

**ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ  
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

## **ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ**

**„МОДЕЛ ОПТИМАЛНЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ РЕДОСЛЕДА  
ИЗВРШАВАЊА ТЕХНОЛОШКИХ ОПЕРАЦИЈА У ИНДУСТРИЈСКОЈ  
ПРОИЗВОДЊИ УЗ СОФТВЕРСКУ ПОДРШКУ“**

**Аутори:**



Др Зоран Нешић, доцент



Проф. др Мирослав Радојичић



Др Јасмина Веснић Васовић, ванр.проф

2013.год.

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ЧАЧКА

ПРИМЉЕНО		3.07.2013	
Одјел	Број	Име	Позивност
012	1182		

НАУЧНО НАСТАВНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ

Продекану за НИР

**Предмет: Захтев за верификацију техничког решења**

Молимо Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Чачку да верификује ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ под називом „Модел оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи уз софтверску подршку” рађено у оквиру пројекта „Интелигентни системи за развој софтверских производа и подршку пословања засновани на моделима“, број III-44010, финансираног по Програму истраживања у области технолошког развоја за период 2011-14 од стране Министарства просвете и науке. Руководилац пројекта је проф. др Иван Луковић, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, а учесници пројекта су: Факултет техничких наука, Нови Сад, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, Факултет организационих наука, Београд, Факултет техничких наука, Чачак и други.

Аутори:

- Др Зоран Нешић, доцент
- Др Мирослав Радојичић, ред. проф.
- Др Јасмина Весић Васовић., ванр.проф.

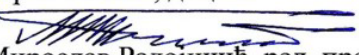
Предлажемо да именујете следеће рецензенте:


- Др Драган Д.Милановића, ред., проф., Машински факултет у Београду
- Др Мирјана Мисита, ванр., проф., Машински факултет у Београду

У Чачку, 03.07.2012.

Аутори:

  
Др Зоран Нешић, доцент

  
Др Мирослав Радојичић, ред. проф.

  
Др Јасмина Весић Васовић., ванр.проф

**ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА**  
**„МОДЕЛ ОПТИМАЛНЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ РЕДОСЛЕДА ИЗВРШАВАЊА**  
**ТЕХНОЛОШКИХ ОПЕРАЦИЈА У ИНДУСТРИЈСКОЈ ПРОИЗВОДЊИ УЗ**  
**СОФТВЕРСКУ ПОДРШКУ“**

**Аутори техничког решења:** др Зоран Нешић, доцент, проф. др Мирослав Радојичић и др Јасмина Весић Васовић, ванр.проф..

**Година када је техничко решење урађено:** 2013.год.

**Корисник техничког решења:** „Орион“ д.о.о. Крагујевац

**Пројекат:** „Интелигентни системи за развој софтверских производа и подршку пословања засновани на моделима“, број III-44010, за период 2011-14.год.

### **1. Област технике на коју се техничко решење односи**

Техничко решење представља нови софтвер и према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача (“Сл. гласник РС”. бр. 38/2008), решење припада категорији М85.

Пројектовано решење представља јединствену компјутерску подршку новом приступу у унапређењу оптимизације организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи. Дефинисани математички модел омогућава израчунавање трајања радних циклуса за различите типове редоследа операција. Математичка формулација узима у обзир и могућност међуоперацијских застоја. Увођење представљеног математичког модела за прорачун времена трајања укупног сиклуса производње неминовно намеће и потребу креирања апликативног решења за његову подршку. Услед тога, приказано апликативно решење представља за сад јединствену компјутерску подршку овој методи. Практична примена разматраног софтвера омогућава остваривање вишег квалитета анализе времена у оптимизацији организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи.

### **2. Опис проблема који се решава техничким решењем**

Одређивање временског периода од почетка до завршетка израде одређеног производа представља један од незаобилазних елемената у организацији сваке производње. Осим бољег искоришћења производних капацитета и смањења времена производње, оптимална организација редоследа извршавања производних операција утиче и на остваривање значајних економских ефеката. Тиме се омогућује смањење висине ангажованих обртних средстава као и трошкова целокупне производње.

Израчунавања се могу вршити са различитих аспеката и критеријума оптимизације. У овом техничком решењу акценат разматрања се односи на временску димензију анализе трајања различитих типова организације редоследа извршавања производних операција, од почетка до завршетка израде одређеног производа. Најбитнија временска одредница при анализи представља време производних операција, време које се троши на непосредно извођење производне операције.

Међутим, у практичним условима незаобилазну одредницу чине и неопходна времена чекања и међуоперацијских застоја, времена у којем предмети обраде проведу у чекању између операција.

Основни проблем анализе представља узастопни тип редоследа извршавања производних операција. У овом случају, смена технолошке операције на наредну се обавља када су технолошке операције извршене над свим предметима обраде. Основну карактеристику анализе чине различита трајања времена операција и времена међуоперацијских застоја. Разматрану проблематику усложњава и анализа паралелног типа организације редоследа извршавања производних операција. У том случају прелазак са једне технолошке операције на другу се одвија сукцесивно, без чекања на завршетак одређене операције над целокупном производном серијом. Прорачун трајања целокупне производне серије и у овом случају условљавају различита трајања међуоперацијских застоја. Математички модел омогућава израчунавање време трајања целокупне производне серије.

Савремени услови пословања захтевају детаљно планирање извршавања временских активности производних циклуса. Анализа временских ресурса и планирање представља у том смислу једну од најважнијих активности у анализи извршавања технолошких операција. Усложњавање технологије савремене производње намеће потребу за строгим дефинисањем времена производње целокупне производне серије, узимајући у обзир различите типове производње и неопходне застоје.

Значај ове проблематике је неоспорна и незаобилазна у савременој производној организацији. У складу са тим, приказана методологија анализе организације редоследа извршавања технолошких операција има изузетан значај за предузимање организационих активности у практичним околностима. Разматрана методологија представља универзални модел који се може применити у свакој производној организацији, без обзира на облик и врсту производње.

Јединственост математичке анализе примењене у оквиру овог техничког решења означава и јединственост новог софтверског решења за његову подршку. Практичан значај приказаног софтверског решења се огледа у једноставности имплементације у практичним околностима производне организације.

