

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ
НАУКАВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У
КРАГУЈЕВЦУ

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 21.09.2023 (број одлуке: 01-1/3209-20) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 18.10.2023 (број одлуке: IV-04-775/16) одређени смо као чланови Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације:

**„РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА АУТОМАТСКО ГЕНЕРИСАЊЕ ТЕХНОЛОШКОГ
ПОСТУПКА ОБРАДЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА ПРИМЕНОМ
ТЕХНОЛОГИЈЕ ИНДУСТРИЈЕ 4.0“**

у научној области Машинско инжењерство и ужој научној области Информациони инжењеринг кандидата **Предрага Митића**, дипл. инж. маш. 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 **Предраг Митић**, дипл. инж. маш. представио је предмет истраживања наводећи актуелности и значај предложене теме у области аутоматског генерисања технолошког поступка који је независан од геометрије дела који се производи, а који интегрише процес препознавања и конверзије геометријских информација, избор и оптимизацију параметара режима обраде и генерисање и оптимизацију путање алата.

Ова дисертација истраживаће могућност аутоматизације пројектовања технолошког поступка обраде призматичних делова применом метахеуристичких алгоритама и алгоритама вештачке интелигенције. Посебан акценат биће стављен на индустријска окружења у којима се доминантно одвија појединачна и малосеријска производња и где је смањење утрошка времена од пријема техничке документације до почетка обраде дела од пресудног значаја за смањење трошкова производње.

Тренутни приступ у пројектовању технолошког поступка ослања се на искуство оператера и на уграђене алгоритме у САМ комерцијалним софтверима који зависе од геометрије дела уз врло ограничену оптимизацију путање алата и режима обраде. За сваки део који треба да се произведе потребно је одредити технолошки поступак на основу кога мора да се напише прилагођени рачунарски програм, обично написан у G коду. Свака промена дизајна или техничких карактеристика дела који треба да се произведе захтева измену технолошког поступка односно

развој новог G-кода или NC програма што знатно повећава трошкове производног процеса. Ова дисертација ће покушати да представи приступ генерисања технолошког поступка обраде који обухвата интеграцију искуствених података и резултата добијених применом алгоритама вештачке интелигенције. Као резултат овог истраживања биће представљени нови резултати који могу имати утицај на будући развој у области аутоматског генерисања технолошког поступка, а који обухватају интеграцију напредних технологија у циљу повећања ефикасности и флексибилности производног процеса у складу са постављеним стандардима Индустрије 4.0.

У оквиру дисертације кандидат издваја неколико праваца истраживања и примене метода вештачке интелигенције који се односе на активности у процесу генерисања технолошког поступка, а то су:

- идентификација и конверзија геометријских информација у облик погодан за генерисање технолошког поступка,
- избор и оптимизација параметара режима обраде, и
- аутоматско генерисање и оптимизација путање алата.

Примарни циљ рада биће да процес пројектовања технолошког поступка постане аутономан у односу на окружење, кроз развој модела аутоматског генерисања технолошког поступка применом технологија вештачке интелигенције. Секундарни циљеви истраживања обухватају интеграцију процеса генерисања и оптимизације путање алата и оптимизације параметара режима обраде, који су до сада, у публикованим истраживањима различитих аутора, представљени као парцијални проблеми и није разматран њихов међусобним утицај, што у реалном индустријском окружењу није случај.

У оквиру дисертације биће разматрана и примена алгоритама вештачке интелигенције на процес препознавања геометријских информација полазећи од 2D векторског записа дела који треба да се произведе, кроз препознавање геометријских информација линеарном комбинацијом модела и дефинисање записа геометријских информација у облик погодан за генерисање путање алата. Метод препознавања геометријских информација који ће бити приказан у овој дисертацији требало би да допринесе напредку и у решавању проблема реконструкције 3D модела из 2D записа геометрије дела, што данас представља правац истраживања великог броја истраживача. Експериментална провера тако добијеног скупа тачака биће реализована упоређивањем облика и површина 3D модела дела који се обрађује и модела реализованог у комерцијалном CAD софтверу.

