



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
DEPARTMAN ZA INDUSTRIJSKO INŽENJERSTVO I MENADŽMENT



Vladimir Todić

**HIBRIDNI MODEL UPRAVLJANJA
TROŠKOVIMA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA
- DOKTORSKA DISERTACIJA -**

Novi Sad, 2016.



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска публикација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација
Аутор, АУ:	Владимир Тодић, Мастер инжењер менаџмента
Ментор, МН:	Др Илија Ћосић, професор емеритус
Наслов рада, НР:	Хибридни модел управљања трошковима животног циклуса производа
Језик публикације, ЈП:	Српски
Језик извода, ЈИ:	Српски/Енглески
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	АП Војводина
Година, ГО:	2016
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт
Место и адреса, МА:	Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	10/160/199/51/95/0/0
Научна област, НО:	Индустријско инжењерство и инжењерски менаџмент
Научна дисциплина, НД:	Производни системи, организација и менаџмент
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Производ, Животни циклус производа, Трошкови, Хибридни модел
УДК	
Чува се, ЧУ:	Библиотека Факултета техничких наука
Важна напомена, ВН:	
Извод, ИЗ:	<p>У оквиру предметне дисертације извршена је детаљна анализа развијених модела за процену и управљање трошковима животног циклуса производа и истакнут значај управљања овим трошковима у фази развоја производа.</p> <p>Животни циклус производа дефинисан је фазама развоја, производње, употребе и рециклаже, са одговарајућим активностима, као узрочницима трошкова. За овако дефинисани животни циклус развијен је хибридни модел управљања трошковима животног циклуса у фази развоја производа. Процена трошкова животног циклуса новог производа у овом моделу врши се применом фази неуронских мрежа, док се управљање трошковима врши развојем конструкције у фази концептуалног и прелиминарног развоја дизајна новог производа и усвајањем процеса производње која обезбеђује циљне трошкове и конкурентност производа на тржишту у погледу трошкова употребе и погодности за рециклажу.</p>
Датум прихватања теме, ДП:	25.06.2015.
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник: Др Радо Максимовић
	Члан: Др Зоран Анишић
	Члан: Др Никола Радаковић
	Члан: Др Љубомир Лукић
	Члан: Др Стеван Станковски
	Члан, ментор: Др Илија Ћосић
	Потпис ментора



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic publication
Type of record, TR :	Textual material, printed
Contents code, CC :	Doctorate dissertation
Author, AU :	Vladimir Todić
Mentor, MN :	Dr Ilija Ćosić
Title, TI :	Hybrid model of product lifecycle cost management
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian/English
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	AP Vojvodina
Publication year, PY :	2016
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 6
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	10/160/199/51/95/0/0
Scientific field, SF :	Industrial engineering and management
Scientific discipline, SD :	Production systems, organization and management
Subject/Key words, S/KW :	Product, Product life cycle, Costs, Hybrid model
UC	
Holding data, HD :	The Library of the Faculty of Technical Sciences
Note, N :	
Abstract, AB :	<p>In the context of this thesis, a detailed analysis of the developed models for assessing and managing the life cycle costs of products and highlighted the importance of managing these costs in the product development phase.</p> <p>The life cycle of a product is defined stages of development, production, use and recycling, with appropriate activities as cost drivers. For such a defined life cycle model developed hybrid life cycle cost management in the product development phase. Assessment of life cycle costs of a new product in this model is made with fuzzy neural network, while managing costs is performed at the stage of construction, development of conceptual and preliminary design development of new products and the adoption of production processes that ensures the target costs and the competitiveness of products in the market in terms of cost and use facilities for recycling.</p>
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	25.06.2015
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	
President:	Dr Rado Maksimović
Member:	Dr Zoran Anišić
Member:	Dr Nikola Radaković
Member:	Dr Ljubomir Lukić
Member:	Dr Stevan Stankovski
Member, Mentor:	Dr Ilija Ćosić
	Mentor's sign

SADRŽAJ

1. UVOD	4
1.1 PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA	5
1.2 OČEKIVANI REZULTATI, HIPOTEZE I OSOVNE METODE ISTRAŽIVANJA	6
1.3 PRIKAZ STRUKTURE ISTRAŽIVANJA	7
1.3.1 Osnovne celine disertacije	7
1.3.2 Kratak prikaz pojedinih poglavlja rada	7
2. ANALIZA RAZVIJENIH MODELA ZA PROCENU TROŠKOVA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA	9
2.1 GRUPNI PRIKAZ RADOVA	9
2.2 POJEDINAČNI PRIKAZ RADOVA	10
3. PROIZVODNJA, PROIZVOD I PROIZVODNI SISTEM	23
3.1 PROIZVOD I POJAM PROIZVODA	27
3.1.1 Pojam “proizvod”	27
3.1.2 Osnovne vrste proizvoda	28
3.2 PROIZVODNI SISTEM	31
4. ŽIVOTNI CIKLUS PROIZVODA	34
4.1 RAZVOJ PROIZVODA	42
4.1.1 Nastajanje ideje i planiranje novog proizvoda	49
4.1.2 Projektovanje proizvoda	52
4.1.2.1 Razvoj procesa projektovanja proizvoda	55
4.1.3 Tehnološki i proizvodni aspekti razvoja proizvoda	57
4.1.4 Ispitivanje proizvoda	58
4.1.4.1 Fizički prototip	59
4.1.4.2 Virtuelni prototip	59
4.1.4.3 Nulta i probna serija	61
4.2 PROIZVODNJA PROIZVODA	63
4.3 UPOTREBA PROIZVODA	69
4.3.1 Faza upotrebe proizvoda	69
4.3.2 Osnovne aktivnosti u fazi upotrebe proizvoda	69
4.4 RECIKLAŽA PROIZVODA	71
4.4.1 Osnove procesa reciklaže	72
4.4.1.1 Reciklaža proizvoda od plastike	73
4.4.1.2 Reciklaža metalnih proizvoda	74
4.4.1.3 Reciklaža proizvoda od gume	74
4.4.1.4 Reciklaža proizvoda od stakla	75
4.4.1.5 Reciklaža složenih proizvoda	76
4.4.1.6 Reciklaža elektronskog otpada	77
5. OSNOVNE VRSTE TROŠKOVA	79
5.1 SISTEMATIZACIJA TROŠKOVA PROIZVODA	80
5.2 METODE ZA OBRAČUN TROŠKOVA PROIZVODA	84
5.3 KALKULACIJE TROŠKOVA PROIZVODA	86

5.4 TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA	87
5.5 METODE ZA PROCENU TROŠKOVA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA	90
5.5.1 Intuitivne metode	91
5.5.2 Analogne metode	92
5.5.3 Parametarske metode	92
5.5.4 Analitičke metode	93
6. OSNOVE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE	96
6.1 VEŠTAČKE NEURONSKE MREŽE	96
6.1.1 Osnove veštačkih neuronskih mreža	96
6.1.2 Koncept učenja	98
6.2 FAZI LOGIKA	99
6.2.1 Funkcije pripadnosti i njihove osobine	99
6.2.2 Fazi sistemi zaključivanja	100
6.2.3 Faze sistema fazi zaključivanja	101
6.3 FAZI-NEURO SISTEMI	101
6.3.1 Struktura ANFIS sistema	102
6.3.2 FIS struktura i podešavanje	105
7. HIBRIDNI MODEL UPRAVLJANJA TROŠKOVIMA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA	106
7.1 METODE ZA IZBOR SLIČNIH PROIZVODA	110
7.1.1 Vizuelno prepoznavanje sličnih proizvoda	110
7.1.2 Izbor sličnih proizvoda primenom klasifikacionih sistema	111
7.1.3 Troškovi životnog ciklusa sličnih proizvoda	114
8. PRIMENA RAZVIJENOG MODELA	115
8.1 OSNOVNI DELOVI I PARAMETRI KOTRLJAJUĆIH LEŽAJA	116
8.2 IZBOR I PRIKAZ SLIČNIH LEŽAJA IZ POSTOJEĆEG PROIZVODNOG PROGRAMA	117
8.2.1 Izbor uzorka za analizu	117
8.2.2 Troškovi životnog ciklusa izabраниh sličnih ležaja	121
8.3 ODREĐIVANJE TROŠKOVA ŽIVOTNOG CIKLUSA NOVIH LEŽAJA	127
8.3.1 Troškovi faze razvoja	127
8.3.2 Troškovi faze proizvodnje	131
8.3.3 Troškovi faze upotrebe	134
8.3.4 Troškovi faze reciklaže	138
8.3.5 Ocena profitabilnosti proizvodnje novih ležaja	141
9. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA I ZAKLJUČCI	148
9.1 ANALIZA REZULTATA	148
9.2 ZAKLJUČCI	149
9.3 PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA	150
10. LITERATURA	151

1. UVOD

Stalni porast konkurentnosti na savremenom globalnom tržištu i dominacija visoko razvijenih društava, zahtevaju primenu novih tehnologija, znanja i inovacija u razvoju i poboljšanju proizvoda i proizvodnih procesa. Ubrzani razvoj nauke, proizvodnih i informacionih tehnologija sve više utiču na smanjenje ekonomskog veka proizvoda i istovremeno, utiču na razvoj i proizvodnju proizvoda širokog asortimana, visoke složenosti i kvaliteta. Zbog toga je imperativ savremenih proizvodnih sistema integracija, saradnja i simultano dejstvo poslovnih funkcija, među kojima su i funkcije razvoja i proizvodnje.

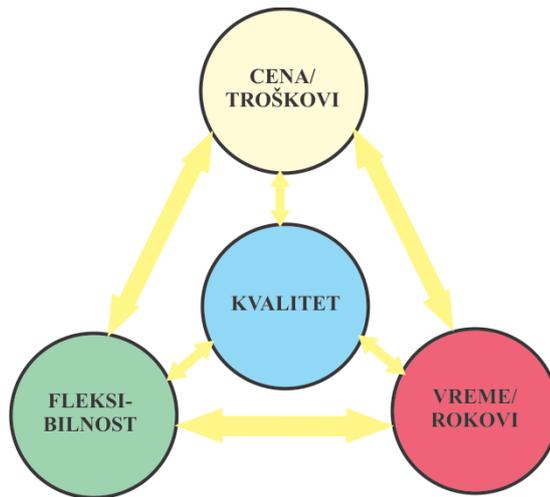
U uslovima globalne konkurentnosti na tržištu, kada je neophodno obezbediti procese poslovanja koji su bazirani na fleksibilnosti, brzjoj i inovativnoj proizvodnji, sve više zasnovanoj na procesima primene znanja i učenja, simultano i kolaborativno okruženje za razvoj i proizvodnju proizvoda može se obezbediti integracijom više preduzeća u cilju boljeg korišćenja i razmene resursa, znanja i informacija. Integracija preduzeća u savremenim uslovima obezbeđuje se umrežavanjem distribuiranih specijalizovanih preduzeća i poslovnih partnera, čime se prevazilaze fizička i vremenska ograničenja, jer se u okviru internet/intranet okruženja povezuju i integrišu dislocirani resursi za projektovanje i proizvodnju proizvoda, korisnici, kao i dobavljači i kupci. Na taj način efikasnije se rešavaju brojni izazovi koje nameće tržište, pre svega u pogledu potrošačkih preferencija, brzog razvoja novih proizvoda i postizanja tržišne kompetitivnosti, kvaliteta, cena i rokova isporuke proizvoda.

Nestabilnost potrošačkih preferencija i promena u kupovnoj moći potrošača, kao i nestabilnost konkurentne pozicije do koje dovode česte inovacije i povećanje broja konkurentskih proizvođača, su faktori koji proizvod čine vrlo dinamičnim instrumentom marketinga. Proizvodi su najnestabilniji činioци u ekonomskom sistemu, budući da svaki proizvod ima niz varijabilnih elemenata koji se moraju uzimati u obzir u sklopu analize tzv. necenovnih aspekata konkurencije među istorodnim proizvođačima.

Brz razvoj proizvoda, kao i njihovo efikasno pozicioniranje na tržištu u odnosu na konkurenciju, zahteva kvalitetno programiranje i strategiju razvoja proizvoda, koja podrazumeva primenu savremenih sistemskih prilaza, metoda i inženjerskih alata koji se koriste u procesu razvoja proizvoda, uz angažovanje kompetentnog inženjerskog, dizajnerskog i menadžerskog tima preduzeća, kao i značajnih finansijskih sredstava. Kvalitetno osmišljen program i strategija razvoja proizvoda i procesa proizvodnje ogleđa se, pre svega, u stepenu zadovoljenja zahteva kupaca, kao i u poziciji u odnosu na konkurenciju.

Razvoj savremenih preduzeća, dakle, karakteriše razvoj i primena nove generacije integrisanih, efikasnih i korisnički orijentisanih sistema za razvoj proizvoda i procesa proizvodnje, kao i sposobnost preduzeća da kontinualno unapređuje svoje konkurentne prednosti na globalnom tržištu, uzimajući, pri tome, u obzir uticaj internih faktora u preduzeću, kao i eksternih faktora, koji se odnose na ponudu i tražnju, naučna i tehnološka dostignuća, uticaj pravne regulative države, uticaj ekonomskih mera, uticaj društvenih vrednosti i zahteve vezane za odnos preduzeća prema životnoj sredini i bezbednosti na radu.

Pomenute osnovne karakteristike globalnog tržišta i zahteva kupaca pokazuju da su preduzeća prinuđena na neprekidno razvijanje i poboljšanje proizvoda i procesa proizvodnje, traženjem najpovoljnijih rešenja u prostoru koji je određen tetraedrom **kvalitet - cena/troškovi - vreme/rokovi - fleksibilnost**, prikazanom na slici 1.1.



Slika 1.1 Prostor odlučivanja u razvoju proizvoda i proizvodnje[45]

Imajući u vidu da su zahtevi tržišta u pogledu fleksibilnosti nametnuti potrebom proizvodnje raznovrsnih proizvoda visokog kvaliteta, modernog dizajna, niskih cena i kratkih rokova isporuke, zaključuje se da su troškovi proizvoda jedan od najvažnijih instrumenata poslovne politike koja se odnosi na upravljanje ciljnim troškovima, odnosno ciljnim profitom i konkurentnošću proizvoda na tržištu.

1.1 PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Životni ciklus proizvoda je termin koji se koristi kao sveobuhvatni analitički okvir za planski razvoj proizvoda i njegovo prilagođavanje zahtevima tržišta. Analizom celokupnog vremenskog puta proizvoda, od njegovih začetaka, preko vremena provedenog na tržištu, pa do trenutka povlačenja sa tržišta, ili odluke o produžetku životnog ciklusa, moguće je definisati određeni broj faza koje karakterišu odgovarajuće specifičnosti u pogledu aktivnosti koje se u njima odvijaju.

Životni ciklus proizvoda, koji čine faze razvoja, proizvodnje, upotrebe, reciklaže i trajnog odlaganja, realizuju se uz određene troškove, čiji su uzročnici aktivnosti u okviru pomenutih faza. Troškovi faza određuju troškove životnog ciklusa, koji imaju dominantan uticaj na tržišnu poziciju proizvoda u odnosu na konkurenciju, kao i na ekonomske efekte plasmana na tržištu.

Osnovne analize vezane za upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda su neophodne već u procesu njegovog razvoja, kada se vrednovanjem ukupnih troškova pojedinih - varijantnih rešenja dizajna i konstrukcije proizvoda, koja nastaju prilikom konceptualnog i preliminarnog razvoja, moraju uzeti u obzir sve faze životnog ciklusa proizvoda, te se tada iterativnim postupkom dolazi do najpovoljnijeg rešenja.

Za određivanje načina upravljanja troškovima životnog ciklusa novog proizvoda, koje se vrši u fazi razvoja, u ovom istraživanju će se uspostaviti i realizovati hibridni model, u kojem osnovu predstavlja teorija sličnosti, odnosno teorijsko znanje i praktično iskustvo koje je akumulirano u realizaciji - razvoju i proizvodnji proizvoda sličnih karakteristika, čiji su troškovi životnog ciklusa poznati.

Upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda je od posebnog značaja za rano predviđanje njegove tržišne pozicije, kako u odnosu na konkurenciju, tako i u pogledu procene profitabilnosti u vremenu.

Prema navedenom, predmet istraživanja u okviru ove doktorske disertacije obuhvata planiranje i upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda, koje se vrši u fazi razvoja.

Cilj istraživanja odnosi se na razvoj hibridnog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda, koji treba da doprinese sledećim, najvažnijim rezultatima:

- *Efikasno upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda, (u fazi razvoja proizvoda se vrši procena troškova svih faza životnog ciklusa),*
- *Povećanje svesti kompanija o neophodnosti posmatranja troškova celokupnog životnog ciklusa proizvoda, (procenjuje se značaj koji ovi troškovi mogu da imaju na konkurentnost proizvoda na tržištu),*
- *Kvalitetna procena profitabilnosti proizvoda na tržištu (procena i upravljanje ciljnim troškovima vrši se u fazi razvoja proizvoda, kada su moguće odgovarajuće izmene pre početka proizvodnje).*

1.2 OČEKIVANI REZULTATI, HIPOTEZE I OSNOVNE METODE ISTRAŽIVANJA

Osnovni, očekivani rezultat istraživanja u okviru ove doktorske disertacije je razvijen novi, originalan model upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda.

Na osnovu rezultata istraživanja u posmatranoj oblasti, postojećih saznanja, postavljenih ciljeva i očekivanih rezultata, definisane su sledeće hipoteze istraživanja na kojima je zasnovano istraživanje u okviru ove doktorske disertacije:

- *Hibridni model upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda omogućava bolju procenu vrednosti troškova u odnosu na klasične modele i*
- *Hibridni model omogućava upravljanje ukupnim troškovima, kao i troškovima pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda.*

Istraživanje će biti realizovano primenom specifičnih metoda koje su usaglašene sa prirodom istraživačkog problema. To su:

- intuiitivne, analogne, parametarske i analitičke metode kalkulacije i procene troškova životnog ciklusa proizvoda,
- fazi logika i fazi neuronski sistemi i
- analiza raspoloživih istorijskih podataka o razvoju, proizvodnji, plasmanu, ugradnji i reciklaži proizvoda koji su, kao uzorak, predmet istraživanja u ovoj doktorskoj disertaciji.

Teorijske osnove i način primene navedenih, specifičnih metoda su objašnjeni u posebnim poglavljima ove doktorske disertacije.

U okviru predmetnih istraživanja koristiće se i opšte metode analize i sinteze, kao i informacione tehnologije, pre svega određeni alati veštačke inteligencije.

1.3 PRIKAZ STRUKTURE DISERTACIJE

1.3.1 Osnovne celine disertacije

U skladu sa postavljenim ciljevima u okviru predmetne disertacije, realizovana istraživanja prikazana su u devet poglavlja, čija se struktura može podeliti na tri osnovne celine, ako se izuzmu uvodno poglavlje i prikaz korišćene literature.

Prva celina, obuhvaćena drugim, trećim, četvrtim i petim poglavljem, predstavlja teorijski deo predmetne disertacije, u okviru kojeg je dat prikaz i analiza razvijenih modela za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda i analiza zahteva savremenog globalnog tržišta u pogledu raznovrsnosti, kvaliteta, cena i rokova isporuke, koji su uticali na pravce razvoja i karakteristike proizvodnih procesa. U takvim uslovima proizvodnje, kada ekonomski vek proizvoda postaje sve kraći, troškovi životnog ciklusa postaju osnovni instrument poslovne politike, u delu koji se odnosi na upravljanje ciljnim troškovima, odnosno ciljnim profitom i konkurentnošću proizvoda na tržištu.

Druga celina, koja obuhvata šesto i sedmo poglavlje, odnosi se na kratki prikaz teorijskih osnova veštačke inteligencije, pre svega fazi-neuronskih mreža, kao i razvoj hibridnog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda. Razvijeni model omogućava upravljanje troškovima životnog ciklusa u fazi konceptualnog i preliminarnog razvoja dizajna proizvoda i procesa proizvodnje.

Treća celina, obuhvaćena osmim i devetim poglavljem, odnosi se na prikaz rezultata primene razvijenog modela u fazi razvoja konstrukcije i proizvodnje jedne grupe novih kotrljajućih ležaja, radi istraživanja mogućnosti proširenja proizvodnog asortimana u posmatranom specijalizovanom preduzeću, kao i odgovarajuće zaključke.

1.3.2 Kratak prikaz pojedinih poglavlja rada

U prvom poglavljju, osim kratkog uvoda, definisan je predmet i cilj istraživanja, kao i metode i očekivani rezultati istraživanja.

Drugo poglavlje odnosi se na prikaz i analizu razvijenih modela za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda, koji se primenjuju u fazi konceptualnog i preliminarnog razvoja dizajna proizvoda. Pri tome su modeli svrstani u tri grupe. Prvu čine modeli za procenu ukupnih troškova životnog ciklusa, drugu modeli za procenu troškova razvoja i proizvodnje, koji se u literaturi posmatraju kao modeli za procenu troškova proizvoda, dok treću grupu čine modeli za procenu troškova pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda.

U trećem poglavljju, osim definisanja pojma i prikazanih osnovnih vrsta proizvoda, data je detaljna analiza zahteva savremenog tržišta u pogledu raznovrsnosti, kvaliteta, cena i rokova isporuke proizvoda, kao i prikaz karakteristika razvoja savremenih proizvodnih procesa, baziranih na računaru integrisanoj proizvodnji, odnosno *Lean* proizvodnji, *JIT* proizvodnji, te digitalnoj, distribuiranoj, agilnoj, e-proizvodnji, itd.

Četvrto poglavlje obuhvata detaljni prikaz životnog ciklusa proizvoda, odnosno PLC koncepta i PLM sistema. U ovom poglavljju detaljno su prikazani zadaci i aktivnosti u okviru faza razvoja, proizvodnje, upotrebe i reciklaže, u cilju preciznijeg sagledavanja uzročnika troškova u pojedinim fazama životnog ciklusa proizvoda. Osim prikaza pojedinih funkcija, koje realizuju i obezbeđuju proces proizvodnje, u ovom poglavljju dat je detaljan prikaz i

značaj funkcije razvoja, posebno u delu koji se odnosi na konceptualni i preliminarni razvoj dizajna i vrednovanje pojedinih rešenja konstrukcije proizvoda na osnovu troškova svih faza životnog ciklusa proizvoda.

U petom poglavlju izvršena je detaljna sistematizacija troškova, posebno troškova proizvodnje i razvoja, kao osnovnog instrumenta za upravljanje ciljnim troškovima, odnosno ciljnim profitom i konkurentnošću proizvoda na tržištu. Strukturu troškova životnog ciklusa proizvoda čine troškovi razvoja, proizvodnje, upotrebe i reciklaže, za čiju se procenu koriste brojne metode koje su prikazane u ovom poglavlju.

Šesto poglavlje obuhvata kratki prikaz teorijskih osnova veštačke inteligencije, posebno fazi-neuronskih mreža, koje su primenjene u razvijenom hibridnom modelu.

Sedmo poglavlje, koje se odnosi na osnovni istraživački poduhvat, obuhvata postavku i razvoj modela upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda, zasnovanog na iterativnom postupku vrednovanja troškova životnog ciklusa pojedinih rešenja u konceptualnom i preliminarnom razvoju dizajna i izboru rešenja koje obezbeđuje ciljni profit i konkurentnost proizvoda na tržištu.

U osmom poglavlju prikazani su rezultati primene razvijenog modela u fazi razvoja konstrukcije i proizvodnje jedne grupe novih kotrljajućih ležaja u okviru istraživanja mogućnosti proširenja proizvodnog asortimana u posmatranom specijalizovanom preduzeću.

Deveto poglavlje obuhvata zaključke i pravce budućih istraživanja, a u desetom poglavlju je navedena korišćena literatura.

