Procena troškova proizvodnje u fazi razvoja proizvoda primenom fazi-neuronskih mreža

VLADIMIR V. TODI, Univerzitet u Novom Sadu,

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

ILIJA P. OSIĆ, Univerzitet u Novom Sadu,

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

ZDRAVKO M. TEŠIĆ, Univerzitet u Novom Sadu,

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

BOGDAN D. KUZMANOVIĆ, Univerzitet u Novom Sadu,

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

NEMANJA Z. TASIĆ, Univerzitet u Novom Sadu,

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Originalni naučni rad

UDC: 005.21:004.032.26

657.47

DOI: 10.5937/tehnika1605749T

Procena troškova proizvodnje u fazi razvoja proizvoda, ima značajan uticaj na dostizanje i održavanje kompetitivnosti proizvoda na tržištu i ciljnog profita, kao primarnog cilja proizvodnje. Vrednovanjem pojedinih varijanti konceptualnog i preliminarog konstrukcionog rešenja novog proizvoda i izborom rešenja koje ima najmanje troškove proizvodnje, vrši se upravljanje ciljnim troškovima, odnosno ciljnim profitom. U radu je prikazana primena fazi-neuronskih mreža za procenu troškova proizvodnje u fazi razvoja proizvoda na primeru valjkastih jednorednih kotrljajućih ležaja.

Ključne reči: procena, troškovi, proizvodnja, fazi-neuronske mreže

1. UVOD

U životnom ciklusu proizvoda, faza razvoja ima poseban značaj, jer se usvojenim rešenjima novog ili poboljšanog proizvoda, koja se vrše u ovoj fazi, definišu elementi integralnog kvaliteta sa aspekta svih faza životnog ciklusa proizvoda. Pojam razvoja podrazumeva brojne aktivnosti koje su usmerene na stvaranje tržišno kompetitivnog i profitabilnog proizvoda. Greške koje mogu nastati u fazi razvoja otklanjaju se na vreme, pre procesa proizvodnje.

Proces razvoja proizvoda, u savremenim uslovima je tržišno orijentisan, jer proizvod, osim funkcionalnih, treba posedovati i druge tržišne vrednosti kao što su cena, estetika, pouzdanost, statusni simbol, itd. Zbog toga se proces razvoja proizvoda može posmatrati iz tri generičke perspektive, kao što su, slika 1:

- Poslovni procesi
- Preduzeće i
- Proizvod

Slika 1 - Razvoj proizvoda kroz tri generičke perspektive [1]

Razvoj proizvoda iz perspektive poslovnih procesa obuhvata razvoj poslovnih aktivnosti koje se odnose na finansije, tržište, marketing i opšte poslovne procese. Iz ove perspektive, razvoj proizvoda vrši se primenom metoda finansijske analize, analize tržišta, modeliranja poslovnih procesa, kao i strategijama patentiranja i intelektualne svojine.

Razvoj proizvoda iz perspektive preduzeća obuhvata realizaciju aktivnosti u okviru odgovarajućih odeljenja preduzeća, pre svega odeljenja za istraživanje i analizu tržišta, razvoj poslovnih procesa, proizvoda,

Adresa autora: Vladimir Todi, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6

Rad primljen: 18.04.2016.

Rad prihvaćen: 10.05.2016.

proizvodnju, distribuciju, prodaju, marketing, servis i popravke iz upotrebe.

Perspektiva razvoja proizvoda obuhvata sve aktivnosti u okviru razvoja, kao što su organizacija i planiranje, analiza dizajna, plana i cilja razvoja, konceptualno i detaljno projektovanje, izrada prototipa, vrednovanje proizvoda i procesa i planiranje proizvodnje.