Избор параметара режима обраде биће реализован методом упоређивања искуствених података, података из каталога произвођача алата и препоручених вредности из приручника машинске обраде са подацима добијеним применом технологија вештачке интелигенције, са посебним акцентом на генетске алгоритме као једном од најпогоднијих метода за избор и оптимизацију параметара режима обраде.

Генерисање и оптимизација путање алата биће реализована кроз развој новог алгоритма базираног на генетском алгоритму за оптимизацију над просторним скупом тачака узимајући у обзир специфичности процеса обраде призматичних делова. Анализом истраживања приказаних у релевантној литератури биће одабрани најпогоднији оператори генетског алгоритма, односно оператори укрштања и мутације уз њихове евентуалне модификације.

Посебан део ове дисертације представљаће приказ развијеног алгоритма који интегрише претходно поменуте активности у процесу пројектовања технолошког поступка. Кроз дефинисање скупа логичко рачунских постулата, кандидат ће представити софтверску платформу

која представља први корак у елиминацији CAD/CAM фазе у реалним индустријским условима. Практични резултат овог истраживања је да се кроз развој софтверске платформе базиране на технологијама вештачке интелигенције прикаже флексибилни, ефикасни и поуздани метод који може да генерише ефикасне технолошке поступке за обраду призматичних делова независно од њихове геометрије. Развијена софтверска платформа у овом истраживању могла би да замени CAD/CAM фазу у производном процесу и да омогући привредним субјектима чији су ресурси ограничени, као што су мала и средња предузећа повећање конкурентности на тржишту кроз смањење трошкова производног процеса.

У овој дисертацији, кандидат ће посебан акценат ставити на примену генетских алгоритама у процесу генерисања и оптимизације путање резног алата, као веома корисног алата за оптимизацију, доношење одлука и аутоматизацију у контексту Индустрије 4.0. где подаци, повезаност и аутоматизација играју значајну улогу у трансформацији традиционалних производних и индустријских процеса.

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, тестирање примене модела у реалним условима обраде и постављање хипотеза које се проверавају кроз развој модела.

Истраживања планирана у оквиру докторске дисертације биће теоријска и експериментална.

Теоријски део истраживања ће се заснивати на прегледу литературе у области препознавања и конверзије геометријских информација са критичком анализом резултата досадашњих истраживања и њихове примењивости у процесу аутоматског генерисања технолошког поступка. Други део теоријског истраживања ће се заснивати на прегледу литературе у области примене вештачке интелигенције, посебно метахеуристичких алгоритама и вештачких неуронских мрежа у области избора и оптимизације параметара режима обраде и генерисања и оптимизације путање резног алата.

Кандидат планира да примени методе оптимизације генетским алгоритмом и метод вештачких неуронских мрежа на процес препознавања и конверзију геометријских информација и на избор и оптимизацију режима обраде и на генерисање и оптимизацију путање алата. Циљ му је да развије интегрисани систем који ће независно од геометрије дела генерисати технолошки поступак односно NC програм за обраду дела, чиме би се елиминисала CAD/CAM фаза у производном процесу и тиме знатно смањили трошкови производње. Током будућих експеримената, планира да истражи примењивост решења за различите типологије призматичних делова, идентификује ограничења приказаног приступа и да дефинише правце даљих истраживања ради усавршавања приказаног модела.

Експерименталне методе које ће бити примењене у евалуацији добијених резултата истраживања подељене су у две групе: У првој групи су методе засноване на провери добијених резултата упоређивањем параметара добијених применом класичног метода односно комерцијалног CAM софтвера са параметрима софтверске платформе која ће бити развијена кроз истраживање приказано у овој дисертацији. Друга група обухвата методе експерименталне провере резултата у реалним условима односно обрадом на CNC машини са критичким освртом на резултате експеримента.