2. ANALIZA RAZVIJENIH MODELA ZA PROCENU TROŠKOVA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA

Radovi koji su navedeni u pregledu korišćene literature, u kojima su predmet istraživanja bili modeli za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda, prikazani su grupno i pojedinačno. Grupe radova formirane su prema modelima za procenu troškova svih faza životnog ciklusa, određenih faza životnog ciklusa i pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda.

2.1 GRUPNI PRIKAZ RADOVA

Modeli za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda, koji obuhvataju troškove razvoja, proizvodnje, upotrebe i reciklaže prikazani su u radovima [129] [39] [68] [69] [67] [191] [9][199] .

Modeli za procenu troškova svih faza životnog ciklusa proizvoda, bazirani na primeni parametarskih i generativnih metoda, regresionoj analizi, stohastičkim, determinističkim i matematičkim metodama, osnovna su karakteristika ove grupe radova. Pri tome se u radovima izričito ističe značaj procene troškova u fazi razvoja, kada se konceptualnim i preliminarnim rešenjem dizajna proizvoda na troškove proizvodnje može uticati i do 80%.

Bez obzira što se životni ciklus proizvoda u ovim radovima definiše različitim brojem faza, karakteristično je da troškovi upotrebe, iako praćeni neizvesnošću, utiču na konkurentnost proizvoda na tržištu, što je takođe jedan od karakterističnih zaključaka u ovim radovima.

Uticaj konceptualnog i preliminarnog dizajna proizvoda na troškove reciklaže i trajno odlaganje otpada, istaknut je u svim radovima.

Iako u ovim radovima nisu razvijeni opšti modeli za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda, svestrano analizirani aspekti razvoja konceptualnog i preliminarnog dizajna proizvoda ukazuju na značaj projektovanja za izvrsnost primenom odgovarajućih DFX alata.

U grupi radova [21] [92] [83] [84] [120] [57] [66] [54] [53] [105] [122] [108] [166] [136] [135] [198][60][95][55][149] [38] prikazani su modeli za procenu troškova proizvodnje, odnosno proizvoda, sa odgovarajućim primerima studije slučaja.

Zajednička karakteristika svih modela za procenu ovih troškova je da se procena troškova vrši u fazi razvoja, bez obzira da li je rad funkcije razvoja organizovan posebno ili u okviru proizvodne funkcije. Isto tako, u ovim modelima nije prikazana struktura troškova proizvodnje, odnosno proizvoda, pre svega u pogledu direktnih i indirektnih troškova.

Modeli za procenu troškova obrade rezanjem, plastičnom deformacijom, livenjem i laserom, prikazani su u radovima [86][87][37][23][20][43][19][71][94][70][32][150][187]. U ovim modelima troškovi obrade obuhvataju samo elemente direktnih troškova, kao što su troškovi materijala, korišćenje mašina i opreme, zarade, pogonska energija, alati, itd.

U radovima [107][183] prikazani su modeli za procenu troškova proizvodnje, upotrebe i reciklaže, u radu [184] model za procenu troškova razvoja i proizvodnje, u radovima [6][82] modeli za procenu troškova proizvodnje i upotrebe, u radovima [164][185] modeli za procenu

troškova razvoja, proizvodnje i upotrebe, u radu [88] model za procenu troškova razvoja, proizvodnje i reciklaže, u radovima [130][93] modeli za procenu troškova upotrebe, odnosno reciklaže.

Analiza strukture troškova razvoja, upotrebe i reciklaže skoro u svim radovima pokazuje da troškove razvoja proizvoda čine troškovi ispitivanja tržišta, razvoja konceptijskog dizajna, razrade konstrukcije, završnog oblikovanja i ispitivanja proizvoda.

Troškove upotrebe proizvoda čine troškovi instalisanja, odnosno ugradnje, obuka korisnika, održavanja, servisiranja, itd, dok troškove reciklaže određuju troškovi prikupljanja dotrajalih proizvoda, demontaže, pranja, sortiranja, prerade i trajnog odlaganja otpada.

Treba reći da se pomenute aktivnosti u okviru faze razvoja, upotrebe i reciklaže ne pojavljuju u svim analiziranim radovima iz ove grupe, jer aktivnosti u okviru pomenutih faza životnog ciklusa zavise i od vrste proizvoda koji su posmatrani kao studije slučaja.

Radovi [129][22] odnose se na uporednu analizu primene metoda za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda, ili troškova pojedinih faza, dok se u radu [38] prikazuje procena cenovne strategije tokom životnog ciklusa proizvoda.

2.2 POJEDINAČNI PRIKAZ RADOVA

Castro-Santos L., Diaz-Casas V. [39] troškove životnog ciklusa proizvoda svrstavaju u šest faza kao što su definisanje proizvoda, dizajn, proizvodnja, instalisanje, eksploatacija i demontaža. Ova struktura troškova primenjena je na primeru vetroelektrana, koja je omogućila da se procene ukupni troškovi životnog ciklusa ovih proizvoda, koje karakteriše specifičnost konstrukcije, složenost instalisanja, primena, a posebno rasklapanje, odnosno demontaža.

Fitch, P., Cooper, J.S. [68] prikazali su pristup modelovanja dizajna proizvoda, imajući u vidu troškove svih faza životnog ciklusa, uključujući i vrednovanje dizajna, odnosno razvoja konstrukcije proizvoda, izbor materijala, osnovne procese proizvodnje, upotrebe i reciklaže.

Fitch, P., Cooper, J.S. [69] primenjuju modelovanje dizajna proizvoda automobilske industrije, sa težištem istraživanja uticaja dizajna na okruženje. Istraživanja su primenjena na redizajnu Fordovih automobila, sa ciljem da se smanji potrošnja goriva, redukcija emisije gasova i smanjenje mase delova koji se mogu reciklirati.

Newnes, L. B. i drugi [129] prikazuju detaljnu analizu značaja procene troškova životnog ciklusa proizvoda u fazi razvoja, odnosno konceptijskog dizajna proizvoda. Pri tome se navode tri najvažnije metode za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda kao što su:

- *Generativne,*
- *Parametarske,*
- *Istraživački pristup modelovanju procene troškova, itd.*

Osim preporuka za primenu pomenutih metoda za procenu troškova pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda, u radu je dat pregled komercijalnih sistema za procenu troškova proizvoda za pojedine industrijske grane, tabela 2.1.

Tabela 2.1: Komercijalni sistemi za procenu troškova proizvoda za pojedine industrijske grane

MOGUĆNOSTI PRIMENE	PROGRAMSKI PAKETI				
	SEER-H (2007)	Relex LCC (2007)	Vanguard studio (2007)	PRICE-H (2007)	COSYSMO (2007)
Specifični domeni					
Avioindustrija					
Automobilska industrija					
Građevinarstvo					
Obrana					
Elektroindustrija					
Elektronika					
Mašinska industrija					
Mornarica					
Ukupan životni ciklus					
Koncept					
Razvoj					
Proizvodnja					
Upotreba					
Servis					
Povlačenje					
Modularno modelovanje					
Mogućnost parametarskog modelovanja					
Detaljno modelovanje					
Parametarski i detaljni modeli komb.					
Ekspresivni modeli komunikacije					
Statističke analize					
Regresija					
Analiza rizika					
Neizvesnost					
Senzitivna analiza					
Kompromis					
Monte karlo					
Podrška bazirana na znanju					
Baza podataka iz prošlosti					
Web orijentisan interfejs					
Otvorena arhitektura					

Folgado, R. i drugi [67] prikazali su model za određivanje troškova životnog ciklusa kalupa za brizganje plastike. U ovom modelu troškovi životnog ciklusa obuhvataju troškove razvoja, odnosno dizajna, proizvodnje, upotrebe i povlačenja iz upotrebe. Osnovnu strukturu troškova proizvodnje pomenutog proizvoda čine troškovi izrade, materijala i energije, dok troškove upotrebe čine troškovi brizganja, materijala i energije, a troškove povlačenja iz upotrebe čine troškovi reciklaže.

Matematički modeli, koji su bazirani na regresionoj analizi, obuhvataju elemente troškova pomenutih faza životnog ciklusa proizvoda, a upoređivanjem nekoliko regresionih modela za različita proizvodna okruženja moguće je dobiti najpovoljnije rešenje.

Xu, Y. i drugi [191] prikazali su model za procenu troškova dizajna, proizvodnje, upotrebe i uklanjanja. Troškovi dizajna, odnosno razvoja, podeljeni su na planirane i stohastičke, dok su za procenu troškova proizvodnje prikazane poznate metode za procenu troškova. U radu je posebno naglašena neizvesnost u pogledu procene troškova upotrebe. Troškove uklanjanja karakterišu četiri strategije upravljanja ovim troškovima, kao što su troškovi reciklaže, ponovne proizvodnje, ponovne upotrebe nekih delova i troškovi trajnog uklanjanja.

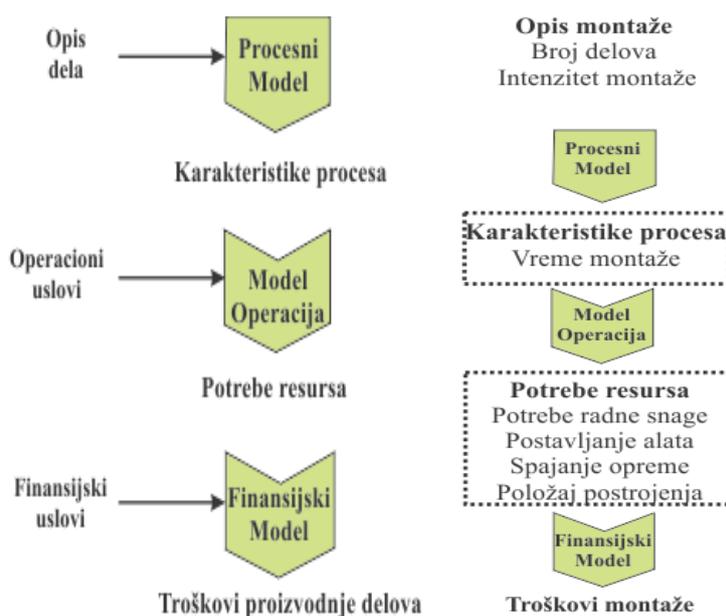
U radu je dat pregled informacija, neophodnih za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda sa nivoom prihvatljive tačnosti.

Audretsch, D.B., Feldman, M.P. [9] razvili su matematički model za određivanje troškova razvoja, proizvodnje, upotrebe i uklanjanja proizvoda iz upotrebe. U radu je izvršena analiza značaja inovativnih klastera u odnosu na industrijski životni ciklus proizvoda. Inovativni klasteri, čije je funkcionisanje bazirano na znanju, u značajnoj meri može doprineti tehničkom životnom ciklusu proizvoda.

Zayed, T.M. i drugi [199] razvili su deterministički i stohastički model za analizu troškova životnog ciklusa farbanja čeličnih mostova. Ekonomska analiza troškova farbanja izvršena je determinističkom metodom, dok je za procenu troškova farbanja za različite scenarije korišćen stohastički Markovljev princip.

Boothroyd, G; Reynolds C. [21] prikazali su rezultate istraživanja aproksimativne metode za brzu procenu troškova proizvodnje tipiziranih rotacionih delova na osnovu znanja eksperata procenitelja, koji na osnovu modela posmatranog proizvoda, odnosno dela, vrše procenu direktnih troškova. Dakle, za procenu direktnih troškova proizvodnje proizvoda koji je prethodno dizajniran, eksperti će se odlučiti za izbor mašina za obradu, odgovarajućih alata i uslova proizvodnje.

Johnson, M., Kirchain, R. [92] prikazuju uticaj materijala proizvoda na troškove proizvodnje, upotrebe i reciklaže. Izborom materijala utiče se na strukturu složenih proizvoda kao i na dimenzije pojedinih delova. Konačna odluka o izboru materijala za delove složenih proizvoda vrši se na osnovu modela za procenu troškova obrade i montaže, slika 2.1. Mogućnost projektanata da u fazi razvoja novog proizvoda, u opštem slučaju, imaju širi prostor odlučivanja u pogledu izbora materijala, pokazuje da je to jedan od najvažnijih faktora u razvoju funkcije za procenu troškova, jer se na taj način u značajnoj meri utiče na troškove svih faza životnog ciklusa proizvoda. U radu je prikazan opšti tok PBC modelovanja troškova proizvodnje, uključujući i modelovanje troškova montaže složenih proizvoda.



Slika 2.1: Modelovanje troškova: a) proizvodnje, b) montaže

Polazeći od broja delova definiše se proces montaže, odnosno vreme montaže, a potom potrebni resursi na osnovu kojih se definiše finansijski model, u kome se izdvajaju varijabilni i fiksni troškovi. Očigledno je da se izborom materijala proizvoda može uticati na sve karakteristike konstrukcije i broja delova, a time i na troškove proizvodnje, uključujući i montažu, upotrebu i reciklažu.

Hasanholipour, T, Khodayar F [83] prikazuju model optimizacije veštačkih neuronskih mreža za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda korišćenjem genetskih algoritama. Troškovima životnog ciklusa proizvoda obuhvaćeni su troškovi rada, materijala, alata, prostora, vremena izrade i drugi troškovi u posmatranom vremenskom periodu. Autori ističu da se kombinacijom ANN i GA pospešuje proces učenja i poboljšava kvalitet dobijenih rešenja u proceni troškova novog proizvoda.

Na primeru studije slučaja, koji se odnosi na razvoj dizajna u tekstilnom štampanju, dizajneri uzimaju u obzir estetski faktor, funkcionalni i komercijalni faktor. Pri tome su za obučavanje ANN uzete u obzir četiri karakteristike tekstilne štampe kao što su broj mustre, fabričke boje, broj boje mustre i veličina.

Heping L. [84] primenjuje senzitivnu analizu za procenu troškova proizvodnje, u okviru koje identifikuje delove troškova koji imaju najveći uticaj na ukupne troškove proizvodnje. Za procenu ovih troškova primenjena je regresiona analiza i ANN. Regresiona analiza bazirana je na Taylor Krining metodi, kao prostorna statistička metoda.

Mirdamadi, S. i drugi [120] prikazuju metodu za procenu troškova proizvodnje zasnovanu na varijacionom menadžmentu koji obuhvata dijagrame alokacije tolerancija, procesni plan i alokaciju resursa, i dijagram aktivnosti procesnog i preglednog planiranja.

Alokacijom tolerancija utiče se na nivo kvaliteta obrade proizvoda i troškove proizvodnje koji zavise od tačnosti, odnosno tolerancije izrade proizvoda. Uticaj tolerancija izrade proizvoda na odgovarajuće troškove može se odrediti primenom Taguchi funkcije i parametarskih jednačina.

Generisanjem procesnog plana stvaraju se podloge za planiranje neophodnih proizvodnih resursa, koji obezbeđuju potrebni kvalitet i utiču na troškove proizvodnje.

Pregledni, odnosno monitoring generativni plan, čini osnovu za simultano vrednovanje kvaliteta i troškova, čime se u fazi razvoja proizvoda stvaraju uslovi za pravovremenu procenu troškova i očekivani kvalitet proizvoda

Identifikacijom aktivnosti u okviru pomenutih koraka procene troškova, zasnovane na principu varijacionog menadžmenta, moguće je izvršiti primenom ABC metode.

Dewhurst, P., Boothroyd, G. [57] prikazuju sekvencijalni blok sistem za procenu troškova proizvodnje, koji u svojoj strukturi sadrži grupe i blokove. Grupe predstavljaju skup vezanih operacija, dok je određen blok član odgovarajuće grupe. U ovom modelu polazi se od pretpostavke da svaka operacija ima vezani set troškova. Model, koga karakteriše fleksibilnost metodologije, omogućava procenu troškova proizvodnje za svaku operaciju i troškove materijala, a izmenom ulaznih podataka može se simultano izvršiti usmeravanje procesa u skladu sa zadatim troškovima.

Esawi, A.M.K., Ashby, M.F. [66] prikazuju parametarski model za izbor najpovoljnijeg procesa proizvodnje proizvoda oblikovanjem na osnovu troškova obrade.

Model se realizuje u tri faze koje se odnose na izbor mogućih procesa za izabrani materijal, na bezbednost izabranih procesa i izbor najpovoljnijeg procesa.

Osnovni parametri za procenu troškova proizvodnje proizvoda oblikovanjem čine materijal, planirani nivo troškova, vreme izrade, energija i resursi za proizvodnju.

Deng, S., Yeh, T.-H. [54] vrše analizu uticaja strukture složenosti proizvoda i složenosti proizvodnje na osnovne faktore koji utiču na vreme rada, odnosno na troškove u procesu proizvodnje u avio industriji.

Planiranje troškova proizvodnje u fazi razvoja ovih proizvoda može da utiče na troškove proizvodnje u iznosu od 95%, a kompetitivnost industrijskih proizvoda meri se kvalitetom, cenama i vremenom isporuke.

Procena troškova proizvodnje pomenutih proizvoda vršena je primenom povratne ANN i regresione analize na dva uzorka.

Duran, O., Maciel, J., Rodriguez, N. [53] prikazuju rezultate upoređivanja primene dva tipa ANN za procenu troškova proizvodnje školjki i cevastih izmenjivača toplote. Uz konstataciju da procena troškova proizvodnje u fazi razvoja ovih proizvoda utiče 80% na troškove proizvoda, autori su zaključili da ANN obezbeđuju veću preciznost u proceni troškova nego metode koje su zasnovane na regresionoj analizi.

Za procenu troškova proizvodnje u ovom radu, kao ulazni parametri uzeti su masa, vrsta zavarivanja, prečnik cevi, složenost, broj šupljina izmenjivača toplote i njihova vrsta.

Kingsman, B.G., Artur de Souza, A. [105] razvili su procesni model CEPS za procenu troškova proizvodnje, baziran na primeni znanja procenitelja, koji vrši procenu troškova u tesnoj vezi i razmeni informacija sa potrošačima.

Mileham, A. R. i drugi [122] za procenu troškova proizvodnje proizvoda od plastike u fazi razvoja koriste metodu koja je zasnovana na parametarskom pristupu, u kojoj su informacije konvertovane kroz set konvertora, kao identifikovani uzročnici troškova proizvodnje, dok parametarske jednačine za procenu troškova koriste podatke iz baze podataka.

Koonce, D. i drugi [108] prikazuju hijerarhijski model za procenu troškova proizvodnje koji podrazumeva korišćenje ujedinjenog nacionalnog inteligentnog proizvodnog okruženja SAD, kao što su unificirani alati za dizajn i optimizaciju konstrukcije proizvoda pomoću višekriterijumskih analitičkih metoda.

Suzhou T., Delun, W., Fong-Yuen, D. [166] prikazuju uporednu analizu primene PBC i ABC metode za procenu troškova proizvodnje. Istraživanja su pokazala da se primenom parametarskih tehnika postiže veća tačnost u proceni troškova, dok se analogne metode koriste u slučaju kada se raspolaže sa podacima o troškovima veće grupe sličnih realizovanih proizvoda. U radu je prikazana primena PBC metode za procenu troškova proizvoda koji se sastoje od više pozicija, odnosno delova.

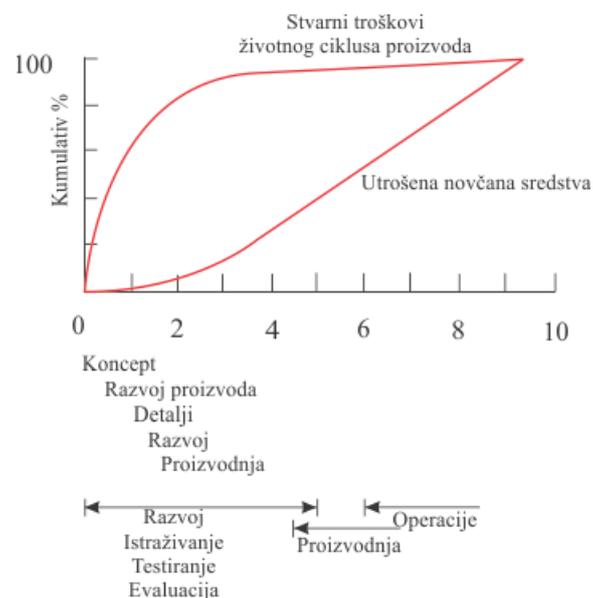
Ozbyrak, M. i drugi [136] prikazuju model za procenu troškova proizvodnje proizvoda u složenim proizvodnim sistemima koji funkcionišu na principima JIT sistema, primenom ABC metode. ABC metoda je primenjena u matematičkim simulacionim modelima za procenu troškova proizvodnje proizvoda u automatizovanim proizvodnim sistemima.

Ou-yang C., Lin, T.S. [135] prikazuju integrisani model za procenu troškova proizvodnje u fazi razvoja proizvoda, koji je baziran na njegovim karakteristikama. Okvir ovog modela čine CAD/CAM sistemi, modul za analizu i referentni model. Pošto je ovaj model baziran na odlikama proizvoda, njegova primena zahteva: konstruisanje modela, usvajanje tolerancija, utvrđivanje podataka o geometrijskim karakteristikama, procenu proizvodnosti i procenu vremenskih karakteristika proizvodnje za određivanje troškova.

Zhang, Y. F., Fuh, J. Y. H. [198] razvili su model za procenu troškova proizvodnje kartonskih kutija primenom ANN. Model je baziran na proceni troškova proizvodnje na osnovu troškovno vezanih karakteristika sličnih proizvoda, čiji su podaci o troškovima iskorišćeni za obučavanje ANN. Među najvažnije troškovno vezane karakteristike, koje utiču na troškove proizvodnje ovih proizvoda, svrstani su materijal, vrsta štampe, vrsta boje i proizvodni zahtevi u pogledu količina.

Dean, E.B. [60] prikazuje procenu troškova proizvoda u vojnoj industriji NASA primenom parametarske metode. Mapiranjem merljivih atributa ovih proizvoda, u radu su prikazane jednačine koje povezuju vrednost troškova i metričkih podataka za procenu. Kao primer metričkih podataka za proizvode vojne industrije, u radu se koriste masa, snaga, stopa greške, potrošnja energije, srednje vreme popravke, tačnost i dr.

Johnson, V.,S. [95] razvio je model za procenu troškova razvoja i proizvodnje iz avio industrije. Ovaj model oznake FLOPS obuhvata troškove istraživanja, razvoja, testiranja, evaluacije, proizvodnje, direktne i indirektno operacione troškove, za koje je kumulativni procentualni iznos prikazan na slici 2.2. U ovom radu autori ističu da se pri povećanju performansi proizvoda teži smanjenju njegovih dimenzija i mase, uz konstataciju da 70-80% troškova životnog ciklusa zavisi od rešenja konceptualnog dizajna proizvoda.



