Procena troškova reciklaže u fazi razvoja proizvoda

VLADIMIR V. TODI , Univerzitet u Novom Sadu,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
ILIJA P. OSI , Univerzitet u Novom Sadu,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
ZDRAVKO M. TEŠI , Univerzitet u Novom Sadu,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
BOJAN B. LALI , Univerzitet u Novom Sadu,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
NEMANJA Z. TASI , Univerzitet u Novom Sadu,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Originalni naučni rad
UDC: 657.47:658.567.3
DOI: 10.5937/tehnika1701109T

Procena troškova reciklaže u fazi razvoja proizvoda, ima značajan uticaj na upravljanje proizvodom na kraju njegovog životnog veka. Reciklaža koja obezbeđuje upravljanje proizvodom na kraju životnog veka, ima značajan doprinos u očuvanju životne sredine. Procena troškova reciklaže za pojedina alternativna rešenja preliminarne i konceptualne dizajna u fazi razvoja proizvoda, uključujući i mogućnost izbora različitih materijala za pojedine delove proizvoda, čini osnovu za upravljanje troškovima reciklaže. U radu je prikazana primena fazi-neuronskih mreža za procenu troškova reciklaže u fazi razvoja proizvoda na primeru valjkastih jednorednih kotrljajućih ležajeva.

Ključne reči: reciklaža, troškovi, fazi-neuronske mreže

1. UVOD

Razvoj novih proizvoda i usluga, kao proces koji je izazvan željom ljudi da žive kvalitetnije, istovremeno je ugrozio dva osnovna faktora održivog životnog standarda, koji se odnose na kvalitetnu životnu sredinu i dovoljnu količinu energije. Proizvode koji su na kraju životnog ciklusa, odnosno koji nisu u upotrebi, treba planski koristiti kao sekundarnu sirovinu i dodatni izvor energije. Primenom savremenih reciklažnih tehnologija ovi proizvodi se mogu transformisati u sirovine za dalju preradu ili za proizvodnju novih proizvoda.

Reciklaža je proces prerade materijala, proizvoda i delova, koji su povučeni iz upotrebe na kraju životnog ciklusa, sa ciljem da se dobiju novi materijali za proizvodnju istih ili drugih proizvoda. Reciklaža se može odnositi na preradu otpada koji je nastao u procesu proizvodnje ili na preradu proizvoda koji su povučeni iz upotrebe. Pri tome se, mogu izdvojiti dva najvažnija

efekta koji se postižu reciklažom otpada [1]:

- Smanjuje se eksploatacija izvora primarnih sirovina i energije, jer se otpad koristi kao sirovina i
- Smanjuje se količina otpada za deponovanje.

Početkom 70-ih godina prošlog veka EU je donela odluku i direktive za upravljanje proizvodima koji nisu za upotrebu, u literaturi poznatim kao otpad, da bi i naša zemlja upravljanje otpadom i zaštitu životne sredine svrstala u grupu nacionalnih interesa.

Zbog toga je u našoj zemlji zakonom definisano upravljanje otpadom, koje podrazumeva organizovano sakupljanje, sortiranje i reciklažu, razvojem i organizovanjem brojnih centara za reciklažu.

Prema direktivama EU, usvojene su najprihvatljivije strategije za upravljanje proizvodom na kraju životnog ciklusa, kao što su [2]:

- ponovna upotreba upotrebljivanih proizvoda,
- rekonstrukcija upotrebljivanih proizvoda,
- korišćenje upotrebljivanih proizvoda za rezervne delove,
- reciklaža sa demontažom,
- reciklaža bez demontaže i
- deponovanje upotrebljivanih proizvoda.

Adresa autora: Vladimir Todi , Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6, todicvladimir@gmail.com

Rad primljen: 12.09.2016.

Rad prihvaćen: 23.09.2016.

Ponovna upotreba upotrebljivanih proizvoda podrazumeva povrat odba enih proizvoda koji su još u funkciji i koji se mogu upotrebiti kao rezervni delovi, dok rekonstrukcija upotrebljivanih proizvoda podrazumeva osavremenjavanje ili poboljšanje njihovih performansi.

