

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовao комисију:		
Решењем бр. 012-199/25-2021 од 29.04.2021. године, на основу Одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, Декан Факултета техничких наука именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. Секулић др Миленко	редовни професор	Процеси обраде скидањем материјала, 15.10.2017.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		председник
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. Миљковић др Зоран	редовни професор	Производно машинство, 10.11.2010.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Машински факултет, Београд		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. Антић др Ацо	редовни професор	Машине алатке, технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања, 01.12.2020.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. Лукић др Дејан	ванредни професор	Технолошки процеси, техноекономска оптимизација и виртуелно пројектовање, 17.01.2018.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5. Милошевић др Мијодраг	ванредни професор	Технолошки процеси, техноекономска оптимизација и виртуелно пројектовање, 25.09.2017.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		ментор
установа у којој је запослен-а		функција у комисији

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ	
1. Име, име једног родитеља, презиме:	Мића, Златко, Ђурђев
2. Датум рођења, општина, држава:	19.10.1988., Зрењанин, Република Србија
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:	Технички факултет „Михајло Пупин“ Зрењанин, Универзитет у Новом Саду, Индустијско инжењерство, Мастер инжењер индустријског инжењерства
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:	2012. година Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука Машинство
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:	
Примена савремених метахеуристичких алгоритама у оптимизацији технолошких процеса обраде производа	
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:	
Навести кратак садржај са знаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.	
<p>Докторска дисертација кандидата Миће Ђурђев под насловом „Примена савремених метахеуристичких алгоритама у оптимизацији технолошких процеса обраде производа“ садржи укупно 9 поглавља, и то:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Уводна разматрања 2. Оптимизација и варијантност технолошких процеса обраде 3. Метахеуристички алгоритми 4. Преглед стања у области оптимизације технолошких процеса обраде 5. Савремени биолошки инспирисани алгоритми у оптимизацији технолошких процеса обраде производа 6. Анализа експерименталних резултата оптимизације 7. Закључна разматрања 8. Литература 9. Прилози <p>Дисертација је изложена на укупно 168 страна, чији се текст позива на 177 референци и садржи 57 табела и 62 слике. Као додатак, након списка коришћене литературе документовано је укупно 5 прилога.</p>	
V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:	
<p>Наслов дисертације јасно је и прецизно формулисан, описујући разматрану проблематику и спроведено истраживање.</p> <p>Први део докторске дисертације даје уводна разматрања. Прво је описан предмет истраживања у оквиру којег се полази од техничке припреме и пројектовања технолошких процеса као важне функције интелигентних технолошких система. Као једна од кључних карактеристика технолошких процеса издваја се њихова варијантност која се јавља у свим фазама и која ствара потребу за оптимизацијом. Проблем истраживања у дисертацији припада класи сложених</p>	

проблема комбинаторне оптимизације и може се свести на проблем одређивања редоследа захвата обраде уз оптималну селекцију машина, алата и смерова прилаза алата при обради. У складу са проблемом истраживања као одговарајуће методе за решавање у први план се издвајају метахеуристички алгоритми при чему највише пажње међу њима привлаче биолошки инспирисани. На основу тога, основни циљ у оквиру дисертације је извршити оптимизацију технолошких процеса са акцентом на редоследима извођења захвата обраде и оптималном селекцијом машина, алата и смерова прилаза алата. Сходно предмету, потребама и циљу истраживања постављене су хипотезе. На крају је дат опис структуре дисертације са кратким описом свих фаза процеса истраживања.

Комисија закључује да су проблем, предмет, циљеви, као и план и реализација истраживања, заједно са постављеним истраживачким питањима и представљеним истраживачким хипотезама прецизно и адекватно дефинисани.