### **3. Стање решености проблема у свету**

Оптимизиција тока циклуса производње и анализа редоследа извршавања технолошких операција представља један од кључних елемената организационих активности производног предузећа. Савремену производњу све више карактерише усложњавање циклуса и самих технолошких операција. Услед тога, овој проблематици се поклања и велика пажња од стране многих аутора [1-11]

Сложени теоретски аспекти оптимизиције тока циклуса производње чине онову за примену ове методологије [12-16].

На примену ове проблематике указују многобројни аутори разматрајући са многобројних аспеката [17-26].

У зависности од кретања серије кроз непосредну производњу аутори анализирају узастопне, паралелне и комбиноване начине организовања редоследа производних операција [27-30].

### **4. Суштина техничког решења**

Суштина техничког решења је у формирању јединствене компјутерске подршке новом моделу оптимизације тока редоследа извршавања производних операција. У

овом раду је приказано софтверско решење којим се омогућава аутоматизација прорачуна за одређивање времена трајања производног циклуса, као и других параметара при оптимизацији величине производне серије. Апликативно решење је дизајнирано са циљем једноставног практичног коришћења, а тиме и широке примене у производним организацијама. Аутоматизација добијања информација за различите типове редоследа производних операција омогућава практичност разматране методологије при оптимизацији тока циклуса производње. При разматрању се узимају у обзир и карактеристике производње које су незаобилазно присутне, као што су организациони застоји.

Методологија анализе времена трајања циклуса производње при различитим типовима организације редоследа извршавања производних операција неминовно намеће потребу адекватне компјутерске подршке. Услед тога, приказана компјутерска подршка представља и јединствено софтверско унапређење у сегменту анализе трајања циклуса производње. Софтверско решење се заснива на аутоматизацији прорачуна оваквог математичког модела. Осим тога, приказано софтверско решење пружа анализу добијених резултата, чиме се отварају могућности једноставног и брзог формирања различитих оптимизационих модела и варијанти организације тока производних операција. Аутоматизацијом прорачуна и анализом различитих варијанти организације производних операција омогућава се избор оптималне алтернативе уз анализу свих временских активности извршења самих операција, као и међуоперацијских застоја.

Апликативни програм реализован у оквиру техничког решења се може универзално имплементирати у анализи организације редоследа извршавања производних операција, без обзира на тип и врсту производње. Циљ апликативног решења представља аутоматизација прорачуна математичког модела, а у исто време једноставност примене у практичним околностима. Циљ развоја софтверског решења представља могућност његове широке и универзалне применљивости у производним предузећима.

Базирајући се на формирању јединствене методологије прорачуна времена трајања производних циклуса, практични услови пословања незаобилазно намећу и потребу примене адекватног софтверског решења. Приказано техничко решење због тога представља јединствен софтвер намењен компјутерској подршци оптимизацији тока редоследа извршавања производних операција који се може самостално имплементирати у широком опсегу производних активности.

## **5. Детаљан опис техничког решења**

Софтверска подршка развијена у оквиру овог техничког решења се базира на теоретским поставкама прорачуна времена трајања различитих типова производних циклуса. Прорачуни се односе на узастопни и паралелни тип редоследа производних операција. Осим тога, могуће је укључивање и производних застоја.

У циљу уноса података, формирана је база података за унос информација, слика 1. Структура једне од основних табела је следећа:

- Број комада у серији, односно величина серије
- Време међуоперацијских застоја
- Сума времена трајања операција
- Укупно израчунато време узастопног типа циклуса
- Укупно израчунато време паралелног типа циклуса
- Норматив рада
- Коефицијент узастопног циклуса производње

- Коефицијент паралелног диклуса производње
- Број операција

Основна анализа организације редоследа извршавања производних операција се заснива на одређивању времена трајања производних циклуса са узастопним извршавањем операција, слика 2. У случају производних циклуса са узастопним извршавањем операција, прелазак на следећу технолошку операцију се врши када је претходна операција у потпуности извршена у целокупном обиму серије. Затим се производи премештају на наредну операцију. Време трајања производног циклуса се рачуна према обрасцу (1).

$$T_{cu} = q \cdot \sum_{i=1}^m t_i \quad (1)$$

где су:

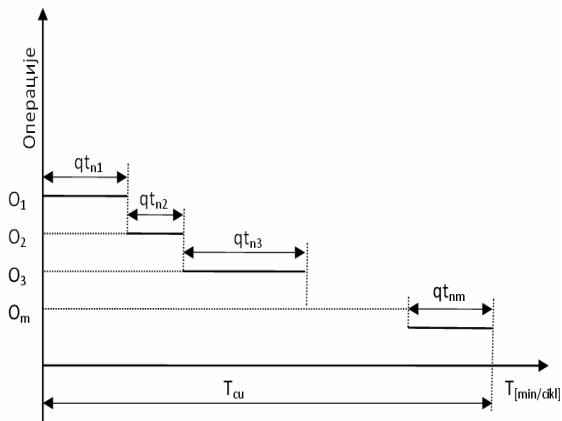
- $T_{cu}$  – време израде серије
- $t_i$  – трајање  $i$ -те производне операције
- $i = 1 \dots m$ , редни број операција
- $q$  – број комада у серији

Field Name	Data Type	Description
q	Number	Broj komada
tzi	Number	Medjuoperacijski zastoji
Sumt	Number	Suma vremena trajanja operacija
Tu	Number	Ukupno vreme uzastopnog tipa ciklusa
Tp	Number	Ukupno vreme paralelnog tipa ciklusa
Tn	Number	Normativ rada
Kcu	Number	Koefficient uzastopnog diklusa proizvodnje
Kcp	Number	Koefficient paralelnog diklusa proizvodnje
i	Number	Broj operacija

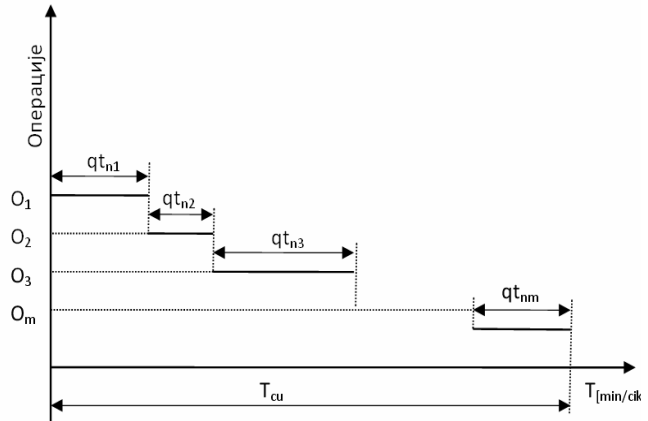
Слика 1. Основна табела за унос података