Uticaj razvoja na troškove pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda, naročito na troškove proizvodnje, je

Slika 2 - Prostor neodređenosti u projektovanju i proizvodnji proizvoda [3]

Projektovanje je fundamentalna i kreativna aktivnost procesa razvoja proizvoda, koja sledi posle izbora ideje i planiranja novog proizvoda. Razvijeni modeli projektovanja mogu se svrstati u grupu deskriptivnog i perskriptivnog projektovanja. U razvoju perskriptivnih modela projektovanja društvo profesionalnih inženjera Nemačke, VDI 2221, imalo je značajan doprinos.

Pahl i Beitz [4] razvili su model projektovanja, sa fazama kao što su:

- Definisano zadatka u kome se prikupljaju informacije o zahtevima koji su sadržani u rešenju i ograničenjima,
- Konceptualno projektovanje u kome se uspostavlja funkcija strukture, pretraživanje principa rešenja, kombinovanje konceptualnih varijanti i evaluacija,
- Projektovanje oblikovanjem, u kome projektant određuje raspored i oblike i razvija proizvod u skladu sa tehničkim i ekonomskim kriterijumima i
- Detaljno projektovanje u kome se definišu sklopovi, oblici, dimenzije i osobine svih delova, definišu materijali, izrađuju svi crteži i proizvodna dokumentacija.

Evaluacija konceptualnih varijanti novog proizvoda, koja se vrši u drugoj fazi modela projektovanja [4], podrazumeva i procenu troškova faza životnog ciklusa proizvoda, posebno procenu troškova proizvodnje i profita, primenom neke od metoda za procenu troškova.

izrazito velik, jer greške koje mogu nastati u fazi konceptualnog i preliminarog projektovanja mogu uticati na povećanje troškova proizvodnje i preko 60%.

Donošenje kvalitetnih odluka i rešenja u fazi konceptualnog i preliminarog projektovanja proizvoda, i pored primene savremenih inženjerskih alata za projektovanje za izvrsnost [2] je složen proces, koji se rešava u prostoru neodređenosti u projektovanju i proizvodnji proizvoda, slika 2.

1.1 Metode za procenu troškova proizvoda

Za procenu troškova životnog ciklusa novog ili poboljšanog proizvoda, koja se vrši u fazi razvoja, u delu koji se odnosi na izbor i selekciju ideja za novi ili poboljšani proizvod, kao i kod ocene varijanti konceptualnih rešenja proizvoda, primenjuju se brojne savremene metode za procenu troškova, slika 3.

Kvalitativne metode su primarno bazirane na komparativnoj analizi novog proizvoda u odnosu na proizvode koji su realizovani u prethodnom periodu, u cilju identifikovanja sličnosti sa novim proizvodom. U ovom slučaju, troškovi sličnih realizovanih proizvoda u prethodnom periodu, predstavljaju osnovu za procenu troškova novog proizvoda.

Kvantitativne metode, sa druge strane, bazirane su na detaljnoj analizi dizajna proizvoda, njegovim karakteristikama i odgovarajućim proizvodnim procesima, umesto jednostavnog oslanjanja na podatke iz prošlosti ili na ekspertsko znanje. U poređenju sa kvalitativnim metodama, ove metode obezbeđuju precizniju procenu troškova proizvoda.

Grupu kvalitativnih metoda čine intuitivne i analogne metode, dok grupu kvantitativnih metoda čine parametarska i analitičke metode. U savremene metode za procenu troškova pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda, osim neuronskih mreža, fazi logike i ekspertnih sistema, spadaju i fazi-neuronske mreže, čija je primena za procenu troškova proizvodnje u fazi razvoja proizvoda prikazana u ovom radu.

Slika 3 - Sistematizacija metoda za procenu troškova proizvoda, [5]

2. PROCENA TROŠKOVA PROIZVODNJE PRIMENOM FAZI-NEURONSKIH MREŽA

Hibridni neuro-fazi sistemi ine modernu klasu ovih sistema u kojima neuronska mreža i fazi sistem ine homogenu strukturu. Ovi sistemi mogu se uslovno shvatiti kao neuronska mreža koja se karakteriše fazi parametrima. Ovakvu vrstu arhitekture imaju ve široko koriš ene adaptivne neuro-fazi mreže, odnosno ANFIS modeli.