Очекивани допринос и резултати докторске дисертације су:

- развој модела за препознање, конверзију и складиштење геометријских информација који је независан од геометрије дела који се обрађује,
- развој интегрисаног модела за избор и оптимизацију параметара режима обраде и генерисање и оптимизацију путање резног алата који је независан од геометрије дела који се обрађује,
- флексибилна софтверска платформа базирана на технологијама вештачке интелигенције која генерише елементе технолошког поступка за обраду призматичних делова,
- могућност замене CAD/CAM фазе у производном процесу, и
- повећање конкурентности кроз смањење трошкова производног процеса

На основу приказа проблема истраживања, примарног циља рада и предложене научне методе истраживања, приказани садржај докторске дисертације поседује све елементе који су потребни за израду докторске дисертације у оквиру које ће се дати научни допринос, значајан за даља научна истраживања у области аутоматског генерисања технолошког поступка у 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 Предраг Митић био укључен у истраживања аутоматског генерисања технолошког поступка и примене технологија информационог инжењеринга у процесу аутоматског генерисања и оптимизације елемената технолошког поступка у обраде призматичних делова.

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.

(Mitić et al., 2023)¹ представљају концепт примене генетских алгорита на оптимизацију распореда производних операција са посебним освртом на механизме деловања генетског алгорита кроз операторе укрштања и мутације. Посебно се разматра начин представљања јединки односно хромозома у односу на различите проблеме, утицај стопе мутације на деловање генетског алгорита у секвенцијалним проблемима. Приказан је нови секвенцијални елитистички оператор укрштања посебно погодан за секвенцијалне проблеме какав је проблем аутоматског генерисања путање алата где се резни алат креће секвенцијално односно постоји претходни услов кретања од тачке то тачке. Резултати истраживања приказани у овом раду који се тичу примене генетског алгорита на секвенцијалне проблеме могу да се примене и на процес аутоматског генерисања путање резног алата код обраде глодањем.

¹ Mitić, P., Petrović Savić, S., Djordjevic, A., Erić, M., Sukić, E., Vidojević, D., & Stefanovic, M. (2023). The Problem of Machine Part Operations Optimal Scheduling in the Production Industry Based on a Customer's Order. *Applied Sciences*, 13(19), 11049. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/app131911049>

(Mitić et al., 2023)² представљају нови приступ у аутоматском генерисању путање алата у контурном глодању на основу генетског алгоритма и *bitmap* представљања радног комада и додатних ресурса. Бави се проблемом аутоматског генерисања путање алата и оптимизације у контурном глодању што је најчешћи случај у металопрерађивачкој индустрији. Полазна тачка је претпоставка да је геометрија почетног радног комада, машински обрађеног дела и стезног прибора представљена као *bitmap*, затим је представљен математички модел и генетски алгоритам за генерисање и оптимизацију путање алата. Предложени приступ би значајно смањио трошкове производње делова кроз побољшану ефикасност обраде, реализовано кроз независно софтверско решење имплементирано у објектно оријентисаном језику *Delphi*.

(Mitić i Nedić, 2022)³ представљају нови приступ у аутоматском генерисању и оптимизацији путање код обраде бушењем на основу примене генетског алгоритма и представљају практично применљиво софтверско решење у свакодневној пракси. Баве се проблемом обраде бушењем са више рупа и више различитих алата, као секвенцијалним проблемом са претходним ограничењима путање што је уобичајен случај у металопрерађивачкој индустрији, али је веома мало заступљен у досадашњим истраживањима-око 10% у односу на укупан број објављених радова који се односе на генерисање и оптимизацију путање алата код обраде бушењем. Полазна тачка је претпоставка да је геометрија радног предмета већ препозната а предложени концепт је веома погодан за мала и средња предузећа са ограниченим ресурсима.

(Mitić i Nedić, 2021)⁴ представљају могућност потпуне аутономије и аутоматизације процеса генерисања NC кода препознавањем геометрије из 3D dxf датотеке. У ту сврху представљен је нови алгоритам за издвајање и препознавање геометријских информација из векторског dxf записа геометрије дела који се обрађује. Овај алгоритам се не може наћи у литератури, јер се већина аутора углавном баве 2Д геометријским облицима док представљени алгоритам узима у обзир и трећу димензију. Предложени концепт представља први корак у процесу аутоматског генерисању технолошког поступка.