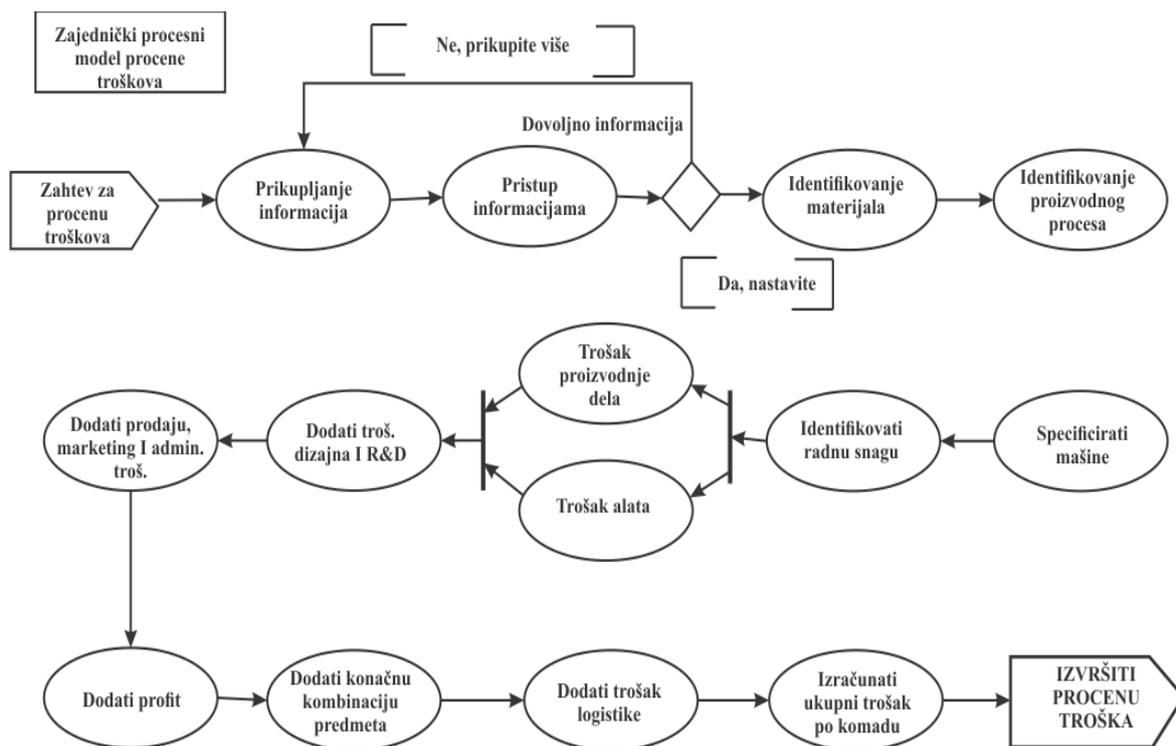
Slika 2.2: Kumulativni procentualni iznos troškova razvoja i proizvodnje i utrošenih sredstava za određeni tip letelice

Daschbach, J.M., Apgar, H. [55] prikazuju rezultate procene troškova primenom parametarskih tehnika, na primeru proizvoda u avio industriji Velike Britanije. Ova istraživanja, koja su se odnosila na proizvode čiji su individualni troškovi proizvodnje bili u opsegu 200 do 300 dolara, obuhvatila su oko 4000 projekata u periodu od šest godina. Rezultati između procenjenih i stvarnih troškova pomenutih proizvoda iznosila je oko 7%, a autori su došli do sledećih zaključaka:

- Što je veća podcenjenost veći su stvarni troškovi ovih proizvoda,
- Što je veća precenjenost veći su stvarni troškovi ovih proizvoda,
- Najrealnija procena troškova pokazala se u razvoju najekonomičnijih projekata.

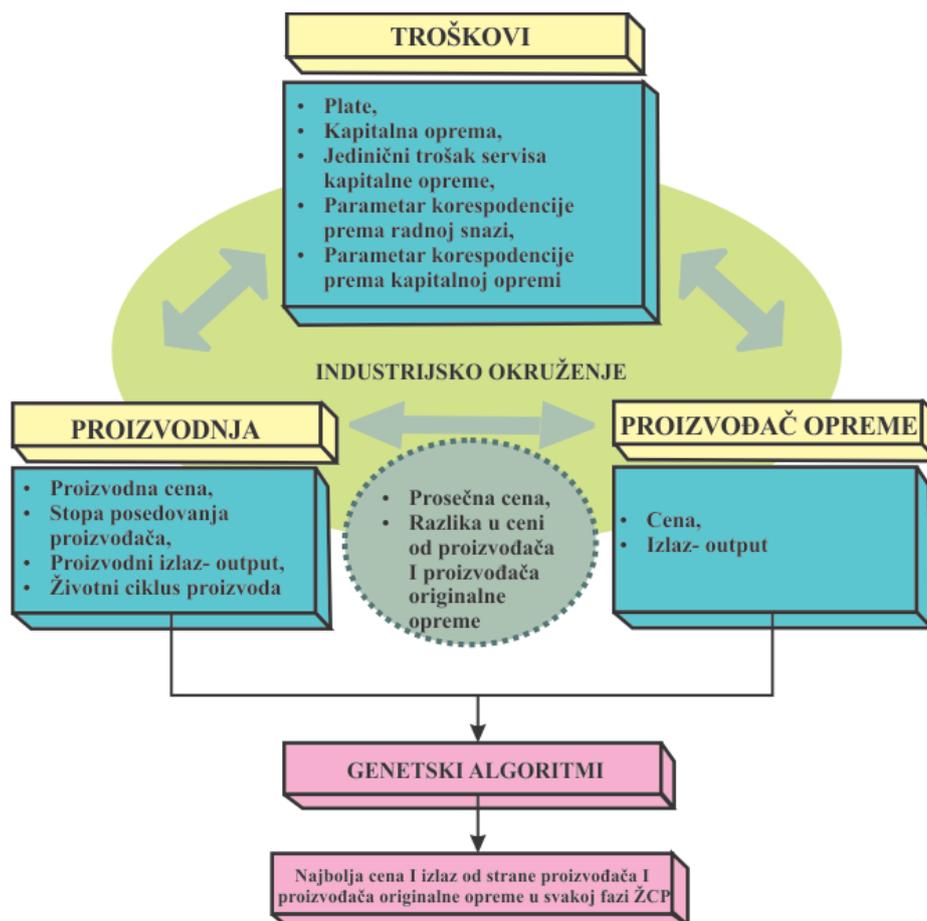
Roy, R., Souchoroukov, P., Shehab, E. [149] prikazuju studiju za procenu troškova proizvoda u automobilske industriji, koja je zasnovana na višestrukim tehnikama prikupljanja odgovarajućih znanja kao što su intervjui, procesni modeli i analizi šest britanskih auto kompanija. U studiji je korišćena tehnika IDfF3 i X-PAT, kao alat za proces analize ekspertskog znanja.

Procesni model za procenu troškova baziran je na detaljnoj analizi DNO-VRH, slika 2.3, koji obuhvata prikupljanje informacija, procenu informacija, identifikaciju materijala i proizvodnog procesa, izbor mašina, određivanje radne snage, procenu troškova po komadu, procenu troškova alata, opšte troškove, troškove logistike, itd.



Slika 2.3: Proces procene troškova odozdo na gore

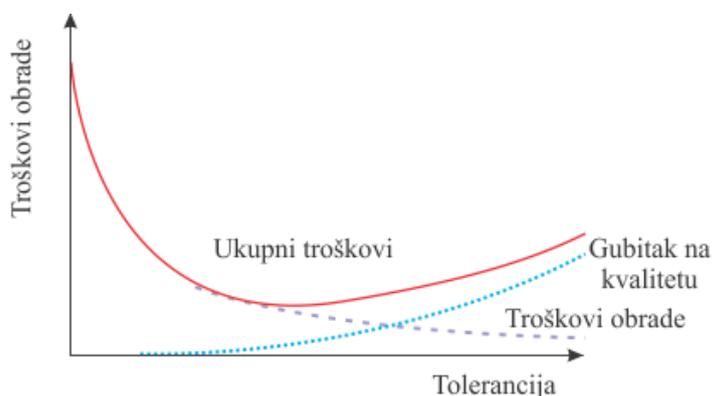
Che, Z.H. [38] prikazuje izbor cenovne strategije tokom životnog ciklusa određenog proizvoda, na osnovu analize obima prodaje tokom faze proizvodnje, uključujući i analizu troškova, profita, marketing ciljeve, konkurenciju i cenovnu strategiju životnog ciklusa proizvoda u industrijskom okruženju koje čini proizvodnja, proizvođač opreme i troškovi, za slučaj kada se određeni proizvod plasira na više tržišta. U radu je razvijen inicijativni cenovni model "Win-Win", koji je baziran na primeni genetskih algoritama, slika 2.4.



Slika 2.4: Inicijativni win-win cenovni model

Huang, M.F., Zhong, Y.R., Xu, Z.G. [86] prikazuju uticaj tolerancija izrade proizvoda na troškove obrade i kvalitet. U fazi razvoja proizvoda, autori pokazuju da je neophodno usvojiti nivo tačnosti mera proizvoda tako da se što bolji kvalitet proizvoda u pogledu tačnosti procesa obrade realizuje pri minimalnim troškovima.

Hsieh, K.-L. [87] prikazuje model troškova obrade, koji je zasnovan na tolerancijama proizvoda. U radu je prikazan model funkcije tačnosti proizvoda, oblika Taguchi, a razvijeni matematički model, koji povezuje funkciju troškova obrade i funkciju tačnosti, omogućava upravljanje minimalnim troškovima obrade na osnovu optimalnih tolerancija mera proizvoda, slika 2.5.



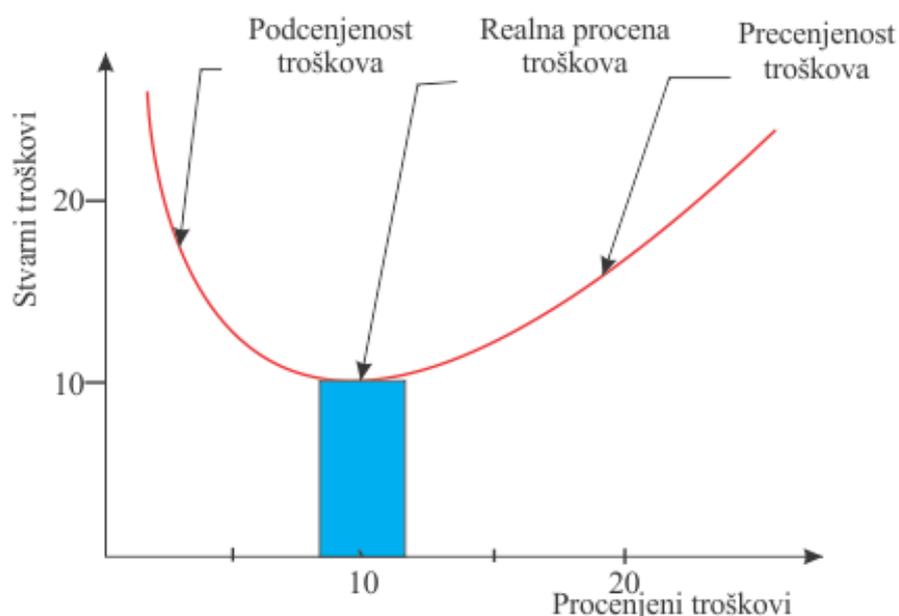
Slika 2.5: Zavisnost troškova i gubitka kvaliteta od tolerancija obrade

Cao, J. i drugi [37] prikazuju hibridni i polinomski troškovno-tolerancijski model za procenu troškova obrade, baziran na primeni fuzzy-neuronskih mreža. Kod hibridnog modela funkcija troškova može biti eksponencijalnog, linearnog, recipročnog i kombinovanog oblika, dok kod polinomskog modela ova funkcija je u obliku polinoma drugog, trećeg, četvrtog i petog stepena. U oba pomenuta modela funkcija troškova obrade definiše se u zavisnosti od veličine tolerancijskog polja proizvoda i težinskih koeficijenata uticajnih faktora kao što su alati, metoda obrade, redosled operacija, vreme procesa obrade, način merenja, obučenosn poslužioca, itd. Na osnovu toga, u radu je pokazana mogućnost određivanja veličine tolerancijskih polja obrade pri kojima su troškovi obrade najmanji za posmatrane proizvodne uslove.

Bidanda, B., Kadidal, M., Billo, R.E. [23] prikazuju razvoj inteligentnog sistema za procenu troškova procesa livenja. U radu je definisano devet ključnih tačaka koje su uzete u obzir pri razvoju odgovarajućeg softverskog rešenja za procenu troškova livenja. Ovo softversko rešenje, u okviru inteligentnog sistema za upravljanje procesom livenja, omogućava izbor materijala, parametara procesa, najpovoljniji oblik alata za livenje na osnovu troškova i vremena livenja.

Bouaziz, Z., Ben Younes, J., Zghal, [20] prikazuju sistem za procenu troškova izrade kalupa koji je baziran na poluanalitičkom modelu. Ovaj sistem, osim analitike, oslanja se i na principe analogije između oblika proizvoda i kalupa. Za svaki elementarni deo oblika proizvoda definišu se odgovarajući parametri i generišu procesi za obradu, a time i odgovarajuće vreme obrade. U sledećoj fazi primene ovog modela određuje se količina materijala koja se uklanja u procesu izrade kalupa, na osnovu čega se vrši procena troškova obrade.

CAD model proizvoda, tehnologija izrade i podaci o odstranjenom materijalu, čine osnovne ulazne podatke za procenu troškova. Pri proceni troškova obrade može se desiti da oni budu precenjeni ili podcenjeni, na osnovu čega se može izvesti pogrešan zaključak o stvarnim troškovima obrade. Realna procena troškova obrade koji se nalaze između podcenjenih i precenjenih troškova može se odrediti pomoću Frimanove krive, odakle se vidi da je podcenjenost troškova nepovoljnija od precenjenih troškova slika 2.6.



Slika 2.6: Frimanova kriva

Chougule, R. G., Ravi, B. [43] prikazuju model za procenu troškova livenja, baziran na modelu proizvoda i njegovih atributa kao što su vrsta materijala, geometrijski oblik, kvalitet i određeni zahtevi proizvodnje. Procena ovih troškova vrši se u fazi razvoja, s tim da se procena troškova materijala, energije i rada vrši analitički, dok se troškovi alata procenjuju na parametarskom principu, na osnovu parametara složenosti proizvoda. Troškovi procesa livenja procenjuju se na osnovu parametara procesa livenja. U detaljno prikazanom modelu navedeni su neophodni ulazni podaci za njegovu primenu.

Boothroyd, G., Radovanovic, P. [19] ukazuju na značaj procene troškova obrade u fazi konceptijskog dizajna, u kojoj se usvajaju funkcionalne karakteristike proizvoda pri nivou prihvatljivih troškova.

Procena troškova proizvodnje mašinskih delova obuhvata troškove materijala, obrade, zaliha alata, neproizvodne troškove, kao i uticaj karakteristika alata na troškove.

Ficko, M. i drugi [71] prikazali su rezultate određivanja troškova izrade alata za probijanje lima na osnovu CAD modela alata, pri čemu ovi CAD modeli sadrže iskustvene podatke o troškovima obrade. Prema tome, ovaj model za procenu troškova obrade baziran je na analognoj proceni troškova u odnosu na troškove sličnih proizvoda.

Jung J.-Y. [94] procenu troškova obrade vrši na osnovu karakteristika oblika, odnosno konture proizvoda. Informacije o pojedinim delovima konture vezane su za odgovarajući proces obrade, pa je time moguća preciznija procena troškova obrade celog proizvoda. Ovaj model za procenu troškova obrade primenjen je na četiri grupe, odnosno klase proizvoda, kao što su rotacioni, prizmatični, pločasti i delovi koji su grupisani prema karakteristikama rotacije.

Feng, C.-X., Kusiak, A., Huang, C.-C. [70] ukazuju na mogućnost smanjenja troškova obrade u fazi razvoja proizvoda, koja je bazirana na primeni troškova obrade tipskih oblika koji čine konturu proizvoda. Modelovanje proizvoda pomoću tipskih oblika kao što su cilindar, ravna površina, prolazni otvor, neprolazni otvor, žljeb, radijalni žljeb, spoljašnje ozubljenje, itd., omogućava brzu procenu troškova obrade, uključujući i redosled obrade tipskih oblika, primenom odgovarajuće baze znanja.

Chen, M. Y, Chen, D. F [32], za upravljanje troškovima obrade otvora, koriste generičke sisteme koji omogućavaju da korisnici unesu podatke o proizvodu u promenljivom formatu, na osnovu kojih se, uz razvijenu bazu znanja za procese obrade, mašine, i troškove usvajaju ona rešenja koja obezbeđuju troškove obrade na planiranom nivou.

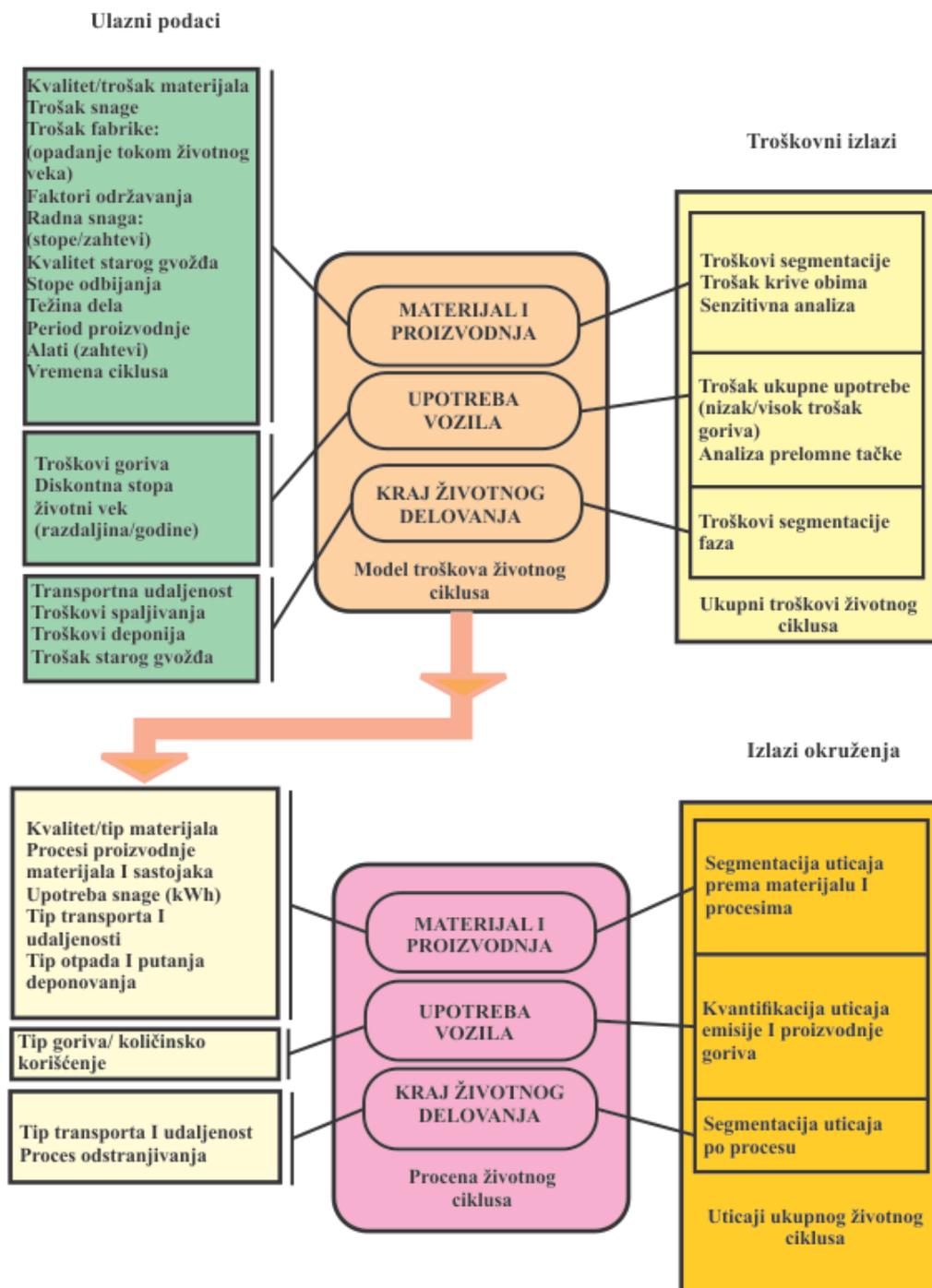
Ruffo, M., Tuck, C., Hague, R.J.M. [150] prikazuju model za procenu troškova obrade laserom proizvoda malog obima proizvodnje. U ovom modelu troškove čine troškovi materijala, brzina laserskog vođenja, tačnost izrade, završna obrada površine i drugo.

Wierda, L.S. [187] razvio je model za brzu procenu troškova obrade proizvoda koji se proizvode u malim serijama. Ovaj model omogućuje u fazi razvoja procenu troškova obrade pomoću metoda materijala, dimenzija, mase, funkcije troškova, funkcionalnih troškova, vezanih troškova, klasifikacije proizvoda, vremena i metoda zasnovanih na CAD modelima.

Kwang-Kyu S. i drugi [107] prikazuju model za procenu troškova proizvodnje, upotrebe i reciklaže, odnosno ponovne upotrebe primenom statističke analize i ANN. Na ulazu u ANN

unos se 21 atribut koji utiču na troškove tri pomenute faze životnog ciklusa proizvoda, a model se koristi u fazi razvoja proizvoda pri oceni i izboru najpovoljnijeg rešenja.

Witik, R.A. i drugi[183] prikazali su metodu za procenu troškova proizvodnje, upotrebe i odlaganja proizvoda, odnosno delova koji se koriste u automobilske industriji. U radu je uspostavljena veza između modela troškova životnog ciklusa i modela za procenu troškova pomenutih proizvoda. Troškovima proizvodnje pomenutih proizvoda obuhvaćeni su troškovi materijala i troškovi izrade, slika 2.7.



Slika 2.7: Interakcija između modela troškova životnog ciklusa i modela za procenu troškova životnog ciklusa delova u automobilske industriji

Wang, H.S. i drugi [184] prikazuju tok analize troškova proizvoda od plastike brizganjem, koji obuhvataju troškove istraživanja i razvoja, troškove izrade kalupa i troškove procesa brizganja. Pomenute faze razvoja, izrade kalupa i procesa brizganja prikazane su kroz odgovarajuće aktivnosti, a za procenu ovih troškova korišćena je integracija delimične optimizacije i povratnih neuronskih mreža.

Ammar, M., Zayed, T., Moselhi, O. [6] razvili su model troškova životnog ciklusa proizvoda koji je baziran na fazi logici. U radu se ukupni ekonomski troškovi proizvoda vrednuju analizom inicijalnih troškova i diskontovanjem budućih troškova, koji se odnose na realizaciju procesa proizvodnje, održavanje, upotrebe, servisiranja i socijalne troškove.

Huang, X.X., Newnes, L.B., Parry, G.C. [82] prikazali su uporedne karakteristike intuitivnih, analognih, parametarskih i analitičkih metoda za procenu troškova određenih faza životnog ciklusa proizvoda, pre svega proizvodnje i servisiranja. Pri tome su prikazane prednosti i nedostaci pomenutih metoda za procenu troškova.

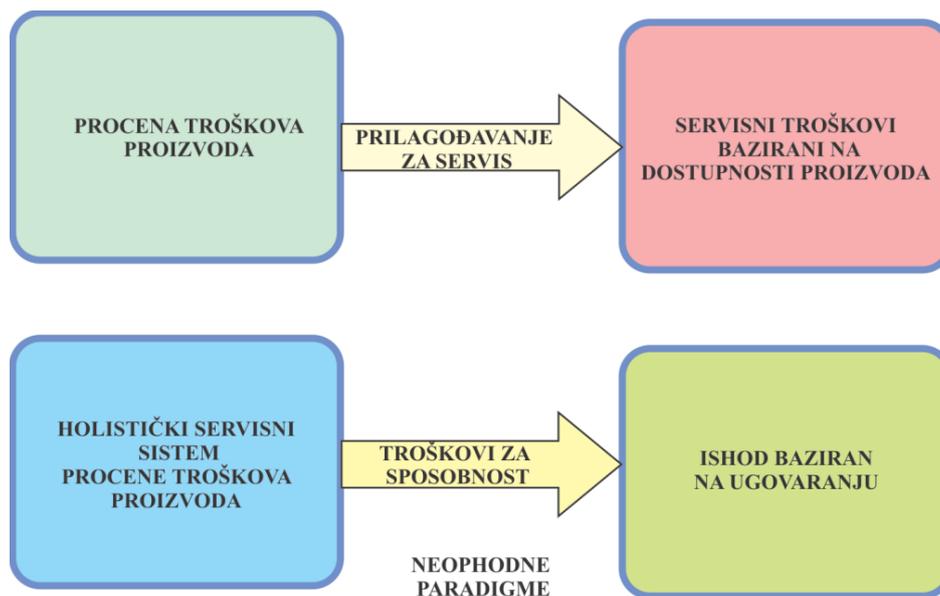
Sarma, K.C., Adeli, H. [164] prikazuju koncept diskretne multifunkcionalne optimizacije za određivanje minimalnih troškova proizvoda iz grupe čeličnih struktura. U posmatranom primeru uzeto je u obzir jedanaest ulaznih veličina pomenutih proizvoda, a funkcija troškova obuhvatila je inicijalne troškove, troškove razvoja, upotrebe, održavanja i instalisanja.