Reciklaža sa demontažom je strategija kojom se vrši odvajanje delova od različitog materijala pre prerade u procesu reciklaže. Kao primer reciklaže sa demontažom, može se navesti nemački pristup reciklaže starih automobila [1]. Ovi delovi, koji se razdvajanjem u postupku demontaže i selekcijom u zavisnosti od vrste materijala, ponovo prerađuju i koriste za proizvodnju istih ili drugih proizvoda.

Reciklaža bez demontaže je postupak kojim se vrši presovanje proizvoda i njegovo usitnjavanje, uz selekciju po vrsti materijala. Primer reciklaže bez demontaže odnosi se na američki pristup reciklaže starih automobila [1]. Deponovanje je, sa ekološkog tačke gledišta, najnepovoljnija strategija kojom se proizvodi odlazu na deponije.

2. OSNOVNE VRSTE RECIKLAŽE

Prema vrsti otpada, reciklažni procesi obuhvataju najvažnije vrste reciklaže, koje se odnose na reciklažu papira, stakla, pneumatika, plastike, građevinskog otpada, medicinskog otpada, drveta, metala, elektronskog i električnog otpada, starih vozila, baterija, akumulatora i bele tehnike. Prema vrsti, reciklažne tehnologije mogu biti mehaničke, hemijske i biološke [1, 3].

Osim prikupljanja, kao zajedničke aktivnosti za sve vrste reciklaže, najvažnije aktivnosti u okviru mehaničkih reciklažnih procesa su:

- demontaža,
- razvrstavanje,
- sečenje, drobljenje i mlevenje,
- presovanje,
- aglomeracija i
- pranje.

Osnovne karakteristike reciklažnih tehnologija, odnosno reciklaže pomenutih vrsta otpada, prikazane su u brojnim literaturnim izvorima, kao na primer [3], dok su u ovom radu prikazane samo osnovne aktivnosti procesa reciklaže metalnog otpada.

2.1. Reciklaža metalnog otpada

Metalni proizvodi, koji su isključivo iz upotrebe na kraju životnog ciklusa, mogu biti od različitih metala i njihovih legura, što u aktivnosti razvrstavanja zahteva njihovo grupisanje, pre svega, prema vrsti materijala.

Široki spektar materijala ovih proizvoda, kao sekundarne sirovine za reciklažu, zahteva korišćenje raznih reciklažnih tehnologija, ili njihovih kombinacija, u zavisnosti od komponenti materijala [4].

Prerada primarnih i sekundarnih sirovina, odnosno otpada, koja je zasnovana na pirometalurškoj, kombinovanoj i hidrometalurškoj obradi, sa odgovarajućim aktivnostima, prikazana je na slici 1.

Slika 1 - Prikaz zajedničke prerade primarnih i sekundarnih sirovina [3]

Pirometalurška obrada obuhvata metalurške metode dobijanja metala iz ruda koje se odvijaju na višim temperaturama, dok hidrometalurška obrada na osnovi ima sečenje, kod kojeg dolazi do promene

jednog ili nekoliko sastojaka metala iz vrstog otpada u rastvor

3. POGODNOST ZA RECIKLAŽU KAO DEO KVALITETA NOVOG PROIZVODA

Projektovanje novog proizvoda u savremenim uslovima, koje nastaje kao rezultat rada elitnog

projektantskog tima, naj eš e organizovanog na konceptu simultanog inženjerstva, podrazumeva rešenje novog proizvoda koje je podobno za sve faze životnog ciklusa, od razvoja do reciklaže. Podrška takvom projektovanju zasnovana je na primeni DFX alata [5] namenjenih za projektovanje za izvrsnost, slika 2.

