

42		30012013	
Организација	Број	Датум	Место
03	191		

## 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 за ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ под називом „Компјутерска подршка за одређивање оптималног броја комада у серијској производњи“ рађено у оквиру пројекта „Развој стохастичких модела утврђивања времена рада производних циклуса и њихова оптимизација за серијску производњу у металопрерађивачкој индустрији и процесима рециклаже“, број ТР35017, финансираног по Програму истраживања у области технолошког развоја за период 2011-14 од стране Министарства просвете и науке.

Аутора:

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

именује следеће рецензенте:

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

Опис техничког решења укључен је у адекватном обиму у раду категорије М23:

Radojicic M., Nestic Z., Vesic-Vasovic J., Klarin M., Spasojevic-Brkic V., *Model of economic batch size in industrial production*, Technics technologies education management-ttem, (2011), Vol. 6, No. 2, pp. 272-280.

Аутори:

  
Др Мирослав Радојичић, ред. проф.

  
Др Јасмина Весић Васовић., ванр.проф

  
Др Зоран Нешић, доцент

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

## **ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ**

**„ КОМПЈУТЕРСКА ПОДРШКА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНОГ  
БРОЈА КОМАДА У СЕРИЈСКОЈ ПРОИЗВОДЊИ “**

**Аутори:**

Проф. др Мирослав Радојичић

Др Јасмина Весић Васовић, ванр.проф.

Др Зоран Нешић, доцент.

2012.год.

**ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА**  
**„КОМПЈУТЕРСКА ПОДРШКА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ОПТИМАЛНОГ БРОЈА КОМАДА У**  
**СЕРИЈСКОЈ ПРОИЗВОДЊИ“**

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

**Година када је техничко решење урађено:** 2012.год.

**Корисник техничког решења:** Предузеће „Vibbet“ Чачак

**Пројекат:** „Развој стохастичких модела утврђивања времена рада производних циклуса и њихова оптимизација за серијску производњу у металопрерађивачкој индустрији и процесима рециклаже“, број ТР35017, за период 2011-14.год.

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

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

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

Одређивање оптималне величине производне серије представља један од кључних елемената у организацији и припреми индустријске производње. Ова израчунавања се могу вршити са различитих аспеката и критеријума оптимизације. Економски приступ заснован на захтеву производње уз минималне трошкове представља један од најзначајнијих елемената при оваквој анализи. Величина производне серије има директан утицај на остале трошкове производње, односно на цену коштања. Због тога је овој проблематици поклања изузетан значај, као једном од кључних елемената у индустријској производњи. Проблематика минимизације трошкова производње је, несумњиво, један од основних циљева пословне политике предузећа. У складу са тим и одређивање оптималне величине серије спада у једну од најзначајнијих активности оперативног планирања у индустријском предузећу.

Цена коштања производње представља један од већег броја најутицајнијих фактора при одређивању величине серије. При планирању производње, од великог значаја представљају и захтеви тржишта, могућност производње, проблеми у испоруци делова у захтеваним роковима и друго. Величина производне серије има одговарајуће импликације на организовање производње и пословања предузећа.

При серијској производњи појављује се потреба одређивања оптималне величине серије, односно избора методологије и критеријума на основу којих треба извршити оптимизацију.

Овде ће бити показан један начин израчунавања оптималне величине серије са становишта критеријума минимизације трошкова производње. У зависности од броја комада у серији зависе и трошкови производње, односно цена коштања производа.

Потребно је истаћи да се прорачун који се овде приказује односи на делове, а не на склопове или на производ у целини, јер су производне специфичности делова од којих се готов производ састоји, са аспекта установљених критеријума на основу којих се израчунава оптимум, углавном веома различите.

Са аспекта кретања одређених врста трошкова који зависе од величине серије у производњи се јављају две супротне тенденције:

- трошкови који имају опадајући карактер по прозводу са порастом величине серије (то су на нивоу целе серије стални трошкови (S), а чине их трошкови техничке и оперативне припреме: подразумевајући трошкове припреме машине, припреме радника, техничке и оперативне документације итд.),
- трошкови који имају растући карактер по прозводу са повећањем величине серије (променљиви трошкови  $-t_{pr}$ ).

Сведени на прозвод (појединачно – комад итд.) стални трошкови имају опадајући карактер мењајући се при том по кривој линији (хиперболи):

$$s = S/q \text{ [€/kom]}$$

Ови трошкови по једном комаду су утолико мањи уколико је број комада у серији већи.

Што се тиче друге групе трошкова, са порастом броја комада у серији долази до пораста трошкова камата на обртна средства по комаду и они се крећу по линерној зависности, односно по правој линији :

$$t_{pr} = a \cdot q$$

где је  $a$  константа чија се вредност може израчунати на основу израза [7]:

$$a = \frac{w_{md} \cdot t_n \cdot p}{60 \cdot 250 \cdot r \cdot 100}$$

значење ознака:

$t_{md}$  - трошкови материјала

$t_n$  - норма времена израде

$p$  - камата ( $y\%$ )

$r$  - број радних сати у смени (7, 14 или 21 h у зависности од броја смена).

Трошкови серије сведени на производ ( $t_{sr}$ ) могу се одредити сабирањем ових група трошкова:

$$t_{sr} = s + t_{pr} = S/q + aq$$

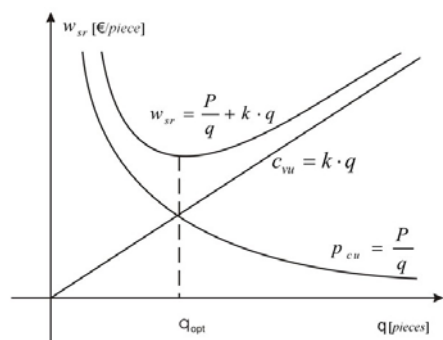
Број комада у серији при коме се постижу најнижи трошкови може се одредити ако се нађе први извод функције трошкова и изједначи са нулом:

$$\frac{dt_{sr}}{dq} = -S + aq^2 = 0, \Rightarrow \text{одавде се оптимални број комада у серији одређује релацијом:}$$

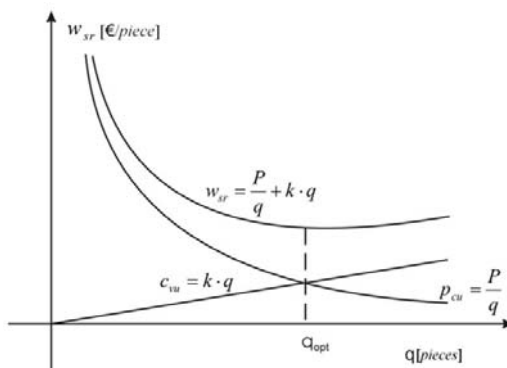
$$q_{opt} = \sqrt{\frac{S}{a}} \quad (\text{kom/ser})$$

Овако израчунат број комада у серији представља оптималну величину серије јер се при том постижу најнижи трошкови производње по комаду.