Osnovna ideja neuro-adaptivne tehnike u enja zasniva se na metodama fazi modelovanja i u enja na osnovu zadatog skupa podataka.

Izra unavanje parametara funkcija pripadnosti odvija se tako da odgovaraju i fazi sistem zaklju i vanja (FIS) sa najmanjom greškom odgovara zadatim parovima ulazno-izlaznih podataka.

Adaptive Neuro - Fuzzy Inference System (ANFIS) formira fazi sistem zaklju i vanja (FIS), kod kojeg su parametri funkcija lanica podešavani na osnovu algoritma povratne propagacije, ili u kombinaciji sa metodom najmanje kvadratne greške. Ovakav pristup omogu ava da fazi sistem u i na osnovu podataka koje modeluje [6] [7].

Adaptivni neuro-fazi sistemi predstavljaju specifi nu kombinaciju vešta kih neuronskih mreža i fazi logike, ime se objedinjuje sposobnost u enja vešta kih neuronskih mreža i logi ka interpretacija koja je karakteristika fazi logike. Osnovno pravilo obu avanja adaptivnih mreža zasniva se na gradijentnoj metodi, koji je 70-ih godina prošlog veka razvio Werbos.

2.1. Obu avanje, testiranje i validacija fazi-neuronskih mreža

Obu avanje, testiranje i validacija fazi-neuronske mreže, odnosno ANFIS modela u okviru programskog paketa MATLAB, izvršena je na osnovu podataka izabrane grupe sli nih proizvoda koju ine 93 radijalna kugli na ležaja, sa 24 razli ita konstrukciona oblika, odnosno tipa, od kojih se neki pojavljuju u više dimenzija [8], tabela 1. Troškovi proizvodnje ovih ležaja u posmatranom preduze u su poznati. Grupa me usobno sli nih kugli nih ležaja, ija je sli nost bazirana na konstrukcionoj i sli nosti tehnološkog

processa proizvodnje, izabrana je primenom internog klasifikatora posmatranog preduze a.

Za testiranje obu ene fazi-neuronske mreže koriš eni su podaci za deset ležaja iz pomenute grupe, a za validaciju druga grupa koju ini deset ležaja.

Tabela 1. Troškovi proizvodnje sli nih proizvoda

R.Br.	Dimenzije i masa ležaja				OZNAKA	T _{pr} €/kom
	d	D	B	m		
1.	15	35	11	0,04	1726202-	2,05
2.	17	40	12	0,06	1726203-	1,69
3.	20	47	14	0,10	1726204-	1,49
4.	25	52	15	0,11	1726205-	2,79
5.	30	62	16	0,18	1726206-	1,56
6.	35	72	17	0,25	1726207-	4,35
7.	40	80	18	0,32	1726208-	2,24
8.	45	85	19	0,37	1726209-	6,14
9.	50	90	20	0,41	1726210-	3,06
10.	55	100	21	0,56	1726211-	7,93
11.	60	110	22	0,75	1726212-	9,05
12.	65	120	23	0,94	1726213-	10,2
13.	12	40	22,1	0,09	UE 203/12	2,33
14.	20	47	25,5	0,11	UE 204 2S	2,20
15.	25	52	27,2	0,14	UE 205 2S	2,56
16.	30	62	33	0,23	UE 206 2S	3,97
17.	35	72	33	0,31	UE 207 2S	5,17
18.	40	80	36	0,43	UE 208 2S	6,48
19.	45	85	37	0,48	UE 209 2S	7,18
20.	50	90	38,8	0,54	UE 210 2S	7,78
21.	12	40	27,4	0,09	LE 203/12	3,31
22.	25	52	34,1	0,17	LE 205 2F	3,82
23.	30	62	38,1	0,28	LE 206 2F	3,37
24.	35	72	42,9	0,41	LE 207 2F	5,64
25.	40	80	49,2	0,55	LE 208 2F	4,54
26.	45	85	49,2	0,60	LE 209 2F	7,52
27.	50	90	51,6	0,69	LE 210 2F	6,20
28.	55	100	55,6	0,94	LE 211 2F	11,08
29.	60	110	65,1	1,30	LE 212 2F	10,75
30.	65	120	68,3	1,70	LE 213 2F	17,07
31.	70	125	69,9	1,90	LE 214 2F	18,79
32.	75	130	73,3	2,10	LE 215 2F	21,19
33.	80	140	77,8	2,80	LE 216 2F	35,74
34.	85	150	81	3,30	LE 217 2F	22,41
35.	90	160	89	4,10	LE 218 2F	58,08
36.	100	180	98,4	5,65	LE 220 2F	71,54
37.	110	240	117	15,1	LE 322 2F	101,64