Slika 2 - Projektovanje za izvrsnost [5]

Tri osnovne DFX metodologije, koje se odnose na projektovanje proizvoda, proizvodnju, upotrebu, reciklažu i zaštitu životne sredine, omogu avaju razvoj i projektovanje novog proizvoda podobnog za:

- izradu (DFM),
- montažu (DFA),
- izradu i montažu (DFMA),
- demontažu (DFD),
- kvalitet (DFQ),
- reciklažu (DFR),
- životnu sredinu (DFE), itd.

Troškovi demontaže u fazi reciklaže i trajnog uklanjanja proizvoda esto su "skriveni" u fazi razvoja, zbog ega autori [6] predlažu elemente za testiranje proizvoda pogodnog za reciklažu, koji se odnose na demontažu, izdvajanje delova i materijala za ponovnu upotrebu, sortiranje, se enje i trajno uklanjanje otpada.

Zbog toga je još u okviru razvoja konceptualnog dizajna neophodno ugraditi sve elemente koji odre uju dizajn životnog ciklusa proizvoda, slika 3.

Slika 3 - Koncept dizajna životnog ciklusa [6]

U analizi DFX metodologija, koje se odnose na projektovanje novog proizvoda sa aspekta njegove pogodnosti za reciklažu, mogu se izdvojiti najvažniji elementi pogodnosti za reciklažu, me u kojima su [2]:

- pogodnost materijala delova proizvoda za topljenje,
- mogućnost upotrebe recikliranog metala za proizvodnju istih ili drugih proizvoda,

- mogu nost ponovne upotrebe odre enih delova koji se ne recikliraju,
- efikasna demontaža složenog proizvoda na podsklopove i delove,
- niski troškovi reciklaže, itd.

U svim fazama projektovanja proizvoda, od konceptualnog projektovanja, oblikovanja do detaljnog projektovanja, u savremenim uslovima primenjuju se odgovaraju i programski alati za vizuelizaciju, simulaciju, matemati ko modeliranje, 3D modeliranje, 2D projektovanje, dok se za ocenu pogodnosti za reciklažu u fazi razvoja novog proizvoda, pre svega u pogledu troškova reciklaže, koriste odre ene metode i modeli.

Procena pogodnosti, odnosno troškova reciklaže u fazi razvoja novog proizvoda, može da se vrši u okviru procene troškova svih faza životnog ciklusa proizvoda [7, 8, 9], ili u okviru procene troškova pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda [10, 11, 12].

U savremenim uslovima primene DFx metodologija za procenu i upravljanje troškovima reciklaže u fazi razvoja novog proizvoda mogu se koristiti i fazi-neuronske mreže.

4. PROCENA TROŠKOVA RECIKLAŽE PRIMENOM FAZI-NEURONSKIH MREŽA

Vešta ka inteligencija je deo ra unarskih nauka, koja se bavi projektovanjem inteligentnih ra unarskih sistema, odnosno sistema koji ispoljavaju osobine sli ne ljudskom ponašanju u pogledu u enja, rasu ivanja, rešavanja problema i razumevanje jezika. Glavni cilj vešta ke inteligencije je da se pomo u ra unara simulira ljudsko ponašanje koje je bazirano na znanju i koriš enju znanja.

Vešta ka inteligencija koristi brojne tehnike, me u kojima su neuronske mreže i fazi logika, ija se primena u odnosu na klasi ne ra unarske programe ogleda u samostalnom upravljanju simbolima, kao konceptima i idejama [13].

Vešta ke neuronske mreže predstavljaju familiju statisti kih modela mašinskog u enja na osnovu velikog broja ulaznih veli ina. Neke od osnovnih osobina i mogu nosti koje nude vešta ke neuronske mreže su adaptivnost, nelinearnost i nivo poverenja za donošenje odluka. Fazi logika, odnosno fazi sistemi, koji su zasnovani na teoriji fazi skupova, mogu se posmatrati kao generalizacija konvencionalnih ekspertnih sistema baziranih na pravilima.