Илустративан приказ оптималне величине серије дат је за карактеристичне варијанте, које су објашњене уз сваку слику (слика 1 до слика 4)



Слика 1. I карактеристична варијанта



Слика 2. II карактеристична варијанта

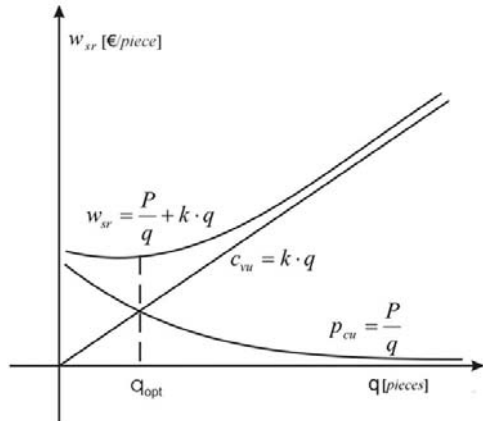
I карактеристична варијанта - На слици 1 приказана је производња чија је припрема ( $P$ ) веома скупа, а време израде велико и директан материјал веома скуп Свако одступање од  $\pm(10-15)\%$  осетно повећава трошкове серије.

II карактеристична варијанта - У питању је случај када је припрема за израду серије веома скупа а време трајања технолошке операције веома кратко. Поред тога ни материјал што се обрађује није скуп. На слици 2 се види да је са аспекта трошкова неприхватљиво смањивати број комада у серији испод оптималног, док је повећање без већег утицаја на трошкове.

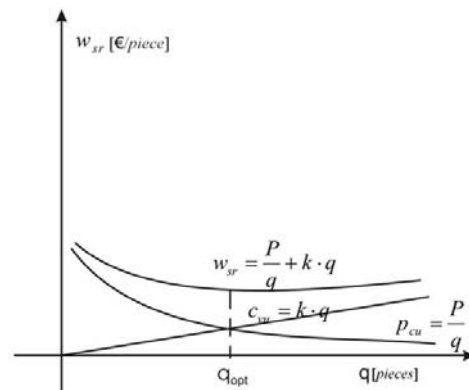
III карактеристична варијанта - У овом случају реч је о припреми за израду серије, која је по обиму и трајању мала и јевтинија, а операција траје дуго (велика норма времена израде). Поред тога реч је и о врло скупим материјалима што се обрађују. На слици 3 се види да је неприхватљиво повећати број комада у серији изнад израчунатог оптимума, а да се може лансирати и мањи број комада ако то потребе захтевају јер то има мали утицај на повећање трошкова.

IV карактеристична варијанта - У ову варијанту спадају, практично сви они случајеви код којих број комада у серији има занемарљиво мали утицај на оне трошкове који зависе од величине серије. На

слици 4 се јасно види ова чињеница, што значи да ћемо у оваквим случајевима одмеравати број комада у серији по другим критеријумима (потребама), а не по овом, економском.



Слика 3. III карактеристична варијанта



Слика 4. IV карактеристична варијанта

Дизајнирани техно-економски модел несумљиво представља један од најзначајнијих приступа у одређивању оптималне величине серије у серијској производњи. Модел оптимизације представљен у овом раду се заснива на егзактним показатељима и прорачуну трошкова у функцији од броја комада у серији. Анализом су обухваћени трошкови производње сведени на јединицу производње. На овај начин се стварају услови да се субјективни утицај човека на доношење коначног решења сведе на најмању меру, да се побољша квалитет одлучивања, планирања и припреме производње.

### 3. Стање решености тог проблема у свету

С обзиром на велики значај организације, планирања и управљању производњом у индустријском предузећу, то се овој проблематици поклања и велика пажња од стране многих аутора [1-8]. Разматрајући пројектовање робустних тактичких производних планова, у више фаза производних система, када су периодични захтеви готових производа неизвесни, аутори [9] развијају више оптимизационих модела робустних производних планова. Са друге стране, и данас су са успехом присутни и интуитивни итеративни приступи засновани на процењеном понашању система [10] - [12].

С обзиром на значај дефинисања оптималне величине серије у планирању производње, овом сегменту потребно је да се посвети велика важност, при чему методе намењене искључиво за дефинисање оптималне величине серије доживљавају сталну експанзију. Специфичности индустријске производње намећу сагледавање оптимизације величине серије са различитих аспеката:

- процеси са карактеристиком за временског варирања [18]
- производни систем са опцијом дораде [19], [20]
- производни систем са периодичном испоруком [21]
- интегрисана производња више производа [22]

У овом раду акценат се поставља првенствено на техно-економску компоненту при одређивању оптималне величине производне серије. Значај овог фактора нарочито долази до изражаја појавом финансијских криза која данас има глобални карактер.

### 4. Суштина техничког решења

Суштина техничког решења представља формирање опште применљивог модела оптимизације који омогућава изналажење економски најповољније варијанте величине производне серије и за ту сврху развијене софтверске подршке, у функцији смањења цене коштања.

Реализовано техничко решење омогућава да се истакне реални економски значај величине серије у производњи, односно да покаже величину утицаја броја комада у серији на укупну цену коштања, као и да омогући одговарајуће прорачуне и повећа квалитет одлучивања, оперативног планирања и терминирања. То даље отвара могућност сазнања које су то прихватљиве границе одступања у односу на израчунати оптимум у специфичним ситуацијама када се то из неких других екстерних или интерних разлога намеће (због рокова испоруке, капацитета или утицаја неких стохастичких појава).

Техничко решење омогућава да се утицај динамичких промена у окружењу узме у обзир и на ефикасан начин дође до оптималног броја комада који треба лансирати у датој серији. Свако лансирање нове серије захтева изнова израчунавање оптималног броја комада који се лансира како би се постигли

најнижи трошкови производње, а то се пројектованим решењем ефикасно реализује. Развијена компјутерска апликација осим што омогућава бржу и прегледнију анализу плана лансирања, даје и могућност симулације, односно анализе осетљивости добијених резултата на промену улазних параметара. Посебно треба указати на то да се приказани апликативан модел оптимизације серије базира на економском критеријуму производње уз захтев за минималним трошковима производње по јединици производа, по комаду.