Woodward, D.G. [185] prikazuje Kaufman-ov model troškova životnog ciklusa, kao postupak, odnosno tok određivanja minimalnih troškova životnog ciklusa proizvoda koji obuhvataju troškove inženjeringa, razvoja, proizvodnje, instalisanja i primene. Primena ovog modela zahteva sledeće korake:

- *Postavljanje operacionog profila,*
- *Postavljanje faktora upotrebe,*
- *Identifikovanje svih elemenata troškova,*
- *Određivanje kritičnih parametara troškova,*
- *Izračunavanje svih troškova prema trenutnim cenama,*
- *Procenjivanje trenutnih troškova uz uračunate stope inflacije,*
- *Diskontovanje svih troškova na osnovni period i*
- *Sabiranje diskontovanih troškova i određivanje Neto sadašnje vrednosti.*

Haifeng L. i drugi [88] pokazuju da troškovi životnog ciklusa proizvoda obuhvataju troškove razvoja, proizvodnje, marketinga i reciklaže, koji se određuju na osnovu modela baziranom na regresionoj analizi. Pri tome autori preporučuju da statistička analiza rezultata daje najbolje modele za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda, posebno u slučajevima različitih proizvodnih okruženja.

Newnes, L., Valerdi, R. [130] ukazuju na značaj procene troškova životnog ciklusa proizvoda visoke vrednosti i dugoročnog životnog ciklusa. U radu se posebno ukazuje na značaj predviđanja troškova upotrebe, odnosno servisiranja proizvoda sa dugim rokom upotrebe, slika 2.8, koji je najduži deo životnog ciklusa proizvoda, što je karakteristično za proizvode avioindustrije, naftne i gasne industrije.



Slika 2.8: Trenutno stanje u prilagođavanju troškova proizvoda za servis

Jovane, F. i drugi [93] vrše analizu uticaja demontaže složenih proizvoda na troškove životnog ciklusa, koje po pravilu snosi potrošač. Troškovi demontaže u fazi reciklaže i trajnog uklanjanja proizvoda često su "skriveni" u fazi razvoja, zbog čega autori predlažu elemente za testiranje proizvoda pogodnog za reciklažu, koji se odnose na demontažu, izdvajanje delova i materijala za ponovnu upotrebu, sortiranje, sečenje i trajno uklanjanje otpada. Zbog toga je još u okviru razvoja konceptijskog dizajna proizvoda neophodno ugraditi sve elemente koji određuju dizajn životnog ciklusa proizvoda, slika 2.9.



Slika2.9: Koncept dizajna životnog ciklusa

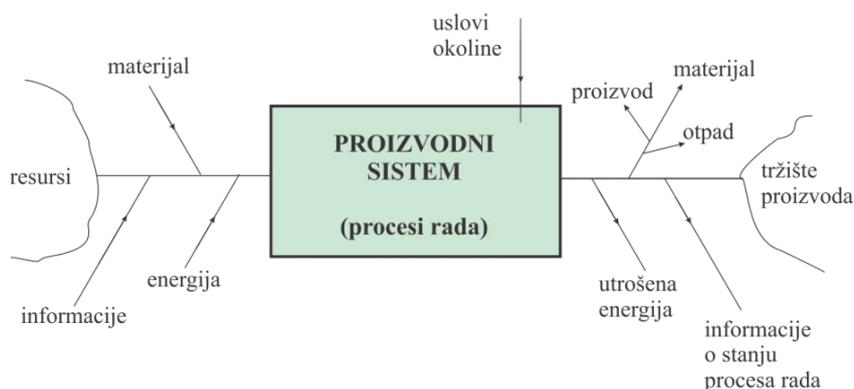
Ovako sistematizovani elementi za testiranje proizvoda pogodnog za demontažu, prema mišljenju autora, od posebnog su značaja za potrošača i utiču na konkurentnost proizvoda.

3. PROIZVODNJA, PROIZVOD I PROIZVODNI SISTEM

Proizvodnja je planirana delatnost koja je usmerena na dobijanje novih, upotrebnih vrednosti, odnosno proizvoda, neophodnih za zadovoljenje potreba pojedinaca, kao i društva u celini. Potrebe pojedinaca i društva su dinamička kategorija koja nastaje zbog [195]:

- *Porasta broja potrošača,*
- *Povećanja životnog standarda i porasta kupovne moći potrošača i*
- *Razmene i povezivanja sa najrazvijenijim zemljama i tržištima sveta.*

Proizvodnja je uslovljena postojanjem skupa osnovnih elemenata, kao što su predmeti rada, odnosno proizvodi, sredstva rada i učesnici u procesima rada. Korišćenjem sredstava rada, učesnici u procesu rada vrše transformaciju raspoloživih ulaznih resursa u proizvode, kao izlazne nove vrednosti. Proces rada, koji ulazne raspoložive resurse prevode u izlazne nove vrednosti, realizuju se u uslovima neophodne proizvodne infrastrukture, odnosno proizvodnog sistema, slika 3.1



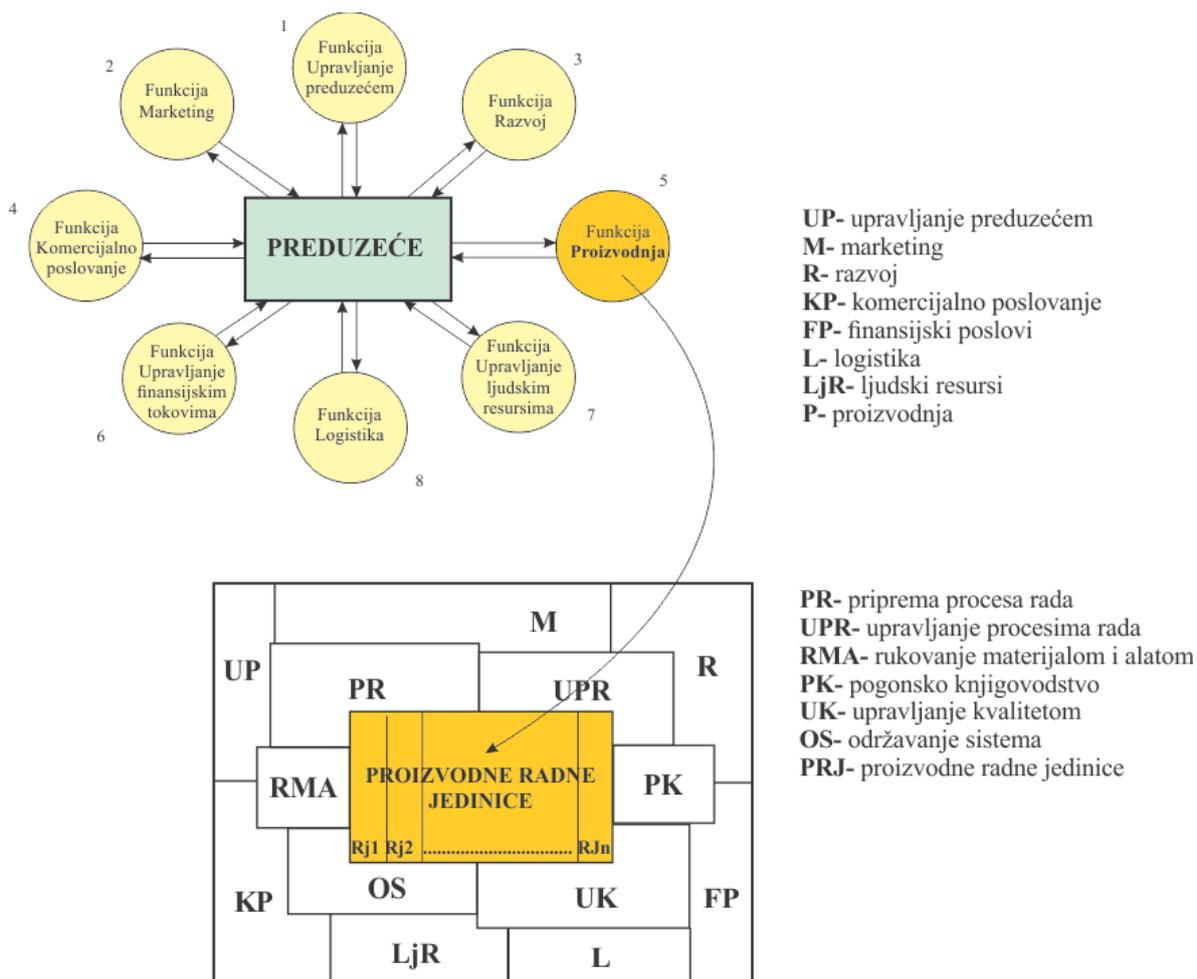
Slika 3.1: Osnovni model transformacije ulaznih resursa u proizvode [195] [50]

Funkcija proizvodnje obezbeđuje proces proizvodnje u skladu sa projektovanim ciljevima u sadejstvu sa ostalim funkcijama preduzeća, kao što su, slika 3.2:

- *Upravljanje preduzećem, UP,*
- *Marketing, M,*
- *Razvoj, R,*
- *Komercijalni poslovi, KP,*
- *Finansijski poslovi, FP,*
- *Logistika, L,*
- *Ljudski resursi, LJR, i*
- *Proizvodnja, P*

Proces proizvodnje se realizuje u okviru proizvodnog sistema, čija je organizaciona struktura takođe prikazana na slici 3.2, a čine je:

- *Priprema procesa rada, PR,*
- *Upravljanje procesima rada, UPR,*
- *Rukovanje materijalom i alatom, RMA,*
- *Upravljanje kvalitetom, UK,*
- *Održavanje sistema, OS,*
- *Proizvodne radne jedinice, PRJ, i*
- *Pogonsko knjigovodstvo, PK.*



Slika 3.2: Organizaciona struktura preduzeća [195] [50]

Priprema procesa rada odnosi se na tehnološku pripremu koja obuhvata pripremu i izradu radioničkih crteža proizvoda, tehnoloških postupaka, crteže pribora i alata, normative materijala i alata, normative vremena po operacijama rada i uputstva za rad u posebnim slučajevima.

Upravljanje procesima rada obuhvata predviđanje, programiranje, planiranje, operativnu pripremu procesa rada, izvođenje postupaka rada i kontrolu tokova, analizu utrošaka u procesima rada i oblikovanje podloga za projektovanje postupaka podešavanja.

Rukovanje materijalom i alatom obuhvata snabdevanje radnih mesta osnovnim materijalima, alatima i priborima, prenošenje predmeta rada duž toka procesa proizvodnje, transport proizvoda iz pogona završne obrade i montaže u skladište proizvoda i transport iz skladišta proizvoda do utovarne rampe.

Upravljanje kvalitetom podrazmeva obezbeđenje kvaliteta proizvoda u skladu sa standardima ISO 9000 u pogledu ugrađenog kvaliteta i kvaliteta zadovoljstva.

Održavanje sistema izvršava funkcija logistike, koje se odnosi na zadatke održavanja sredstava za rad u stanju *u radu*, izvođenje potrebnih popravki i zameni delova koji se ne mogu revitalizovati.

Proizvodne radne jedinice čine elementi tehnološkog sistema u kojima se realizuju tehnološki procesi izrade proizvoda.

Upravljanje pogonskim knjigovodstvom obuhvata praćenje svih troškova koji nastaju u pogonu.

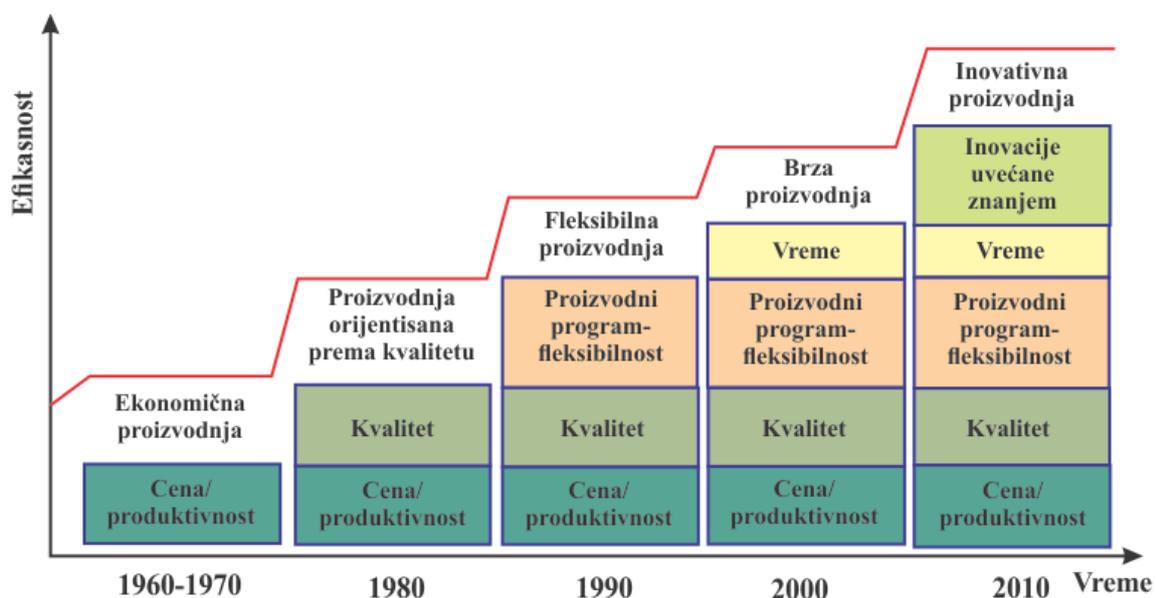
Funkcija proizvodnje, koja obezbeđuje proizvodnju proizvoda, kao nove izlazne vrednosti, u kojoj je sadržan i odgovarajući dobitak, zahteva odedena ulaganja, kao što su:

- *Ulaganja u obliku novčanih sredstava, neophodnih za nabavku sredstava za rad, prostornih i drugih objekata i*
- *Ulaganja u obliku trošenja, koja se odnose na materijal za izradu, energiju i informacije.*

Ulaganja u proizvodnju imaju karakter ulaznih roba odgovarajućih novčanih vrednosti, dok izlazne veličine imaju karakter izlaznih roba povišenog kvaliteta odgovarajućih novčanih vrednosti. Višak vrednosti, očigledno predstavlja razliku novčane vrednosti izlaznih i ulaznih roba, koja je neophodna za održavanje i rast proizvodnje. Ulaganja novčanih sredstava za revitalizaciju postojećih i nabavku novih sredstava za rad, pre svega radnih jedinica, kao i za unapređenje rada ostalih funkcija preduzeća, zahtevaju pojave i zahtevi savremenog tržišta, koji se menjaju u vremenu.

Evolucija razvoja proizvodnje, pre svega u mašinstvu i elektrotehnici, slika 3.3, u periodu od šezdesetih godina prošlog veka pa do danas, nastala je kao rezultat zahteva tržišta u pogledu razvoja novih proizvoda, koje karakterišu raznovrsnost, kvalitet, cena i rokovi isporuke.

Razvoj i reinženjering proizvoda vođen je osnovnim mehanizmima evolucijske teorije, koja podrazumeva selekciju, transformaciju i nasleđivanje. Prema tome, proizvod koji se lansira na globalno tržište sa određenim prednostima u odnosu na konkurentni proizvod, značajno povećava mogućnost uspeha na tržištu pod uslovom neophodnog postepenog, kumulativnog i iterativnog kreiranja kompetitivnosti proizvoda i odgovarajućih procesa proizvodnje u vremenu, slika 3.3.



Slika 3.3: Evolucija procesa proizvodnje u mašinstvu [195] [65]

Pomenuti razvoj proizvodnih strategija u vremenu bio je uslovljen zahtevima tržišta u pogledu količina, cena, odnosno troškova, vremena izrade i raznovrsnošću proizvoda. Naime, period od šezdesetih do sedamdesetih godina prošlog veka, karakteriše proizvodnja proizvoda u velikim količinama i niskih cena, dok se početkom osamdesetih godina pred proizvodnju u prvi plan stavlja kvalitet proizvoda, koji se proizvode u znatno većem broju manjih serija.

Devedesetih godina prošlog veka, pred proizvodnu strategiju se, osim troškova i kvaliteta, pojavljuje i zahtev za fleksibilnost proizvodnog programa, odnosno razvoj i primenu fleksibilne proizvodnje, koja omogućava najkraće vreme pojave proizvoda na tržištu, poznato kao "time-to-market", jer kašnjenjem plasmana na tržištu i nepravovremenom zamenom novim i revitalizovanim proizvodima, najčešće dolazi do poslovnog neuspeha.

Nakon ovog perioda, pa sve do danas, proizvodna strategija je usmeravana na razvoj i primenu tehnoloških i proizvodnih rešenja koja obezbeđuju visoku fleksibilnost, kvalitet, konkurentne cene i kratke rokove isporuke proizvoda. Takva tehnološka i proizvodna rešenja omogućavaju pomenute efekte u uslovima proizvodnje širokog asortimana proizvoda, kroz realizaciju velikog broja manjih serija, čime se, ustvari, obezbeđuje proizvodnja prema zahtevima kupaca.

Razvojem informacionih i proizvodnih tehnologija i njihovom integracijom nastaje period računom integrisane proizvodnje, poznate kao CIM koncept. Ovaj koncept proizvodnje u suštini predstavlja poslovnu filozofiju i savremeni koncept razvoja proizvodnih sistema, kao i integraciju preduzeća primenom računarskih resursa. Prema udruženju proizvodnih inženjera (SME), CIM predstavlja totalnu integraciju funkcija proizvodnog sistema primenom integracionih sistema i komunikacija zajedno sa novim upravljačkim filozofijama, koje unapređuju efikasnost organizacije i rada zaposlenih. Osnovni cilj razvoja i primene CIM sistema ogleda se u :

- *Kraćem vremenu pojave proizvoda na tržištu,*
- *Povećanju proizvodnosti,*
- *Unapređenju kvaliteta proizvoda,*
- *Većoj fleksibilnosti proizvodnog programa,*
- *Manjim troškovima i nižim cenama proizvoda, itd.*

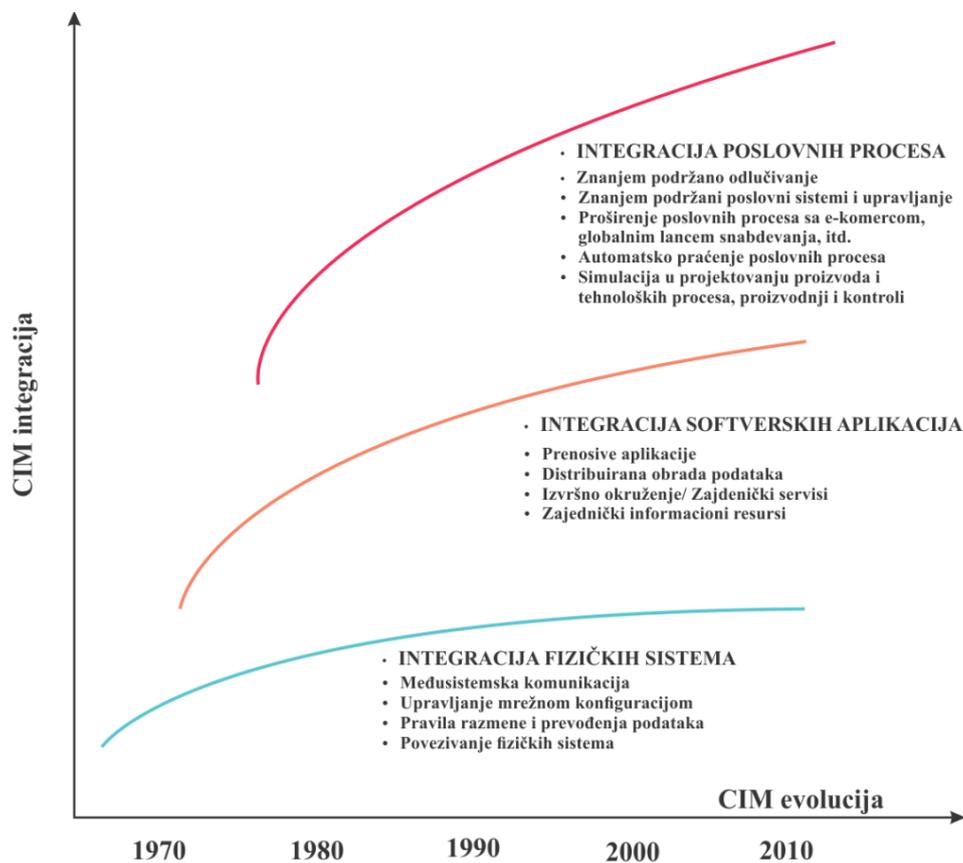
CIM koncept je tokom vremena menjao strategiju i pravce razvoja, u skadu sa evolucijom proizvodnih i informacionih tehnologija, pri čemu je njegova najveća primena prisutna u mašinskoj, elektro, farmaceutske, tekstilnoj, prehrambenoj i drugim industrijskim granama.

Proces razvoja proizvodnih tehnologija i sistema, od ručnog rada do integrisanih sistema, odnosno distribuiranih, kolaborativnih i virtuelnih CIM sistema, karakterišu različiti nivoi automatizacije, fleksibilnosti i integracije proizvodnih, odnosno poslovnih sistema.

Integracija proizvodnih sistema evoluirala je od integracije fizičkih sistema, preko integracije softverskih aplikacija, do integracije poslovnih procesa, slika 3. 4.

Integracija fizičkih sistema obuhvata povezivanje proizvodnih resursa i razmenu podataka između pojedinih funkcija preduzeća. Integracija softverskih aplikacija podrazumeva razmenu podataka između svih objekata, distribuiranu obradu podataka, kao i zajedničke servise za izvršno okruženje.

Integracija poslovnih procesa podrazumeva integraciju svih funkcija i procesa na nivou proizvodnog sistema, kao i integraciju poslovnih partnera i kupaca, koja podrazumeva e-Trgovinu, upravljanje odnosima sa kupcima, globalnu logistiku, lance snabdevanja i drugo.



Slika 3.4: Evolucija nivoa integracije sistema na putu razvoja CIM sistema [132][180]

Razvojem CIM sistema i njihovom implementacijom na pojedinim nivoima preduzeća, nastali su i drugi koncepti proizvodnje, odnosno strategija, koje se mogu svrstati u tri grupe:

- *Proizvodne i menadžment strategije,*
- *Softverske aplikacije i*
- *Organizacioni oblici preduzeća.*

Proizvodne i menadžment strategije karakteriše razvoj proizvodnje, bazirane na Lean konceptu, JIT konceptu, distribuiranoj, digitalnoj, virtuelnoj, e-proizvodnji, kolaborativnoj i drugim, respektivno [189] [190] [97] [167] [98] [110] [48].