U teoriji je mogu e izvršiti kombinovanje svih klasi nih tehnika vešta ke inteligencije, ali su do sada najbolje rezultate dale hibridne tehnike, nastale na bazi kombinacije klasi nih tehnika vešta ke inteligencije. U ovom radu primenjene su fazi-neuronske mreže, kao kombinacija vešta kih neuronskih mreža i fazi logike.

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

Obu avanje, testiranje i validacija izabrane fazi-neuronske mreže izvršena je primenom pomerene Gausove funkcije pripadnosti (gauss2mf), sa parametrima (1 3 3 4), koriš enjem podataka za troškove reciklaže izabrane grupe koju ine 93 konstrukciono sli na ležaja. Troškovi reciklaže ovih proizvoda, koji su prikupljeni u specijalizovanim preduze ima, koja se bave reciklažom metalnog otpada, bazirani su na troškovima aktivnosti reciklažnog procesa za ovu vrstu otpada kao što su:

- Prikupljanje otpada,
- Demontaža,
- Sortiranje komponenti,
- Izdvajanje delova za upotrebu,
- Pranje i odmaš ivanje,
- Drobljenje,
- Topljenje,
- Uklanjanje trajnog otpada, itd.

U okviru demontaže vrši se izdvajanje ležaja iz raznih vrsta pomenutih složenih proizvoda, kao i demontaža samog ležaja pre reciklaže. Troškovi demontaže koji se odnose na izdvajanje ležaja iz složenih proizvoda, zavise od vrste tih proizvoda, mesta ugradnje ležaja, stepena automatizacije demontaže, kao i dimenzija i mase ležaja.

Sortiranje obuhvata grupisanje eli nih i plasti nih delova, kao i delova za ponovnu upotrebu koji se odnose na vijke i zaptivke. Prikupljeni podaci o troškovima reciklaže sistematizovani su i prikazani u tabeli 1, u zavisnosti od dimenzija i mase ležaja. Ovi troškovi predstavljaju prose ne vrednosti troškova svih aktivnosti reciklaže koje su ranije pomenute. 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.

Pomenutu grupu sli nih ležaja karakterišu isti ulazni parametri, koji se odnose na pre nik otvora (d), spoljašnji pre nik (D), širinu (B) i masu ležaja (m). Opseg pomenutih parametara izabrane grupe ležaja iznosi:

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

Na osnovu ulaznih parametara i podataka o troškovima reciklaže izabrane grupe kotrljaju ih ležaja, odre eni su korelacioni faktori izme u ulaznih parametara i troškova reciklaže, koji za pre nik otvora, spoljašnji pre nik, širinu i masu ležaja iznose, respektivno: 0,85; 0,90; 0,81 i 0,90.