Пројектовани модел омогућава, пре свега одређивање економске величине оптималне серије што омогућава адекватно реаговање у смислу лансирања допустиво већег или мањег броја комада у односу на израчунати оптимум. Развијени модел оптимизације може имати широку примену у планирању и припреми производње у производно оријентисаним предузећима.

## 5. Детаљан опис техничког решења и

Софтверски алат за развој апликативног решења у овом раду је представљао MS Access. Већи број елемената утиче на примену овакве платформе при развоју апликације за ову намену. Могућност формирања самосталних апликација које се могу имплементирати индивидуално. Са друге стране омогућава се и једноставна примена у мрежном окружењу а тиме и њихова имплементација у малим и средњим предузећима. Коришћењем Мицрософт технологије за повезивање са различитим форматима база података отварају се могућности за коришћењем централизованих сервера и интеграцију у постојећи информациони систем великог предузећа. Овај алат представља моћну корисничку платформу за анализу података. Брзина и једноставност развоја апликативних решења такође представља битан елемент при развоју корисничких апликација. Тиме се омогућава даља надоградња апликације од стране самих корисника. У овом раду су приказани кључни елементи развоја приказаног апликативног решења, које се односи на формулацију базе података и најважнијих сегмената програмског кода.

Улазни подаци за апликације за прорачун оптималне величине серије се могу уносити за неограничени број варијанти решења, чиме се омогућава једноставна и брза анализа већег броја различитих улазних вредности:

- Укупни стални трошкови
- Норма времена
- Трошкови материјала по комаду
- Каматна стопа

Основни излазни резултати – оптимална величина серије за рад у једној, две и три смене се добијају већ на уводној форми (слика 5).

Улазни подаци	Вредност
Укупни стални трошкови	48000
Норма времена	6
Трошкови материјала по комаду	1200
Каматна стопа	18

Варијанта рада	Диаграм	Подаци	Други елементи
Рада у једној смени	Диаграм	Подаци	Прорачун
Рада у две смене	Диаграм	Подаци	Крај рада
Рада у три смене	Диаграм	Подаци	

Оптимална величина серије	Вредност
Рада у једној смени	1972
Рада у две смене	2789
Рада у три смене	3417

Слика 5. - Уводна форма апликације

Решење којим се омогућава унос већег броја варијанти улазних података је њихово уписивање у помоћну табелу улазних података. Улазни подаци се приликом прорачуна копирају у радну табелу над којом се врши текући прорачун.

Програмски код за креирање табеле, из кога се види структура и опис поља табеле је следећи:

```
CREATE TABLE [dbo].[Table1] (  
    [S] [int] NULL , -- Ukupni stalni troškovi  
    [Tn] [int] NULL , -- Norma vremena  
    [Tmd] [int] NULL , -- Troškovi materijala po kom  
    [p] [int] NULL , -- Kamatna stopa  
    [q] [int] NULL , -- Velicina serije  
    [st] [numeric](18, 2) NULL , -- Stalni troškovi  
    [a1] [numeric](18, 5) NULL , -- Koef 1 smena  
    [Tpr1] [numeric](18, 2) NULL , -- Troškovi izrade po jedinici proizvoda 1 smena  
    [Tsr1] [numeric](18, 2) NULL , -- Troškovi serije  
    [Qopt1] [int] NULL , -- Optimalna velicina serije  
    [a2] [numeric](18, 5) NULL , -- Koeficijent  
    [Tpr2] [numeric](18, 2) NULL , -- Troškovi izrade po jedinici proizvoda 2 smena  
    [Tsr2] [numeric](18, 2) NULL , -- Troškovi serije  
    [Qopt2] [int] NULL , -- Optimalna velicina serije  
    [a3] [numeric](18, 5) NULL , -- Koeficijent  
    [Tpr3] [numeric](18, 2) NULL , -- Troškovi izrade po jedinici proizvoda 3 smena  
    [Tsr3] [numeric](18, 2) NULL , -- Troškovi serije  
    [Qopt3] [int] NULL -- Optimalna velicina serije  
    ) ON [PRIMARY]  
GO
```

Прорачун се врши следећим програмским кодом у језику SQL:

- Уписивање варијанте улазних података са форме у табелу прорачуна:  
`UPDATE Table1 SET Table1.S = Forms![Optimizacija serije]!S, Table1.Tn = Forms![Optimizacija serije]!Tn, Table1.Tmd = Forms![Optimizacija serije]!Tmd, Table1.p = Forms![Optimizacija serije]!p;`
- Прорачун сталних трошкова производње по јединици производа, као и коефицијената  $a_1$ ,  $a_2$  и  $a_3$ :  
`UPDATE Table1 SET Table1.st = Table1!S/Table1!q, Table1.a1 = (Table1!Tmd*Table1!Tn*Table1!p)/(250*7*60*100), Table1.a2 = (Table1!Tmd*Table1!Tn*Table1!p)/(250*14*60*100), Table1.a3 = (Table1!Tmd*Table1!Tn*Table1!p)/(250*21*60*100);`
- Прорачун трошкова производње и трошкова серије по јединици производа, а затим и оптималне величине серије:  
`UPDATE Table1 SET Table1.Tpr1 = Table1!a1*Table1!q, Table1.Tpr2 = Table1!a2*Table1!q, Table1.Tpr3 = Table1!a3*Table1!q, Table1.Tsr1 = Table1!st+Table1!a1*Table1!q, Table1.Tsr2 = Table1!st+Table1!a2*Table1!q, Table1.Tsr3 = Table1!st+Table1!a3*Table1!q, Table1.Qopt1 = Sqr(Table1!S/Table1!a1), Table1.Qopt2 = Sqr(Table1!S/Table1!a2), Table1.Qopt3 = Sqr(Table1!S/Table1!a3);`

Комплетни подаци за рад у једној, две или три смене се могу видети на форми излазних података. Ради детаљније анализе форма омогућава произвољно уношење појединих вредности величине серије. Претходна табеларна израчунавања су била неопходна за добијање дијаграма и графичко представљање оптималне величине серије. Графички приказ сталних, променљивих и трошкова серије се приказују на формама за рад у једној, две или три смене (Слика 6).