3.1 PROIZVOD I POJAM PROIZVODA

3.1.1 Pojam “proizvod”

Proizvod je neposredni materijalni izraz procesa rada sistema [50] i predstavlja rezultat čovekove proizvodne aktivnosti, motivisane željom za stvaranje novih predmeta i usluga, prilagođenih ličnim i društvenim potrebama. Ovo svojstvo proizvoda čini njegovu upotrebnu vrednost, odnosno upotrebni kvalitet. U uslovima robnonovčane privrede, pored upotrebne vrednosti, vrednost proizvoda predstavlja drugo osnovno svojstvo koje predstavlja izraz količine društveno priznatog rada za njegovu proizvodnju [195]. Očigledno je da dominantan uticaj na karakteristike i konačni uspeh proizvoda na tržištu leži na krajnjem korisniku.

Proizvodi i usluge iznose se na tržište gde se razmenjuju kao roba, ali ne po vrednosti već po njihovoj ceni. Dakle, pod pojmom proizvoda podrazumeva se sve ono što se na tržištu može prodati kao roba, usluga ili ideja, u skladu sa zahtevima i mogućnostima kupaca. Zbog toga se može konstatovati da proizvod pokazuje na koji način preduzeće usklađuje svoje mogućnosti sa potrebama i zahtevima kupaca, jer kupci ne postoje zbog proizvoda, već proizvodi postoje zbog potrebe kupaca.

Mali je broj proizvoda čije se karakteristike na globalnom tržištu neznatno menjaju u vremenu, zbog čega je većina proizvođača suočena sa čestim ili stalnim izmenama svojih proizvoda, u cilju održavanja konkurentskih sposobnosti proizvoda na tržištu. Nestabilnost konkurentске pozicije proizvoda na tržištu, do koje dovode česte inovacije, noviteti i povećanje broja konkurentskih proizvođača, kao i promene kupovne moći i zahteva potrošača, osnovni su faktori koji određuju dinamiku i strategiju delovanja marketinga, kao i modifikaciju postojećih i pravce razvoja novih proizvoda. Zbog toga je, pri analizi tzv. necenovnih aspekata konkurencije istorodnih proizvođača, neophodno primenjivati inovacije, kozmetička doterivanja, primenu novih tehničkih i tehnoloških dostignuća i diferenciranje proizvoda u odnosu na konkurenciju.

Jedan od uslova obezbeđivanja tržišne kompetitivnosti proizvoda odnosi se na funkcionalnu analizu vrednosti, čiji je osnovni zadatak da identifikuje i smanji nepotrebne troškove, ne smanjujući pri tome kvalitet, vek trajanja i upotrebnu vrednost proizvoda. Zbog toga se može reći da kompetitivni proizvodi, koji čine osnovu razvoja i ekonomskog potencijala svakog preduzeća i društva u celini, predstavljaju rešenja kojim preduzeće usklađuje svoje mogućnosti sa potrebama i zahtevima kupaca.

Bez obzira na istaknute brojne izazove i, vezane za proizvode i njihov plasman i opstanak na tržištu, proizvodi su kao izvori nove vrednosti motiv svake proizvodnje, pa, prema tome, i osnovni nosioci podizanja kvaliteta života ljudi i društva u celini. Zbog toga se u literaturi može prepoznati skoro plebiscitarni stav istraživača oko toga da proizvodnja i proizvodi čine noseći stub ekonomske moći i nacionalnog ponosa svake zemlje.

3.1.2 Osnovne vrste proizvoda

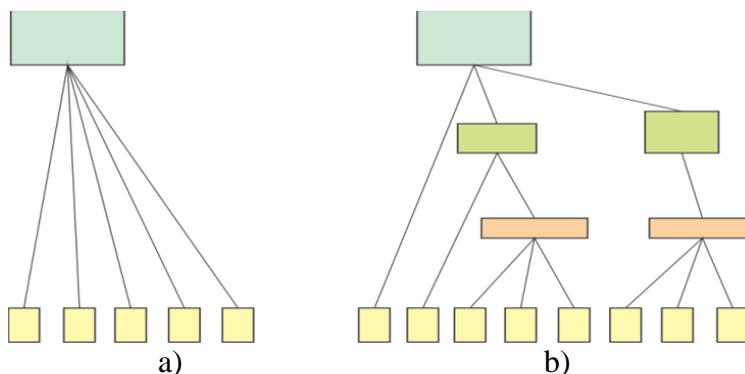
Veliki broj raznovrsnih proizvoda, koji su predmet proizvodnje i prometa u raznim oblastima, granama, grupama i podgrupama delatnosti, mogu se sistematizovati i klasifikovati po raznim osnovama kao što su [52]:

- *Oblik postojanja,*
- *Stepen složenosti ,*
- *Funkcionalnost, itd..*

Prema obliku postojanja, proizvodi mogu biti materijalni i nematerijalni. Proizvodi, kao materijalna dobra, su proizvodi materijalne proizvodnje raznih industrijskih grana, bez obzira da li se na tržištu pojavljuju kao sirovine, poluproizvodi, sredstva za upotrebu, ili kao dobra za široku potrošnju. U oba slučaja kupci na tržištu biraju one proizvode koji na najbolji način zadovoljavaju njihove potrebe.

Prema stepenu složenosti, proizvodi se dele na proizvode jediničnog stepena složenosti i na složene proizvode. Proizvodi jediničnog stepena složenosti su proizvodi koji se ne mogu rastaviti na sastavne delove.

Složeni proizvodi se sastoje od određenog broja sastavnih delova. U zavisnosti da li se složeni proizvod dobija sklapanjem isključivo pojedinačnih sastavnih delova, ili u njihov sastav ulaze i prethodno montažom dobijeni sklopovi, razlikuju se jednostepeni i višestepeni proizvodi, slika 3.5.



Slika 3.5: Strukture proizvoda prema složenosti: a) jednostepeni proizvodi ,b)višestepeni proizvodi

Višestepeni proizvodi zahtevaju razgranate, odnosno tehnološki složene procese montaže, dok jednostepeni zahtevaju nerazgranate, tehnološki jednostavne procese montaže. Prema svojoj strukturi, sastavni delovi višestepenih proizvoda mogu biti pojedinačni delovi ili sklopovi.

Sklopovi predstavljaju predmete sastavljene od dva ili više sastavnih delova ili podsklopova, nižeg stepena složenosti, a karakterišu se time da se u toku kasnije montaže ugrađuju direktno u proizvod. Imajući u vidu hijerarhijsku strukturu proizvoda, koja se daje u vidu strukturne sastavnice, podela sklopova se može vršiti prema:

- *Stepenu složenosti i*
- *Nivou ugradnje.*

što daje sklopove prvog, drugog , trećeg,....., n-tog nivoa ugradnje.

Sklopovi prvog stepena složenosti ne sadrže određene sklopove već se direktno sastoje od sastavnih delova. Sklopovi drugog stepena složenosti sastoje se od najmanje dva sklopa prvog stepena. Oni mogu da sadrže i određeni broj pojedinačnih sastavnih delova. Proizvodi drugog nivoa ugradnje ulaze neposredno u sastav prvog nivoa ugradnje.

Pomenuta podela proizvoda izvršena je sa aspekta tehnološkog procesa montaže, dok se sa aspekta funkcionalnosti, proizvodi mogu podeliti na:

- *Funkcionalne delove i*
- *Funkcionalne sklopove.*

Tehnički proizvodi u obliku gotovih proizvoda, namenjeni za razne vidove primene, na tržištu se prepoznaju na osnovu cene i analize funkcionalne vrednosti kroz:

- *Funkcionalne karakteristike,*
- *Konstrukcione karakteristike,*
- *Tehničke karakteristike,*
- *Eksploatacijske karakteristike,*
- *Estetske karakteristike i*
- *Ekološke karakteristike.*

U literaturi se nalaze i druge podele proizvoda, kao što su proizvodi materijalne proizvodnje, usluge i ideje, dok se prema standardu ISO 9000, proizvodi dele na:

- *Procesne,*
- *Hardverske,*
- *Softverske i*
- *Usluge.*

Osnovne karakteristike procesnih proizvoda su:

- *Materijalni proizvodi koji su opipljivi,*
- *Nemaju određeni oblik i mere (rasipajući oblik, tečno ili gasovito stanje, traka, šipka, vlakno),*
- *Nisu prebrojivi (iskazuju se u kg, l, m³)*
- *Neophodna je ambalaža za pakovanje,*
- *Ponovljivost proizvoda,*
- *Korisnik proizvoda nije uključen u proces proizvodnje,*
- *Mogu se transportovati,*
- *Mogu se skladištiti, mogu se držati zalihe,*
- *Može da postoji posrednik između proizvođača i korisnika.*

Osnovne karakteristike hardverskih proizvoda su:

- *Materijalni proizvodi koji su opipljivi,*
- *Imaju određeni oblik i mere,*
- *Iskazuju se u komadima,*
- *Najčešće su složeni proizvodi,*
- *Ponovljivi proizvodi,*
- *Korisnik proizvoda nije uključen u proces proizvodnje,*
- *Mogu se transportovati,*
- *Mogu se skladištiti, mogu se držati zalihe i*
- *Može da postoji posrednik između proizvođača i korisnika.*

Osnovne karakteristike softverskih proizvoda su:

- *Proizvod se sastoji od pisanih ili na drugi način zabeleženih informacija,*
- *Proizvodi su nematerijalni (neopipljivi), iako mogu da budu predstavljeni u materijalnom obliku,*
- *Proizvodi su neponovljivi - svaki proizvod je specifičan za sebe i radi se obično po zahtevu naručioca,*
- *Najčešće nemaju posrednika između proizvođača i naručioca.*

Osnovne karakteristike usluga su:

- *Obavljaju se u cilju zadovoljenja zahteva ili potreba korisnika,*
- *Usluga je nematerijalna,*
- *Usluga može biti jednokratna ili kontinualna,*
- *Korisnik je najčešće i učesnik u kreiranju i pružanju usluge,*
- *Pružanje i korišćenje usluge odvija se najčešće na istoj lokaciji,*
- *Usluga se ne može probati pre kupovine i*
- *U većini slučajeva neophodan je kontakt pružaoca usluge i korisnika.*

U središtu predmetnih istraživanja biće proizvodi mašinske industrije koji, u opštem slučaju, mogu biti jediničnog stepena složenosti i složeni proizvodi, slika 3.6.

U oba slučaju, ovi proizvodi procesnog tipa jasno su definisani oblikom i odgovarajućim fizičkim i funkcionalnim karakteristikama, pa se može reći da predstavljaju otpljivu fizičku jedinicu proizvoda, kao i drugi procesni proizvodi.



Slika 3.6: Primeri proizvodnje proizvoda jediničnog stepena složenosti i složenih proizvoda

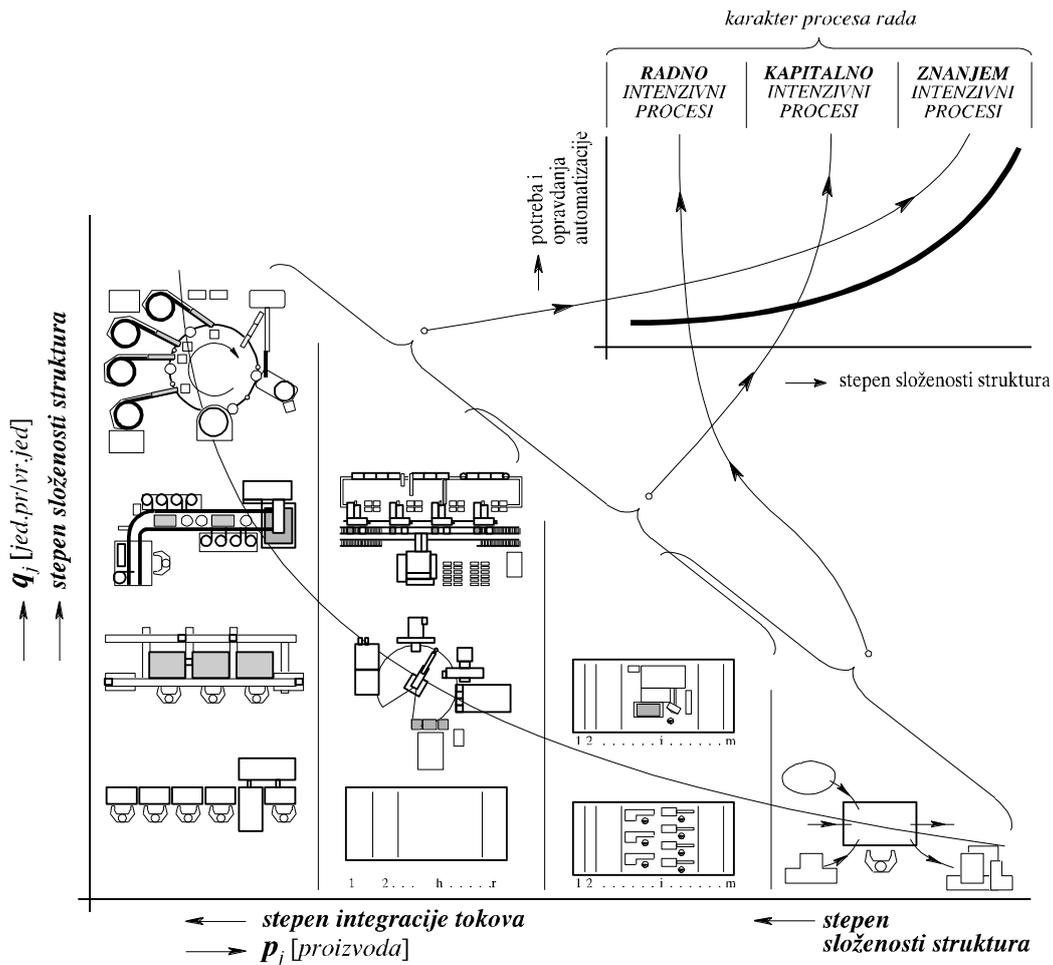
3.2 PROIZVODNI SISTEM

Proizvod i pomenute evolutivne promene u razvoju i reinženjeringu proizvoda, koje čine osnovne podloge za postavljanje procesa rada, izvođenje postupaka promene stanja, organizacije sistema, upravljanje procesima rada i ocene efekata proizvodnih sistema u poslednjih nekoliko decenija zahtevali su razvoj i primenu novih proizvodnih sistema, slika 3.7, koje karakterišu [195] [50]:

- *Potreba ostvarenja visokog stepena integracije tokova materijala, energije i informacija sa jedne, i funkcija preduzeća sa druge strane, u cilju iznalaženja najpovoljnijih postupaka promene stanja, organizacije i upravljanja,*
- *Tendencija stalnog povišenja složenosti elemenata i struktura proizvodnih sistema, izraženih u funkciji karakteristika programa proizvodnje, promenama u karakteru procesa rada, od radno intenzivnih, preko kapitalno intenzivnih, do znanjem intenzivnih procesa,*
- *Zahtevi za oslobađanje potencijala učesnika u procesima rada, postupcima obogaćivanja sadržaja rada i zamene rada učesnika na operacijama povišenog psihofizičkog opterećenja i povišenog rizika radom mašina, odnosno automatizacijom procesa rada.*

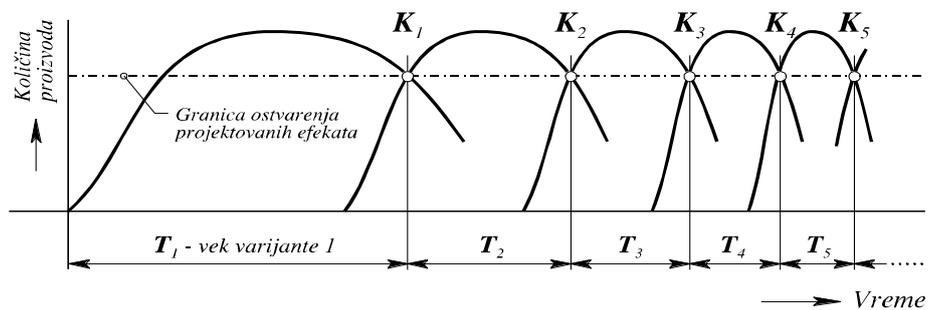
Osnovni zahtev koji se postavlja u procesu razvoja struktura proizvodnih sistema je sposobnost ostvarivanja projektovanog odnosa efekti/ulaganja u uslovima stalnih promena koje se mogu svrstati u karakteristične grupe kao što su :

- *Promene uslova okoline,*
- *Poremećaji u procesima rada,*
- *Promene u filozofiji proizvodnje i*
- *Promene u svetu rada i svetu tehnologija.*



Slika 3.7: Rast složenosti struktura industrijskih sistema

Promene uslova okoline odnose se, pre svega, na karakteristike proizvoda i program proizvodnje i ogledaju se u zahtevima potrošača da se od jedne varijante proizvoda velikih količina pređe na proizvodnju više varijanti proizvoda manjih količina sa odgovarajućim karakteristikama u skladu sa zahtevima tržišta, kao i u vremenu trajanja proizvoda i programa proizvodnje na tržištu, pri čemu se od višegodišnjeg životnog ciklusa proizvoda prelazi na proizvode sa kraćim životnim ciklusom, slika 3.8.



Slika 3.8: Promena životnog ciklusa proizvoda na tržištu

Poremećaji u procesima rada izazvani su promenama karakteristika sredstava rada i njihove radne sposobnosti u vremenu, ponašanjem učesnika u procesima rada čije se dejstvo ogleda u izrazito učestalim promenama uslova rada, kao i otkazima različite vrste, umanjujući učešće vremena u radu u ukupnom projektovanom vremenu eksploatacije elemenata i proizvodnog sistema u celini.

Promene u filozofiji proizvodnje koje se odnose na oblikovanje proizvodnih tokova, postavljanje proizvodnih struktura sa osnovom u prelazu sa tradicionalnog, procesnog na predmetni prilaz u oblikovanju proizvodnih struktura. Isto tako, promene u filozofiji proizvodnje odnose se na oblikovanje organizacionih struktura, zamenom centralizovanog oblika strukture drugim, efektivnijim oblicima oblikovanja, kao i na upravljanje procesima rada, sa osnovom u zameni prilaza zasnovanog na istraživanjima optimalne veličine serije i postupka upravljanja zasnovanog na puštanju u proces serija jedinične veličine.

Promene u svetu rada i svetu tehnologija odnose se, pre svega, na integralni prilaz u razvoju proizvoda, od projektovanja za funkciju, proizvodnju i održavanje, ka integralnom prilazu zasnovanom na objedinjavanju pomenutih aktivnosti, kao i na intenzivnom razvoju sredstava rada koja omogućavaju tehnologije povišenih mogućnosti.

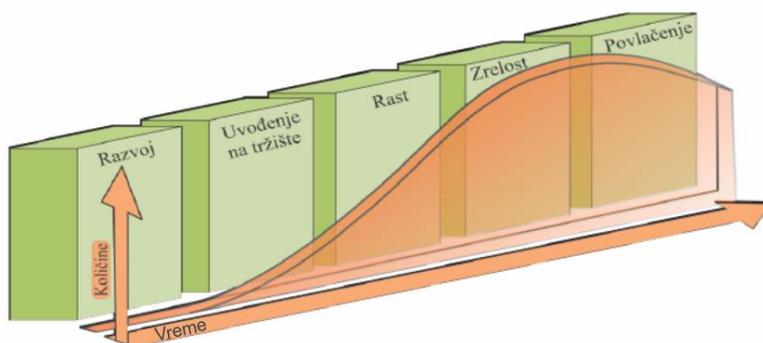
Postojanje promena, njihov višedimenzionalni i najčešće poremećajni karakter, izazivaju probleme u održavanju usvojenih karakteristika struktura proizvodnih sistema u granicama dozvoljenih odstupanja. Ove promene nameću potrebu traženja odgovarajućih rešenja koja će ublažavati njihovo dejstvo i obezbediti mogućnost prilagođavanja struktura proizvodnog sistema [50].

4. ŽIVOTNI CIKLUS PROIZVODA

Pod dejstvom ponude i tražnje, uz brojne dinamičke tržišne faktore, koji se odnose na promenu zahteva i kupovnu moć potrošača, kao i uticaj konkurencije, savremenoj proizvodnji nameću se određeni uslovi i rešenja koja utiču na životni ciklus proizvoda, PLC (Product Life Cycle). Životni ciklus proizvoda koristi se kao analitički okvir za planski razvoj i prilagođavanje proizvoda zahtevima tržišta u vremenu, pri čemu je za sistemsku analizu tog okvira neophodno definisati određeni broj faza, koje čine vremenski period od nastanka ideje o proizvodu pa do njegovog povlačenja, odnosno nestanka iz prirodne i društvene sredine. Pri tome se mogu posmatrati dve vrste životnog ciklusa proizvoda:

- *Ekonomski i*
- *Tehnički ciklus.*

Ekonomski ciklus proizvoda obuhvata vreme od uvođenja u proces proizvodnje do opadanja plasmana i prodaje na tržištu, odnosno povlačenja proizvoda sa tržišta, dok tehnički ciklus obuhvata period od razvoja do povlačenja proizvoda iz upotrebe, slika 4.1.



Slika 4.1: Životni ciklus proizvoda[29]

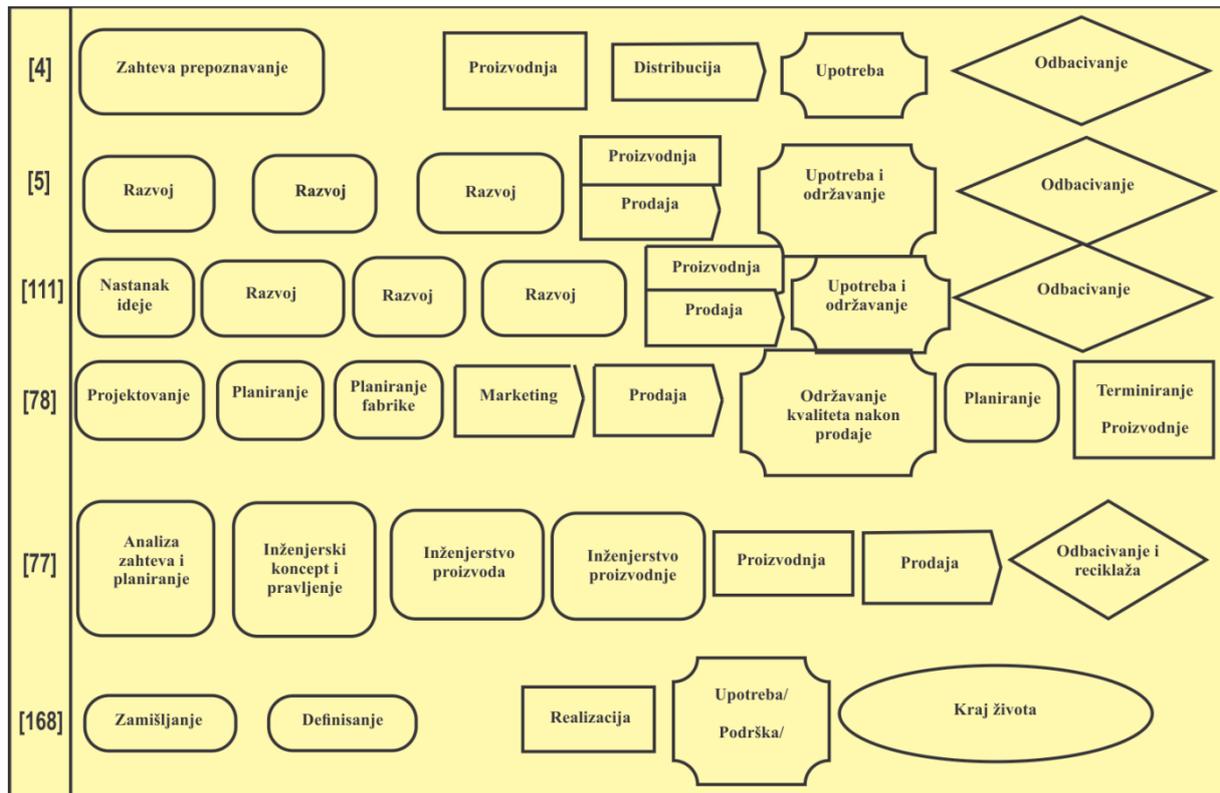
Vreme ekonomskog ciklusa, dakle vreme prisustva proizvoda na tržištu, koristi se za predviđanje i realizaciju određenih mogućnosti i povećanja prihoda od prodaje i profita, preduzimanjem različitih marketinških i poslovnih poduhvata.

