

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 31.08.2023. (број одлуке: 01-1/2812-16) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 19.09.2023. (број одлуке: IV-04-683/20) одређени смо као чланови Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације:

„РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА УПРАВЉАЊЕ ПРОЦЕСОМ ИСПИТИВАЊА КВАЛИТЕТА У LEAN ИНДУСТРИЈСКИМ СИСТЕМИМА БАЗИРАНОГ НА МЕТОДАМА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ“

у научној области Машинско инжењерство и ужој научној области Информациони инжењеринг кандидат **Немања Пајић, маг. инж. инж. менаџ.** На основу података којима располажемо достављамо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

У предложеној пријави докторске дисертације кандидат **Немања Пајић, маг. инж. инж. менаџ.** представио је предмет истраживања наводећи актуелности и значај предложене теме у области контроле квалитета у LEAN индустријским системима засноване на примени вештачке интелигенције.

Ова дисертација ће истраживати примену вештачке интелигенције у контроли квалитета у оквиру индустријске револуције 4.0. Биће фокусирана на области Lean индустријског окружења, и бавиће се предвиђањем исхода операције лемљења, применом машинске визије за детекцију дефеката, и у обезбеђењу квалитета ласерски заварених спојева. При управљању квалитетом важно је имати прецизну, тачну и правовремену одлуку о статусу производа. Процеси који се ослањају на одлуку човека често бивају спори и непоздани. Коришћењем различитих алгоритама и метода вештачке интелигенције, ова дисертација ће представити напредни приступ контроли квалитета у производним системима. Аутоматска класификација и детекција дефекта доприноси ефикасности и смањењу грешака у производним процесима. Исто тако, примена вештачке интелигенције у обезбеђењу квалитета различитих процеса потенцијално може омогућити бржу и ефикаснију процедуру анализе дефеката и управљања квалитетом. Кроз већи број методологијских приступа истраживању, ова дисертација имаће за циљ да допринесе напретку у области контроле квалитета у индустријским окружењима, смањењу трошкова и уложеног

времена, као и ефикаснијем унапређењу квалитета у складу са постављеним стандардима у оквиру индустрије 4.0. Као резултат овог истраживања, биће представљени нови резултати и савремене методе које би могле значајно утицати на будући развој у области контроле квалитета у индустријском окружењу.

Ова дисертација истражује примену вештачке интелигенције у контроли квалитета, фокусирајући се на Lean индустријске системе, то јест код система који теже који теже ефикасности, елиминацији отпада и континуираном побољшању производних процеса. Примарни циљ рада је да се развије и оптимизује модел машинског учења који ће са великом прецизношћу предвидети квалитет производа без потребе за деструктивним тестовима. Коришћењем различитих метода машинског учења и алгоритама, истраживачи у овој области нашли су ефикасне начине за предвиђање исхода производних процеса.

У оквиру дисертације, такође ће бити истражене и друге напредне технологије не деструктивног типа, као и њихова примена у контроли квалитета. У те технологије спадају испитивање материјала помоћу рендгенских зрака, вртложних струја и других метода, које имају значајан потенцијал за откривање дефеката и прецизно оцењивање квалитета производа.

Кроз обухватање различитих аспеката примене вештачке интелигенције у контроли квалитета, ова дисертација има за циљ да допринесе напретку у индустријским производним процесима и унапреди квалитет производа на путу ка Индустрији 4.0.

У оквиру ове дисертације, истраживање ће бити настављено практичном применом вештачке интелигенције у индустријском окружењу, у реалним пројектима и кроз анализе потенцијала за одређене намене. Различите примене вештачке интелигенције у Индустрији 4.0, укључујући машинско учење, дубоко учење, машинску визију и друге технике, пружају широк спектар могућности за оптимизацију производних процеса и контролу квалитета.