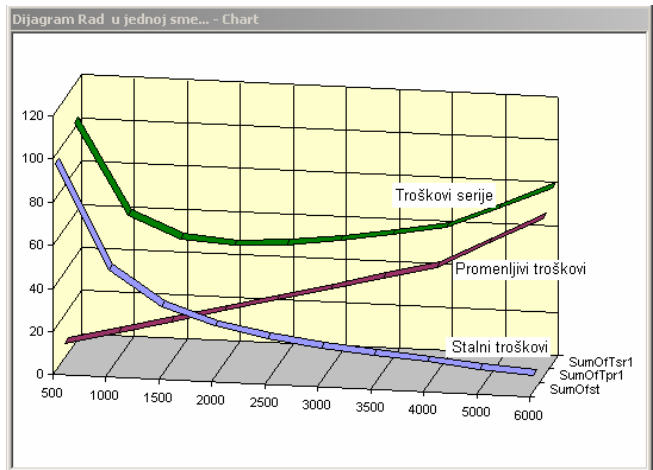


**Podaci za rad u jednoj smeni**

Ukupni stalni troškovi: 48000  
 Norma vremena: 6  
 Troškovi materijala po komadu: 1200  
 Kamatna stopa: 18  
 a1: 0,01234  
 Optimalna velicina serije: 1972

q	st	Tpr1	Tsr1
500	96	6,17	102,17
1000	48	12,34	60,34
1500	32	18,51	50,51
2000	24	24,68	48,68
2500	19,2	30,85	50,05
3000	16	37,02	53,02
3500	13,71	43,19	56,9
4000	12	49,36	61,36
5000	9,6	61,7	71,3
6000	8	74,04	82,04
*	0	0	0

Record: 1 of 10



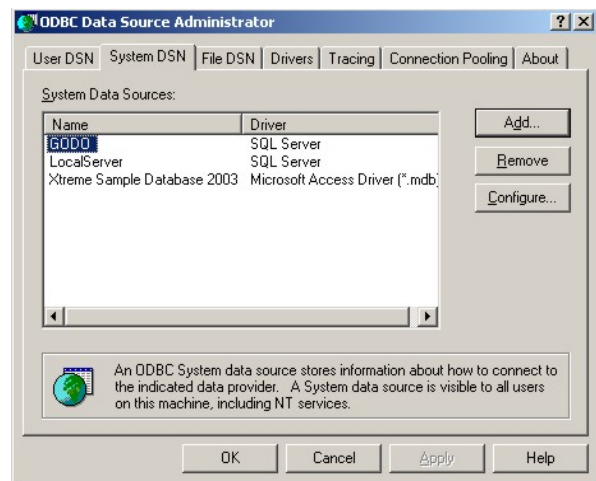
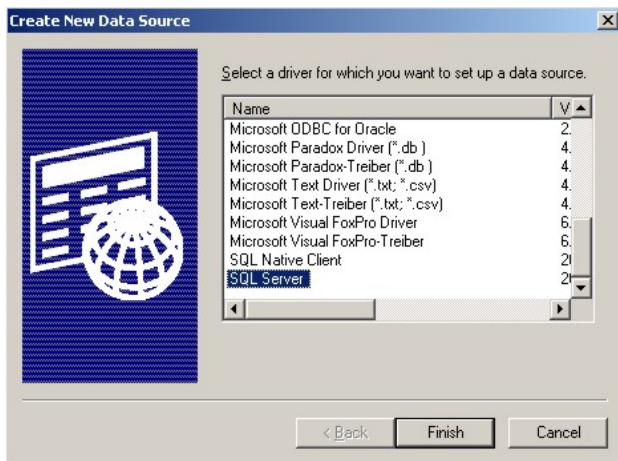
**Dijagram Rad u jednoj sme... - Datasheet**

	A	B	C	D	E
q	SumOfst	SumOfTpr1	SumOfTsr1		
1	500	96	6,17	102,17	
2	1000	48	12,34	60,34	
3	1500	32	18,51	50,51	
4	2000	24	24,68	48,68	
5	2500	19,2	30,85	50,05	
6	3000	16	37,02	53,02	
7	3500	13,71	43,19	56,9	
8	4000	12	49,36	61,36	

Слика 6. - Форма излазних података и графичког приказа

### Повезивање са постојећим базама података

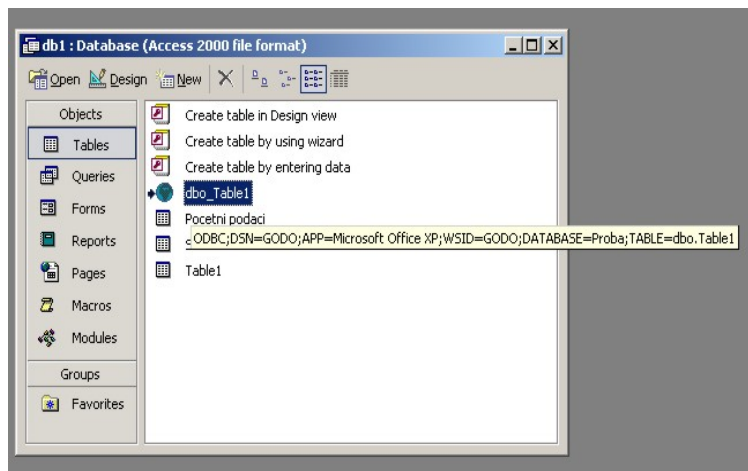
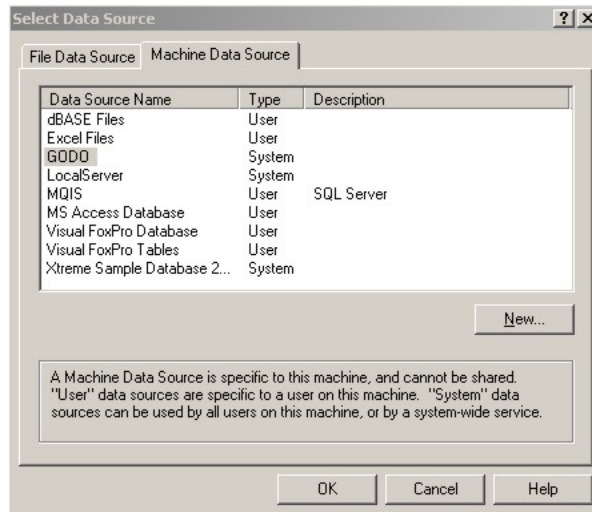
Апликативно решење за подршку оптимизацији величине производне серије је урађено у алату MS Access као Front End алату за приказ и прорачун података. Повезивање са базама података информационог система (MC SQL Server) се врши путем ODBC (Open Database Connectivity) технологије. На слици 7 приказано је креирање нове ODBC конекције избором SQL Server драјвера. Повезивањем са постојећим базама података омогућава се аутоматизација протока улазних и излазних вредности, као и повезивање са постојећим информационом системом.