Životni ciklus proizvoda bio je predmet istraživanja brojnih istraživača i kompanija, naročito u periodu nakon pedesetih godina prošlog veka, kada su nastali brojni PLC koncepti, tabela 4.1.

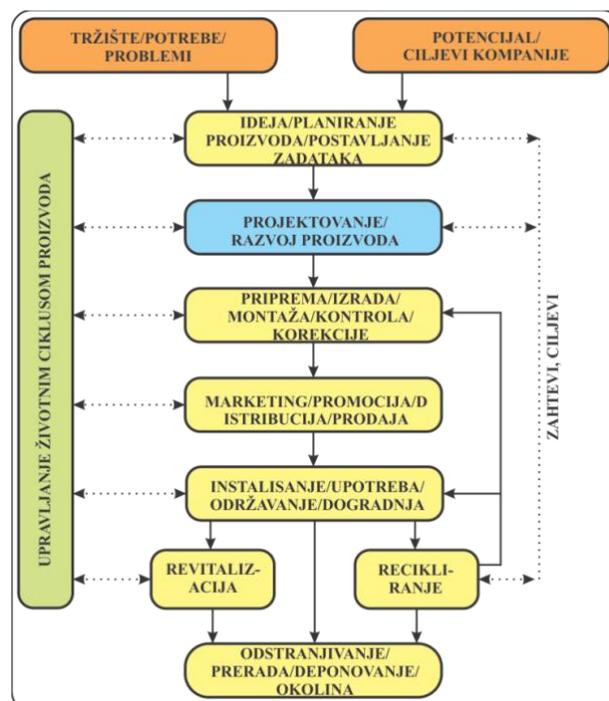
Prikazani PLC koncepti razlikuju se, pre svega, po broju i vrstama faza životnog ciklusa proizvoda. Bez obzira na ove razlike, životni ciklus proizvoda najčešće se deli na faze koje su prikazane na slici 4.2, odnosno:

- *Ideja o proizvodu (planiranje i postavljanje zadataka),*
- *Razvoj proizvoda (konceptualno projektovanje, oblikovanje, razrada, ispitivanje, itd.),*
- *Priprema proizvodnje (izrada, montaža, kontrola, dorada, itd.),*
- *Marketing (promocija, distribucija, prodaja),*
- *Upotreba (instalisanje, održavanje, dogradnja)i*
- *Povlačenje iz upotrebe (reciklaža, revitalizacija, deponovanje).*

Tabela 4.1: PLC koncepti [111][4][5][78][77][168]



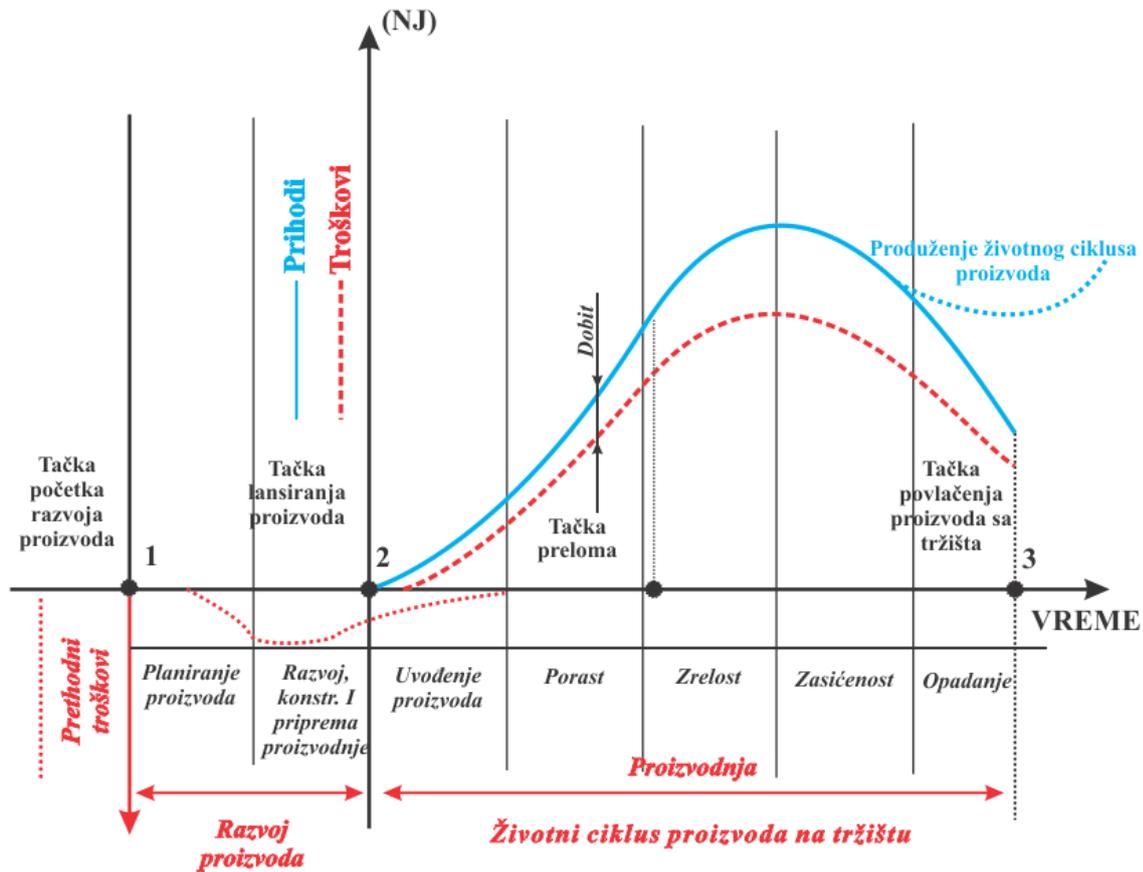
U životnom ciklusu proizvoda, od analize tržišnih potreba, sa jedne strane, i svestrane procene proizvodnih i organizacionih potencijala, kao i ciljeva određene kompanije, sa druge strane, rešavaju se brojni zadaci koji se odnose na razvoj, proizvodnju, upotrebu, plasman, revitalizaciju i reciklažu proizvoda, slika 4.2. Na tom putu životnog ciklusa proizvoda prisutan je cilj i motiv svake proizvodnje koji je usmeren na stvaranje nove vrednosti i profita.



Slika 4.2: Faze životnog ciklusa proizvoda[65][99]

U dijagramu životnog ciklusa proizvoda, slika 4.3, od stvaranja ideje, preko proizvodnje, pa do trenutka povlačenja ili eventualnog produžetka životnog ciklusa proizvoda, uočavaju se tri karakteristične tačke:

- *Definisanje proizvoda (1),*
- *Proizvodnja (2) i*
- *Povlačenje ili produženje životnog ciklusa (3).*



Slika 4.3: Dijagram životnog ciklusa proizvoda

Definisanje proizvoda obuhvata planiranje, odnosno razvoj, kao ključnu fazu životnog ciklusa proizvoda, koja će se detaljno prikazati u okviru predmetnih istraživanja.

Proizvodnju, odnosno ekonomski ciklus proizvoda, karakterišu određeni vremenski periodi, odnosno faze, kao što su :

- *Uvođenje proizvoda,*
- *Porast,*
- *Zrelost,*
- *Zasićenost i*
- *Opadanje.*

Pomenute faze proizvodnje karakterišu, pre svega, odgovarajući nivoi prodaje i troškova, odnosno profita.

U fazi uvođenja, odnosno lansiranja proizvoda na tržište, počinje stvaranje tržišne prepoznatljivosti proizvoda, koji je u početku najčešće prihvaćen od malog broja kupaca, zbog čega se u ovom periodu najbolje mogu proveriti svi elementi kvaliteta, nastali u fazi razvoja proizvoda. Zbog malog obima proizvoda, koji se u ovoj fazi lansira na tržište i eventualno uočenih nedostataka, kao i reakcije kupaca, mogu se pravovremeno i sa prihvatljivim troškovima otkloniti uočeni nedostaci proizvoda.

Uspešna realizacija faze uvođenja proizvoda na tržište ima poseban značaj u stvaranju njegove dugoročne pozicije na tržištu. Zbog toga je u ovom periodu neophodno odrediti optimalni obim proizvodnje, pridobijanjem što većeg broja kupaca, osmišljenim poslovnim i promotivnim aktivnostima. Sva dobit koja se ostvari u ovoj fazi najvećim delom se troši na pokrivanje troškova promocije, otklanjanje uočenih nedostataka, kao i na pokrivanje dela troškova razvoja proizvoda.

Ukoliko se u fazi uvođenja obezbede rešenja kojima su postignuti prihvatljivi troškovi po jedinici proizvoda, njegove visoke funkcionalne karakteristike, kao i optimalni obim proizvodnje, stvoreni su uslovi za početak nove faze, odnosno faze porasta. U ovoj fazi pojavljuje se povećani broj kupaca, a samim tim i potreba za povećanjem obima proizvodnje i plasmana na tržištu. Dobit koja se ostvaruje u ovoj fazi raste i usmerava se za proširenje asortimana proizvoda proizvodnog programa, osvajanje novih tržišta, intenziviranje promotivnih aktivnosti, kao i za pokrivanje dela tekućih i troškova faze definisanja proizvoda. Ako se u ovoj fazi ne postignu odgovarajući efekti, ulaganja u razvoj proizvoda se obustavljaju i proizvod se povlači sa tržišta.

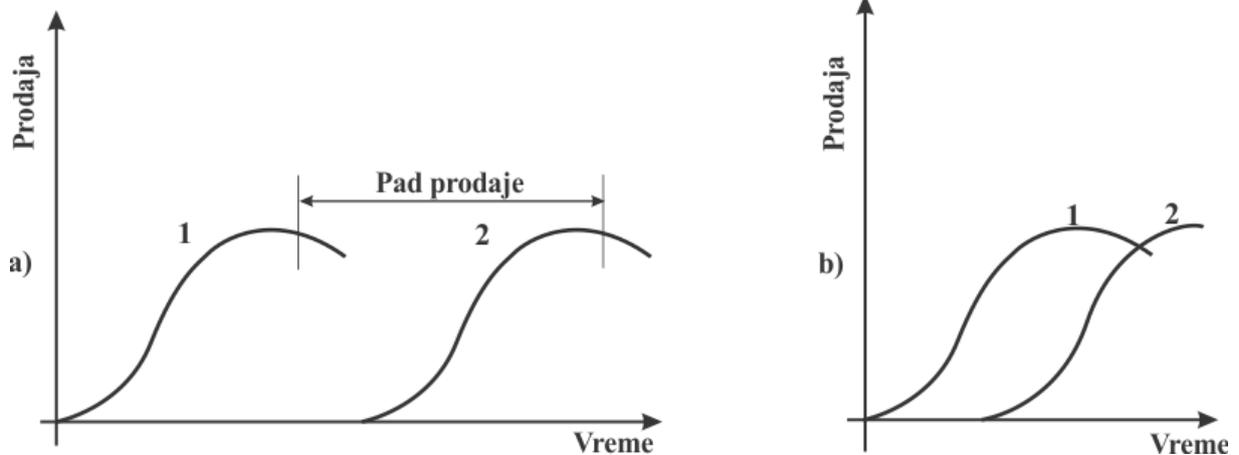
U fazi zrelosti postižu se maksimalni efekti u pogledu obima prodaje i profita, a pozicija proizvoda na tržištu u odnosu na konkurenciju je vrlo stabilna. S obzirom na pomenute efekte, u ovoj fazi se realizuju brojne mogućnosti usavršavanja i osvežavanja proizvoda u cilju očuvanja postojećih i pridobijanja novih kupaca. Stečena i stabilna pozicija proizvoda na tržištu obezbeđuje i stabilni obim proizvodnje, koji u tački zrelosti postiže optimalnu vrednost, a time i minimalne troškove po jedinici proizvoda. Ostvarena dobit se u značajnoj meri može usmeriti na razvoj novih ili produžetak životnog ciklusa postojećih proizvoda.

U praksi je vreme faze zrelosti najčešće ograničeno pod uticajem raznih tržišnih i drugih faktora, zbog čega proizvod ulazi u fazu zasićenosti tržišta. U ovom periodu proizvod se i dalje povoljno plasira na tržištu, ali sa trendom opadanja potražnje. Ova pojava ukazuje na neophodnost razvoja novih proizvoda i intenziviranje promotivnih aktivnosti.

U fazi opadanja proizvod se manje plasira na tržište, jer se broj kupaca smanjuje. Ovaj period karakteriše izrazito nizak obim prodaje, a time i ostvarenog profita.

U ekonomskom ciklusu proizvoda, odnosno u fazi proizvodnje, istražuju se i primenjuju brojne marketinške veštine i drugi poslovni poduhvati u cilju postizanja što povoljnijih ekonomskih efekata u svim pomenutim fazama proizvodnje. Imajući u vidu nivo prodaje i profita koji se ostvaruju u ekonomskom ciklusu proizvoda, može se zaključiti da se kvalitetnim planiranjem i upravljanjem životnim ciklusom proizvoda mogu preduprediti određeni nepovoljni ekonomski efekti u svim pomenutim fazama, naročito onih koji karakterišu fazu opadanja prodaje i profita. Tako, na primer, politikom razvoja i uvođenja novog proizvoda na tržište mogu se preduprediti nepoželjni efekti u poslovanju preduzeća, slika 4.4.

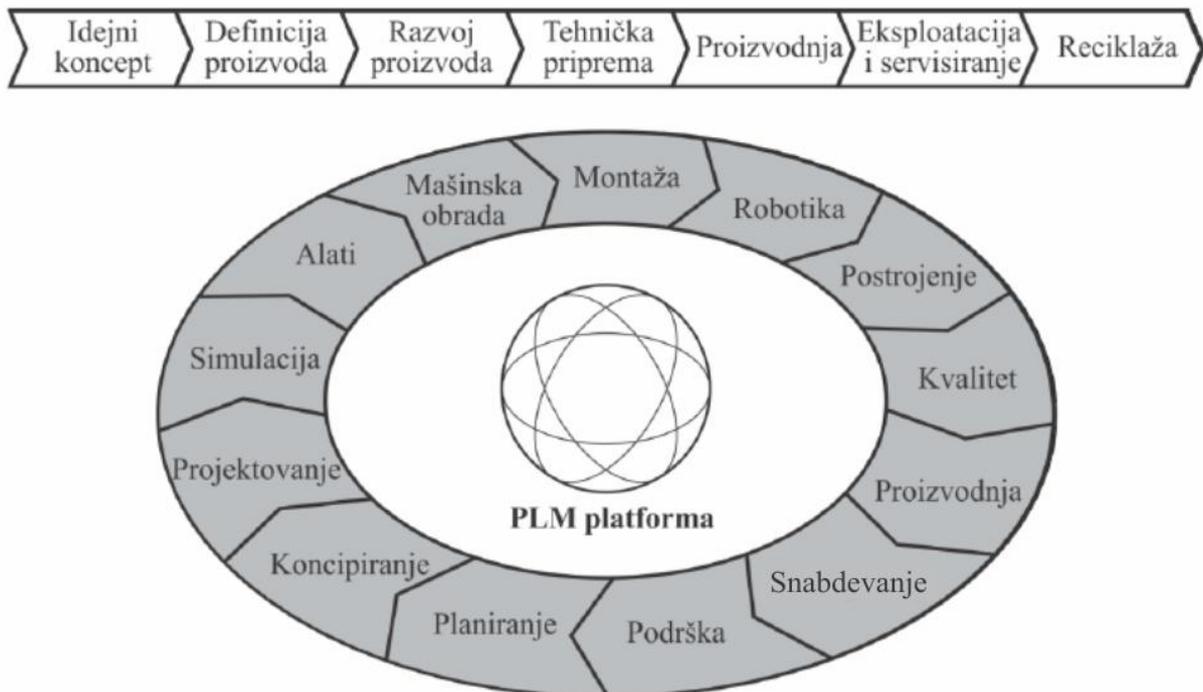
Naime, neblagovremeno uvođenje proizvoda u proizvodnju i plasman na tržištu izazvaće prekid u realizaciji prihoda od prodaje, što može izazvati neželjene finansijske efekte i održivost kontinuiteta u radu posmatranog preduzeća, dok se pravovremenim uvođenjem ili poboljšanjem proizvoda pomenuti neželjeni efekti na vreme predupređuju.



Slika 4.4: Uticaj uvođenja novog proizvoda: a) neblagovremenog, b) blagovremenog [138]

Ukratko prikazane karakteristike i uticaj pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda, naročito razvoja i proizvodnje, ukazuju na značaj i neophodnost upravljanja životnim ciklusom proizvoda.

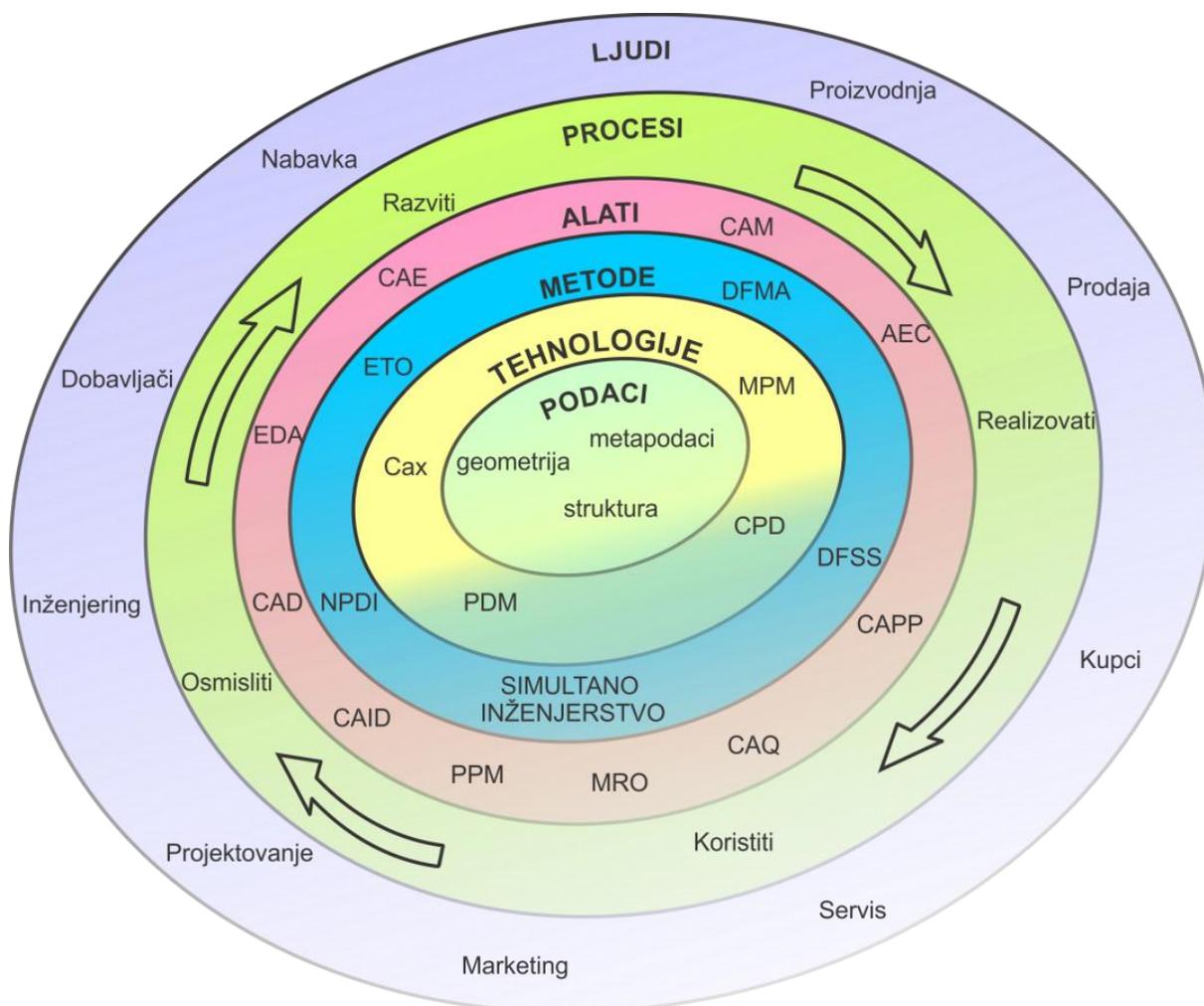
Upravljanje životnim ciklusom proizvoda, koje se u savremenim uslovima vrši na bazi računarom integrisanih platformi PLM (Product Lifecycle Management), slika 4.5 podrazumeva upravljanje svim fazama životnog ciklusa proizvoda, od idejnog koncepta do reciklaže, obezbeđujući, pri tome, povećanje inovativnosti i tržišne kompetitivnosti proizvoda i smanjenje grešaka u svim fazama životnog ciklusa.