У практичним околностима је неопходно узимати у обзир и организацијске застоје (слика 3). Времена организацијских застоја је неопходно придодати укупном времену израде серије према обрасцу (2). У овом случају је представљен  $t_{zi}$  – застој између операција ( $i = 1, 2, \dots, m-1$ ).

$$T_{cu}^1 = T_{cu} + \sum_{i=1}^{m-1} t_{zi} = q \cdot \sum_{i=1}^m t_i + \sum_{i=1}^{m-1} t_{zi} \quad (2)$$



Слика 2. Узастопни тип производне серије



Слика 3. Узастопни тип производне серије са међуоперацијским застојима

При примени паралелног типа организације редоследа извршавања производних операција, сваки производ појединачно прелази на следећу операцију по завршетку израде на претходној операцији, слика 4. У овом случају се не чека завршетак појединачне операције на целокупној производној серији. Укупно коначно време израде целокупне серије израчунава се према обрасцу (3).

$$T_{cu} = \sum_{i=1}^m t_i + (q-1) \cdot t_{i,max} \quad (3)$$

где је :

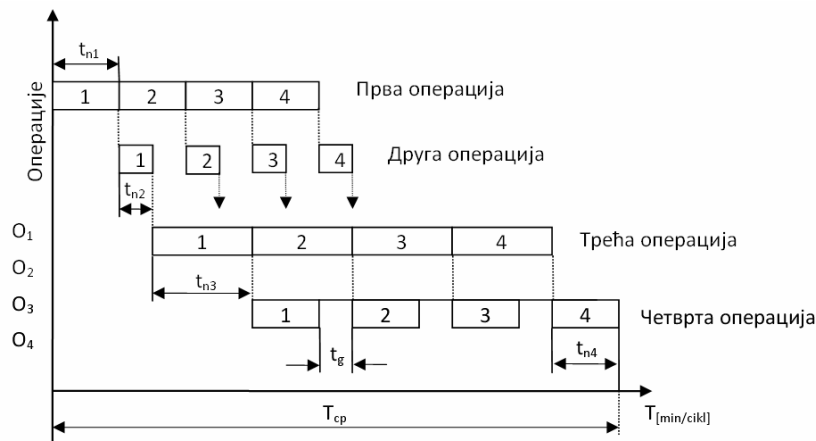
$T_{cu}$  – укупно временско трјање целокупног циклуса

$t_i$  – време трајања  $i$ -те операције

$t_{i,max}$  – време трајања најдуже операције

$q$  – број комада у серији

$m$  – број производних операција



Слика 4. Паралелни тип производне серије

Слика 5 приказије форму за унос почетних података. Анализа се односи на узастопни и паралелни тип организације редоследа извршавања производних операција у случају без временских застоја. У примеру је илустрована анализа израде производа са 4 операције. Величина појединачне серије је  $q = 4$  ком. Кориснички интерфејс почетне форме за унос података омогућава и сукцесивни приказ најзначајнијих резултата, а у исто време и уношење почетних података:

- Величине серије
- Времена трајања неограниченог броја појединих операција

- Евентуални унос временских застоја.

На слици 6 представљена је форма за приказ резултата прорачуна узастопног и паралелног типа организације редоследа извршавања производних операција у случају без временских застоја. На форми су представљене најзначајније величине при анализи организације тока извршавања производних операција.

Слика 5. Форма за унос почетних података

Слика 6. Форма за приказ резултата прорачуна

Слика 7 приказује почетне податке анализе технолошког поступка израде производа са временским застојима. Временски застоји се појављују у интервалима од 10 минута. Целокупна производња се одвија у 6 операција. Укупна величина серије је 80 комада. Прорачуну се аутоматски придодату временски застоји између операција. Добијени резултати прорачуна су приказани на слици 8.

Слика 7. Почетни подаци анализе технолошког поступка са временским застојима

Слика 8. Резултати прорачуна технолошког поступка са временским застојима



Неки од најважнијих елемената прорачуна су приказани у следећем програмском коду, који представља програмску интерпретацију математичких формулација у SQL језику (Structured Query Language).

- Почетак прорачуна, при чему се анулирају вредности претходног прорачуна

```
UPDATE Table1 SET Table1.Sumt = 0, Table1.Tu = 0, Table1.Tp = 0, Table1.Tn = 0, Table1.Kcu = 0, Table1.Kcp = 0;
```

Унос временских застоја и величине серије

```
UPDATE Table1 SET Table1.tzi = Forms!TableT1!Text11, Table1.q = Forms!TableT1!Text13;
```

Прорачун суме времена трајања појединих операција

```
SELECT Sum(TableT.t) AS SumOfT FROM TableT;
```

Уписивање суме времена трајања појединих операција у табелу

```
UPDATE Table1 SET Table1.Sumt = Forms!TableT1!Text4;
```

Прорачун укупног броја операција

```
SELECT Count(TableT.t) AS CountOfT FROM TableT;
```

Уписивање укупног броја операција у табелу

```
UPDATE Table1 SET Table1.i = Forms!Query1e!CountOfT;
```

Израчунавање максималног времена операције

```
SELECT Max(TableT.t) AS MaxOfT FROM TableT;
```