R.Br.	Dimenzije i masa ležaja				OZNAKA	T_{pr} €/kom
	d	D	B	m		
38.	120	215	73,5	6,20	LE 224 2F	58,29
39.	12	40	28,6	0,09	UY 203/12	3,52
40.	20	47	31	0,11	UY 204 2S	3,87
41.	25	52	31	0,14	UY 205 2S	3,03
42.	30	62	35,7	0,23	UY 206 2S	5,01
43.	35	72	38,9	0,31	UY 207 2S	4,08
44.	40	80	43,7	0,43	UY 208 2S	7,40
45.	45	85	43,7	0,48	UY 209 2S	5,93
46.	50	90	43,7	0,54	UY 210 2S	9,50
47.	55	100	48,4	0,98	UY 211 2S	8,40
48.	60	110	53,3	1,30	UY 212 2S	15,26
49.	12	40	37,3	0,162	LY 203/12	2,24
50.	20	47	43,7	0,19	LY 204 2F	3,44
51.	25	52	44,4	0,23	LY 205 2F	3,62
52.	30	62	48,4	0,43	LY 205 2F	3,51
53.	35	72	51,1	0,68	LY 206 2F	6,12
54.	40	80	56,3	0,8	LY 207 2F	7,32
55.	45	85	56,3	1,08	LY 208 2F	8,60
56.	50	90	62,7	1,44	LY 209 2F	10,22
57.	55	100	71,4	1,86	LY 210 2F	11,04
58.	60	110	77,8	2,34	LY 211 2F	14,52
59.	65	120	85,7	2,95	LY 212 2F	18,82
60.	70	125	85,7	3,67	LY 213 2F	22,65
61.	75	130	92,1	4,40	LY 214 2F	27,08
62.	80	140	100	2,90	LY 215 2F	35,74
63.	90	150	106	3,54	LY 216 2F	42,72
64.	100	180	75	4,35	LY 220 2F	39,50
65.	110	240	141,3	17,20	LY 222 2F	47,19
66.	120	215	81	6,70	LY 224 2F	58,29
67.	20	47	34,1	0,16	LN 204 2F	3,34
68.	25	52	34,9	0,17	LN 205 2F	2,71
69.	30	62	36,5	0,30	LN 206 2F	4,48
70.	35	72	37,7	0,49	LN 207 2F	5,32
71.	40	80	42,9	0,58	LN 208 2F	5,39
72.	45	85	42,9	0,66	UE 208 2F	6,48
73.	50	90	42,9	0,76	LN 209 2F	7,45
74.	60	110	61,9	1,52	LN 210 2F	8,51
75.	70	125	68,2	2,25	LN 214 2F	23,71
76.	30	62	30	0,39	FKL	3,53
77.	35	72	34	0,54	FKL	5,45
78.	30	62	23,8	0,285	3206	4,21
79.	50	90	51,6	0,70	LE 210 2TB	6,49
80.	20	47	20,6	0,16	3204	3,37
81.	20	47	25,2	0,185	3204 T	3,55
82.	30	62	50	0,50	5206 KPP3	7,22
83.	17	47	24,2	0,20	SL 3303 2S	2,28
84.	16	40	43,88	0,218	SL 5203 2T	2,84
85.	16	45	18,67	0,23	06C04-2Z	2,05
86.	16	40	18,29	0,08	Q 203	2,13
87.	13	40	18,29	0,091	Q 203	2,13
88.	16	53	19,4	0,28	SL 5316 2T	3,28
89.	19	52	21,1	0,28	205 KRP2	3,51
90.	60	130	68,4	2,97	LY 312 2F	12,58
91.	50	81	30	0,42	209 KRR	9,19
92.	38	90	30	0,80	210 RRB6	15,37
93.	31	80	36,5	0,67	W 208	14,89