Слика 7. Креирање нове ODBC конекције

Нова ODBC конекција омогућује повезивање табеле SQL сервера како са овом апликацијом, тако и са другим апликацијама и алатима. На слици 8 је приказано повезивање ове апликације са ODBC конекцијом. Повезана (линкована) табела се даље користи као и сама табела MS Access.



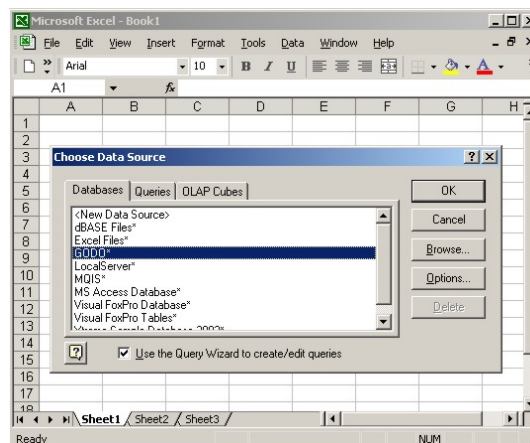


Слика 8. Повезивање са ODBC конекцијом

Интеграциом са постојећим информационим системом врши се његова надоградња, док се анализом постојећих података у више алтернативних варијанти омогућује избор и анализа најповољније алтернативе, односно оптимизација величине серије.

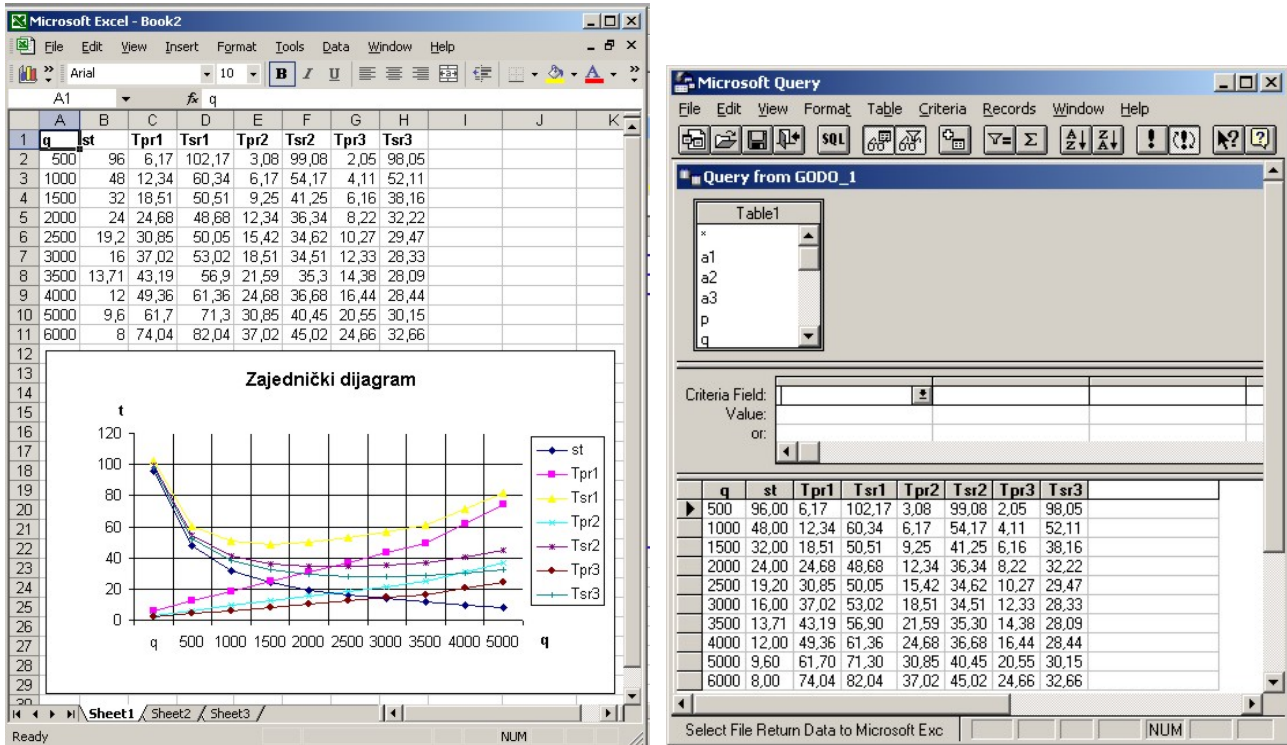
Приказ прорачунатих података се такође може вршити и у другим алатима, као што је то нпр. MS Excel. Значај повезивања са другим алатима се заснива на могућности даљих анализа на основу добијених података. На пример, MS Excel рредставља познато окружење за крајњег корисника, које има велике могућности даље анализе и приказа података.

На слици 9 приказано је повезивање MS Excel табеле са базом података MS SQL Server на коме се налазе табеле са почетним и прорачунатим подацима MS Access апликације. Повезивање се врши коришћењем постојеће ODBC конекције. Филтрирање и креирање упита је омогућено алатом Microsoft Query који је уграђен у MS Excel.



Слика 9. - Повезивање MS Excel алата са базом MS SQL Server

Подаци се у табелу учитавају аутоматски, а њихове промене се виде *refresh* функцијом. Даља анализа података се може на овај начин вршити у смислу упоредне анализе оптималне величине серије, трошкова израде серије, јединичних променљивих трошкова за три алтернативе производње: рад у једној, две или три смене. Из заједничких података и графичког приказа види се како увођењем друге, а затим треће смене, трошкови производње по комаду се смањују. Најнижи ниво трошкова по производу (дин/ком) постиже се ако се производња организује у три смене, нешто већи при раду у две смене, а највиши ниво трошкова је уколико се ради у једној смени. Слика 10 приказује аутоматски учитане збирне податке из базе MS SQL Server у табелу MS Excel, као и коришћење Microsoft Query алата за креирање упита над базом.



Слика 10.- Коришћење заједничких података у табели MS Excel

### Могућности примене интранет технологије

Посматрајући развој савремених компјутерских језика и алата за креирање апликација, може се приметити њихова све већа усмереност ка развоју Интернет/Интранет апликација. Сасвим је сигурно да ће Интранет технологија у будућности доживљавати све већу експанзију.

С обзиром да је апликативно решење приказано у овом раду урађено у алату MS Access, Интернет надоградња је урађена у истом алату, коришћењем Data Access Pages. На слици 11 приказана је једна форма Интранет програма на којој се виде излазни подаци - Стални троскови, Трошкови израде по јединици производа, Троскови серије у односу на величину серије, а за опцију рада у једној смени.