Претходно наведени публиковани радови представљају резултат истраживања у којима је кандидат до сада учествовао, и на које би се кандидат ослањао током будућих истраживања који би била приказана у дисертацији. Поред наведених радова, кандидат ће се ослањати и на публиковане радове других аутора међу којима су:

(Zhang et al., 2023)⁵ у истраживању дају је детаљан преглед савремених метода за аутоматску конверзију 2D цртежа у 3D CAD моделе, предности и недостаци сваког од постојећих модела. Упркос постојању напредних комерцијалних софтверских алата за моделирање, још увек је

² Mitić, P., Zahar Đorđević, M., Petronijević, B., Abadić, N., Đorđević, A., (2023) Automatic tool path generation in contour milling using genetic algorithm, *14th International Quality Conference, Quality Festival 2023, Kragujevac*, 24-27 May, pp. 663-680, ISBN 978-86-6335-104-2

³ Mitić P., Nedić B., Multi-hole drilling path optimization using genetic algorithm, *International Journal for Quality Research*. 2022, Vol. 16 Issue 2, p417-428. 12p.

⁴ Mitić P., Nedić B., Recognition of geometric information in a dxf file, *Proceedings, 38th International Conference of Production Engineering, ICPE-S 2021*, 14-15. October 2021, Čačak, Serbia, ISBN 978-86-7776-252-0

⁵ Zhang C., [et al]. (2023) . Automatic 3D CAD models reconstruction from 2D orthographic drawings. *Computers & Graphics, Volume 114*, Pages 179-189, ISSN 0097-8493, <https://doi.org/10.1016/j.cag.2023.05.021>.

немогуће почети са 2D цртежом да би се аутоматски реконструисао 3D CAD модел. Актуелне методе често се фокусирају на геометријску анализу и препознавање геометријских карактеристика, али и даље се суочавају са два главна ограничења:

- сложеност алгоритма је веома је висока. Постојеће методе имају велики простор претраживања који се односи на све могуће 3D ивице и површине, а простор за претраживање се веома брзо увећава са бројем ивица и темена у 2D цртежима, и
- готово је немогуће извршити идентификацију и реконструкцију свих површина.

У истом раду аутори истичу три главна правца истраживања у области реконструкције 3D CAD модела из 2D радионичких цртежа и то:

- конверзија 2D радионичких цртежа у 3D жичане моделе чији је основни недостатак велика сложеност алгоритма и немогућност препознавања контура које нису у једној равни,
- конверзија 2D радионичких цртежа у 3D B-гер моделе чији је основни недостатак заснованост на препознавању облика односно применљиве су само на ограниченом броју 2D радионичких цртежа односно препознају само одређен број типова 3D облика, и
- примена метода машинског учења у процесу конверзије чија примена, барем до сада, није довела до тога да се реконструира 3D модел са 100% тачности.

(Nassehi et al., 2015)⁶ представљају методу која интегрише генерисање и оптимизацију путање, а која се заснивају на дискретизацији или пикселизацији површине, која се обрађује по нивоима, односно генерише се оптимизована путања алата за сваку вредност аксијалне дубине резања. Циљ оптимизације је минимизирање времена обраде, минимизирање времена потребног за замену алата и позиционирање у брзом ходу и минимизирање ефекта вибрација на квалитет обрађене површине, а оптимизација се врши применом генетског алгоритма. Аутори наводе да се проблем генерисања путање код обраде глодањем може посматрати као проблем трговачког путника. Овај метод даје добре резултате у случају грубе обраде.

(Jia et al., 2022)⁷ предлажу модел оптимизације параметара режима резања на бази оптимизације енергетске ефикасности машина алатки У раду се предлаже оптимизација параметара режима резања на бази оптимизације више циљева као што су време израде, потрошња енергије и квалитет обрађене површине узимајући у обзир техничко технолошка ограничења процеса обраде глодањем. Оптимизација је изведена применом NSGA-II генетског алгоритма, односно алгоритма за вишекритеријумску оптимизацију и сортирање. Овај алгоритам је развијен да се ефикасно носи са проблемима оптимизације где постоји више функција циља које треба максимизирати или минимизирати, а често су конфликтне или непомирљиве. NSGA-II је посебно користан када се пронађе скуп решења која представљају компромисе између различитих циљева, познатих као Парето фронт решења што у случају оптимизације параметара режима обраде јесте главни проблем. Предложени модел доста добро осликава процес избора и оптимизације параметара режима обраде.

