

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -  
БРОЈ: 2390/2  
ДАТУМ: 27.11.2015.

На основу захтева проф. др Бојана Бабића, бр. 2390/1 од 19.11.2015. године и чл. 63. Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 26.11.2015. године, донело је следећу

### ОДЛУКУ


Да се за рецензенте Техничког решења под насловом: „Интегрисано пројектовање и терминирање технолошких процеса применом интелигенције роја честица и теорије хаоса“ чији су аутори: асистент Милица Петровић, дипл.инж.маш.-мастер, асистент Јелена Петронијевић, дипл.инж.маш.-мастер, др Марко Митић, научни сарадник, др Најдан Вуковић, научни сарадник, проф. др Зоран Миљковић и проф. др Бојан Бабић, именују:

- доц. др Живана Јаковљевић, Машински факултет у Београду
- доц. др Радиша Јовановић, Машински факултет у Београду

Одлуку доставити: Министарству просвете, науке и технолошког развоја РС, рецензентима и архиви Факултета ради евиденције.



ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

  
Проф. др Радивоје Митровић

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду бр. 2390/2 од 27.11.2015. године именовани смо за рецензенте нове методе под називом „Интегрисано пројектовање и терминирање технолошких процеса применом интелигенције роја честица и теорије хаоса” чији су аутори: асистент Милица Петровић, дипл.инж.маш.-мастер, асистент Јелена Петронијевић, дипл.инж.маш.-мастер, др Марко Митић, научни сарадник, др Најдан Вуковић, научни сарадник, проф. др Зоран Миљковић, проф. др Бојан Бабић. На основу предлога и након анализе методе подносимо следећи:

## ИЗВЕШТАЈ

Нова метода (М85) под називом „Интегрисано пројектовање и терминирање технолошких процеса применом интелигенције роја честица и теорије хаоса” представљена је на 12 страница А4 формата, коришћењем Times New Roman фонта величине 11pt, једноструког прореда. Опис методе садржи девет једначина, седам слика и пет табеларних приказа резултата примене нове методе, који су уз списак коришћене литературе представљени у следећих шест тематских целина:

1. Област на коју се техничко решење односи,
2. Технички проблем,
3. Постојеће стање у свету,
4. Суштина техничког решења,
5. Приказ резултата примене,
6. Закључак.

Техничко решење (нова метода) припада области машинства и директно се односи на један од домена истраживања у оквиру пројекта технолошког развоја под називом „Иновативни приступ у примени интелигентних технолошких система за производњу делова од лима заснован на еколошким принципима” (евиденциони број TP-35004) - домен интегрисаног пројектовања и терминирања оптималних флексибилних технолошких процеса. Сходно томе, метода решава проблем генерисања оптималних планова терминирања применом биолошки инспирисаног алгоритма на бази интелигенције роја честица (енгл. PSO – Particle Swarm Optimization) и теорије хаоса (енгл. chaos theory).

У другом поглављу техничког решења је уведен проблем интегрисаног пројектовања и терминирања флексибилних технолошких процеса, који се директно решава применом предложене нове методе. С обзиром на алтернативна решења за производне ресурсе (машине алатке) за сваку од операција, као и варијантност технолошких операција, интегрисано пројектовање и терминирање оптималних технолошких процеса припада класи недетерминистичких полиномних проблема тзв. *NP-hard* оптимизационих проблема (енгл. *non deterministic polynomial optimization problems*). Конвенционалне нехеуристичке методе нису у стању да ефикасно реше овај тип комбинаторног проблема па се из тог разлога овакви проблеми решавају новим биолошки инспирисаним оптимизационим алгоритмима, као што су и алгоритми базирани на интелигенцији роја честица.

У трећем поглављу је наведен преглед стања у области истраживања интегрисаног оптималног пројектовања и терминирања технолошких процеса IPPS (енгл. *Integrated process planning and scheduling*). Двадесет шест референтних научних публикација је издвојено, а након њихове анализе може се закључити да су решења поменутог проблема базирана превасходно на примени генетичких алгоритама, алгоритма симулираног каљења, теорије ројева, теорије игара, мултиагентних система, као и многих хибридних алгоритама и модификованих приступа.