Развијен и приказан компјутерски програм има за циљ да омогући аутоматизацију прорачуна и графичког приказа добијених резултата. Оваква аутоматизација олакшава и убрзава оптимизацију оваквог поступка поготово нудећи могућност већег броја различитих алтернативних почетних вредности. Повезивањем добијених резултата у бази MS SQL Server са другим алатима, омогућава се њихова даља анализа.

Velicina serije	Stalni troškovi	Troškovi izrade po jedinici proizvoda	Troškovi serije
500	96	6,17	102,17
1000	48	12,34	60,34
1500	32	18,51	50,51
2000	24	24,68	48,68
2500	19,2	30,85	50,05
3000	16	37,02	53,02
3500	13,71	43,19	56,9
4000	12	49,36	61,36
5000	9,6	61,7	71,3
6000	8	74,04	82,04

Слика 11. - Приказ података у Интранет апликацији

Овде је разматран само један начин израчунавања оптималне величине серије са становишта критеријума минимизације трошкова производње. На основу добијених података може се уочити да је најнижи ниво трошкова по производу ако се производња организује у три смене, а највиши уколико се ради у једној смени.

## 6. Могућности примене техничког решења

Техничко решење омогућава да се утицај динамичких промена у окружењу узме у обзир и на ефикасан начин дође до оптималног броја комада који треба лансирати у датој серији. Свако лансирање нове серије захтева изнова израчунавање оптималног броја комада који се лансира како би се постигли најнижи трошкови производње, а то се пројектованим решењем ефикасно реализује. Развијена компјутерска апликација осим што омогућава бржу и прегледнију анализу плана лансирања, даје и могућност симулације, односно анализе осетљивости добијених резултата на промену улазних параметара. Циљ је да омогући производњу при најнижим трошковима сагласно конкретним условима и ограничењима у којима предузеће ради и послује.

Развијени модел омогућава, пре свега одређивање економске величине оптималне серије што омогућава адекватно реаговање у смислу лансирања допустиво већег или мањег броја комада у односу на израчунати оптимум.

Пројектовано решење омогућава универзалну примену од стране менаџмента и представља јединствену, компјутерску подршку развијеном моделу оптимизације броја комада у серији у функцији смањења цене коштања.

Резултати ових истраживања и могућности примене пројектованог решења презентирани су стручној и научној јавности у раду публикованом у међународном часопису са СЦИ листе [1]. Решење је прихваћено за коришћење у производно оријентисаном предузећу.

Карактеристике пројектованог решења омогућавају широку примену у области планирања и и припреме производње у производно оријентисаним предузећима.

## Литература

- [1] Radojičić M., Nesic Z., Vesic Vasovic J., Klarin M., Spasojevic Brkic V., Model of economic batch size in industrial production, Technics Technologies Education Management, DRUNPP, Sarajevo, Volume 6. No 2., 2011, ISSN 1840-1503., pp. 272-280.
- [2] Božin M., Radojičić M., Organizacija i upravljanje, Tehnički fakultet, Čačak, 1997.
- [3] Bulat V., Organizacija proizvodnje, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.
- [4] Chase, Jacobs, Aquilano, Operations Management for Competitive Advantage, Mc Graw Hill, 2004.
- [5] Heizer J., Render B., Principles of Operations Management, Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2006

- [6] Klarin M., Organizacija i planiranje proizvodnih procesa, Mašinski fakultet, Beograd, 1989.
- [7] Radojičić M., Menadžment proizvodnjom, Zbirka rešenih zadataka sa izvodima iz teorije, Tehnički fakultet, Čačak, 2008.
- [8] Gunasekaran A., Marri H. B., Application of aggregate production planning models in developing countries, International Journal of Computer Applications in Technology, Inderscience Publishers, Vol. 20, Iss. 4, May 2004., pp. 172-179.
- [9] Aghezzaf E. H., Sitompul C., Najid N. M., Models for robust tactical planning in multi-stage production systems with uncertain demands, Computers and Operations Research, Elsevier Science Ltd. Oxford, UK, Vol. 37, Iss. 5, May 2010., pp. 880-889.
- [10] Irdem D. F., Kacar N. B., Uzsoy R., An experimental study of an iterative simulation-optimization algorithm for production planning, WSC '08: Proceedings of the 40th Conference on Winter Simulation, December 2008., pp. 2176-2184.
- [11] Orcun S., Uzsoy R., Kempf K., Using system dynamics simulations to compare capacity models for production planning, WSC '06: Proceedings of the 38th conference on Winter simulation, December 2006., pp. 1855 – 1862.
- [12] Venkateswaran J., Son Y. J., Jones A., Hierarchical production planning using a hybrid system dynamic-discrete event simulation architecture, WSC '04 : Proceedings of the 36th conference on Winter simulation, December 2004., pp. 1094 – 1102.
- [13] Liang T. F., Fuzzy multi-objective production/distribution planning decisions with multi-product and multi-time period in a supply chain, Computers and Industrial Engineering , Pergamon Press, Inc., Vol. 55, Iss. 3, October 2008., pp. 676-694.
- [14] Torabi S. A., Ebadian M., Tanha R., Fuzzy hierarchical production planning (with a case study), Fuzzy Sets and Systems , Elsevier North-Holland, Inc. Amsterdam, The Netherlands, Vol. 161, Iss. 11, June 2010., pp. 1511-1529.
- [15] Baykasoglu A., Gocken T., Multi-objective aggregate production planning with fuzzy parameters, Advances in Engineering Software , Elsevier Science Ltd. Oxford, UK, Vol. 41, Iss. 9, September 2010., pp. 1124-1131.
- [16] Wang R. C., Liang T. F., Application of fuzzy multi-objective linear programming to aggregate production planning, Computers and Industrial Engineering, Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA Vol. 46, Iss. 1, March 2004., pp. 17 – 41.
- [17] Al-Fawzan M. A., An algorithm for production planning in a flexible production system, Computers and Industrial Engineering , Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA, Vol. 48, Iss. 4, June 2005., pp. 681-691.
- [18] Omar M., Smith D. K., An optimal batch size for a production system under linearly increasing time-varying demand process, Computers and Industrial Engineering , Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA, Vol. 42, Iss. 1, April 2002., pp. 35 – 42.
- [19] Jamal A. M. M., Sarker B. R., Mondal S., Optimal manufacturing batch size with rework process at a single-stage production system, Computers and Industrial Engineering , Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA, Vol. 47, Iss. 1, August 2004., pp. 77 – 89.
- [20] Cárdenas-Barrón L. E., Economic production quantity with rework process at a single-stage manufacturing system with planned backorders, Computers and Industrial Engineering , Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA ,Vol. 57, Iss. 3, October 2009., pp. 1105-1113.
- [21] Sarker R. A., Khan L. R., An optimal batch size for a production system operating under periodic delivery policy, Computers and Industrial Engineering, Pergamon Press, Inc. Tarrytown, NY, USA, Vol. 37, Iss. 4, December 1999., pp. 711 – 730.
- [22] Balkhi Z. T., On the optimality of multi item integrated production inventory systems with variable parameters, AMERICAN-MATH'10: Proceedings of the 2010 American conference on Applied mathematics, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS) Stevens Point, Wisconsin, USA, January 2010., pp. 584-596.
- [23] Lucey T., Management Information Systems, 8 th Edition, Letts Educational, London, 1997.