⁶ Nassehi, A., Essink, W.P., & Barclay, J. (2015). Evolutionary algorithms for generation and optimization of tool paths. *Cirp Annals-manufacturing Technology*, 64, 455-458.

⁷ Jia, S., Wang, S., Zhang, N. et al. Multi-objective parameter optimization of CNC plane milling for sustainable manufacturing. *Environ Sci Pollut Res* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24908-3ia>

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

Предмет ове дисертације је развој модела за аутоматско генерисање технолошког поступка обраде призматичних делова независно од геометрије дела који треба да се произведе, а који интегрише процес препознавања и конверзије геометријских информација, избор и оптимизацију режима обраде и генерисање и оптимизацију путање алата.

Циљ дисертације је да процес пројектовања технолошког поступка постане аутономан кроз развој модела аутоматског процеса генерисања технолошког поступка применом технологија вештачке интелигенције. Развој модела аутоматског генерисања технолошког поступка обухвата развој неколико парцијалних модула а то су:

- развој модула за идентификација и конверзију геометрије дела у облик погодан за генерисање технолошког поступка,
- развој модула за избор и оптимизацију параметара режима обраде,
- развој модула за аутоматско генерисање и оптимизацију путање алата,
- развој модула за генерисање NC кода по стандарду ИСО 6983,
- повезивање претходно описаних парцијалних модула у једну целину кроз независну софтверску платформу, и
- валидација развијеног решења у односу на постојеће софтверске алате и експериментална провера на примерима.

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) Могуће је развити довољно флексибилан систем за конверзију геометријских информација у облик погодан за генерисање технолошког поступка без обзира на различитост и сложеност дела који треба да се произведе полазећи од 2D векторског записа радионичког цртежа дела,
- (X₂) Могућа је интеграција искуствених података и података добијених применом савремених оптимизационих метода ради избора и оптимизације параметара режима обраде,
- (X₃) Могуће је моделирати путању алата као униформни скуп тачака добијених дискретизацијом запремине материјала који се уклања машинском обрадом и применити различите технике оптимизације над тим скупом тачака.

Методе истраживања

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

Методе које ће се у раду користити су:

- Метод линеарне и нелинеарне комбинације модела у процесу препознавања геометријских информација
 - Примена постулата да се различити 2D прикази који приказују 3D објекат подвргнут различитим геометријским трансформацијама могу бити изражени као линеарна или нелинеарна комбинација малог броја 2D приказа истог објекта.
- Метод генетских алгоритама
 - Примена усмерена на избор и оптимизацију параметара режима обраде и генерисање и оптимизацију путање резног алата.
- Метод вештачких неуронских мрежа
 - Примена метода вештачких неуронских мрежа у предвиђању односа између параметара режима резања као што су брзина резања, брзина помоћног кретања, дубина резања и различитих перформанси процеса резања као што брзина уклањања материјала и хабање алата.
- Метод софтверског инжењерства
 - Примена савремених објектно-оријентисаних програмских језика у процесу интеграције модула за аутоматско генерисање технолошког поступка.
- Метод линеарног целобројног програмирања
 - Примена метода линеарног целобројног програмирања у формирању математичких модела генерисања и оптимизације путање алата.
- Експерименталне методе
 - Развијена софтверска платформа за аутоматско генерисање технолошког поступка биће тестирана преко примера обраде машинских делова из реалне индустријске производње. Добијени резултати упоређиће се са резултатима добијеним применом класичне методе генерисања технолошког поступка односно NC кода преко CAM софтвера. Упоредивањем одабраних параметара установиће се колико је решење приказано у овом истраживању поуздано за примену у реалном производном процесу. На крају, експерименталном провером односно обрадом на CNC машини, NC кодом генерисаним преко софтверске платформе кроз приказ и дискусију експерименталних резултата моћи ће јасно да се дефинишу поузданост и примењивост приказаног система у реалним индустријским условима.