Четврто поглавље приказује суштину техничког решења. У том смислу, аутори предлажу три типа флексибилности технолошких процеса: (i) флексибилност редоследа операција, (ii) флексибилност

процеса, и (iii) флексибилност машина алатки. Након разматрања типова флексибилности, аутори представљају математички модел за минимизацију укупног производног времена при оптимизацији флексибилних технолошких процеса. Генерисање оптималних технолошких процеса извршено је применом биолошки инспирисаног алгорита PSO на следећи начин: развијена је процедура за кодирање/декодираније параметара технолошких процеса у јединке алгорита; даље, превазилажење недостатака везаних за брзу конвергенцију алгорита ка локалном оптималном решењу у раним фазама оптимизације извршено је интеграцијом PSO алорита са хаосом (сPSO алгоритам). Имплементацијом десет хаотичних мапа у овај алгоритам и стохастичким генерисањем алтернативних ресурса (машина алатки) постиже се добијање већег простора алтернативних решења у свакој итерацији и могућност избегавања „заробљавања“ алгорита у локалном оптимуму. Терминирање оптималних технолошких процеса извршено је на основу два критеријума. Први се односи на минимизацију укупног времена неопходног за обраду свих делова чије се терминирање врши (енгл. *makespan*), док се други односи на уравнотежено искоришћење машина алатки.

У петом поглављу су представљени експериментални резултати остварени применом нове методе у решавању проблема интегрисаног пројектовања и терминирања технолошких процеса обраде делова различитог нивоа флексибилности. Предложени алгоритам оптимизације ројем честица са имплементираним хаотичним мапама сPSO је тестиран на 18 „*benchmark*“ делова, а резултати оптимизације су упоређени са приступима базираним на GA, SA и хибридном GA-SA алгоритму. Алтернативни технолошки процеси, који су оптимални по питању производног времена, коришћени су даље у процесу терминирања. Експериментални резултати добијени у *Matlab* софтверском пакету показују да се технолошки процеси са мањим производним временом и оптимални планови терминирања добијају применом хаотичног сPSO алгорита.

У оквиру закључка је укратко дата основна идеја нове методе, која се заснива на посматрању пројектовања и терминирања технолошких процеса интегрисано. Приказане су предности примене новог биолошки инспирисаног алгорита оптимизације у поређењу са досадашњим приступима у оптимизацији флексибилних технолошких процеса обраде и оптимизацији планова терминирања.

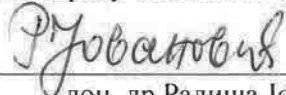
У складу са анализом предлога техничког решења и оствареним резултатима, као именовани рецензенти дајемо следеће

## МИШЉЕЊЕ

Аутори нове методе (M85) под називом „**Интегрисано пројектовање и терминирање технолошких процеса применом интелигенције роја честица и теорије хаоса**” су на јасан начин описали предности примене развијене методологије на бази биолошки инспирисаних техника вештачке интелигенције у оптимизацији технолошких процеса и планова терминирања. Резултати остварени применом ове нове методе указују на то да постоји евидентан допринос постојећем стању у области интегрисаног пројектовања наведених производних функција, који се огледа како кроз оптимално искоришћење производних ресурса, тако и кроз смањење укупних трошкова.

На основу увида у предлог нове методе и остварене резултате са задовољством предлагемо Паставно-научном већу Машинског факултета у Београду да се нова метода под називом „**Интегрисано пројектовање и терминирање технолошких процеса применом интелигенције роја честица и теорије хаоса**” прихвати као ново техничко решење.

  
доц. др Живана Јаковљевић  
Универзитет у Београду-Машински факултет

  
доц. др Радиша Јовановић  
Универзитет у Београду-Машински факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -  
БРОЈ: 2390/3  
ДАТУМ: 11.12.2015.

На основу захтева проф. др Бојана Бабића, бр. 2390/1 од 19.11.2015. године и чл. 63. Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 10.12.2015. године, донело је следећу

### ОДЛУКУ

Прихвата се Техничко решење (M85) под насловом: „**Интегрисано пројектовање и терминирање технолошких процеса применом интелигенције роја честица и теорије хаоса**“ чији су аутори: асистент Милица Петровић, дипл.инж.маш.-мастер, асистент Јелена Петронијевић, дипл.инж.маш.-мастер, др Марко Митић, научни сарадник, др Најдан Вуковић, научни сарадник, проф. др Зоран Миљковић и проф. др Бојан Бабић.

Одлуку доставити: Министарству просвете, науке и технолошког развоја РС, рецензентима и архиви Факултета ради евиденције.



ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Радивоје Митровић