Поред предвиђања исхода операције лемљења бакарних намотаја на фазни прстен статора електромотора, у оквиру ове дисертације ће бити размотрена и примена машинске визије за класификацију и детекцију дефеката при наливању лепка за процесе спајања у аутомобилској индустрији. У студији случаја у којој се примењују алгоритми машинског учења користе се процесни параметри за производе који су у прошлости подвргнути деструктивним тестовима. Алгоритми уче из тих података, и проналазе везу између процесних параметара и резултата деструктивних тестова, коју касније користе при предвиђању исхода деструктивног теста. Код студије случаја где се примењују алгоритми машинског учења за детекцију дефеката користе се слике производа које су експерти обележили у процесу обучавања модела а као резултат предвиђања се добија класификација делова на усаглашене и неусаглашене, док се за оне неусаглашене одређује и тип дефеката који су присутни на производу. Уз примену модерних алгоритама и метода машинског учења, циљ је развити систем који ће аутоматски класификовати и детектовати дефекте, чиме ће се смањити могућност грешке у производним процесима и повећати квалитет производа. Такође је размотрен потенцијал имплементације паметних решења заснованих на вештачкој интелигенцији у обезбеђењу квалитета ласерски заварених спојева.

Кроз шири приступ примени вештачке интелигенције у контроли квалитета, ова дисертација има за циљ да допринесе напретку у индустријским окружењима и доведе до оптимизације производних процеса и подизања стандарда квалитета у оквиру индустрије 4.0.

Практични резултат истраживања је развој поузданих, ефикасних (финансијски и временски), 100% линијских, недеструктивних, метода контроле квалитета за примену у LEAN индустријском окружењу. Развој решења које ће бити безбедно, ефикасно, ефективно, поуздано, брзо имплементирано са малим улагањем и кратким периодом поврата инвестиције.

Кандидат је предложио план истраживања у оквиру наведених области које су у складу са савременим научним методама истраживања. Сам истраживачки метод је заснован на прикупљању и анализирању података кроз теоријске и експерименталне методе које укључују примену савремених технологија, систематско посматрање проблема, складиштење података и примена истих у реалном времену, тестирање примене система у реалним условима производне индустрије и постављање хипотеза које се проверавају кроз развој система и прикупљене податке.

Истраживања планирана у оквиру докторске дисертације биће теоријска и експериментална.

Теријски део истраживања ће се заснивати на прегледу литературе у области недеструктивних метода тестирања и критичког расуђивања о примењивости одређених метода на конкретни пројектни задатак. Други део теоријског истраживања ће се базирати на прегледу литературе у области примене вештачке интелигенције, специфично алгоритама машинског учења, у замени или допуни тестова контроле квалитета, али и у индустрији генерално.

Током истраживања ће се примењивати различите методе. Методе засноване на контроли квалитета ће бити примењене у процесу дефинисања захтева за систем који се развија како би се у раној фази предвидели захтеви и ограничења у која се решење мора уклопити. Дефинисање оквира пројекта је обављено у складу са инжењерским принципима одлучивања као и предвиђања потенцијалих модела неуспеха. Принципи контроле квалитета су узети у обзир приликом дефинисања улазних као и излазних информација. На тај начин се обезбеђује да решење буде ефикасно, ефективно, једноставно за интеграцију у савремене системе за управљање квалитетом, и у складу са највишим захтевима стандарда квалитета.

Кандидат планира да примени методе машинског учења и да се фокусира на оптимизацију производних процеса путем анализе историјских података о процесним параметрима и резултатима деструктивних тестова. Циљ ће му бити да развије алгоритам који ће предвиђати исходе производње без потребе за деструктивним испитивањем, чиме би се постигло значајно смањење трошкова и ефикасније управљање ресурсима.

Додатно, кандидат намерава да примени методе машинског учења како би се ефикасно решили изазови у вези с детекцијом дефеката приликом наливања лепка за процесе спајања елемената у производној индустрији. Током будућих експеримената, планира да истражи интеграцију ових решења, идентификује потенцијалне препреке и даље разуме ограничења овог приступа. У глобалу, циљ ће му бити да унапреди ефикасности и прецизности производних процеса, нудећи перспективно научно решење за индустријске изазове у предстојећем периоду.

Експерименталне методе ће се заснивати на имплементацији развијеног решења у процес производње и процес контроле, и документовање свих запажања. Запажања у смислу потешкоћа при прикупљању података, интеграцији решења у не дигитализоване процесе, неопходним модификацијама производног процеса, и процеса управљања квалитетом.

Очекивани допринос и резултати докторске дисертације су:

- Примена савремених технологија у контроли квалитета без разарања испитиваног дела, где ће различити потенцијални приступи бити критички разматрани.
- Развој и оптимизација система за детекцију облика на сликама за потребе квалитета где ће јасно бити идентификоване предности и мане анализираних приступа.
- Идентификација потенцијалних препрека при развоју и имплементацији система вештачке интелигенције за потребе квалитета у индустријским окружењима.