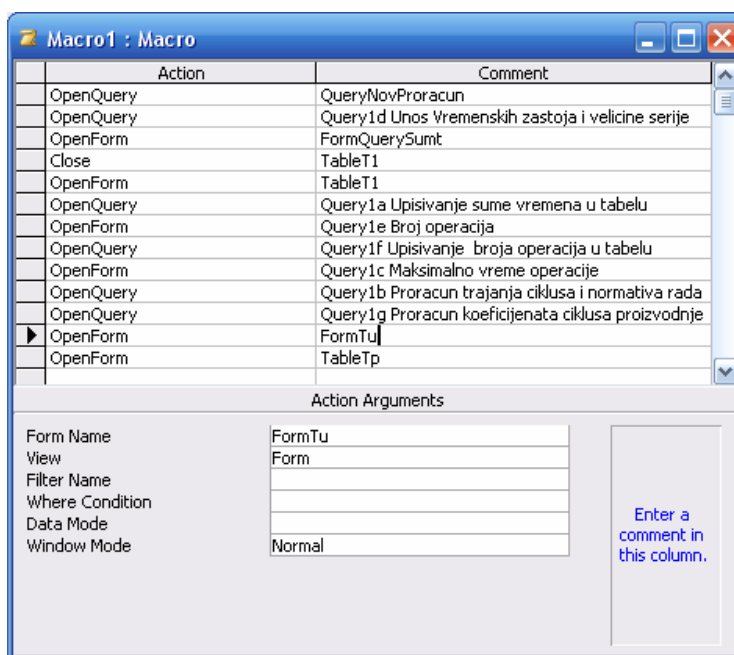
Прорачун трајања циклуса и норматива рада

```
UPDATE Table1 SET Table1.Tu = Table1!q*Table1!Sumt+(Table1!i-1)*Table1!tzi, Table1.Tp = Table1!Sumt+(Table1!q-1)*Forms!Query1c!MaxOfT, Table1.Tn = Table1!q*Table1!Sumt;
```

Прорачун коефицијената циклуса производње

```
UPDATE Table1 SET Table1.Kcu = Table1!Tu/Table1!Tn, Table1.Kcp = Table1!Tp/Table1!Tn;
```

Математичке формулације су интерпретиране SQL језиком који представља универзални језик за приступ базама података и прорачунавању њихових записа. Због тога се приказани програмски код може у великој мери применити на различитим софтверским платформама или комбиновати са другим језицима опште намене. У техничком решењу је коришћен формат базе MS Access. Ток прорачуна је издељен на појединачне сегменте (упите). Слика 9 приказује повезивање појединачних упита коришћењем Macro-а.



Слика 9. Коришћење Macro-а за континуитет извршења програма

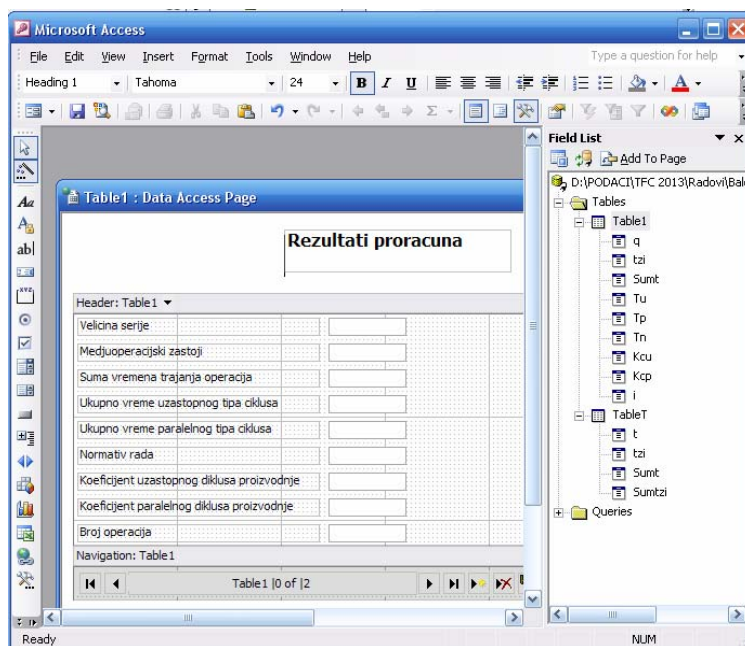
Континуитет извршења програма се може интерпретирати и путем VBA језика (Visual Basic for Applications):

Function Macro1()

```
DoCmd.OpenQuery "QueryNovProracun", acViewNormal, acEdit
DoCmd.OpenQuery "Query1d", acViewNormal, acEdit
DoCmd.OpenForm "FormQuerySumt", acNormal, "", "", , acNormal
DoCmd.Close acForm, "TableT1"
DoCmd.OpenForm "TableT1", acNormal, "", "", , acNormal
DoCmd.OpenQuery "Query1a", acViewNormal, acEdit
DoCmd.OpenForm "Query1e", acNormal, "", "", , acNormal
DoCmd.OpenQuery "Query1f", acViewNormal, acEdit
DoCmd.OpenForm "Query1c", acNormal, "", "", , acNormal
DoCmd.OpenQuery "Query1b", acViewNormal, acEdit
DoCmd.OpenQuery "Query1g", acViewNormal, acEdit
DoCmd.OpenForm "FormTu", acNormal, "", "", , acNormal
DoCmd.OpenForm "TableTp", acNormal, "", "", , acNormal
```

End Function

Могућности даље надоградње приказаног софтверског решења се односе на примену Интернет технологије с обзиром да савремене информационе системе данас све више карактерише развој у том смеру. Примена Интернет технологије првенствено представља одговор на потребу за децентрализацијом база података и корисника која у садашњем периоду постаје све неминовнија. Осим потребе за децентрализацијом база и корисника, битан разлог за примену ове технологије при развоју апликативних програма је и потреба за интеграцијом са информационим системима чији се и сам развој у старту базира на овој технологији. Слика 10 је приказује даљу надоградњу софтверског решења у циљу имплементације Интернет технологије. У овом случају се омогућава унос и добијање резултата без обзира на локацију корисника. Осим тога, битан елемент представља и могућност интеграције са савременим информационим системима базираним на овој технологији.



Слика 10. Даља надоградња софтверског решења у циљу имплементације Интернет технологије

Апликативни софтвер развијен у оквиру овог техничког решења представља компјутерску подршку у једном сегменту управљања и организације производње – анализи

основних параметара при организацији редоследа производних операција. Осим могућности самосталне имплементације, повезивањем са централизованим базама података, приказано апликативно решење може престављати и део интегралног информационог система у сегменту анализе производних операција.

## 6. Могућности примене техничког решења

Развој методологије израчунавања трајања радних циклуса за различите типове редоследа операција представља унапређење оптимизације организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи. Анализа временских ресурса представља једну од најважнијих активности у анализи извршавања технолошких операција. Неоспорно је да је значај ове проблематике незаобилазан у савременој производној организацији. Савремени услови пословања и усложњавање технологије савремене производње у још већој мери намећу потребу за детаљним планирањем времена производње целокупне производне серије.

