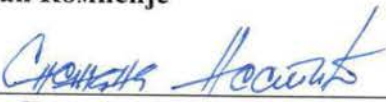
На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Николе Коматине, мастер инжењера машинства, предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да докторску дисертацију кандидата под називом:

**„УНАПРЕЂЕЊЕ ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ ПРИМЕНОМ МОДИФИКОВАНЕ  
PFCMEA АНАЛИЗЕ И МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИЈЕ”**

прихвате као успешно урађену и да кандидата позову на усмену јавну одбрану докторске дисертације.

У Крагујевцу, Београду и Чачку, август 2023. године.

**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

1.   
др Драган Д. Милановић, редовни професор, Машински факултет, Универзитет у Београду; Ужа научна област: Индустијско инжењерство, председник Комисије
2.   
др Јасмина Весић Васовић, редовни професор, Факултет техничких наука, Универзитет у Крагујевцу; Ужа научна област: Менаџмент и операциона истраживања, члан Комисије
3.   
др Александар Алексић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу; Ужа научна област: Инжењерски менаџмент, члан Комисије
4.   
др Марко Банан, ванредни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу; Ужа научна област: Индустијско инжењерство, члан Комисије
5.   
др Снежана Нестић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу; Ужа научна област: Инжењерски менаџмент, члан Комисије