Troškovi proizvodnje izabrane grupe kotrljaju ih ležajeva nalaze se u bazi podataka za proizvode i obuhvataju direktne i indirektne troškove proizvodnje [9] koji su zasnovani na troškovima aktivnosti pojedinih funkcija preduzeća kao što su [10]:

- Upravljanje preduzećem
- Marketing
- Komercijalni poslovi
- Proizvodni proces
- Upravljanje finansijskim tokovima
- Upravljanje ljudskim resursima
- Logistika.

Troškovi funkcije razvoja koji se odnose na troškove razvoja proizvoda u posmatranom preduzeću obračunavaju se u iznosu 14% tržišne cene ležaja.

Obuhvatanje fazi-neuronske mreže izvršeno je primenom pomerene Gausove funkcije (gauss 2 mf), sa parametrima (1 3 3 4), a opseg ulaznih relevantnih parametara ležaja, u kojoj je izvršeno obuhvatanje je:

- Prečnik otvora, $d = (12-120)$ mm,
- Spoljašnji prečnik, $D = (35-240)$ mm,
- Širina, $B = (11-141)$ mm i
- Masa, $m = (0,04-17)$ kg/ležaju.

Na osnovu ulaznih podataka i podataka o troškovima proizvodnje izabrane grupe kotrljaju ih ležaja, određeni su korelacioni faktori izmeđ u ulaznih podataka i troškova proizvodnje, tabela 2.

Tabela 2. Korelacioni faktori

Ulazni podaci	Proizvodnja
d	0,85
D	0,89
B	0,78
m	0,85

Tačnost obuhvatanja, testiranja i validacije pomenute fazi neuronske mreže prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Tačnost obuhvatanja mreže

Iznos greske	Proizvodnja
Greška na 1000 epoha	2,4905
Greška treninga	2,491%
Greška testa	10,3441%
Greška validacije	1,7024%

Pri obuhvatanju fazi-neuronske mreže pojavljuje se određeni broj negativnih numeričkih vrednosti troškova, koje nastaju zbog nedostatka korišćenog programa. Ove vrednosti uklonjene su pre određivanja troškova proizvodnje novog proizvoda.

Grafički prikaz troškova proizvodnje (T_{pr}) u zavisnosti od ulaznih podataka koji se odnose na prečnik otvora (d), spoljašnji prečnik ležaja (D), širinu ležaja (B) i masu ležaja (m), dat je na slici 4.

Slika 4 - Grafi ki prikaz troškova proizvodnje (T_{pr})

3. PROCENA TROŠKOVA PROIZVODNJE NOVOG LEŽAJA

Prema internom klasifikatoru posmatranog preduze a, valjkasti jednoreдни ležaj, slika 5, kao novi proizvod, pripada grupi izabranih sli nih ležaja za koje su podaci dati u tabeli 1.

Pomenuti ležaj karakterišu isti ulazni parametri, odnosno podaci, kao i grupu izabranih sli nih ležaja.

Slika 5 - Valjkasti jednoreдни ležaj

Proizvodnja ovog ležaja, za koji su konstrukciona rešenja i materijali za pojedine delove naj eš e nametnuti zahtevima kupaca ili standardima za ovu vrstu

proizvoda, bi e realizovana u postoje im proizvodnim uslovima ovog preduze a, u koli inama koje odgovaraju serijskoj proizvodnji.