Математички модел за прорачун времена трајања укупног циклуса производње, који је представљен у техничком решењу, неминовно намеће и потребу креирања апликативног софтвера за његову подршку. Суштину техничког решења чини јединствена компјутерска подршка овој методи. Приказано техничко решење представља софтверску подршку за анализу организације редоследа извршавања производних операција. Подршка се односи на примену узастопног и паралелног типа организације производње, са или без организационих застоја између операција. Апликативно решење свакако може да има велики практични значај при примени у свим видовима организације индустријске производње. Могућност анализе узастопног редоследа извршавања производних операција од значаја је за појединачну производњу, мање серије, као и различити асортиман производа. Подршка паралелном типу организације редоследа извршавања производних операција добија значај код великосеријске и масовне производње.

Неоспорно је да одређивање укупног времена трајања производње једне производне серије спада међу најбитније елементе организације сваког индустријског предузећа. У том сегменту приказано софтверско решење свакако може имати велики значај и универзалну примену у сваком типу производног пословања.

Решење је прихваћено за коришћење у индустријском предузећу „Орион“ д.о.о. Крагујевац.

## Литература

- [1] Zyl J. V., *Product Line Architecture and the Separation of Concerns*, Proceedings of the Second International Conference on Software Product Lines SPLC 2, Springer-Verlag London, UK, 2002., pp. 90-109., ISBN:3-540-43985-4.
- [2] Bouché Ph., Zanni-Merk C., *Improving the performance of production lines with an expert system using a stochastic approach*, Simulation, Vol. 87., Iss. 5., Society for Computer Simulation International San Diego, CA, USA, May 2011., pp. 363-383., ISSN: 0037-5497.
- [3] Abdul-Kader W., *Capacity improvement of an unreliable production line-an analytical approach*, Computers and Operations Research, Vol. 33., Iss. 6., Elsevier Science Ltd. Oxford, UK, UK, June 2006., pp. 1695-1712., ISSN: 0305-0548.
- [4] Huang H. H., Pei W., Wu H. H., May M. D., *A research on problems of mixed-line production and the re-scheduling*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 29., Iss. 3., June 2013, Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA, pp. 64-72., ISSN: 0736-5845.

- [5] BattaïA O., Dolgui A., Guschinsky N., Levin G., *A decision support system for design of mass production machining lines composed of stations with rotary or mobile table*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol. 28., Iss. 6., Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA, December 2012., pp. 672-680., ISSN: 0736-5845.
- [6] Shaaban S., Hudson S., *The performance of unpaced serial production lines with unequal coefficients of variation of processing times*, International Journal of Computer Applications in Technology, Vol. 34., Iss. 2., Inderscience Publishers Inderscience Publishers, Geneva, Switzerland, March 2009., pp. 122-128., ISSN: 0952-8091.
- [7] Song D. P., Sun Y. X., *Optimal Service Control of a Serial Production Line with Unreliable Workstations and Random Demand*, Automatica (Journal of IFAC), Vol. 34., Iss. 9., Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA September 1998, pp. 1047-1060, ISSN: 0005-1098.
- [8] Chen W., Xu J., Liang Q., *Period of Processing on Serial Production Line*, OptimalScheduling and Application, Discrete Event Dynamic Systems, Vol. 9., Iss. 1., January 1999, Kluwer Academic Publishers Hingham, MA, USA, pp. 9 – 21., ISSN: 0924-6703.
- [9] Hasgül S., Büyüksünetçi A. S., *Simulation modeling and analysis of a new mixed model production lines*, WSC '05 Proceedings of the 37th conference on Winter simulation, Winter Simulation Conference 2005., pp. 1408-1412., ISBN: 0-7803-9519-0.
- [10] Geist S., Gromov D., Raisch J., *Timed Discrete Event Control of Parallel Production Lines with Continuous Outputs*, Discrete Event Dynamic Systems, Vol. 18., Iss. 2., Kluwer Academic Publishers Hingham, MA, USA, June 2008., pp. 241 – 262., ISSN: 0924-6703.
- [11] Yang T., Zhang D., Chen B., Li Sh., *The small-world network model of mixed production line*, ICIRA'10 Proceedings of the Third international conference on Intelligent robotics and applications - Volume Part II, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 2010., pp. 22-31., ISBN: 3-642-16586-9.
- [12] Bartholdt J., Becker D., *Scope extension of an existing product line*, Proceedings of the 16th International Software Product Line Conference SPLC '12, New York, NY, USA, 2012., pp. 275-282., ISBN: 978-1-4503-1094-9.
- [13] Creff S., Champeau J., Jézéquel J. M., Monégier A., *Model-based product line evolution: an incremental growing by extension*, Proceedings of the 16th International Software Product Line Conference SPLC '12., Vol. 2., New York, NY, USA, 2012., pp. 107-114., ISBN: 978-1-4503-1095-6.
- [14] Ma W. N., D. Gon Ch., Lin G. C., *An optimal common production cycle time for imperfect production processes with scrap*, Mathematical and Computer Modelling: An International Journal archive, Vol. 52., Iss. 5-6., Elsevier Science Publishers, Amsterdam, The Netherlands, September 2010., pp. 724-737.
- [15] Athapornmongkon Ch., Deuse J., Wong Ch. Y., *Pull production cycle-time under varying product mixes*, WSC '06 Proceedings of the 38th conference on Winter simulation, Winter Simulation Conference, 2006., pp. 1997-2002., ISBN:1-4244-0501-7.
- [16] Martinell F., Piedimonte F., *Optimal cycle production of a manufacturing system subject to deterioration*, Automatica (Journal of IFAC), Vol. 44., Iss. 9., Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA, September 2008, pp. 2388-2391.
- [17] Li Y. Sh., Meng L., Li L., *On Forecasting of Production Cycle of Make-To-Order Products*, ICIII '11 Proceedings of the 2011 International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, Vol. 03., IEEE Computer Society Washington, DC, USA, 2011., pp. 3-6., ISBN: 978-0-7695-4523-3.
- [18] Lee H. L., Rosenblatt M. J., *Simultaneous determination of production cycle and inspection schedules in a production system*, Management Science, Vol. 33., Iss. 9., INFORMS Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS), Linthicum, Maryland, USA, September 1987., pp. 1125 – 1136.