Оквирни садржај докторске дисертације

Планирано је да докторска дисертација буде реализована кроз девет поглавља:

- 1) Увод
- 2) Развој модула за идентификацију и конверзију геометријских информација
- 3) Развој модула за избор и оптимизацију параметара режима обраде
- 4) Развој алгорита за генерисање и оптимизацију путање алата
- 5) Модул за генерисање NC кода
- 6) Софтверска платформа за аутоматско генерисање технолошког поступка
- 7) Експериментална провера и анализа

- 8) Закључак и будући правци истраживања
- 9) 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 пројектовање технолошког поступка применом технологија Индустрије 4.0.

Кандидат је објавио научни рад на SCI листи, где је први аутор, који се бави применом методе генетских алгоритама у оптимизацији производних операција, односно применом методе генетских алгоритама на решавање секвенцијалних проблема у реалним производним условима. На основу предложене теме докторске дисертације Комисија закључује да постоји потреба за применом савремених технологија као што је вештачка интелигенција у процесу генерисања технолошког поступка, што ће обезбедити флексибилни, ефикасни и поуздани метод који може да генерише ефикасне технолошке поступке за обраду призматичних делова независно од њихове геометрије. Докторска дисертација је усмерена на решавање реалних проблема из домена машинске обраде, при чему ће примена вештачке интелигенције у процесу генерисања технолошког поступка значајно утицати на смањење трошкова производње кроз смањење времена потребног за пројектовање технолошког поступка и кроз примену оптимизованих параметара режима обраде и путање алата. Такође, применом метода вештачке интелигенције у процесу пројектовања технолошког поступка елиминише се могућност грешака које потичу од људског фактора чиме се знатно повећава поузданост и тачност поступка обраде што, све заједно, чини значајан научни и стручни допринос.

Комисија закључује да је предложена тема кандидата Предрага Митића, дипл. инж. маш., 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 Предраг Митић, дипл. инж. маш. 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 пројектовања технолошког поступка у реалним производним условима. Употребом адекватних софтверских алата и алгоритама вештачке интелигенције, кроз реализацију модела за аутоматско генерисање технолошког поступка обраде призматичних делова, 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: Предраг Митић

Датум и место рођења: 29.04.1974 године, Мајданпек

Адреса: Јована Дучића 59, 11320 Велика Плана

E-mail: predrag2904@gmail.com

Предраг Митић рођен је 29.04.1974 године у Мајданпеку. Основну школу и Гимназију природно-математичког смера завршио је у Мајданпеку. Машински факултет Универзитета у Београду уписао је 1993. године а дипломирао 2000. године на смеру за производно машинство, са просечном оценом 8,05. Дипломски рад из области Рачунарски интегрисаних технологија одбранио је са оценом 10.

Има преко 20 година радног искуства на пословима пројектовања технологије машинске обраде посебно у појединачној и малосеријској производњи, интеграције CAD/CAM/CAPP активности у оквиру малих и средњих предузећа и оптимизације пословно-производног процеса. Радио је на инжењерским и руководећим позицијама у производњи у неколико компанија међу којима су Промек д.о.о и Борбени сложени системи д.о.о.

Докторске академске студије (ДАС) уписао је школске 2019/2020. године на студијском програму машинско 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 кандидата превасходно су усмерена на интеграцију CAD/CAM активности и оптимизацију процеса производње у машинској обради метала кроз примену савремених метода и информациону интеграцију чинилаца пословања у циљу повећања ефикасности и конкурентности предузећа на тржишту. Кандидат посебан акценат даје на могућност потпуне аутоматизације активности од тренутка пријема техничке документације до завршетка обраде на CNC машинама.

Познаје рад у САМ софтверским пакетима DP Esprit и SolidCam, као и процес ручног програмирања CNC машина. Познаје програмске језике DELPHI, XML, VISUAL BASIC, основе Python-а као и SQL и SQL Server за рад са релационим базама података. Познаје рад у неколико CAD софтверских пакета међу којима су SolidWorks, Autodesk Inventor и Autocad. Течно говори енглески и италијански језик.

Научно-истраживачки рад

Као аутор или коаутор кандидат је објавио 4 рада у научно-стручним часописима, као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима.