**Линк техничког решења**

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

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

Број 2 – 157/13

30. 01. 2013. год.

**Ч А Ч А К**

На основу члана 84. Статута Факултета техничких наука факултета, чл. 20. ст. 5. Правилника о уџбеницима и другим наставним публикацијама бр. XXIV-1600/15 од 9. јула 2008. год., Наставно-научно веће, на седници одржаној 30. јануара 2013. год., донело је

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

Именују се рецензенти за техничко решење под називом "Компијутерска подршка за одређивање оптималног броја комада у серијској производњи", 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 Драган Љ. Милановић, ванр. проф., Машински факултет, Београд.

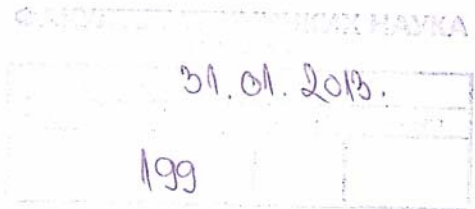
Доставити:

- именованима,
- архиви ННВ.



*Зек* Д Е К А Н 9  
ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА  
Проф. др Јерослав М. Живанић, дипл. инж. ел.





Одлуком Наставно научног већа Факултета техничких наука у Чачку број 2-157/13 од 30.01.2013. године именовани смо за рецензенте техничког решења „Компјутерска подршка за одређивање оптималног броја комада у серијској производњи“ аутора: проф. др Мирослава Радојичића, др Јасмине Весић Васовић, ванр.проф. и др Зоран Нешић, доцента са Факултета техничких наука у Чачку. На основу предлога овог техничког решења подносимо следећи

## ИЗВЕШТАЈ

Техничко решење „Компјутерска подршка за одређивање оптималног броја комада у серијској производњи“, чији су аутори др Мирослав Радојичић ред.проф., др Јасмина Весић Васовић, ванр.проф. и др Зоран Нешић, доцент приказано је на 10 страница формата А4, садржи 11 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 и
6. Могућности примене техничког решења

Поднето техничко решење је рађено у оквиру пројекта „Развој стохастичких модела утврђивања времена рада производних циклуса и њихова оптимизација за серијску производњу у металопрерађивачкој индустрији и процесима рециклаже“, број ТР35017, 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.

У креирању решења аутори полазе од чињенице да у савременој производњи у конкурентском окружењу глобалног тржишта кључно питање је како на тржиште пласирати производ високог квалитета, ниске цене, одговарајућег асортимана уз поштовање захтеваних рокова испоруке.

Цена коштања производње представља један од већег броја најугицајнијих фактора при одређивању величине серије. При планирању производње, од великог значаја представљају и захтеви тржишта, могућности производње, проблеми у испоруци делова у захтеваним роковима и друго. Величина производне серије има одговарајуће импликације на организовање производње и пословања предузећа.

Одређивање оптималне величине производне серије представља један од кључних елемената у организацији и припреми у производње. Ова израчунавања се могу вршити са различитих аспеката и критеријума оптимизације. Техно-економски приступ заснован на захтеву производње уз минималне трошкове представља један од најзначајнијих елемената при оваквој анализи. Величина производне серије има директан утицај на остале трошкове производње, односно на цену коштања. Због тога је овој проблематици поклања изузетан значај, као једном од кључних елемената у серијској производњи. Проблематика минимизације трошкова производње је, несумњиво, један од основних циљева пословне политике предузећа. У складу са тим и одређивање оптималне величине серије спада у једну од најзначајнијих активности оперативног планирања у производно оријентисаном предузећу.

Детаљним описом техничког решења приказан је пројектовани математички модел примењене методе израчунавања оптималне величине серије, као и карактеристике у ту сврху развијеног апликативног решења.

Поднето техничко решење омогућава одређивање економске величине серије у производњи у функцији снижења цене коштања производа, а тиме и већу тржишну конкурентност предузећа. Развијени модел оптимизације може имати широку примену у планирању и припреми производње у производно оријентисаним предузећима. Циљ реализованог техничког решења је да омогући производњу при најнижим трошковима сагласно конкретним условима и ограничењима у којима предузеће ради и послује.

Техничко решење омогућава да се утицај динамичких промена у окружењу узме у обзир и на ефикасан начин дође до оптималног броја комада које треба лансирати у датој серији. Свако лансирање нове серије захтева изнова израчунавање оптималног броја комада који се лансира како би се постигли најнижи трошкови производње, а то се пројектованим решењем ефикасно реализује.

Пројектовани модел омогућава, пре свега одређивање економске величине оптималне серије што омогућава адекватно реаговање у смислу лансирања допуштиво већег или мањег броја комада у односу на израчунати оптимум, а у зависности од 4 наведене варијанти које се при том могу појавити.

Дизајнирани техно-економски модел несумњиво представља један од најзначајнијих приступа у одређивању оптималне величине серије у серијској производњи. Модел оптимизације представљен у овом раду се заснива на егзактним показатељима и прорачуну трошкова у функцији од броја комада у серији. Анализом су обухваћени трошкови производње сведени на јединицу производње. На овај начин се стварају услови да се субјективни утицај човека на доношење коначног решења сведе на најмању меру, да се побољша квалитет одлучивања, планирања и припреме производње.

Развијена софтверска подршка је тако методички развијена да омогућава стручњацима једноставну примену у производним предузећима како средње величине, тако и у малим предузетничким предузећима. Апликативно решење је развијено у MS Access-у. Већи број елемената утиче на примену овакве платформе при развоју апликације, као и могућност формирања самосталних апликација које се могу имплементирати индивидуално. Са друге стране омогућава се даља надоградња апликације од стране самих корисника, као и примена у мрежном окружењу а тиме и њихова имплементација у компанијама, као и малим и средњим предузећима. У овом раду су приказани кључни елементи развоја приказаног апликативног решења, које се односи на пројектовање базе података и најважнијих сегмената програмског кода. Могућност интеграције са другим алатима од великог је значаја за крајњег корисника. У разматраном програмском решењу се у базу података уписују све вредности прорачуна елемената потребних за анализу времена трајања производног циклуса.