- [19] Nakayasu H., Nakagawa M., Nakamachi E., Nakamura Y., Katayama T., *Human-computer cooperative work for design and production cycle*, Proceedings of the HCI International '99 (the 8th International Conference on Human-Computer Interaction) on Human-Computer Interaction: Communication, Cooperation, and Application Design-Vol. 2., L. Erlbaum Associates Inc. Hillsdale, NJ, USA 1999., pp. 1226-1230., ISBN:0-8058-3392-7.
- [20] Jamshidi H., Brown R. A., *Development of production cycles for group technology environment with the Wagner-Whitin algorithm*, Computers and Industrial Engineering archive, Vol. 24., Iss. 2., Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA, April 1993., pp. 199-207.
- [21] Lulu M., Black J. T., *Just-in-time (JIT) production and process cycle time variability*, ANSS '87 Proceedings of the 20th annual symposium on Simulation, , IEEE Computer Society Press Los Alamitos, CA, USA 1987., pp. 215-228., ISBN:0-8186-0766-1.
- [22] Shaaban S., Hudson S., *Production Line Efficiency: A Comprehensive Guide for Managers*, Business Expert Press, New York, N.Y , 2010., ISBN 1606491563.
- [23] Angliss S., *The Production Line: Reproduction and Growing Up*, Thameside Press, Mankato, Minn., 1999., ISBN 192929820X.
- [24] Muther R., *Production-Line Technique*, BiblioBazaar, 2011., ISBN 1245135406.
- [25] Alashwal A. M., *Optimizing Production Line of Ibs*, VDM Publishing, Saarbrücken VDM Verlag Dr. Müller, 2010., ISBN 3639133447.
- [26] Smith J. M. G., Gershwin S. B., Chrissoleon T. Papadopoulos, *Performance evaluation and optimization of production lines*, Baltzer Science Publishers, 2000.
- [27] Божин М., Радојичић М., *Организација и управљање*, Технички факултет, Чачак, 1997
- [28] Булат В., *Организација производње*, Машински факултет, Београд, 1999.
- [29] Радојичић М., Пантелић, Т., *Организација рада, збирка решених задатака*, Технички факултет, Чачак, 1991.
- [30] Жаја М., *Економика индустријске производње*, Факултет стројарства и бродоградње, Загреб, 1974.

**Линк техничког решења**

[http://www.ftn.kg.ac.rs/docs/resenja/tr\\_redtehooper.pdf](http://www.ftn.kg.ac.rs/docs/resenja/tr_redtehooper.pdf)

**ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ  
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

Број 12 – 1206/14

10. 07. 2013. год.

**Ч А Ч А К**

На основу члана 84. Статута Факултета техничких наука, Наставно-научно веће Факултета, разматрало је предлог Катедре за индустријски менаџмент, бр. 1182. од 3. 07. 2013. год. на седници одржаној 10. јула 2013. год., донело је

**О Д Л У К У**  
**о именовану рецензената**

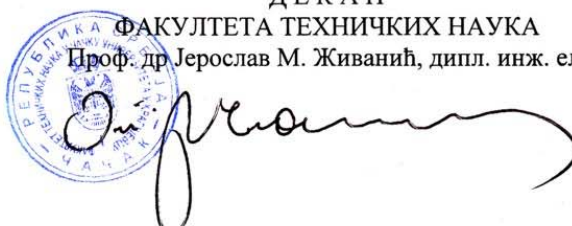
Именују се рецензенти за техничко решење под називом "Модел оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи уз софтверску подршку", чији су аутори: др Мирослав Радојичић, ред. проф., Факултет техничких наука у Чачку, др Јасмина Весић-Васовић, ванр. проф., Факултет техничких наука у Чачку и др Зоран Нешић, доцент, Факултет техничких наука у Чачку, и то:

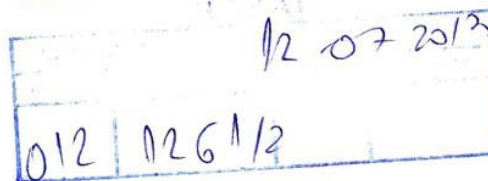
1. Др Драган Д. Милановић, ред. проф., Машински факултет, Београд,
2. Др Мирјана Мисита, ванр. проф., Машински факултет, Београд.

Доставити:  
- именованима,  
- архиви ННВ.

A.T.

ДЕКАН  
ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА  
Проф. др Јерослав М. Живанић, дипл. инж. ел.





Одлуком Наставно научног већа Факултета техничких наука у Чачку број 12-1206/14 од 10.07.2013. године именована сам за рецензента техничког решења "Модел оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи уз софтверску подршку" аутора: др Зорана Нешића, доцента, проф. др Мирослава Радојичића и др Јасмине Весић Васовић, ванр. проф. са Факултета техничких наука у Чачку. На основу предлога овог техничког решења подносим следећи

### ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење "Модел оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи уз софтверску подршку" чији су аутори др Зоран Нешић, доцент, проф. др Мирослав Радојичић и др Јасмина Весић Васовић, ванр. проф. приказано је на 10 страница формата А4, садржи 10 слика. Састављено је од 6 поглавља и списка коришћене литературе. Наслови поглавља су:

1. Област технике на коју се техничко решење односи
2. Опис проблема који се решава техничким решењем
3. Стање решености проблема у свету
4. Суштина техничког решења
5. Детаљан опис техничког решења
6. Могућности примене техничког решења

Поднето техничко решење је рађено у оквиру пројекта "Интелигентни системи за развој софтверских производа и подршку пословања засновани на моделима", број III-44010, финансираног по Програму истраживања у области технолошког развоја за период 2011-14 од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Техничко решење представља нови софтвер и према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Сл. гласник РС". бр. 38/2008), решење припада категорији М85.

Суштина приказаног техничког решења је у формирању јединствене компјутерске подршке новом моделу оптимизације тока редоследа извршавања производних операција. У оквиру техничког решења, аутори дефинишу математички модел који омогућава израчунавање трајања радних циклуса за различитет типове редоследа операција. узима у обзир и могућност међуоперацијских застоја. Увођење представљене математичке формулације за прорачун времена трајања укупног сиклуса производње неминовно намеће и потезу креирања апликативног решења за његову подршку. Приказано апликативно решење представља за сад јединствену компјутерску подршку овој методи.