• **Списак објављених радова**

1. **Mitić, P.**, Petrović Savić, S., Djordjevic, A., Erić, M., Sukić, E., Vidojević, D., & Stefanovic, M. (2023). The Problem of Machine Part Operations Optimal Scheduling in the Production Industry Based on a Customer's Order. *Applied Sciences*, 13(19), 11049. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/app131911049> [M22]
2. **Predrag Mitić**, Bogdan Nedić, Multi-hole drilling path optimization using genetic algorithm, *International Journal for Quality Research*. 2022, Vol. 16 Issue 2, p417-428. 12p. [M24]
3. **Predrag Mitić**, Bogdan Nedić, RECOGNITION OF GEOMETRIC INFORMATION IN A DXF FILE, Proceedings, 38th International Conference of Production Engineering, ICPE-S 2021, 14-15. October 2021, Čačak, Serbia, ISBN 978-86-7776-252-0 [M33]
4. **Predrag Mitić**, Marija Zahar Đorđević, Vuk Petronijević, Nebojša Abadić, Aleksandar Đorđević, AUTOMATIC TOOL PATH GENERATION IN CONTOUR MILLING USING GENETIC ALGORITHM, 14th International Quality Conference, Quality Festival 2023, Kragujevac, 2023, 24-27 May, pp. 663-680, ISBN 978-86-6335-104-2 (M33)

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. Milan Erić, Miladin Stefanovic, **Aleksandar Djordjevic**, Nikola Stefanovic, Milan Misic, Nebojsa Abadic, and Pavle Popović, 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, 2016 [M23]
2. Ivan Peko, Bogdan Nedic, **Aleksandar Djordjevic**, Ivica Veza, 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, 2018 [M23]
3. Jelena Šaković Jovanović, Đorđe Mijailović, **Aleksandar Đorđević**, Miladin Stefanovic, 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, 2020 [M23]
4. Djordje Mijailovic, **Aleksandar Djordjevic**, Stefanovic Miladin, Dejan Vidojević, Albina Gazizulina, Damir Projovic, A Cloud-Based with Microcontroller Platforms System Designed to Educate Students within Digitalization and the Industry 4.0 Paradigm, *Sustainability*, Vol.13, No.22, pp. 12396, ISSN 2071-1050, Doi 10.3390/su132212396, 2021 [M22]
5. Miladin Stefanović, Danijela Tadić, Snežana Nestić, **Aleskandar Đorđević**, An Assessment of Distance Learning Laboratory Objectives for Control Engineering Education, *Computer Application in Engineering Education*, Vol.23, No.2, pp. 191-202, ISSN 1099-0542, Doi 10.1002/cae.21589, 2015 [M22]

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

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Предраг Митић, дипл. инж. маш., 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 пројектовање технолошких поступака обраде призматичних делова.


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 АУТОМАТСКО ГЕНЕРИСАЊЕ ТЕХНОЛОШКОГ ПОСТУПКА ОБРАДЕ ПРИЗМАТИЧНИХ ДЕЛОВА ПРИМЕНОМ ТЕХНОЛОГИЈЕ ИНДУСТРИЈЕ 4.0“

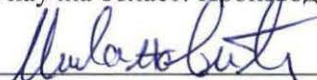
прихвати и одобри њену израду кандидату **Предрагу Митићу, дипл. инж. маш.** Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Александар Ђорђевић, доцент Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.


У Крагујевцу,
10.11.2023. год.


КОМИСИЈА

1. 
Др Александар Ђорђевић, доцент - Председник Комисије,
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу,
Ужа научна област: Информациони инжењеринг;

2. 
Др Сузана Петровић Савић, доцент - Члан
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Производно машинство;

3. 
Др Владимир М. Миловановић, ванредни професор – Члан,
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу,
Ужа научна област: Електротехника и рачунарство;

4. 
Др Владимир Кочовић, доцент - Члан
Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Производно машинство;

5. 
Др Дејан Лукић, редовни професор – Члан,
Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду,
Ужа научна област: Технолошки процеси, техноекономска оптимизација и виртуелно пројектовање