Суштина техничког решења представља формирање опште применљивог модела оптимизације који омогућава изналажење економски најповољније варијанте величине производне серије и за ту сврху развијене софтверске подршке.

Пројектовано решење омогућава универзалну примену од стране менаџмента и представља јединствену, компјутерску подршку развијеном моделу оптимизације броја комада у серији у функцији смањења цене коштања.

Резултати ових истраживања и могућности примене пројектованог решења презентирани су стручној и научној јавности у раду публикованом у међународном часопису са СЦИ листе. Решење је прихваћено за коришћење у производно оријентисаном предузећу.

## МИШЉЕЊЕ

Аутори техничког решења под називом „Компјутерска подршка за одређивање оптималног броја комада у серијској производњи“ су јасно приказали и теоријски обрадили комплетну структуру техничког решења.

Суштина техничког решења представља формирање опште применљивог модела оптимизације који омогућава изналажење економски најповољније варијанте величине производне серије и за ту сврху развијене софтверске подршке, у функцији смањења цене коштања.

Реализовано техничко решење омогућава да се истакне реални економски значај величине серије у производњи, односно да покаже величину утицаја броја комада у серији на укупну цену коштања, као и да омогући одговарајуће прорачуне и повећа квалитет одлучивања, оперативног планирања и терминирања. То даље отвара могућност сазнања које су то прихватљиве границе одступања у односу на израчунати оптимум у специфичним ситуацијама када се то из неких других екстерних или интерних разлога намеће (због рокова испоруке, капацитета или утицаја неких стохастичких појава).



Техничко решење омогућава да се утицај динамичких промена у окружењу узме у обзир и на ефикасан начин дође до оптималног броја комада који треба лансирати у датој серији. Свако лансирање нове серије захтева изнова израчунавање оптималног броја комада који се лансира како би се постигли најнижи трошкови производње, а то се пројектованим решењем ефикасно реализује. Развијена компјутерска апликација осим што омогућава бржу и прегледнију анализу плана лансирања, даје и могућност симулације, односно анализе осетљивости добијених резултата на промену улазних параметара.

Посебно треба указати на то да се приказани апликативан модел оптимизације серије базира на економском критеријуму прозводње уз захтев за минималним трошковима производње по јединици производа, по комаду. Пројектовани модел омогућава, пре свега одређивање економске величине оптималне серије што омогућава адекватно реаговање у смислу лансирања допустиво већег или мањег броја комада у односу на израчунати оптимум. Развијени модел оптимизације може имати широку примену у планирању и припреми производње у производно оријентисаним предузећима.

Рецензенти са задовољством предлажу Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку да **прихвати техничко решење** рађено у оквиру пројекта ТР35017, под називом „Компјутерска подршка за одређивање оптималног броја комада у серијској производњи“ чији су аутори проф. др Мирослав Радојичић, др Јасмина Весић Васовић, ванр.проф. и др Зоран Нешић, доцент.

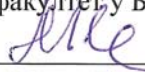
У Београду,  
31. јануара 2013. године

Рецензенти:

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

\_\_\_\_\_ 

2. Др Драган Љ. Милановић, ванр. проф.  
Машински факултет у Београду

\_\_\_\_\_ 



# VIBBET

Bulevar Oslobođilaca bb  
32 000 Čačak

tel... + 381 32 461 038 ...

+ 381 32 461 112 ...

fax... + 381 32 461 039 ...

E-mail.. vibbet@EUnet.rs

www.vibbet.com

Факултету техничких наука у Чачку  
Катедри за индустријски менаџмент

ТЕКУЋИ РАЧУН 160-248844-56

PIB 104241751

**Предмет: Потврда о коришћењу Техничког решења**

Техничко решење под називом „Компјутерска подршка за одређивање оптималног броја комада у серијској производњи,, реализовано од стране професора Факултета техничких наука у Чачку проф. др Мирослава Радојичића, др Јасмине Весић Васовић., ванр.проф и др Зорана Нешића, доцента, примењује се у предузећу „Vibbet“ Чачак, од 2012. године. Техничко решење је рађено у оквиру пројекта број ТР35017, финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

У Чачку,

јануара 2013.

Генерални директор

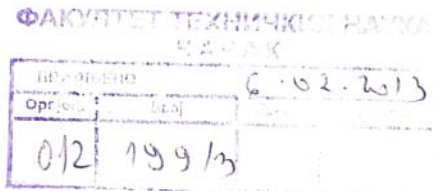
Војислав Видојевић, дипл.инж.грађ.





"BUDIS" d.o.o., SRBIJA  
32000 Čačak, Đorđa Tomaševića 242  
Tel:032/460-460 ; 452-452, fax:032/460-461  
Mat.br. 07634498 ; PIB:100898227  
TR. Raiffeisen banka:265-3020310003329-56  
www.budis.co.yu ; e-mail:budis@eunet.yu

Факултету техничких наука у Чачку  
Катедри за индустријски менаџмент



**Предмет: Потврда о коришћењу Техничког решења**

Техничко решење под називом „Компјутерска подршка за одређивање оптималног броја комада у серијској производњи,, реализовано од стране професора Факултета техничких наука у Чачку др Мирослава Радојичића, ред. проф., др Јасмине Весић Васовић, ванр.проф. и др Зорана Нешића, доцента, примењује се у предузећу „Будис“ д.о.о Чачак, од 2012. године. Техничко решење је рађено у оквиру пројекта број TR35017, финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

У Чачку,

31. јануара 2013.

Директор

Десимир Булут

DRUŠTVO SA OGRANIČENOM ODGOVORNOSTI  
"BUDIS"  
Br. 51-1  
31.01. 2013. год  
ČAČAK, Đorđa Tomaševića 242



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

Број 3 – 225/6

6. 02. 2013. год.

**Ч А Ч А К**

На основу члана 84. Статута Факултета техничких наука, Наставно-научно веће, на седници одржаној 6. фебруара 2013. год., донело је

**О Д Л У К У**

**I ПРИХВАТА СЕ** извештај рецензената и усваја техничко решење под називом: "Компјутерска подршка за одређивање оптималног броја комада у серијској производњи", 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 реализовано је у оквиру Пројекта бр. TR35017.

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

Доставити:

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

д.п.

**ДЕКАН**

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



Handwritten signature in blue ink, extending from the stamp to the right.