Детаљним описом техничког решења, аутори приказују пројектовани математички модел примењене методе израчунавања тока редоследа извршавања производних операција. Основни проблем анализе представља узастопни тип редоследа извршавања производних операција. Проблем приказане анализе се усложњава различитим трајањима времена операција и временима међуоперацијских застоја. Даље разматрање се базира на анализи паралелног типа организације редоследа извршавања производних операција. Аутори дефинишу математички модел који омогућава израчунавање времена трајања целокупне производне серије за различите типове редоследа операција.

Неоспорно је да је значај ове проблематике је незаобилазан у савременим условима индустријске производње, при чему се захтева детаљно планирање извршавања временских активности производних циклуса. Такође, услед усложњавање технологије савремене производње, приказана методологија анализе организације редоследа извршавања технолошких операција има изузетан значај за предузимање организационих активности у практичним околностима.

Имплементација методологије анализе времена трајања циклуса производње такође неминовно намеће потребу адекватне компјутерске подршке. Акцент техничког решења се управо поставља на софтверском решењу које се заснива на аутоматизацији прорачуна оваквог математичког модела. Јединственост приказаног математичког модела неоспорно означава и јединственост софтверског решења за његову подршку.

Карактеристике софтверског решења се заснивају на аутоматском добијању крајњих резултата уз елиминацију појављивања грешке, затим брзини добијања информација, чиме се омогућава анализа различитих модела организације редоследа извршавања технолошких операција. Овим се ствара предуслов за анализу и избор оптималног редоследа технолошких операција. У складу са тим, приказано техничко решење има изузетан значај за предузимање организационих активности у практичним околностима.

У приказу техничког решења, математичке формулације проблема и апликативног програма, аутори се базирају на методолошком приступу, при чему детаљно описују математички модел и софтверску интерпретацију. Овим се остварује целокупан увид у функционисање апликативног решења и математичке формулације.

Приказано техничко решење карактерише широка применљивост у практичним околностима производне организације, које захтевају једноставност имплементације, тачност и брзину добијања резултата, узимајући у обзир не само различита времена трајања операција већ и међуоперацијске застоје који се неминовно појављују у реалним околностима. Компјутерска подршка у оквиру техничког решења обједињује ове карактеристике, омогућујући самосталну имплементацију у широком опсегу производних активности.

Савремени услови пословања неминовно намећу потребу детаљног планирања времена трајања радних циклуса. Базирајући се на анализи временских ресурса, аутори техничког решења истичу једну од најважнијих активности у анализи извршавања технолошких операција.

Приказано софтверско решење и разматрана методологија представља универзални модел анализе редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи, без обзира на врсту производње.



## МИШЉЕЊЕ

Аутори техничког решења под називом "Модел оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи уз софтверску подршку" су јасно приказали и теоријски обрадили комплетну структуру техничког решења.


Техничко решење представља компјутерску подршку за дефинисани математички модел који омогућава израчунавање трајања радних циклуса за различите типове редоследа операција. Приказана методологија се базира на практичним околностима, узимајући у обзир различита времена производних операција, као и неопходна времена чекања и међуоперацијских застоја.

Дефинисање јединствене методологије прорачуна циклуса производње неминовно исказује и потребу за формирањем софтверског решења у циљу адекватне компјутерске подршке. Услед тога, приказано апликативно решење представља јединствену компјутерску подршку овој методи.

Најзначајнија карактеристика пројектованог софтверског решења представља подршка универзалном моделу организације и оптимизације редоследа извршавања технолошких операција и могућност самосталне примене у свакој производној организацији са серијском производњом. Одређивање временског периода целокупне производне серије представља једну од најважнијих и незаобилазних активности производне организације, чиме се указује и на значај примене приказаног техничког решења.

Техничко решење је прихваћено за коришћење у производно оријентисаном предузећу.

Са задовољством предлажем Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку да **прихвати техничко решење** рађено у оквиру пројекта III-44010 чији су аутори др Зоран Нешић, доцент, проф. др Мирослав Радојичић и др Јасмина Весић Васовић, ванр. проф.

Рецензент:  
  
Др Мирјана Мисита, ванр. проф.  
Машински факултет у Београду



Одлуком Наставно научног већа Факултета техничких наука у Чачку број 12-1206/14 од 10.07.2013. године именован сам за рецензента техничког решења "Модел оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи уз софтверску подршку" аутора: др Зорана Нешића, доцента, проф. др Мирослава Радојичића и др Јасмине Весић Васовић, ванр. проф. са Факултета техничких наука у Чачку. На основу предлога овог техничког решења подносим следећи

### ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење "Модел оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи уз софтверску подршку" чији су аутори др Зоран Нешић, доцент, проф. др Мирослав Радојичић и др Јасмина Весић Васовић, ванр. проф. приказано је на 10 страница формата А4, садржи 10 слика. Састављено је од 6 поглавља и списка коришћене литературе. Наслови поглавља су:

1. Област технике на коју се техничко решење односи
2. Опис проблема који се решава техничким решењем
3. Стање решености проблема у свету
4. Суштина техничког решења
5. Детаљан опис техничког решења
6. Могућности примене техничког решења

Поднето техничко решење је рађено у оквиру пројекта "Интелигентни системи за развој софтверских производа и подршку пословања засновани на моделима", број III-44010, финансираног по Програму истраживања у области технолошког развоја за период 2011-14 од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Техничко решење представља нови софтвер и према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Сл. гласник РС". бр. 38/2008), решење припада категорији М85.

При креирању решења аутори полазе од чињенице да у савременој производњи и у конкурентском окружењу глобалног тржишта, оптимална организација редоследа извршавања производних операција утиче и на остваривање значајних економских ефеката и конкурентности, осим бољег искоришћења производних капацитета и смањења времена производње. Услед значаја овог незаобилазног елемента организације производње, аутори постављају акценат рада на одређивању временског периода од почетка до завршетка израде одређеног производа.

Одређивање оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи представља један од

кључних елемената у организацији и припреми производње. У овом техничком решењу аутори постављају акценат разматрања на временску димензију анализе трајања различитих типова организације редоследа извршавања производних операција, од почетка до завршетка израде одређеног производа. Осим анализе најбитније временске одреднице, времена који се троше на непосредно извођење производних операција, аутори узимају у разматрање и неопходна времена чекања и међуоперацијске застоје, који престављају незаобилазан елемент у практичним околностима.