На основу приказа проблема истраживања, полазне хипотезе као и предложене научне методе истраживања, приказани садржај докторске дисертације садржи све елементе који су потребни за израду докторске дисертације у оквиру које ће се дати научни допринос, значајан за даља научна истраживања у области контроле квалитета у производној индустрији заснованог на методама вештачке интелигенције.

Веза са досадашњим истраживањима

На основу увида у публиковане радове у научним и стручним часописима може се закључити да је кандидат Немања Пајић био укључен у истраживања из области индустрије 4.0 и примене технологија информационог инжењеринга у различитим сферама пословања.

Израда ове докторске дисертације ће омогућити кандидату да настави са истраживачким радом у континуитету што поред стручног усавршавања кандидата има за циљ развој и примену система у реалним условима, имплементацију технологија које је кандидат представио у својим досадашњим истраживачким радовима као и саму практичну примену истих.

(Pajić et al., 2023a)¹ приказују примену алгоритама машинског учења у предвиђању исхода деструктивних тестова зарад испитивања карактеристика залемљених спојева. Истраживачи приказују више метода машинског учења као и њихове упоредне резултате. Коришћене методе су Linear Regression, Kernel Ridge Regression, Gradient Boosted Trees Regression, Radnom forest Regression. У раду су приказана ограничења као и предности овог приступа у контроли квалитета у аутомобилској индустрији. Најбољи резултати су остварени помоћу Линеарне регресије.

(Pajić et al., 2023b)² представљају концепт примене алгоритама машинског учења на застарелом хардверу за детекцију дефеката користећи све предности савремених могућности за развој машинске визије. Систем заснован на детекцији пиксела је замењен савременим кодом где је задржана сва хардверска инфраструктура осим рачунара. Овај приступ представља путоказ ка значајним уштедама за средња и мала предузећа која међу својим кадром имају програмере. На овај начин се са минималним улагањима могу значајно унапредити системи за машинску визију и уштедети новац непоузданом класификацијом делова. Класификација дефеката је заснована примени библиотека као што су Keras Tensor и Flow, док је детекција објеката заснована Ultralytics библиотекама које садрже YOLO моделе. Прецизност класификације дефеката остварена овим приступом је износила 97%.

(Pajić et al., 2022a)³ анализирају различите приступе примене вештачке интелигенције у системима за обезбеђење квалитета ласерски заварених спојева. Истраживачи пореде различите

¹ Nemanja Pajić, Marko Djapan, Eva Bulushek, Waldemar Fahrenbruch, Aleksandar Đorđević, Miladin Stefanović, Machine learning prediction model for small data sets instead of destructive tests for a case of resistance brazing process verification, *The International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, Vol. 30, No. 3, pp. 797-814, 15 Jun 2023, ISSN: 1072-4761, <https://doi.org/10.23055/ijietap.2023.30.3.8691>

² Nemanja Pajić, Lazar Pavlović, Jovana Aleksić, Fatima Živić, Enhancement of outdated vision systems in smes with artificial intelligence powered solutions, *2nd Serbian International Conference on Applied Artificial Intelligence (SICAAI)*, Book of abstracts, pp.65, May 19-20, 2023, Kragujevac, Serbia, ISBN 978-86-81037-77-5

³ Nemanja Pajić, Jovana Aleksić, Fatima Živić, Aleksandar Đorđević, AI application in quality assurance of industrial laser welding processes, *Quality Festival Conference 2023, PROCEEDINGS*, pp. 637-646, May 24-27th, 2023, Kragujevac, Serbia, ISBN 978-86-6335-104-2

конвенционалне и савремене методе обезбеђења квалитета, приказују успешне примере из праксе и наводе потенцијалне правце за развој постојећих решења.

(Pajić et al., 2022b)⁴ разматрају различите могућности примене микро и нано технологија у комуникационим системима индустрије 4.0. Анализирају се постојећи системи микро и нано технологија и конципира се њихова примена у оквиру комуникационих система у оквиру индустрије 4.0. Фокус потенцијалних примена је на управљању квалитетом и процесном инжењерству.