Други део дисертације односи се на оптимизацију и варијантност технолошких процеса који представљају основу за формулисање проблема оптимизације. Полази се од варијантности са аспекта пројектовања технолошких процеса обраде производа при чему се дефинишу основни задаци оптимизације. Након дефинисања структуре варијантности технолошког процеса истакнути су типови флексибилности који се јављају у погледу њихове оптимизације. Друго поглавље овог дела односи се на услове и ограничења претхођења међу захватима обраде и типским облицима. Представљене су основе групе претхођења а потом и интеракције на бази којих су дефинисана ограничења. При оптимизацији мора се обезбедити усклађеност са овим захтевима како би се генерисали изводљиви технолошки процеси. У складу са варијантношћу и ограничењима омогућено је представљање технолошких процеса путем вектора, односно И/ИЛИ мрежа. Последњи одељак овог дела дисертације детаљно описује основне критеријуме оптимизације и то, критеријума минимизације укупних трошкова обраде делова и критеријума минимизације укупног времена обраде делова.

Комисија закључује да су теоријске подлоге везане за оптимизацију технолошких процеса постављене јасно и концизно у складу са постојећом литературом и предметом истраживања дисертације.

У **трећем делу** описан је савремени развој метахеуристичких алгоритама. Поред уводних информација о развоју и историјату, истакнуте су основне предности које су им омогућиле широку примену у инжењерској оптимизацији. Прецизно су наведене класификације метахеуристичких алгоритама према различитим критеријумима при чему је посебна пажња усмерена на класификацију према изворима инспирације а посебно на биолошки-инспирисане алгоритме.

Комисија закључује да су теоријске подлоге везане за преглед савремених метахеуристичких алгоритама, постављене јасно и концизно у складу са постојећом литературом и предметом истраживања дисертације.

У **четвртом делу** дисертације односи се на преглед актуелног стања у области оптимизације технолошких процеса обраде производа. Преглед је подељен у три четири поглавља у којима су укратко описани развијени метахеуристички приступи који за циљ имају проналажење оптималних и/или приближно оптималних технолошких процеса. Редом су издвојене примене хибридних метода и модификованих генетских алгоритама, алгоритама ројева честица, алгоритама колоније мравца као и многе друге.

Комисија закључује да је преглед актуелног стања у области истраживања јасно и концизно представљено у складу са постојећом литературом и предметом истраживања дисертације.

Пети део дисертације односи се на методолошки концепт савремених биолошки инспирисаних алгоритама у оптимизацији технолошких процеса обраде. Ради се модификованим алгоритмима вране, сивога вука и грбавог кита. У првом поглављу анализиран је концепт традиционалног алгорита вране који представљен у форми псеудо кода заједно са математичким моделом. Потом је извршена модификација алгорита која је базирана на увођењу генетских оператора селекције, укрштања и мутације. Модификовани алгоритама вране детаљно је описан са приказаним дијаграмима токова и математичким моделом при чему су одређене функције написане у програмском језику *Matlab* дате у прилогу дисертације. У другом и трећем поглављу овог дела на сличан начин су описани традиционални, а потом модификовани алгоритми сивога вука и грбавог кита, респективно.

Комисија закључује да је представљена методологија заједно са процесом прикупљања и анализе података прецизно и јасно дефинисана.

Шести део дисертације представља анализу експерименталних резултата оптимизације технолошких процеса. Спроведено је укупно шест експерименталних студија, при чему су прва четири експеримента коришћена за верификацију перформанси модификованог алгорита вране и минимизацију укупних трошкова обраде репрезентативних делова призматичног облика. Пета и шеста експериментална студија представљају верификације перформанси модификованих алгоритама сивога вука и грбавог кита при чему је извршена минимизација укупног времена обраде репрезентативних ротационих делова. Подешавање улазних параметара извршено је претежно након мануелних пробних тестова, док је код прве студије и модификованог алгорита вране извршена оптимизација параметара применом методе факторног експеримента. Реализована је упоредна анализа резултата оптимизације на основу које је установљена ефикасност алгоритама и конзистентност резултата при поређењу са другим алгоритмима из литературних извора. На крају сваког експеримента извршена је кратка дискусија и анализа резултата уз образложења по питању оптималних и приближно оптималних резултата као и конвергенције предложених алгоритама.