Tabela 1. Troškovi reciklaže sli nih proizvoda

DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	Recikl aža
d	D	B	m		T_{re} (€ko m)
15	35	11	0,04	1726202-	0,36
17	40	12	0,06	1726203-	0,30
20	47	14	0,10	1726204-	0,28
25	52	15	0,11	1726205-	0,50
30	62	16	0,18	1726206-	0,32
35	72	17	0,25	1726207-	0,80
40	80	18	0,32	1726208-	0,47
45	85	19	0,37	1726209-	1,14
50	90	20	0,41	1726210-	0,64
55	100	21	0,56	1726211-	1,50
60	110	22	0,75	1726212-	1,74
65	120	23	0,94	1726213-	1,99
12	40	22,1	0,09	UE 203/12 2S	0,42
20	47	25,5	0,11	UE 204 2S	0,40
25	52	27,2	0,14	UE 205 2S	0,47
30	62	33	0,23	UE 206 2S	0,73
35	72	33	0,31	UE 207 2S	0,96
40	80	36	0,43	UE 208 2S	1,21
45	85	37	0,48	UE 209 2S	1,35
50	90	38,8	0,54	UE 210 2S	1,47
12	40	27,4	0,09	LE 203/12	0,58
25	52	34,1	0,17	LE 205 2F	0,69
30	62	38,1	0,28	LE 206 2F	0,65
35	72	42,9	0,41	LE 207 2F	1,07
40	80	49,2	0,55	LE 208 2F	0,93
45	85	49,2	0,60	LE 209 2F	1,44
50	90	51,6	0,69	LE 210 2F	1,25
55	100	55,6	0,94	LE 211 2F	2,14
60	110	65,1	1,30	LE 212 2F	2,19
65	120	68,3	1,70	LE 213 2F	3,37
70	125	69,9	1,90	LE 214 2F	3,72
75	130	73,3	2,10	LE 215 2F	4,18
80	140	77,8	2,80	LE 216 2F	6,83
85	150	81	3,30	LE 217 2F	4,74
90	160	89	4,10	LE 218 2F	10,96
100	180	98,4	5,65	LE 220 2F	13,68
110	240	117	15,1	LE 322 2F	21,55
120	215	73,5	6,20	LE 224 2F	11,62
12	40	28,6	0,09	UY 203/12	0,62
20	47	31	0,11	UY 204 2S	0,68
25	52	31	0,14	UY 205 2S	0,55
30	62	35,7	0,23	UY 206 2S	0,91
35	72	38,9	0,31	UY 207 2S	0,77
40	80	43,7	0,43	UY 208 2S	1,37
45	85	43,7	0,48	UY 209 2S	1,14
50	90	43,7	0,54	UY 210 2S	1,75
55	100	48,4	0,98	UY 211 2S	1,7
60	110	53,3	1,30	UY 212 2S	2,95
12	40	37,3	0,162	LY 203/12 2F	0,42
20	47	43,7	0,19	LY 204 2F	0,63
25	52	44,4	0,23	LY 205 2F	0,68
30	62	48,4	0,43	LY 205 2F	0,72

35	72	51,1	0,68	LY 206 2F	1,23
40	80	56,3	0,8	LY 207 2F	1,47
45	85	56,3	1,08	LY 208 2F	1,76
50	90	62,7	1,44	LY 209 2F	2,14
55	100	71,4	1,86	LY 210 2F	2,41
60	110	77,8	2,34	LY 211 2F	3,13
65	120	85,7	2,95	LY 212 2F	4,04
70	125	85,7	3,67	LY 213 2F	4,89
75	130	92,1	4,40	LY 214 2F	5,86
80	140	100	2,90	LY 215 2F	6,86
90	150	106	3,54	LY 216 2F	8,22
100	180	75	4,35	LY 220 2F	7,92
110	240	141,3	17,20	LY 222 2F	13,06
120	215	81	6,70	LY 224 2F	11,77
20	47	34,1	0,16	LN 204 2F	0,61
25	52	34,9	0,17	LN 205 2F	0,50
30	62	36,5	0,30	LN 206 2F	0,84
35	72	37,7	0,49	LN 207 2F	1,04
40	80	42,9	0,58	LN 208 2F	1,08
45	85	42,9	0,66	UE 208 2F	1,28
50	90	42,9	0,76	LN 209 2F	1,48
60	110	61,9	1,52	LN 210 2F	1,88
70	125	68,2	2,25	LN 214 2F	4,65
30	62	30	0,39	FKL 306230	0,71
35	72	34	0,54	FKL 357234	1,07
30	62	23,8	0,285	3206 B.2RS1	0,79
50	90	51,6	0,70	LE 210 2TB	1,30
20	47	20,6	0,16	3204 B.2RS1	0,61
20	47	25,2	0,185	3204 T	0,65
30	62	50	0,50	5206 KPP3	1,36
17	47	24,2	0,20	SL 3303 2S	0,44
16	40	43,88	0,218	SL 5203 2T	0,54
16	45	18,67	0,23	06C04-2Z	0,41
16	40	18,29	0,08	Q 203	0,38
13	40	18,29	0,091	Q 203	0,39
16	53	19,4	0,28	SL 5316 2T	0,63
19	52	21,1	0,28	205 KRP2	0,67
60	130	68,4	2,97	LY 312 2F	3,00
50	81	30	0,42	209 KRR	1,67
38	90	30	0,80	210 RRB6	2,81
31	80	36,5	0,67	W 208	2,70