(Chatterjee et al., 2022)⁵ у истраживању развијају предиктивне моделе користећи вештачку интелигенцију за предвиђање одговарајућих параметара при ласерском заваривању танких лимова. Коришћене су две напредне технике вештачке интелигенције - адаптивни неро-фазни закључни систем (ANFIS) и мулти-генски генетички програм (MGGP), како би се предвидели одговори при заваривању, као што су зона под дејством топлоте, финоћа површине и чврстина завареног споја. Резултати истраживања показују да MGGP модел предвиђа заваривање на супериоран начин у односу на ANFIS модел, што може бити од велике користи за прецизно предвиђање перформанси у процесу ласерског заваривања танких лимова.

(Ji et al., 2022)⁶ у овом истраживању приказују развијени модел за предвиђање корозионе стопе на легурама алуминијума у различитим амбијенталним условима. За оптимизацију модела, коришћена је стратегија која интегрише аб-иницио израчунавања са методом случајних шума (Random Forest), познатом као IACRF. Резултати су показали да су аб-иницио израчунавања, нарочито радна функција, значајно повећала тачност предвиђања корозионе стопе на основу малих скупова података о корозији алуминијумских легура. Како би се изградио бољи општи модел за предвиђање, идентификоване су најприступачније и најефикасније особине за обуку IACRF модела. Независна истраживања изложености на терену у југо-источној Азији потврдили су оправданост опште примене IACRF, при чему је просечна тачност предвиђања побољшана до 91%.

(Wang et al., 2019)⁷ представљају нову методу за инспекцију производа помоћу дубоког учења и машинске визије. Ова метода омогућава идентификацију и класификацију дефектних производа са високом тачношћу и стабилношћу, при чему се избегава губитак тачности. Процес инспекције укључује примену Гаусовог филтера на сликама како би се смањио случајни шум, затим се извођење пројекције интересне зоне (ROI) заснива на Хафовој трансформацији како би се уклонила небитна позадина, чиме се смањује рачунска комплексност последњег процеса

⁴ Nemanja Pajić, Nikola Kotorčević, Nenad Grujović, Fatima Živić, Micro and nano technologies (MNTs) in industry 4.0 communication systems, *10th International Scientific Conference - IRMES 2022, Research and Development of Mechanical Elements and Systems, PROCEEDINGS, Machine design in the context of Industry 14.0 – Intelligent products*, pp.74-81, 26 May 2022, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-6060-119-5

⁵ Chatterjee, S., Mahapatra, S.S., Lamberti, L., Pruncu, C.I., 2022. Prediction of welding responses using AI approach: adaptive neuro-fuzzy inference system and genetic programming. *J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng.* 44, 53. <https://doi.org/10.1007/s40430-021-03294-w>

⁶ Ji, Y., Li, N., Cheng, Z., Fu, X., Ao, M., Li, M., Sun, X., Chowwanonthapunya, T., Zhang, D., Xiao, K., Ren, J., Dey, P., Li, X., Dong, C., 2022. Random forest incorporating ab-initio calculations for corrosion rate prediction with small sample Al alloys data. *Npj Mater. Degrad.* 6, 83. <https://doi.org/10.1038/s41529-022-00295-5>

⁷ Wang, J., Fu, P., Gao, R.X., 2019. Machine vision intelligence for product defect inspection based on deep learning and Hough transform. *J. Manuf. Syst.* 51, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.03.002>

идентификације. Конструкција модула за идентификацију базирана је на конволуционој неуронској мрежи, а инверзни резидуални блок користи се као основни блок како би се постигао добар баланс између тачности идентификације и рачунске ефикасности. Предложена метода постиже изузетне резултате при инспекцији помоћу великог скупа података који садржи слике дефектних и исправних боца.

Будућа истраживања кандидата настављају истраживања у којима је кандидат учествовао до сада, према листи публикованих радова, као и радова других аутора, а ослањао би се и на публиковане радове других аутора.

2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове докторске дисертације обухватају следеће

Главни циљ овог истраживања је развијање и оптимизација модела машинског учења који ће са великом прецизношћу предвидети квалитет производа, без неопходности коришћења деструктивних тестова. Овај задатак је од суштинског значаја у индустрији, где се захтевају брзи и ефикасни начини за контролу квалитета.

Кандидат предлаже коришћење већег броја метода машинског учења и алгоритама како би истражио ефикасне начине предвиђања исхода производних процеса. Резултати овог истраживања имаће потенцијал да значајно унапреде област контроле квалитета у Lean индустријским окружењима.