Комисија закључује да су добијени резултати јасно и тачно приказани.

Комисија закључује да су одговори на истраживачко питање и образложења постављених хипотеза образложени јасно уз осврт на резултате из претходних истраживања.

Седми део дисертације посвећен је закључним разматрањима и правцима будућих истраживања. Резултати истраживања су сумирали циљеве, примењене методе, експерименталне резултате, као и дискусију и анализу резултата.

Комисија констатује да закључна разматрања потврђују адекватност и значајност представљеног истраживања, са освртом на најважније резултате уз навођење ограничења и праваца за будућа истраживања.

Осми део односи се на литературу која је усвојена за потребе истраживања као и на прилоге који пружају увид у изворне кодове одређених функција написаних у *Matlab* програмском језику.

Комисија констатује да литература одговара проблему истраживања, да је свеобухватна и адекватног обима.

У складу са претходно наведеним, Комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације кандидата Миће Ђурђева.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

- [1] **Djurđev, M.**, Сеп, R., Lukic, D., Antic, A., Popovic, B., Milosevic, M.: A Genetic Crow Search Algorithm for Optimization of Operation Sequencing in Process Planning. Applied Sciences 2021, 11(5), 1981, pp. 1-23, ISSN 2076-3417, <https://doi.org/10.3390/app11051981> (Engineering, Multidisciplinary; 32/91; IF 2019 = 2.474) (M22)
- [2] Lukic, D., Сеп, R., Vukman, J., Antic, A., **Djurđev, M.**, Milosevic, M.: Multi-Criteria Selection of the Optimal Parameters for High-Speed Machining of Aluminum Alloy Al7075 Thin-Walled Parts, Metals 2020, 10(12), 1570, <https://doi.org/10.3390/met10121570> (Metallurgy & Metallurgical Engineering; 18/79; IF 2019 = 2.117)(M21)
- [3] Milošević, M., Lukić, D., **Đurđev, M.**, Vukman, J.: Optimizing Operations Sequence Using Modern Particle Swarm Optimization Algorithm, VIII International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection – IZS 2018, Technical Faculty “Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, University of Novi Sad, Republic of Serbia, 11-12th October, 2018, pp. 163-170, ISBN 978-86-7672-309-6. (M33)
- [4] **Đurđev, M.**, Milošević, M., Lukić, D., Desnica, E., Todić, V., Kurić, I.: Modified Particle Swarm Optimization with Chaotic Maps for Process Planning Optimization, 13. International Scientific Conference "Flexible Technologies" - MMA, University of Novi Sad: Faculty of Technical Science, 28-29 September, Novi Sad, 2018, pp. 183-186, ISBN 978-86-6022-094-5. (M33)
- [5] Lukić, D., Milošević, M., **Đurđev, M.**, Vukman, J., Antić, A.: Optimization of operation sequencing using precedence constraints and simulation technique, 13th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI 2017, 25-26 May 2017, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, pp. 57 – 64, Banja Luka, Bosnia and Hercegovina, 2017, ISBN 978-86-7892-821-5. (M33)
- [6] Lukić, D., Milošević, M., Vukman, J., Borojević, S., **Đurđev, M.**, Antić, A.: Cost estimation in the early stage of product development, The 9th International Symposium KOD 2016 – Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering, 9.-12. June 2016, Association for Design, Elements and Construction, pp. 13 – 18, Balatonfüred, Hungary, 2016, ISBN 978-86-7892-821-5. (M33)
- [7] **Đurđev, M.**, Milošević, M., Lukić, D., Jovičić, G., Vukman, J.: A review on integrated process planning and production scheduling approach, 12th International Scientific Conference "Flexible Technologies" – MMA, University of Novi Sad, Faculty of Technical Science, pp. 117-120, Andrevlje, Serbia, 2015, ISBN: 978-86-7892-722-5. (M33)
- [8] **Đurđev, M.**, Milošević, M., Lukić, D., Vukman, J., Jovičić, G.: The optimization of scheduling problems using metaheuristic methods –a brief review, V International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2015 (IIZS 2015), University of Novi Sad, Technical Faculty “Mihajlo Pupin”, pp. 382 – 387, Zrenjanin, Serbia, 2015, ISBN 978-86-7672-259-4. (M33)
- [9] Milošević, M., Lukić, D., **Đurđev, M.**, Antić, A., Borojević, S.: An Overview of Genetic Algorithms for Job Shop Scheduling Problems, Journal of Production Engineering, 2015, Vol.18, No 2, pp. 11-15, ISSN 1821-4932. (M52)