Slika 4.5: PLM platforma za upravljanje životnim ciklusom proizvoda [165]

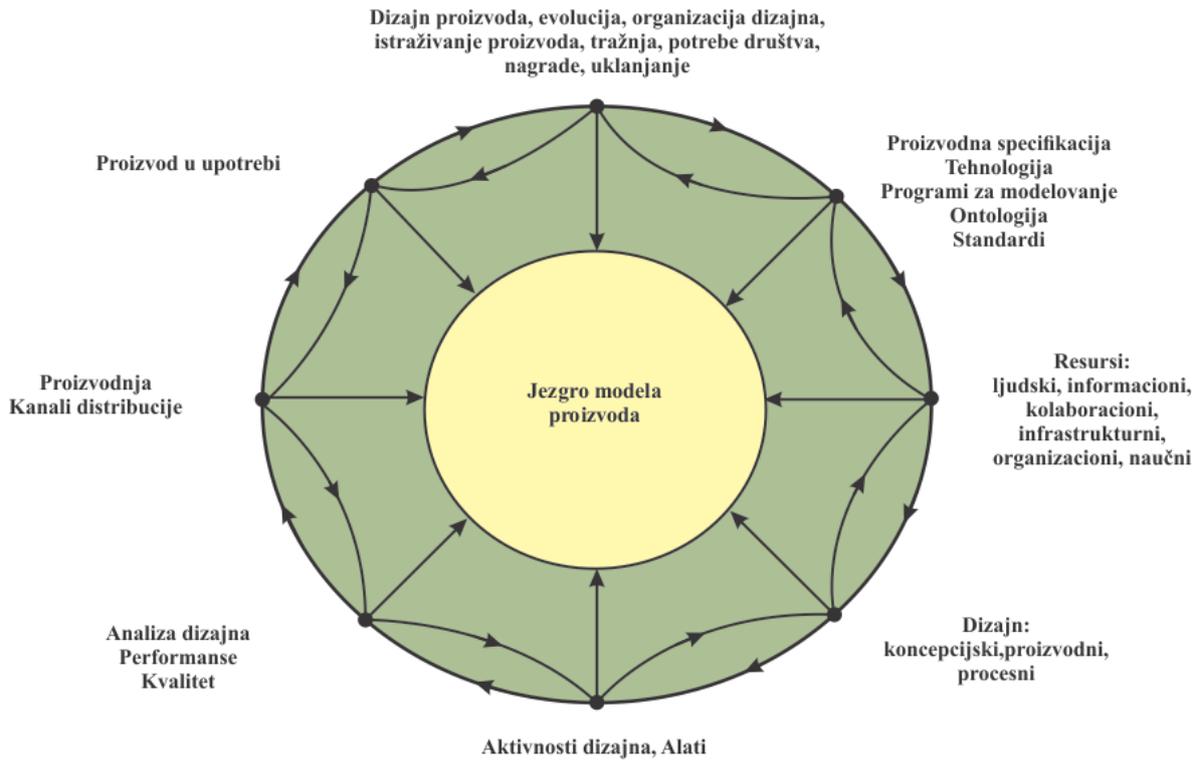
PLM sistemi obuhvataju integraciju informacija i podataka o ljudskim resursima, procesima, alatima, metodama i tehnologijama kroz sve faze životnog ciklusa proizvoda, slika 4.6, pri čemu se mogu izdvojiti osnovni ciljevi implementacije PLM sistema, kao što su[103] :

- *Kreiranje i integracija centralne baze podataka o proizvodima, procesima i svim faktorima koji utiču na razvoj, proizvodnju i prodaju proizvoda,*
- *Uspostavljanje kvalitetnih poslovnih veza sa kupcima, dobavljačima, i drugim poslovnim partnerima koji su uključeni u podršku realizacije i prodaje proizvoda,*
- *Uključivanje kupaca, dobavljača i drugih poslovnih partnera u proces prilagođavanja karakteristika proizvoda zahtevima tržišta i*
- *Povećanje stepena iskorišćenja kapaciteta, proizvodnosti, kvaliteta proizvoda, uštede materijala, proizvodne agilnosti, kao i povećanje efikasnosti protoka i razmene informacija.*



Slika 4.6: Koncept upravljanja životnim ciklusom proizvoda[103]

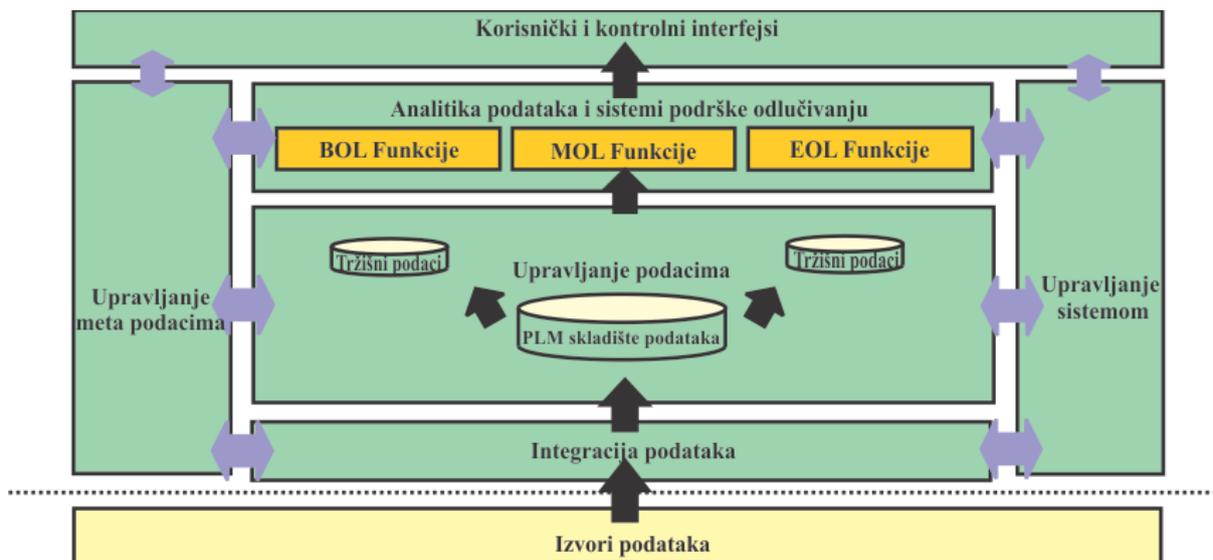
Informacioni tokovi u PLM sistemima mogu se prikazati u epicikličnom ili u epiciklično-posredničkom obliku, slika 4.7. U epiciklično-posredničkom obliku medijacija informacionih tokova vrši se kroz odgovarajući set ontoloških struktura informacionih modela za prikaz proizvoda i procesa. Koncept ovog informacionog modela nastao je na tradicionalnom inženjerskom dizajnu, funkcionalnom rezonovanju i modelovanju proizvoda [161] .



Slika 4.7: Epiciklično-posrednički prikaz informacionih tokova u PLM sistemima[161]

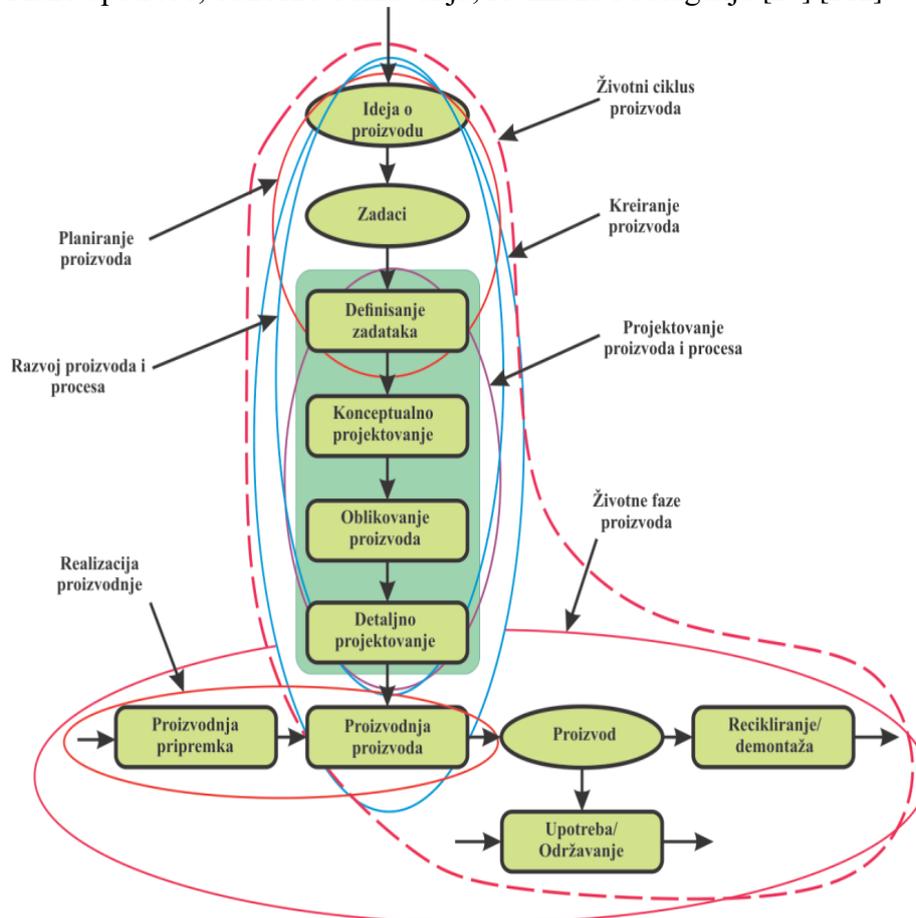
Objektni model za upravljanje životnim ciklusom proizvoda, koji je razvijen u okviru EU projekta PROMISE, predviđa ugradnju RFID sistema u proizvode koji prikupljaju podatke o proizvodu tokom njegovog životnog ciklusa nakon isporuke potrošaču, slika 4.8. Prikupljene informacije se vraćaju u fazu razvoja i služe za unapređenje posmatranog proizvoda. Značaj primene RFID sistema detaljno je analiziran i prikazan u radu [117].

U ovom PLM sistemu životni ciklus proizvoda podeljen je na tri dela. BOL, kao početak životnog ciklusa, obuhvata razvoj, proizvodne procese, logistiku, itd. MOL, koji predstavlja sredinu životnog ciklusa, obuhvata faze upotrebe i održavanja, dok se deo EOL odnosi na kraj životnog ciklusa proizvoda, uključujući i reciklažu.



Slika 4.8: Arhitektura PROMISE PLM sistema[42]

Implementacijom savremenih PLM sistema rešavaju se brojni zadaci u okviru kreiranja, odnosno razvoja proizvoda i procesa, uključujući sve faze projektovanja proizvoda i procesa, kao i realizacije proizvodnje, slika 4.9. U okviru projektovanja proizvoda i procesa, polazeći od definisanog zadatka, vrši se konceptualno projektovanje, oblikovanje proizvoda i detaljno projektovanje, primenom odgovarajućih alata koji su u sastavu savremenih PLM sistema. Životne faze proizvoda obuhvataju realizaciju proizvodnje priprema i proizvoda, uključujući i faze upotrebe, odnosno održavanja, reciklaže i odlaganja [24] [112].



Slika 4.9: Zadaci i oblasti projektovanja u životnom ciklusu proizvoda[24] [112]

Ukratko istaknute mogućnosti savremenih PLM sistema u pogledu menadžmenta informacijama i znanjem u svim fazama životnog ciklusa proizvoda, podržavaju brojni digitalni alati, koji se mogu svrstati u tri grupe[3] :

- *Alati za inženjersko projektovanje,*
- *Alati za upravljanje znanjem i*
- *Alati za poslovne aktivnosti.*

Inženjerski digitalni alati za projektovanje primenjuju se za zadatke inženjerstva u fazi razvoja proizvoda, dok alati za upravljanje znanjem se koriste za prenos i upravljanje podacima kroz sve faze PLM. Poslovni alati za poslovne aktivnosti, uz primenu odgovarajućih softvera, koriste se u tržišnim aktivnostima, pre svega u pogledu poslovnih strategija, prodaje i distribucije.

Prema tome, PLM sistemi predstavljaju filozofiju poslovanja i upravljanja podacima za razvoj i poboljšanje proizvoda u skladu sa zahtevima globalnog poslovnog okruženja.

U okviru upravljanja životnim ciklusom proizvoda, jedan od ključnih zadataka odnosi se na upravljanje troškovima životnog ciklusa, koje se najefikasnije rešava planiranjem i upravljanjem troškovima pojedinih faza životnog ciklusa, kao što su [128] :

- *Razvoj proizvoda,*
- *Proizvodnja,*
- *Upotreba i*
- *Reciklaža.*

Da bi se preciznije odredili troškovi koji nastaju u pojedinim fazama životnog ciklusa proizvoda, u predmetnim istraživanjima je izvršena detaljnija analiza aktivnosti pojedinih faza kao uzročnika troškova.

4.1 RAZVOJ PROIZVODA

U životnom ciklusu proizvoda, faza razvoja proizvoda, kao jedan od zadataka funkcije *Razvoj* [50], 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 proizvoda. Greške koje mogu nastati u fazi razvoja otklanjaju se na vreme, dakle pre procesa proizvodnje.

Proces razvoja proizvoda, kao jedna od aktivnosti funkcije razvoja preduzeća [50], u savremenim uslovima je tržišno orijentisan, jer proizvod, osim funkcionalnih, mora posedovati i druge tržišne vrednosti kao što su cena, estetičnost, pouzdanost, statusni simbol, itd. Zbog toga se proces razvoja proizvoda može posmatrati iz tri generičke perspektive, slika 4.10:

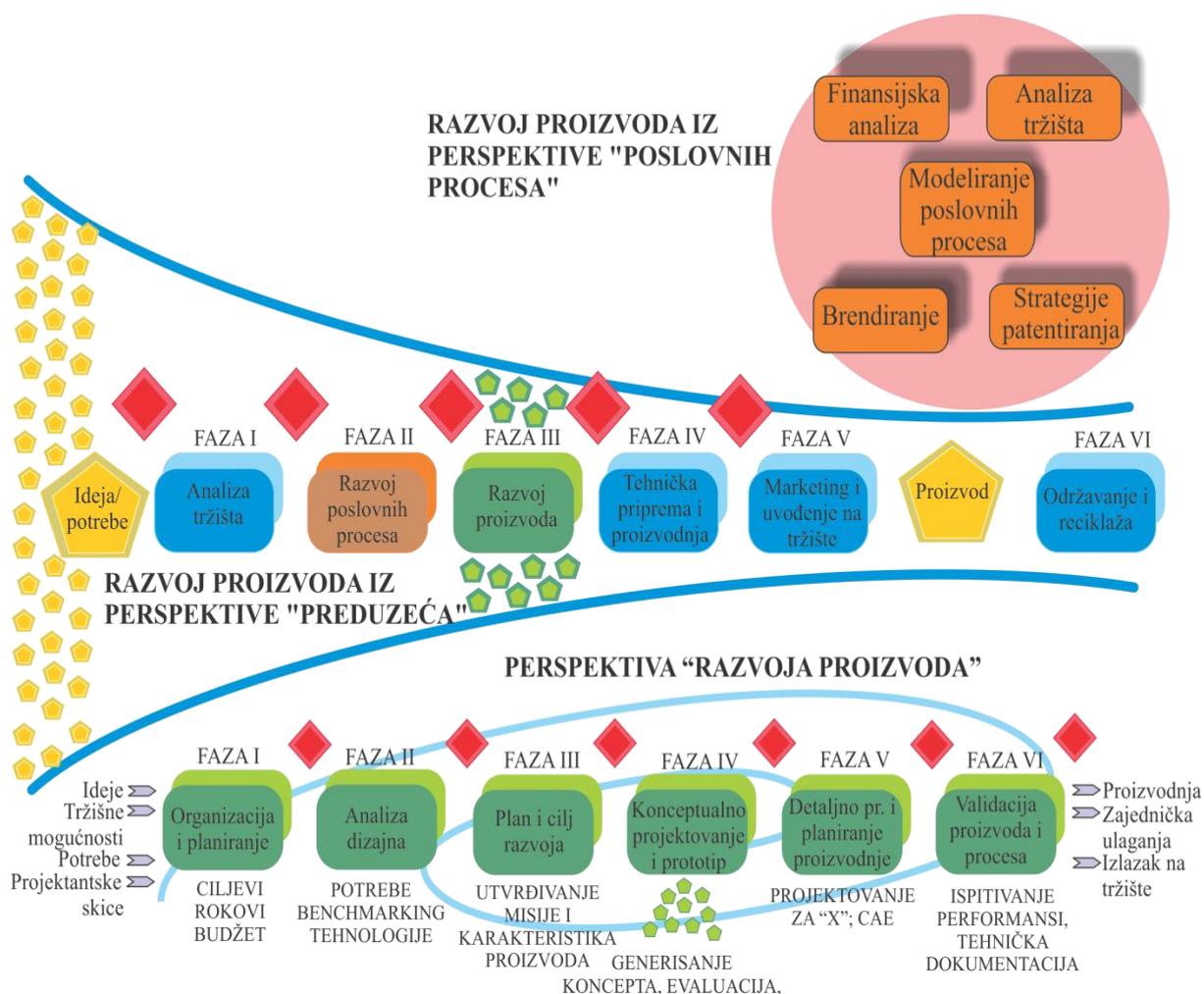
- *Poslovni procesi,*
- *Preduzeće i*
- *Proizvod.*

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, proizvodnja, distribuciju, prodaju, marketing, servis i povlačenje iz upotrebe.

Perspektiva razvoja proizvoda obuhvata sve aktivnosti u okviru faze razvoja proizvoda kao, što su:

- *Organizacija i planiranje,*
- *Analiza dizajna, plana i cilja razvoja,*
- *Konceptualno i detaljno projektovanje,*
- *Izrada prototipa,*
- *Planiranje proizvodnje i*
- *Vrednovanje proizvoda i procesa.*

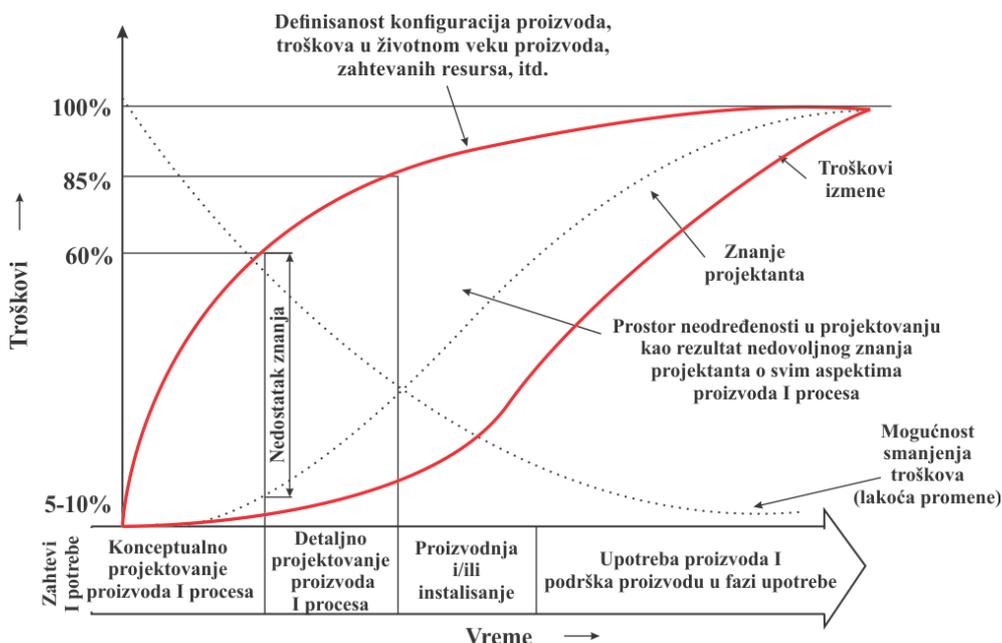


Slika 4.10: Razvoj proizvoda kroz tri generičke perspektive [44]

Uticaj razvoja na troškove pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda, naročito na troškove proizvodnje, je izrazito velik, jer greške koje mogu nastati u fazi konceptualnog i preliminarog projektovanja mogu uticati na povećanje troškova proizvodnje i preko 60%. Zbog toga je neophodno da se još u fazi razvoja uzimaju u obzir svi aspekti proizvodnje, upotrebe i reciklaže, uključujući i aspekte ukupnih troškova proizvoda.

Donošenje kvalitetnih odluka i rešenja u fazi konceptualnog i preliminarog projektovanja proizvoda, i pored primene savremenih inženjerskih alata za projektovanje za izvrsnost [81] je složen proces, koji se rešava u prostoru neodređenosti u projektovanju i proizvodnji proizvoda, slika 4.11.

U savremenim uslovima poslovanja, proces razvoja proizvoda zasniva se na evolutivnim principima postepenog, kumulativnog i iterativnog približavanja zahtevima tržišta [176], traženjem najpovoljnijeg kompromisnog rešenja u prostoru odlučivanja, koji je generisan troškovima, vremenom, fleksibilnošću i kvalitetom, kao delu prostora neodređenosti u projektovanju proizvoda.



Slika 4.11: Prostor neodređenosti u projektovanju i proizvodnji proizvoda [160] [65]

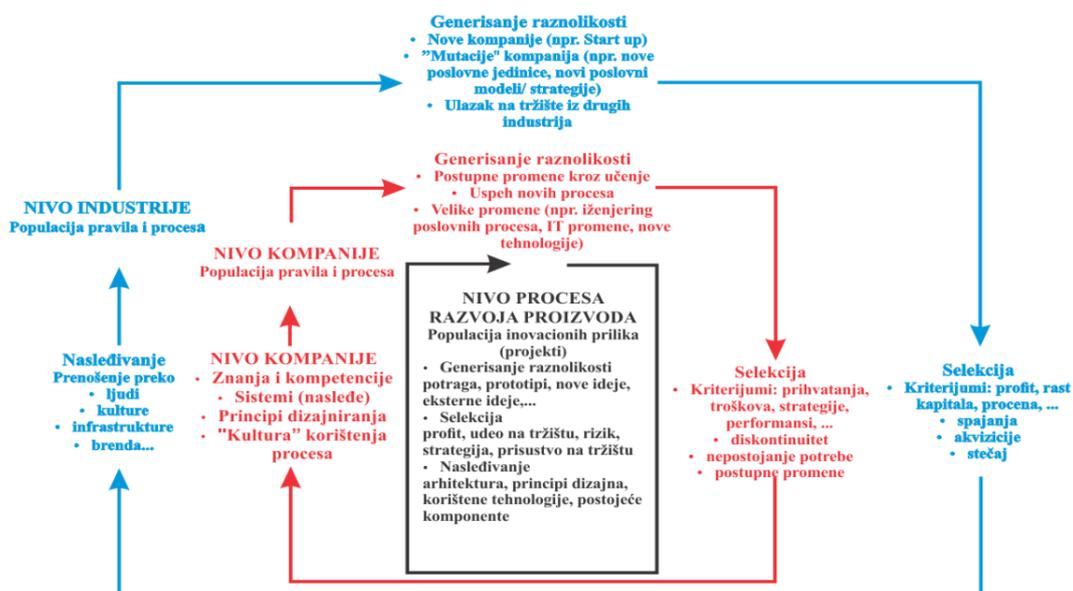
Proces razvoja proizvoda neminovno zahteva uvođenje inovacija koje su locirane na tri nivoa i koje su u međusobnoj zavisnosti, slika 4.12:

- Nivo procesa razvoja proizvoda,
- Nivo kompanije i
- Nivo industrije.

Na prvom nivou generišu se, biraju i razvijaju individualne inovacije, koje određuju nivo procesa razvoja proizvoda. Skup novih proizvoda na ovom nivou kreira se integracijom ekspertskog znanja timova iz različitih oblasti.

Na nivou kompanije definišu se procedure, pravila i norme, odnosno uspostavlja se okvir delatnosti uključujući i znanje u procesu razvoja proizvoda.

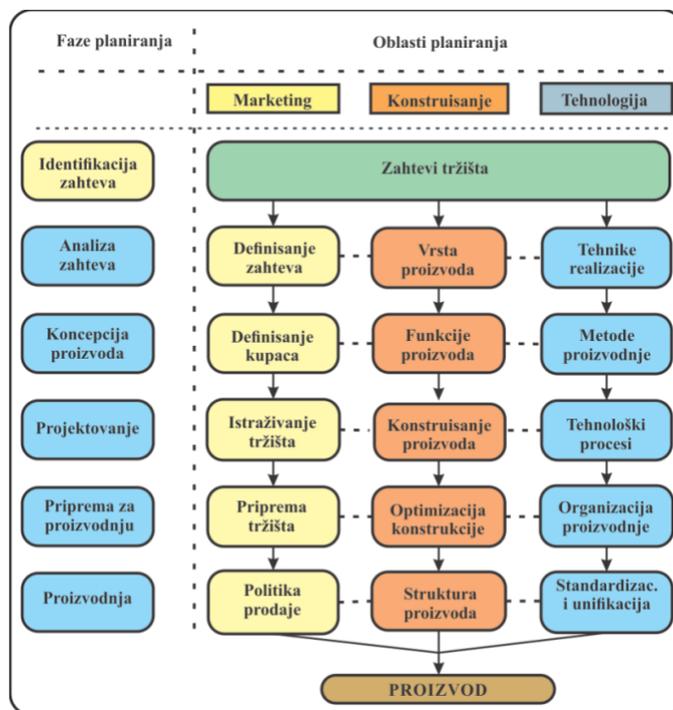
Na trećem nivou definiše se industrijsko okruženje, uslovljeno političkim sistemom, demografskim pokazateljima i nizom drugih faktora.