Поред примене вештачке интелигенције, кроз дисертацију кандидат ће такође истражити друге напредне технологије недеструктивног типа и њихову улогу у контроли квалитета. Испитивање материјала помоћу рендгенских зрака, вртложних струја и других метода пружају значајне могућности за откривање дефеката и прецизно оцењивање квалитета производа. Кроз обухватање различитих аспеката примене вештачке интелигенције у контроли квалитета, ова дисертација има за циљ да допринесе напретку у индустријским производним процесима и унапреди квалитет производа на путу ка индустрији 4.0.

У оквиру ове дисертације, истраживање кандидата ће бити настављено практичном применом вештачке интелигенције у индустријском окружењу, у реалним пројектима и кроз анализе потенцијала за одређене намене. Различите примене вештачке интелигенције у индустрији 4.0, укључујући машинско учење, дубоко учење, машинску визију и друге технике, пружају широк спектар могућности за оптимизацију производних процеса и контролу квалитета.

Поред предвиђања исхода операције лемљења бакарних намотаја на фазни прстен статора електромотора, у оквиру ове дисертације ће бити размотрена и примена машинске визије за класификацију и детекцију дефеката при наливању лепка за процесе спајања у аутомобилској индустрији. Уз примену модерних алгоритама и метода машинског учења, циљ је развити систем који ће аутоматски класификовати и детектовати дефекте, чиме ће се смањити могућност грешке у производним процесима и повећати квалитет производа. Додатно, истраживање ће обухвати дискусију о потенцијалној примени вештачке интелигенције у евалуацији купчевих захтева у аутомобилској индустрији. Уз помоћ модерних технологија и метода, купчеви захтеви могу бити ефикасније и брже евалуирани. Такође је размотрен потенцијал имплементације паметних решења заснованих на вештачкој интелигенцији у обезбеђењу квалитета ласерски заварених спојева.

Кроз шири приступ примене вештачке интелигенције у контроли квалитета, ова дисертација има за циљ да допринесе напретку у индустријским окружењима и доведе до оптимизације производних процеса и подизања стандарда квалитета у оквиру индустрије 4.0. Практични резултат истраживања је развој поузданих, ефикасних (финансијски и временски), 100% линијских, недеструктивних, метода контроле квалитета за примену у LEAN индустријском окружењу. Развој решења које ће бити безбедно, ефикасно, ефективно, поуздано, брзо имплементирано са малим улагањем и кратким периодом поврата инвестиције.

Основне хипотезе докторске дисертације од којих се пошло на основу постављеног циља истраживања, досадашњих истраживачких активности кандидата и резултата других аутора у подручју истраживања, састоје се од следећих претпоставки:

- (X₁) Може се развити напредни систем за контролу квалитета применом напредних технологија попут вештачке интелигенције у LEAN индустријском окружењу, који резултира бољим перформансама.
- (X₂) Примена напредног система за контролу квалитета недеструктивног типа заснованог на примени вештачке интелигенције потенцијално може довести до повећања ефикасности и ефективности процеса контроле квалитета, кроз уштеде у процесу тестирања, скраћењем трајања тестова, пружањем бољег увида у квалитет производа или процеса, и унапређењем безбедности и здравља запослених.
- (X₃) Могуће је анулирати постојеће вишеструке препреке и отежавајуће околности за имплементацију напредног система за контролу квалитета недеструктивног типа заснованог на примени вештачке интелигенције у LEAN индустријском окружењу у средњим и великим предузећима.

Методe истраживања

Истраживања планирана у оквиру докторске дисертације садржаће теоријски и експериментални аспект.

Методe које ће се у раду користити су:

- Методe софтверског инжењерства
 - Примена савремених технологија које укључују програмски контролисане уређаје и управљање софтверским апликацијама, у циљу постизања ефикасне контроле и обраде података.
- Елементи теоријског одлучивања и алгоритми одлучивања
 - Усмерене на теорију одлучивања засноване на развоју и примени савремених алгоритама који се могу употребити у области вештачке интелигенције за процену неусаглашености производа.
- Методe машинског учења
 - Развој и унапређење алгоритама за доношење одлука у области контроле квалитета где се недвосмислено може закључити да ли је производ усаглашен или неусаглашен, и којој класи неусаглашености припада. Као и предвиђање исхода одређених деструктивних тестова на основу процесних параметара без уништавања дела.
- Методe засноване на контроли квалитета

- Развој и примена савремених технологија у области контроле квалитета индустрије 4.0. а у циљу постизања мањег броја неусаглашености производа и повећање броја усаглашених производа на тржишту.
- Експерименталне методе
 - Експерименталне методе ће подразумевати спрегу, то јест имплементацију хардвера и софтвера неопходног за реализацију експерименталног истраживања. Сви резултати прикупљени овим системом биће обрађивани са циљем повећања ефикасности контроле квалитета, правовременог заустављања производње неусаглашених производа и смањења свеукупног броја неусаглашених производа.