Ta nost obu avanja, testiranja i validacije pome-
nute fazi neuronske mreže prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Ta nost obu avanja mreže

IZNOS GRESKE	RECIKLAŽA
Greška na 1000 epoha	0,4135
Greška treninga	0,41355%
Greška testa	1,8401%
Greška validacije	0,28027%

Grafi ki prikaz troškova reciklaže (T_{re}) obu ene
fazi-neuronske mreže u zavisnosti od ulaznih podataka
koji se odnose na pre nik otvora (d), spoljašnji pre nik
ležaja (D), širinu ležaja (B) i masu ležaja (m), dat je na
slici 4.

Slika 4 - Grafi ki prikaz troškova reciklaže (T_{re})

5. PROCENA TROŠKOVA RECIKLAŽE NOVOG PROIZVODA

Procena troškova reciklaže valjkastog ležaja, slika 5, sa dimenzijama datim u tabeli 3, izvršena je primenom obu ene fazi-neuronske mreže.

Slika 5 - Valjkasti jednoredni ležaj

Valjkasti jednoredni ležaj, kao novi proizvod, pripada grupi pomenutih sli nih proizvoda i karakteriše ga isti ulazni parametri.

Koriš enjem obu ene fazi-neuronske mreže i zadavanjem odgovaraju ih ulaznih parametara za jednoredni valjkasti ležaj, odre eni su troškovi reciklaže ovih proizvoda, tabela 4.

Tabela 3. Dimenzije valjkastih jednorednih ležaja

R.BR.	DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA
	d	D	B	m	
1.	35	72	17	0,304	NU 207
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
6.	70	150	35	2,89	NU 314
7.	75	115	20	0,75	NU 1015
8.	80	140	26	1,60	NU 216
9.	110	200	38	4,80	NU 222
10.	130	230	40	6,80	NU 226

Tabela 4. Troškovi reciklaže jednorednih valjkastih ležaja

Red. br.	Oznaka	Pre nik otvora d	Spoljašnji re nik D	Širina ležaja B	Masa m (kg/kom)	Troškovi PRPproizvodnie T_{re} (€ kom)
1.	NU 207 EM	35	72	17	0,304	0,78
2.	NU 208	40	80	18	0,38	1,03
3.	NU 209	45	85	19	0,44	1,24
4.	NU 210	50	90	20	0,49	1,41
5.	NU 211 EM	55	100	21	0,67	1,74
6.	NU 314 EM	70	150	35	2,89	8,64
7.	NU 1015 M	75	115	20	0,75	1,69
8.	NU 216 EM	80	140	26	1,60	4,88
9.	NU 222 E	110	200	38	4,80	13,00
10.	NU 226 EM	130	230	40	6,80	12,00

U posmatranom primeru procene troškova reciklaže jednogrednog valjkastog ležaja, uzeta je u obzir samo jedna varijanta konstrukcionog rešenja i jedna vrsta materijala za pojedine delove, jer su zahtevi u pogledu konstrukcionog rešenja i vrste materijala za pojedine delove ležaja određeni standardom za ovu vrstu proizvoda.

6. ZAKLJUČAK

Procena troškova reciklaže u fazi razvoja novog proizvoda predstavlja osnovu za upravljanje troškovima reciklaže na kraju životnog veka proizvoda, jer se procenom troškova za pojedina alternativna rešenja konceptualnog i preliminarog dizajna proizvoda može izabrati rešenje sa najnižim troškovima reciklaže.

Upravljanje troškovima reciklaže u fazi razvoja novog proizvoda vrši se u okviru upravljanja troškovima i drugih faza životnog ciklusa proizvoda, pre svega, troškovima proizvodnje i upotrebe.

Obuene fazi-neuronske mreže za procenu i upravljanje troškovima reciklaže u fazi razvoja novog proizvoda predstavljaju značajan deo baze znanja, neophodne za primenu DFX metodologije projektovanja proizvoda sa aspekta pogodnosti za reciklažu.