Obu ena fazi-neuronska mreža primenjena je za ocenu ekonomske opravdanosti proizvodnje valjkastog jednoreдного ležaja, kao novog proizvoda, sa dimenzijama koje su date u tabeli 4, za koje postoje proizvodne mogu nosti posmatranog preduze a i mogu nost plasmana na tržištu.

Tabela 4. Dimenzije valjkastih jednoreдных ležaja

Red br.	Dimenzije i masa ležaja				Oznaka
	d	D	B	m	
1.	35	72	17	0,304	NU 207 EM
2.	40	80	18	0,38	NU 208
3.	45	85	19	0,44	NU 209
4.	50	90	20	0,49	NU 210
5.	55	100	21	0,67	NU 211 EM
6.	70	150	35	2,89	NU 314 EM
7.	75	115	20	0,75	NU 1015 M
8.	80	140	26	1,60	NU 216 EM
9.	110	200	38	4,80	NU 222 E
10.	130	230	40	6,80	NU 226 EM

Koriš enjem obu ene fazi-neuronske mreže i zadavanjem odgovaraju ih ulaznih podataka a jednoreдни valjkasti ležaj, odre eni su troškovi proizvodnje (T_{pr}) ovih proizvoda, tabela 5.

Tabela 5. Troškovi proizvodnje jednoređnih valjkastih ležaja

Red. br.	Oznaka	Pre nik otvora	Spoljašnji pre nik	Širina ležaja	Masa	Troškovi PRP proizvodnje
		d	D	B	m	$T_{pr}(\text{€ kom})$
1.	NU 207	35	72	17	0.304	4.19
2.	NU 208	40	80	18	0.38	5.49
3.	NU 209	45	85	19	0.44	6.59
4.	NU 210	50	90	20	0.49	7.50
5.	NU 211	55	100	21	0.67	9.30
6.	NU 314	70	150	35	2.89	30.3
7.	NU 1015	75	115	20	0.75	8.93
8.	NU 216	80	140	26	1.60	20.20
9.	NU 222	110	200	38	4.80	58.20
10.	NU 226	130	230	40	6.80	58.10

Za tržišne cene posmatrane grupe jednoređnih valjkastih ležaja (C_T), koje određuje odgovaraju i proizvod konkurent na domaćem tržištu, određen je stvarni profit za pojedine dimenzije ovog ležaja, kao razlika $C_T - (T_{pr} + T_{ra})$, tabela 6, a na slici 6 dat je grafički

Tabela 6. Ocena profitabilnosti proizvodnje novih ležaja

R.Br.	DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	C_T	T_{pr}	T_{ra}	$C_T - (T_{ra} + T_{pr})$
	d	D	B	m		(€kom)			
1.	35	72	17	0.304	NU 207 EM	5.44	4.19	0.762	0.49
2.	40	80	18	0.38	NU 208	7.14	5.49	1.00	0.65
3.	45	85	19	0.44	NU 209	8.57	6.59	1.20	0.78
4.	50	90	20	0.49	NU 210	9.78	7.50	1.37	0.91
5.	55	100	21	0.67	NU 211 EM	12.21	9.30	1.71	1.20
6.	70	150	35	2.89	NU 314 EM	36.57	30.3	5.05	1.22
7.	75	115	20	0.75	NU 1015 M	12.71	8.93	1.64	2.14
8.	80	140	26	1.60	NU 216 EM	24.78	20.20	3.19	1.39
9.	110	200	38	4.80	NU 222 E	68.82	58.20	9.13	1.49
10.	130	230	40	6.80	NU 226 EM	70.43	58.10	10.70	1.63

Slika 6 - Tržišne cene i troškovi razvoja i proizvodnje

U posmatranom preduzeću ostvareni profit u proizvodnji grupe valjkastih jednoređnih ležaja je nezadovoljavajuć, pa je neophodno poboljšati proces proizvodnje u cilju smanjivanja troškova proizvodnje, jer izmena konstrukcije ležaja nije moguća.