Основну карактеристику анализе чине различити типови редоследа извршавања производних операција, узастопни и паралелни тип организације редоследа извршавања производних циклуса. Математички модел омогућава израчунавање времена трајања целокупне производне серије различитих типова производних циклуса. Детаљним описом техничког решења приказан је математички модел примене методе израчунавања времена технолошких операција, као и карактеристике развијеног апликативног решења које представља компјутерску подршку приказаној методологији.

У складу са формирањем методологије израчунавања трајања радних циклуса у пракси се неминовно намеће и потреба имплементације адекватне софтверске подршке. Због тога, компјутерска подршка у приказаном техничком решењу представља нову софтверску подршку унапређеном приступу при анализи оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи. Услед јединствене методологије израчунавања времена извршавања производних операција, софтверска подршка реализована у оквиру овог техничког решења представља јединствено софтверско унапређење.

Примена развијеног софтверског решења првенствени значај добија у практичним околностима имплементације новог пројектованог приступа. Практичне околности захтевају једноставност имплементације и прилагођеност крајњем кориснику. Из тог разлога, приказано софтверско решење представља незаобилазни сегмент у имплементацији приказаног математичког модела. Првенствени значај примене оваквог софтверског решења огледа се у аутоматизацији прорачуна и добијања крајњих резултата, укупних времена циклуса производње, чиме се елиминише могућност грешке. Аутоматизацијом прорачуна се омогућава и анализа различитих модела организације редоследа извршавања технолошких операција. Тиме се ствара предуслов за избор оптималног модела, на основу различитих типова организације редоследа извршавања производних операција, времена производних операција и времена у којем предмети обраде проведу у чекању између операција. То утиче и на применљивост техничког решења у различитим облицима планирања производње и анализи времена производње.

Приказана софтверска подршка је исказана у методичком облику описом математичког модела, као и програмске интерпретације. У том смислу се крајњим корисницима омогућава основа за самосталну имплементацију, развој и надоградњу оваквог програмског решења. Апликативно решење је развијено у алату MS Access, који представља адекватну платформу за имплементацију у производним предузећима средње величине и малим предузетничким предузећима. Развијени модел оптимизације, уз приказану софтверску подршку, може имати широку примену у планирању и припреми производње у производно оријентисаним предузећима.

## МИШЉЕЊЕ

Аутори техничког решења под називом "Модел оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи уз софтверску подршку" су јасно приказали и теоријски обрадили комплетну структуру техничког решења.

Суштина и најзначајнија карактеристика пројектованог решења је у томе што омогућава јединствену компјутерску подршку новом приступу у унапређењу организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи и добијање оптималних решења за конкретне услове. Предложено техничко решење омогућава формирање опште применљивог модела оптимизације времена и организације редоследа извршавања технолошких операција. На бази тога, пројектовано решење омогућава универзалну примену од стране менаџмента у индустријској производњи, отклањања грешке аутоматизацијом прорачуна, скраћивање времена добијања резултата итд. Приказано техничко решење може имати широку примену у планирању и припреми производње у производно оријентисаним предузећима.

Техничко решење омогућава да се утицај практичних околности времена трајања производних операција и међуоперацијских застоја могу узимати у обзир при различитим типовима извршавања редоследа операција. Свако планирање извршавања технолошких операција у индустријској производњи неминовно захтева тачно израчунавање временске компоненте укупне производње. Овим се неоспорно указује на значај примене приказаног техничког решења у практичним околностима индустријске производње. Практична примена разматраног софтвера омогућава остваривање вишег квалитета анализе времена у оптимизацији организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи.

Решење је прихваћено за коришћење у производно оријентисаном предузећу.

На основу претходно исказаног мишљења, са задовољством предлагем Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку да **прихвати техничко решење** рађено у оквиру пројекта III-44010 чији су аутори др Зоран Нешић, доцент, проф. др Мирослав Радојичић и др Јасмина Весић Васовић, ванр. проф.

У Београду,

Рецензент:

Др Драган Д. Милановић, ред. проф.  
Машински факултет у Београду





# ORION

**DRUŠTVO „ORION“**

KRAGUJEVAC, Gornjomilanovacka 45

Tel. 034-331-966, Telefax: 034-335-435

Tekući računi: 150-98-38; 155-9916-41

E-mail: [orion-kg@orion-kg.com](mailto:orion-kg@orion-kg.com).

PIB: 100564385

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

12.07.2013	
014	1262

Факултету техничких наука у Чачку  
Катедри за индустријски менаџмент

**Предмет: Потврда о коришћењу Техничког решења**

Техничко решење под називом „Модел оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи уз софтверску подршку“, реализовано од стране професора Факултета техничких наука у Чачку др Зорана Нешића, доцента, др Мирослава Радојичића, ред.проф., и др Јасмине Весић Васовић, ванр.проф. примењује се у предузећу „Орион“ д.о.о. Крагујевац, од 2013. године. Техничко решење је рађено у оквиру пројекта број III-44010, финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

У Чачку,

12.јул 2013.



Директор

Мила Илић

**ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ  
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

**Број 13 – 1277/11**

**17. 07. 2013. год.**

**Ч А Ч А К**

На основу члана 84. Статута Факултета техничких наука, Наставно-научно веће, на седници одржаној 17. јула 2013. год., донело је

**О Д Л У К У**

**I I ПРИХВАТА СЕ** извештај рецензената и усваја техничко решење под називом: "Модел оптималне организације редоследа извршавања технолошких операција у индустријској производњи уз софтверску подршку", чији су аутори: др **Мирослав Радојичић, ред. проф.**, Факултет техничких наука у Чачку, др **Јасмина Весић-Васовић, ванр. проф.**, Факултет техничких наука у Чачку и др **Зоран Нешић, доцент**, Факултет техничких наука у Чачку,.

**II** Техничко решење је реализовано у оквиру Пројекта бр. III-44010.

**III** Извештај рецензената из тачке I, саставни је део ове Одлуке.

Доставити:

- именованима,
- продекану за науку и међународну сарадњу,
- архиви ННВ.

*AG*



**ДЕКАН**

**ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА**  
Проф. др Јерослав М. Живанић, дипл. инж. ел.

*[Handwritten signature]*