Prikazani koncept upravljanja troškovima reciklaže omogućava procenu troškova reciklaže u fazi razvoja novog proizvoda, dok je upravljanje ovim troškovima moguće samo u slučaju kada je u fazi razvoja novog proizvoda moguće postaviti alternativna rešenja konstrukcije i materijala proizvoda, odnosno delova proizvoda.

Osnovni pravci budućih istraživanja odnose se na istraživanje mogućnosti automatizovanog prepoznavanja i izbora svih proizvoda za koje su troškovi reciklaže poznati, kao i mogućnost primene drugih metoda veštačke inteligencije za procenu troškova reciklaže.

7. ZAHVALNOST

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

LITERATURA

- [1] Badida M, Bosak M.: *a kol: Recyklacia a recykla ne technologie*, Stojnicka fakulta TU Košice, Košice, 2007.
- [2] Bošić I, Lazarević M.: *Tehnologije demontaže proizvoda*, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2012.
- [3] Badida, M, Šoš L, Hodolić J, Bosak M.: *Recyklacia a recykla ne technologie II, 1. ast*, Strojni fakulta TU Košice, Košice, 2010.
- [4] Teng, L.D, Seetharaman S, Nzotta M. Retention, recovery and recycling of metal values from high alloyed steel slags, *Archives of metallurgy and materials*, Vol.55, No 4, pp. 1097-1104, 2010.
- [5] 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, 2004.
- [6] Jovane F, Altling L, Armillotta A, Eversheim W, Feldmann K, Seliger G, Roth N. A Key Issue in Product Life Cycle: Disassembly, *Annals of the CIRP*, Vol. 42, No.2, 1993.
- [7] Newnes L. B, Mileham A R, Cheung W. M, Marsh R, Lanham J. D, Saravi M. E, Bradbery R.W. Predicting the whole-life cost of a product at the conceptual design stage, *Journal of Engineering Design* Vol. 19, No. 2, pp.99-112, 2008.
- [8] Folgado R, Pecas P, Henriques E. Life cycle cost for technology selection: A Case study in the manufacturing of injection moulds, *Int. J. Production Economics*, Vol. 128, pp. 368-378, 2010.
- [9] Xu, Y, Elgh, F, Erkoyuncu J.A, Bankole O, Goh Y, Cheung W.M, Baguley P, Wang, Q, Arundachawat, P, Shehab E, Newnes L, Roy R. Cost Engineering for manufacturing: Current and future research, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 25, No.4-5, pp. 300-314, 2012.
- [10] Witik, R.A, Payet J, Michaud V, Ludwig C, Manson J.-A. E. Assessing the life cycle costs and environmental performance of lightweight materials in automobile applications, *Composites: Part A*, Vol. 42, pp. 1694-1709, 2011.
- [11] Haifeng L, Vivekanand G, Kim T. N. Q, Wee-Keong, N, Regression models for estimating product life cycle cost, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 20, pp.401-408, 2009.
- [12] Newnes, L, Valerdi, R.: Special issue on Through Life Cost estimating, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 25, No. 4-5, pp.297-299, 2012.
- [13] Jocković S, Ognjanović Z, Stankovski S.: *Vešta ka inteligencija, inteligentne mašine i sistemi*, Krug, Beograd, 1997

SUMMARY

ASSESSMENT OF RECYCLING COSTS IN PRODUCT DEVELOPMENT STAGE

Assessment of recycling costs in the product development phase has a significant impact on the management of the product at the end of its lifetime. Recycling, which provides product management at end of life, has a significant contribution to environmental protection. Assessment of the recycling costs alternatives for certain preliminary and conceptual design in the product development phase, including the ability to choose different materials for individual parts of the product forms is the basis for managing the recycling costs. This paper presents an application of fuzzy neural network for assessment recycling costs in the product development phase for a single row cylindrical roller bearings.

Key words: *recycling, costs, fuzzy-neural networks*