- [10] Lukić, D., Milošević, M., Erić, M., **Đurđev, M.**, Vukman, J., Antić, A.: Improving manufacturing process planning through the optimization of operation sequencing, *Machine Design*, 2017, Vol. 9, No. 4, pp. 123-132, ISSN 1821-1259. (M52)
- [11] Milošević M., Lukić D., **Đurđev M.**, Vukman J., Antić A.: Genetic algorithms in integrated process planning and scheduling – a state of the art review, *Proceedings in Manufacturing Systems*, 2016, Vol.11, No.2, pp-83-88, ISSN 2067-9238. (M53)
- [12] Lukić D., Milošević M., Vukman J., **Đurđev M.**, Antić A.: Applying precedence relationships and CAD/CAM simulation in time-based optimization of process planning, *Applied Engineering Letters*, 2017, Vol. 2, No. 4, pp. 130-138, ISSN 2466-4677. (M54)
- [13] **Đurđev M.**, Milošević M., Lukić D., Vukman J., Borojević B.: Primena genetskih algoritama u optimizaciji tehnoloških procesa izrade proizvoda, 10. International Scientific Conference ETIKUM, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka – Novi Sad, 23-25 Jun, 2016, str. 33-36, ISBN 987-86-7892-825-3. (M63)
- [14] **Đurđev, M.**, Milošević, M., Lukić, D.: Optimizacija redosleda izvođenja zahvata obrade primenom algoritma grbavog kita, International Scientific Conference – ETIKUM 2018, Novi Sad: Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Republic of Serbia, December 6-8, 2018, pp. 38-40, ISBN 978-86-6022-123-2. (M63)

VII ZAKLJUČCI ODNOSNO REZULTATI ISTRAŽIVANJA:

У дисертацији је представљена примена савремених метахеуристичких алгоритама у оптимизацији технолошких процеса обраде производа. Са акцентом на варијантностима технолошких процеса наглашене су варијантности у погледу редоследа захвата обраде, затим варијантности машина, алата и смерова прилаза алата при обради. Такође, у погледу изводљивости технолошких процеса истакнути су услови и правила претхођења међу захватима и типским облицима на основу којих су формирана ограничења претхођења. На бази наведеног, приступило се развоју математичког модела за два критеријума оптимизације технолошких процеса, минимизације укупних трошкова и укупног времена обраде делова. Проблем оваквог типа припада комплексним проблемима комбинаторне оптимизације и као најпогодније методе за решавање одабрани су метахеуристички алгоритми. На бази основних појмова о метахеуристичким алгоритмима и потом прегледа стања у области решавања проблема технолошких процеса представљен је методолошки концепт трију савремених биолошки инспирисаних метахеуристичких алгоритама. Модификације алгоритама вране, сивог вука и грбавог кита предложене су и представљене путем дијаграма токова и псеудо кодова. Спроведено је укупно шест експеримената при чему је у оквиру прва четири извршена верификација перформанси модификованог алгорита вране, док су последња два експеримента реализована са циљем верификације перформанси модификованих алгоритама сивог вука и грбавог кита. Уследила је упоредна анализа резултата у оквиру које је омогућен упоредни приказ добијених резултата са резултатима других алгоритама, како традиционалних тако и модификованих и хибридних приступа из литературних извора. Дискусијом резултата потврђена је ефикасност предложених метахеуристичких алгоритама. Код одређених студија постигнута је висока конзистентност резултата што је потврђено кроз графичке и табеларне приказе оптималних технолошких процеса за већи број понављања алгоритама.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Комисија закључује да су резултати докторске дисертације приказани на јасан и прецизан начин. Спроведено је укупно шест експерименталних студија, при чему су сви релевантни резултати оптимизације технолошких процеса представљени путем табела и дијаграма. Извршена је упоредна анализа резултата са оствареним резултатима из литературних извора. На крају сваке експерименталне студије дата је дискусија у којој су изведени аргументовани закључци о оствареним резултатима.