Оквирни садржај докторске дисертације

Планирано је да докторска дисертација буде реализована кроз седам поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Преглед литературе у подручју Индустрије 4.0 са фокусом на напредне технологије не деструктивног типа у области контроле квалитета
3. Преглед литературе у подручју примене вештачке интелигенције у индустријском окружењу са фокусом на област контроле квалитета
4. Развој и имплементација система за контролу квалитета у индустрији 4.0. у LEAN индустријском окружењу, уз примену вештачке интелигенције
5. Закључци
6. Литература

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригинални начин анализирања проблема

Имајући у виду резултате истраживања других аутора, а на основу предложеног садржаја докторске дисертације, може се закључити да је ово једна од актуелних области истраживања када је у питању развој система за контролу квалитета у оквиру индустрије 4.0. Кандидат је објавио научни рад на SCI листи, где је први аутор, који се бави применом вештачке интелигенције у предвиђању исхода процеса лемљења, односно заменом деструктивних тестова предиктивном методама. На основу предложене теме докторске дисертације Комисија закључује да постоји потреба за применом савремених технологија као што је вештачка интелигенција у процесу управљања квалитетом, што ће обезбедити ефикасно детектовање неусаглашених производа у оквиру производне индустрије и значајно смањити могућност појаве неусаглашених производа на тржишту. Докторска дисертација је усмерена на решавање реалних проблема из индустрије, при чему ће примена вештачке интелигенције значајно утицати на брзину процеса детекције неусаглашености, ефикасност контроле квалитета, смањење трошкова дораде производа уколико постоји могућност за дораду, повећање профита, повећање прецизности, доступност података из производње у реалном времену, што чини значајан научни и стручни допринос.

Комисија закључује да је предложена тема кандидата Немање Пајића, магистар инж. инж. менаџ. са представљеним предметом, циљевима рада, садржајем, научним доприносима и очекиваним резултатима, који су настали као резултат детаљне анализе објављених научних радова у различитим међународним часописима у научном и стручном смислу, оригинална идеја.

4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Кандидат Немања Пајић, магистар инжењеринга, је у пријави теме докторске дисертације обухватио све елементе савременог научно-истраживачког начина рада поштујући основне критеријуме науке, научних циљева и метода анализе, имплементацијом постојећих и развијањем оригиналних идеја научног истраживања.

Предлагањем и анализом доступне литературе, кандидат је показао способност да изврши избор релевантних радова, да изврши њихову анализу и да утврди предмет даљих истраживања. Дефиниција предмета истраживања је усклађена са основним појмовима, предложеним хипотезама и методама истраживања. Кандидат је показао способност да планира и реализује експерименте уз коришћење савремене мерне и производне опреме и селекцију и анализу литературних извора.

Циљеви истраживања су проистекли из запажене потребе за убрзањем и оптимизацијом процеса контроле квалитета у оквиру производне индустрије у функционалној примени. Употребом адекватне хардверске опреме и алгоритама компјутерске визије, кроз реализацију систем за контролу квалитета, у експерименталним истраживањима, омогућиће добијање резултата, који ће представљати оригиналан допринос истраживачкој области.

5. Преглед научно -истраживачког рада кандидата

Кратка биографија кандидата

Лични подаци

Име и презиме: Немања Пајић

Датум и место рођења: 20.12.1990 Баточина

Адреса: Александра Симића 13, 34227 Баточина

Е-mail: rajicnemanja2@gmail.com

Немања Пајић рођен је 20. децембра 1990. године у Крагујевцу. Завршио је основну школу од првог до осмог разреда "Свети Сава" у Баточини, а након тога "Пољопривредно-ветеринарску школу са домом ученика - Свилајнац" у Свилајнцу, смер ветеринарски техничар-огледно одељење. Школске 2014/2015. године уписао је основне студије на Универзитету Унион Никола Тесла Београд – Факултету за менаџмент – Сремски Карловци, смер Инжењерски менаџмент. Основне студије завршио је 2019. године са просечном оценом 8.61. Завршни рад одбранио је са оценом 10. Школске 2019/2020. Године уписује мастер академске студије на студијском програму индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу, и дипломирао 2020. године са просечном оценом 9.57. Мастер рад одбранио је са оценом 10. Добио је награду факултета као најбољи свршени студент за школску 2019/2020. годину на образовном модулу индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент.