4. ZAKLJUČAK

Procena troškova proizvodnje u fazi razvoja proizvoda primenom fazi-neuronskih mreža omogućava

prikaz tržišnih cena, kao i troškova razvoja i proizvodnje jednoređnih valjkastih ležaja.

Troškovi razvoja (T_{ra}), u tabeli 6, u posmatranom preduzeću određeni su u iznosu 14% tržišne cene odgovarajućih ležaja.

vrednovanje alternativnih konstrukcionih rešenja novog proizvoda, kao i usvajanje najpovoljnijeg procesa proizvodnje koji obezbeđuje zadovoljavajuću u profitabilnost proizvoda.

Prikazana mogućnost primene fazi-neuronskih mreža za procenu troškova proizvodnje u fazi razvoja proizvoda doprinosi podizanju svesti preduzeća u pogledu prikupljanja, sistematizacije i razvoja baze podataka za troškove proizvodnje realizovanih proizvoda. Obučene fazi-neuronske mreže za pojedine grupe sličnih proizvoda, iz postojećeg proizvodnog programa, za koje su troškovi proizvodnje poznati, čine značajnu bazu znanja posmatranog preduzeća.

5. ZAHVALNOST

Istraživanje za ovaj članak je sprovedeno u okviru projekta "Razvoj softvera za upravljanje remontom i ugradnjom kočionih sistema šinskih vozila", Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, br. 035050, za period 2011-2016. godine.

LITERATURA

- [1] Crawford M, Di Benedetto A, *New Products Management*, McGraw-Hill, New York, ISBN 978-0-07-340480-6, 2011
- [2] Herrmann J. A, Cooper J, Gupta S. K, Hyes C. C, Ishii K, Kazmer D, Sandborn P. A, Wood W. A, New Directions In Design For Manufacturing, *Proceedings of the 8th Design and Engineering Technical Conference*, DETC 2004-57770, Salt Lake City, Utah, pp. 853-861, ISBN 0-7918-4696-2, 2004.
- [3] Swift K. G, Booker J. D, *Process Selection: From Design to Manufacture*, Second edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, ISBN 0-7506-5437-6, 2003.
- [4] Pahl G, Beitz W, Feldhusen J, Grote K. H, *Engineering Design - A Systematic Approach*, Third edition, Springer-Verlag, London Limited, 2007.
- [5] Niazi A, Dai J. S, Balabani S, Seneviratne L, Product cost estimation: technique classification and methodology review, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, vol. 128, no. 2, pp. 563-575, 2006.
- [6] Jocković S, Ognjanović Z, Stankovski S, *Vešta ka inteligencija, inteligentne mašine i sistemi*, Krug, Beograd, 1997.
- [7] Kukolj D, *Sistemi zasnovani na raunarskoj inteligenciji*, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2007.
- [8] Todi V, *Hibridni model upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda*, doktorska disertacija, je izrada u toku, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad 2016.
- [9] Gowthorpe C, *Upravljanje raunarskim unovodstvom*, Data Status, Beograd, 2008.
- [10] Josić I, Maksimović R, *Proizvodni menadžment*, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2014.

SUMMARY

ESTIMATION OF PRODUCTION COSTS IN PRODUCT DEVELOPMENT PHASE USING FUZZY-NEURAL NETWORKS

Estimation of production costs in the product development phase, has a significant impact on achieving and maintaining the competitiveness of products on the market and the target profit, as the primary goal of production. Evaluation of individual variants conceptual and preliminary structural solutions and new product selection of a solution that has the least cost of production, the drive is controlled target costs, and target profit. This paper presents an application of fuzzy-neural network to estimate the costs of production in the product development phase to the case of single row cylindrical roller bearings.

Key words: estimation, costs, production, fuzzy-neural network