Текст дисертације је проверена у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate* у Библиотеци Факултета техничких наука, са вредношћу резултујућег индекса сличности 2%.

На основу наведеног, комисија је донела позитивну оцену за начин приказа и тумачења резултата, са закључком да је докторска дисертација оригинално ауторско дело кандидата Миће Ђурђева.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

Да, дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Да, дисертација садржи све битне и неопходне елементе за позитивну оцену дисертације.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

На основу реализованог циља истраживања и остварених резултата оптимизације, фокус је био усмерен ка унапређењу функције технолошке припреме производње која представља уско грло у производном окружењу. То се желело постићи кроз оптимизацију редоследа извођења захвата обраде и на тај начин остварењу економичније обраде типских облика за разматране машинске делове призматичног или ротационог облика. Поред тога, нагласак је такође постављен на оптималној селекцији одговарајућих производних ресурса, машина, алата и смерова прилаза алата којим се обезбеђује обрада посматраних типских облика.

Са друге стране, оптимизација технолошких процеса доприноси повећању ефективности интелигентних технолошких система у оквиру концепта интелигентне производње која наглашава примену техника вештачке интелигенције. Интелигентни технолошки системи се последњих година јављају као нова парадигма технолошких система и представљају синтезу рачунаром интегрисаних производних технологија и вештачке интелигенције. Оптимизација технолошких процеса, као једна од најважнијих функција интелигентних технолошких система, доприноси побољшању укупних перформанси технолошких система, при том узимајући у обзир могућности проширења у погледу оптимизације планова терминирања технолошких процеса и стварања подлога за развој мулти-агент технологија као сложеније рачунарске структуре у оквиру интелигентних технолошких система.

Такође, може се истаћи оригинални допринос у области развоја метахеуристичких алгоритама и њиховој примени у решавању комплексних проблема као што је проблем оптимизације технолошких процеса. Првенствено се може издвојити модификација алгоритама вране који је последњих година успешно прилагођен и примењен у решавање проблема комбинаторне оптимизације, при чему не постоје налази о његовој примени у оптимизацији технолошких процеса. Према упоредним анализама спроведених експеримената може се извести закључак да модификовани алгоритама вране, као и модификовани алгоритама сивог вука и грбовог кита, пружају високе перформансе приликом решавања проблема оптимизације технолошких процеса. То потврђују резултати експерименталних студија који надмашују резултате остварене хибридном и савременим модификацијама других алгоритама из литературе.

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?
Комисија није уочила недостатке у докторској дисертацији који би утицали на резултате истраживања.
X ПРЕДЛОГ:
На основу наведеног, комисија предлаже:
<input checked="" type="radio"/> а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана; <input type="radio"/> б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени); <input type="radio"/> в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум:
Нови Сад, 17.06.2021.

1. др Миленко Секулић, редовни професор
_____, председник
2. др Зоран Миљковић, редовни професор
_____, члан
3. др Ацо Антић, редовни професор
_____, члан
4. др Дејан Лукић, ванредни професор
_____, члан
5. др Мијодраг Милошевић, ванредни професор
_____, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.