Докторске академске студије (ДАС) уписао је школске 2020/2021. године на студијском програму машинско инжењерство, научна област индустријско инжењерство. Током прве две године ДАС успешно је положио све испите предвиђене наставним планом и програмом. У склопу реализованих активности прикупљена је литература и реализовани су експерименти из области теме докторске дисертације, на основу којих су публиковани радови.

Досадашњи научно-истраживачки рад и интересовања тежишно су усмерена на примену нових технологија у индустријском окружењу.

Има 14 година радног искуства у неким од највећих производних компанија у Србији, претежно из аутомобилске индустрије. Радио је на инжењерским и менаџерским позицијама у квалитету у компанијама: Fiat Automobili Srbija, Hutchinson, ZF Group, GiR, Moretto Spa., Minela d.o.o.. Радио је као асистент код проф. Владана Петровића на пословима усменог и писаног превођења, припреме документације и материјала за презентовање технологија из области алтернативних извора енергије. Бави се имплементацијом нових технологија у производној индустрији зарад унапређења процеса управљања квалитетом. Велик фокус му је на примени вештачке интелигенције у домену контроле квалитета, и не деструктивним методама тестирања. Говори енглески језик. Познаје Agile и Scrum методологију рада. Поседује низ сертификата из области квалитета као и стручна знања о алатима, стандардима, и методологијама попут: Lean Six Sigma, VDA 6.3, IATF 16949, MSA, PPAP, 8D, SPC, развој вештачке интелигенције за потребе квалитета, управљање пројектима, интерна ревизија процеса и производа, итд... Познаје основе програмирања (C, C++, C#, XHTML, CSS, Java, Python, KNIME...). Мастерирао је на теми примене 3Д штампе у визуелној комуникацији, и познаје рад у Solid Worksu. Бавио се применом микро и нано технологија у индустријском окружењу.

Научно-истраживачки рад

Као аутор или коаутор кандидат је објавио 5 радова у научно–стручним часописима, као и на међународним и домаћим научно–стручним скуповима.

Списак објављених радова:

1. **Nemanja Pajić**, Marko Djapan, Eva Buluschek, Waldemar Fahrenbruch, Aleksandar Đorđević, Miladin Stefanović, Machine learning prediction model for small data sets instead of destructive tests for a case of resistance brazing process verification, *The International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, Vol. 30, No. 3, pp. 797-814, 15 Jun 2023, ISSN: 1072-4761, <https://doi.org/10.23055/ijietap.2023.30.3.8691> (M23)
2. **Nemanja Pajić**, Nikola Kotorčević, Nenad Grujović, Fatima Živić, Micro and nano technologies (MNTs) in industry 4.0 communication systems, *10th International Scientific Conference - IRMES 2022, Research and Development of Mechanical Elements and Systems, PROCEEDINGS, Machine design in the context of Industry I4.0 – Intelligent products*, pp.74-81, 26 May 2022, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-6060-119-5 (M33)
3. **Nemanja Pajić**, Jovana Aleksić, Fatima Živić, Aleksandar Đorđević, AI application in quality assurance of industrial laser welding processes, *Quality Festival Conference 2023, PROCEEDINGS*, pp. 637-646, May 24-27th, 2023, Kragujevac, Serbia, ISBN 978-86-6335-104-2 (M33)
4. **Nemanja Pajić**, Lazar Pavlović, Jovana Aleksić, Fatima Živić, Enhancement of outdated vision systems in smes with artificial intelligence powered solutions, *2nd Serbian International Conference on Applied Artificial Intelligence (SICAAI)*, Book of abstracts, pp.65, May 19-20, 2023, Kragujevac, Serbia, ISBN 978-86-81037-77-5 (M34)
5. **Nemanja Pajić**, Tamara Obradović, Nenad Grujović, Fatima Živić, Digital marketing for smes and professionals by using linkedin social networks with integrated ai solutions, *1st International Conference on Advances in Science and Technology – COAST 2022*, Book of abstracts, pp.142, 26-29. May 2022 Herceg Novi, Montenegro, ISBN 978-9940-611-03-3 (M34)

ISSN: 2334-816X

6. Предлог за ментора са његовим референцама којима се доказује испуњеност услова за менторство

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Александар Ђорђевић, доцент Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу. Доцент, др Александар Ђорђевић је објавио укупно 18 радова категорије M20 и преко 30 радова међународним научним скуповима, као и у националним научним часописима.

Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство:

1. Stefanović Miladin, Nestić Snežana, **Aleksandar Đorđević**, Đurović Dušan, Mačuzić Ivan, Tadić Danijela, Gačić Marija, (2017), An assessment of maintenance performance indicators using the fuzzy sets approach and genetic algorithms, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, Vol.231, No.1, pp. 15-27, ISSN 0954-4054, Doi 10.1177/0123456789123456. [M22]
2. **Aleksandar Đorđević**, Yury Klochkov, Slavko Arsovski, Nikola Stefanović, Luiza Shamina, Aleksandar Pavlović, (2021), The Impact of ICT Support and the EFQM Criteria on Sustainable Business Excellence in Higher Education Institutions, Sustainability, Vol.13, No.14, pp. 1-25, ISSN 2071-1050, Doi 0.3390/su13147523. [M22]
3. Jelena Šaković Jovanović, Đorđe Mijailović, **Aleksandar Đorđević**, Miladin Stefanović, (2020), Application of prototyping microprocessor board and cloud system to teach Industry 4.0 concepts, International Journal of Engineering Education, Vol.36, No.3, pp. 929-939, ISSN 0949-149. [M23]
4. Milan Erić, Miladin Stefanović, **Aleksandar Đorđević**, Nikola Stefanović, Milan Mišić, Nebojša Abadić, and Pavle Popović, (2016), Production process parameter optimization with a new model based on a genetic algorithm and ABC classification method, Advances in Mechanical Engineering, Vol.8, No.8, pp. 1-18, ISSN 1687-8140, Doi 10.1177/1687814016663477. [M23]
5. Ivan Peko, Bogdan Nedić, **Aleksandar Đorđević**, Ivica Veza, (2018), Modeling of kerf width in plasma jet metal cutting process using ANN approach, Tehnički vjesnik–Technical Gazette Scientific professional Journal of technical faculties of the Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vol.25, No.2, pp. 709-716, ISSN 1330-3651, Doi 10.17559/TV-20161024093323. [M23]

На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Немања Пајић, маг. инж. инж. менаџ., испунио је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Предложена тема докторске дисертације је оригинална и поседује научну заснованост. Предложена методологија израде докторске дисертације је у складу са научним принципима. Очекивани резултати докторске дисертације требало би да представљају оригинални научни допринос дизајнирању и развоју информационих система за контролу квалитета у производној индустрији.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

„РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА УПРАВЉАЊЕ ПРОЦЕСОМ ИСПИТИВАЊА КВАЛИТЕТА У LEAN ИНДУСТРИЈСКИМ СИСТЕМИМА БАЗИРАНОГ НА МЕТОДАМА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ“

прихвати и одобри њену израду кандидату **Немањи Пајићу, маг. инж. инж. менаџ.** Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Александар Ђорђевић, доцент Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

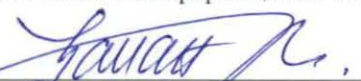
У Крагујевцу,

28. Септембра 2023. год.

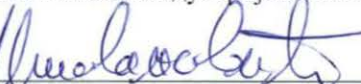
КОМИСИЈА

1. 

Др Александар Ђорђевић, доцент - Председник Комисије,
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу,
Ужа научна област: Информациони инжењеринг;

2. 


Др Марко Филиповић, ванредни професор - Члан
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Индустијско инжењерство;

3. 

Др Владимир М. Миловановић, ванредни професор – Члан,
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу,
Ужа научна област: Електротехника и рачунарство;

4. 

Др Данијела Ђурић Лалић доцент – Члан,
Факултет техничких наука, Универзитета у Новом Саду,
Ужа научна област: Производни и услужни системи, организација и менаџмент;

5. 

Др Младен Ђурић ванредни професор – Члан,
Факултет организационих наука, Универзитета у Београду,
Ужа научна област: Управљање квалитетом;