Slika 4.12: Nivoi inovacije u procesu razvoja proizvoda [116]

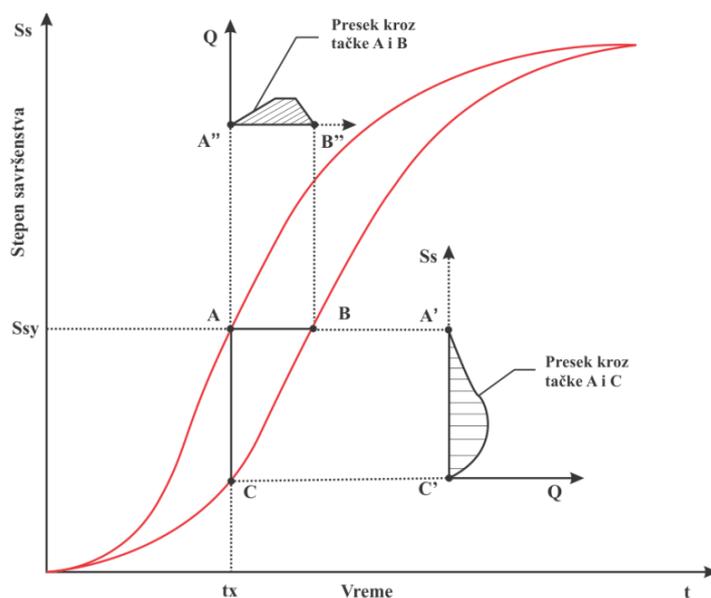
Svi pomenuti nivoi su u međusobnoj interakciji, jer donji nivo čini viši nivo, struktura višeg nivoa utiče na kreiranje, selekciju i nasleđe nižeg nivoa. Proces razvoja proizvoda može se posmatrati sa marketinškog i inženjerskog aspekta, slika 4.13.

Marketinške aktivnosti u procesu razvoja proizvoda obuhvataju analizu tržišta, definisanje zahteva kupaca, pripremu tržišta i politiku prodaje, dok se inženjerske aktivnosti odnose na projektovanje proizvoda, tehnoloških procesa, organizaciju i upravljanje proizvodnjom.



Slika 4.13: Marketinški i inženjerski aspekti procesa razvoja proizvoda [141].

U uslovima savremenog globalnog tržišta, razvoj i poboljšanje proizvoda je nametnuta strateška alternativa modernih preduzeća, otvorenih tržišta i opšte konkurencije, kada tržištem vladaju kupci, a ne proizvođači. Pomenute uticajne faktore treba imati u vidu pri razvoju i poboljšanju proizvoda, jer je stepen savršenstva proizvoda promenljiva kategorija u vremenu, slika 4.14.



Slika 4.14: Promena stepena savršenstva proizvoda u vremenu [138]

U određenom vremenskom trenutku najsavršeniji proizvod je u tački A, dok je najslabiji proizvod u tački C. Za isti stepen savršenstva tokom određenog vremenskog perioda, period AB predstavlja vremenski period opstanka proizvoda na tržištu.

Imajući u vidu kompleksnost procesa razvoja i poboljšanja proizvoda, može se konstatovati da je pri generisanju stvaralačkih ideja u procesu razvoja novog proizvoda neophodno primeniti poznate principe razvoja kao što su :

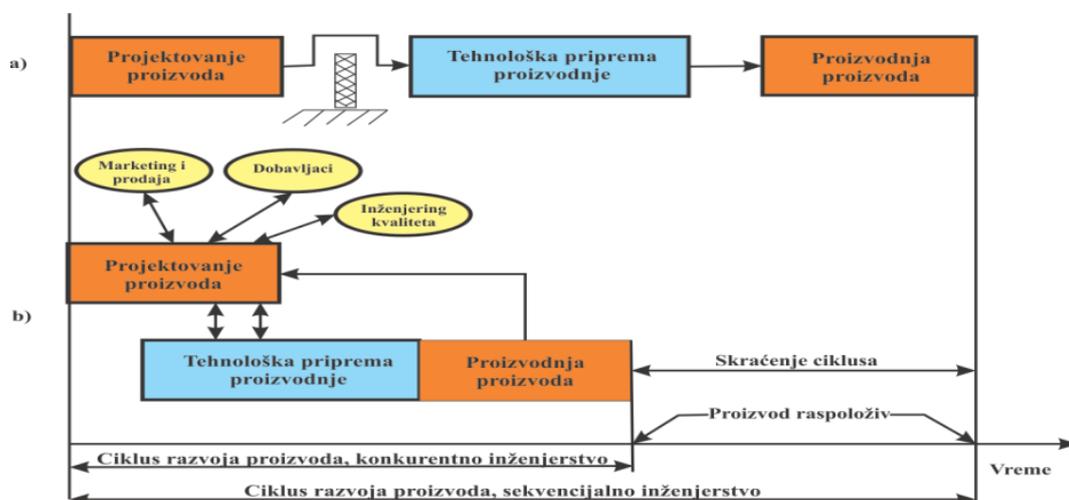
- *Svestranost,*
- *Celovitost,*
- *Metodičnost,*
- *Princip minimuma,*
- *Identitet,*
- *Konkurentnost i*
- *Modularnost.*

Drugim rečima, pri razvoju proizvoda neophodno je uzeti u obzir sve faze životnog ciklusa, kada je reč o svestranosti, testiranje vršiti na proizvodu kao celini, razvoj proizvoda bazirati na prethodno usvojenoj metodologiji i minimalnoj složenosti, razvoj usmeriti na stvaranje proizvoda sa prepoznatljivim imidžom i konkurentnošću na tržištu, a arhitekturu proizvoda bazirati na modularnom konceptu.

Kao što je ranije istaknuto, proces razvoja proizvoda je složen, segmentiran i iterativni proces, koji zahteva timski rad eksperata iz različitih oblasti, jer obuhvata rešavanje specifičnih zadataka pojedinih aktivnosti u okviru razvoja proizvoda, kao što su:

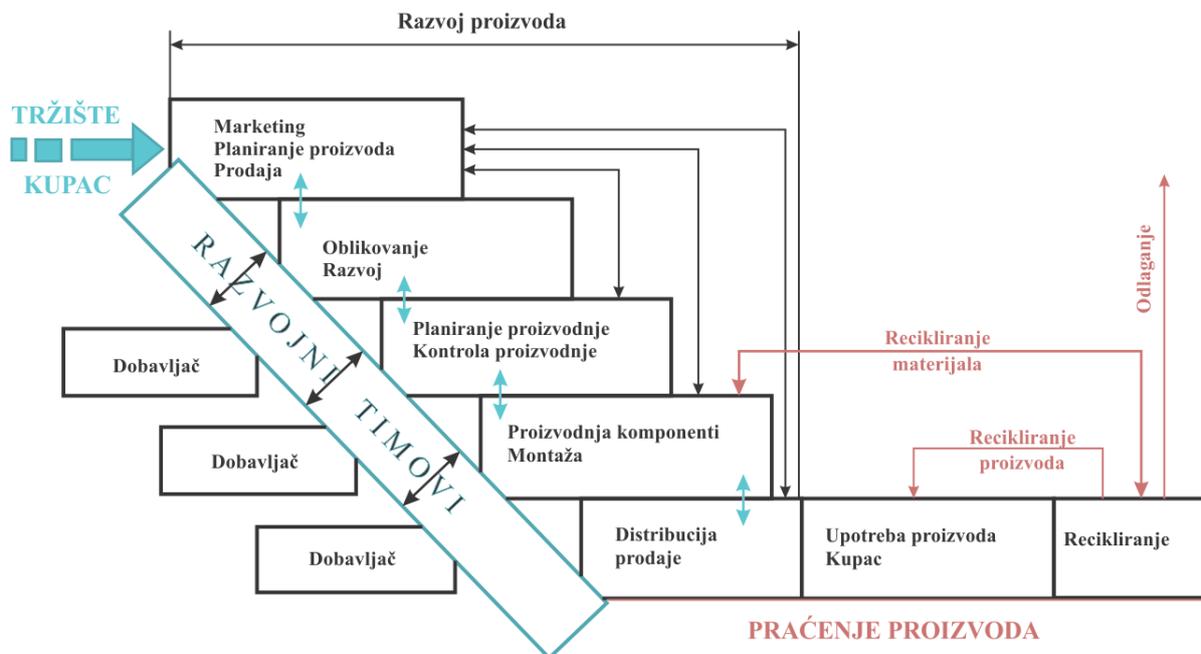
- *Ideja o novom proizvodu i planiranje proizvoda (prikupljanje, selekcija i validacija ideja, definisanje zadatka),*
- *Projektovanje proizvoda (konceptualno projektovanje, oblikovanje i detaljno projektovanje),*
- *Tehnološki i proizvodni aspekti razvoja proizvoda,*
- *Ispitivanje proizvoda (modela, prototipa, nulte i probne serije) i*
- *Konačno oblikovanje proizvoda.*

Proces razvoja proizvoda u savremenim uslovima zasnovan je na sekvencijalnom i simultanom inženjerstvu. U sekvencijalnom inženjerstvu razvoj pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda vrši se redno, dok se primenom simultanog inženjerstva razvoj pojedinih faza životnog ciklusa vrši paralelnim radom timova stručnjaka za pojedine oblasti. Osnovna prednost simultanog inženjerstva u odnosu na sekvencijalno ogleda se u skraćanju vremena razvoja proizvoda, slika 4.15.



Slika 4.15: Efekti primene: a) sekvencijalnog, b) simultanog inženjerstva u razvoju proizvoda [154]

Bez obzira na određene razlike, koje se odnose na grupisanje zadataka u okviru pojedinih aktivnosti, kao i razlika u broju i vrsti aktivnosti faze razvoja proizvoda, koje se mogu naći u literaturi, proces razvoja proizvoda u savremenom globalnom poslovnom okruženju zasnovan je na principima konkurentnog, odnosno simultanog inženjerstva, koje podrazumeva organizaciju paralelnog rada razvojnih timova stručnjaka iz različitih oblasti, slika 4.16.



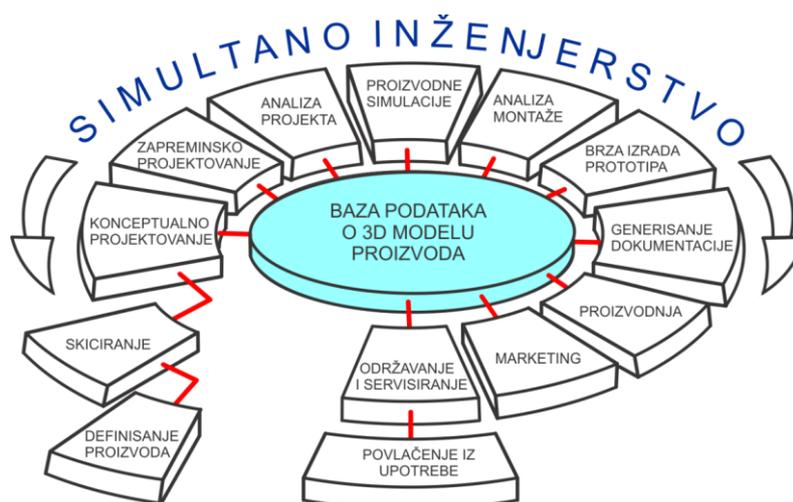
Slika 4.16: Primena simultanog inženjerstva u procesu razvoja proizvoda [142]

Razvojni timovi za marketing, planiranje proizvoda i prodaju, za razvoj i oblikovanje proizvoda, za planiranje i kontrolu proizvodnje, za proizvodnju komponenti i montažu, kao i timovi za distribuciju, treba tesno da sarađuju sa dobavljačima i prikupljanju informacija vezanih za upotrebu i zahteve kupaca.

Prema tome, osnovne karakteristike simultanog inženjerstva u procesu razvoja proizvoda vezane su za uključivanje kupaca i dobavljača u proces razvoja, stabilnost u definisanju proizvoda, struktuiran i sistemski prilaz u razvoju proizvoda, sposobnost uspostavljanja efikasnih timova, dostupnost resursa, realno definisan razvoj proizvoda i pravovremeno uključivanje svih učesnika u lancu razvoja proizvoda [14].

Aktivnosti procesa razvoja proizvoda, zasnovanog na simultanom inženjerstvu, odnose se na identifikaciju i definisanje zahteva za novim i poboljšanim proizvodom, konceptualno projektovanje, 3D modeliranje, analizu projekata, proizvodne simulacije, procesa obrade i montaže, brzu izradu prototipa, izradu tehničke dokumentacije, procesa proizvodnje, marketinga, održavanje i povlačenja proizvoda sa tržišta, slika 4.17.

Centralno mesto u ovom konceptu simultanog inženjerstva pripada bazi podataka, koja se koristi u realizaciji aktivnosti razvoja proizvoda. Ova baza podataka sadrži informacije o tehnološkim i tehničkim resursima preduzeća, ljudskim resursima, zahtevima kupaca, tržišnim i marketinškim aktivnostima vezanim za novi proizvod, konceptualne varijante proizvoda, kao i drugih podataka vezanih za uvođenje i povlačenje proizvoda sa tržišta.

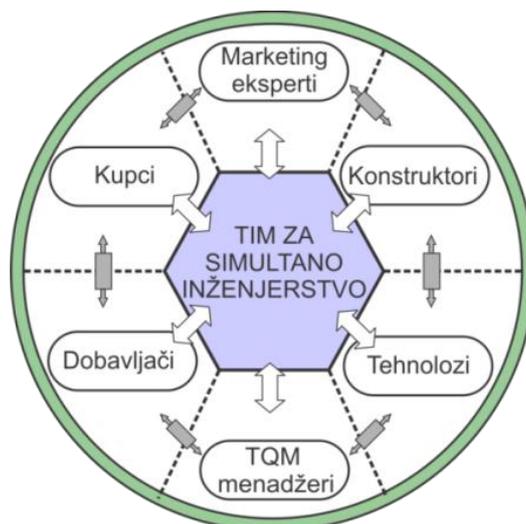


Slika 4.17: Aktivnosti razvoja proizvoda zasnovanog na simultanom inženjerstvu [188]

Za efikasnu primenu koncepta simultanog inženjerstva neophodna je primena određenih inženjerskih tehnika, strategija i alata podržanih računarom, kao što su agent i tehnike bazirane na znanju, CAD/CAM, QFD, DFx i drugi [151][46].

Osim pomenutih prednosti simultanog inženjerstva u pogledu smanjenja vremena razvoja proizvoda, treba istaći i druge prednosti kao što su smanjenje troškova razvoja, poboljšanje performansi proizvoda i procesa proizvodnje, uz smanjenje vremena pojave proizvoda na tržištu, povećanje kvaliteta, zadovoljstva kupaca i podizanje konkurentске prednosti na tržištu.

U konceptualnom modelu simultanog inženjerstva za proizvodnju na globalnom tržištu, slika 4.18, ostvarena je potpuna integracija tima za simultano inženjerstvo i dobavljača, kupaca, konstruktora, tehnologa, inženjera kontrole i kvaliteta, kao i eksperata za marketing i ekonomska pitanja.



Slika 4.18: Konceptualni model simultanog inženjerstva za globalnu proizvodnju [14]

Razmena informacija u ovom modelu simultanog inženjerstva u realnom vremenu omogućava timovima da projektantska rešenja i određene izmene i usaglašavanja izvrše na vreme, u samom procesu razvoja proizvoda, čime se isključuju nepotrebne greške, povećava kvalitet proizvoda, smanjuju troškovi i vreme pojave proizvoda na tržištu.

Zbog toga se može izdvojiti nekoliko bitnih karakteristika simultanog inženjerstva, kao što su:

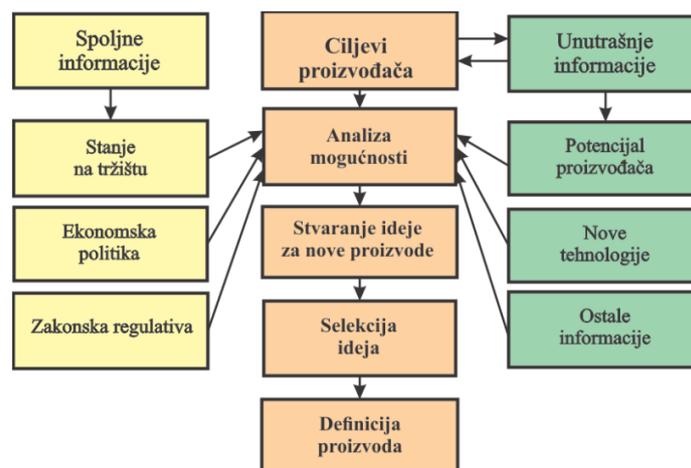
- *Integracija razvojnih procesa i logistička podrška,*
- *Usmeravanje pažnje na zahteve kupaca,*
- *Brže usvajanje novih tehnologija,*
- *Kontinualni pregled projekata i razvoj procesa,*
- *Automatizacija razmene informacija,*
- *Funkcionalnost razvojnih timova i*
- *Brz razvoj prototipa proizvoda.*

Imajući u vidu istaknute prednosti simultanog inženjerstva, pre svega u pogledu kvaliteta i efikasnosti inženjerskog projektovanja, savremeni razvoj proizvoda zasnovan je na konceptu simultanog inženjerstva, posebno u aktivnostima projektovanja.

4.1.1 Nastajanje ideje i planiranje novog proizvoda

Ideja o razvoju novog ili poboljšanju proizvoda, nastaje kao rezultat uticaja i zahteva tržišta, društvenih i ekonomskih okolnosti, pojave novih tehnologija, zahteva kupaca i kreativnosti zaposlenih u preduzeću. Često se pojavljuje neplanirano, iznenada, sama od sebe, najčešće u trenutku inspiracije zaposlenih ili pojedinaca koji poseduju sklonost za inovativnost i novitete. U procesu stvaranja ideje o novom proizvodu u praksi se pojavljuju slučajevi kada one nisu odmah prihvaćene od strane struktura koje odlučuju u preduzeću. U procesu razvoja i uvođenja novih proizvoda ideje koje nisu ranije prihvaćene često se svrstavaju u grupu razvojnih i inovativnih procesa u posmatranom preduzeću.

Ideja o novom proizvodu najčešće nastaje u procesu istraživanja tržišta, analize zahteva kupaca i konkurencije, kao i na osnovu proizvodnih mogućnosti preduzeća i primene novih tehnologija. Polazeći od stanja na tržištu, ekonomske politike i zakonske regulative, sa jedne strane, i proizvodnih mogućnosti i potencijala proizvođača, kao i primene novih tehnologija, sa druge strane, mogu nastati ideje za novi proizvod, slika 4.19.



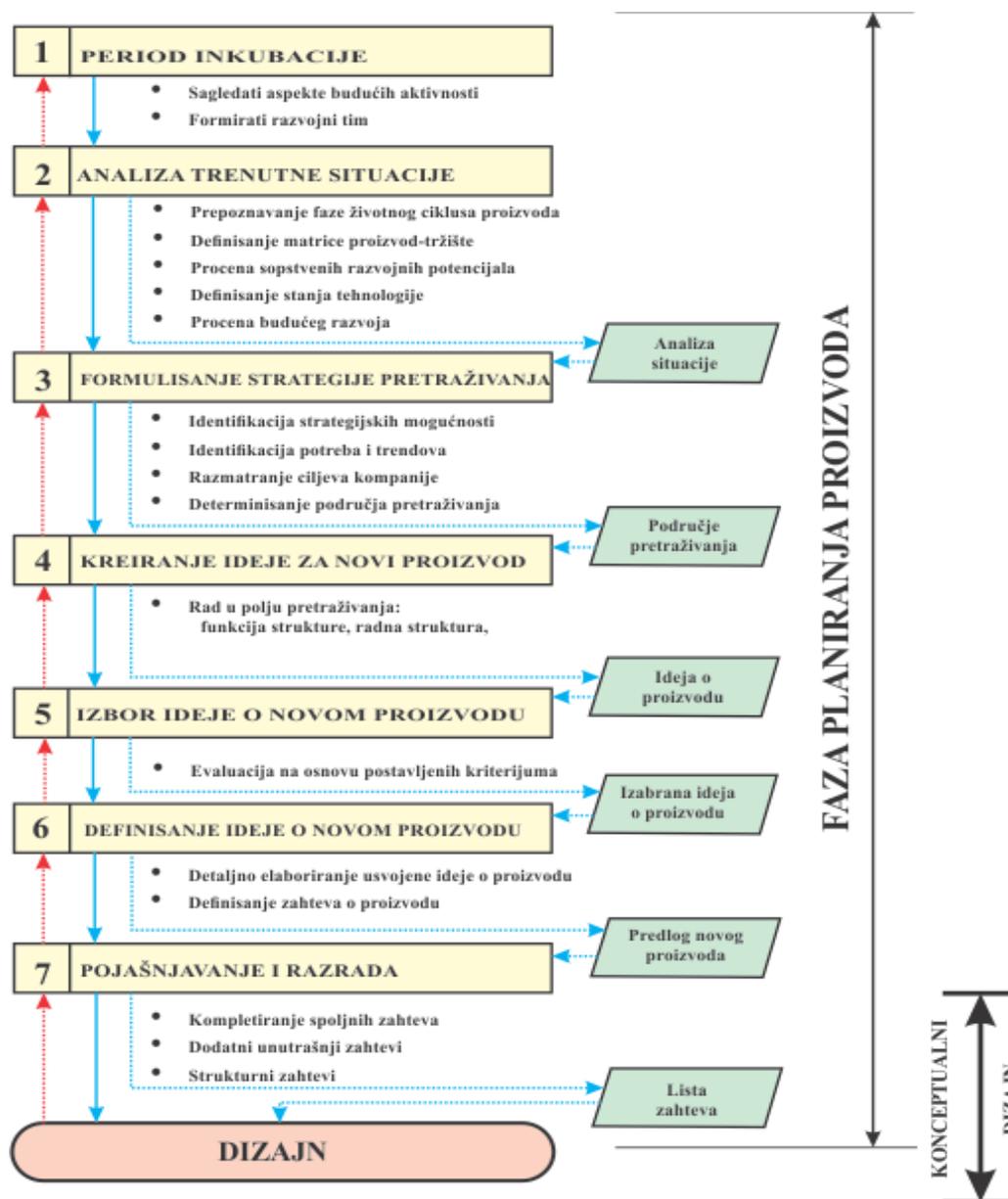
Slika 4.19: Nastajanje ideje i planiranje novog proizvoda [137]

Za stvaranje i kreiranje ideje za novi proizvod i poboljšanje proizvoda koriste se brojne metode i procedure, ali je kreativnost pojedinaca u okviru razvojnog tima jedan od osnovnih faktora za generisanje ideje. Razvijene metode i procedure, koje se koriste u kreiranju ideja, od posebnog su značaja za komunikaciju među članovima razvojnog tima, čiji je rad zasnovan na konceptu simultanog inženjerstva.

Ideja o prihvatanju novog proizvoda, isto tako, treba da bude opravdana zahtevima tržišta, kao što su:

- Proizvod predstavlja novitet na tržištu,
- Visoko je funkcionalan,
- Lepo je dizajniran,
- Društveno je koristan,
- Privlačne je tržišne cene,
- Ne zagađuje životnu sredinu i
- Može se reciklirati.

Posle izbora ideje za novi proizvod, vrše se određene aktivnosti u okviru planiranja proizvoda, odnosno postavljanja zadataka razvoja novog proizvoda, slika 4.20, sa ciljem da novi proizvod bude konkurentan novitet na tržištu.



Slika 4.20: Proces planiranja novog proizvoda [142]

Nakon perioda inkubacije, koji se odnosi na planiranje budućih aktivnosti i formiranje razvojnog tima, u okviru *analize trenutne situacije* vrši se prepoznavanje i predviđanje faza životnog ciklusa novog proizvoda u odnosu na proizvode koji čine proizvodni asortiman preduzeća, a potom definisanje matrice **proizvod-tržište**, na osnovu koje se vrši uporedna analiza tehnoloških i proizvodnih mogućnosti preduzeća u odnosu na konkurenciju, kao i procena razvojnih mogućnosti u skladu sa trendovima na tržištu, novih tehnologija, ekoloških zahteva i novih znanja.

Strategija pretraživanja obuhvata identifikaciju strategijskih mogućnosti na osnovu kojih se utvrđuje slobodni prostor za novi proizvod na tržištu u odnosu na konkurenciju, korišćenjem BCG portfolio matrice i identifikacija potreba korisnika i trendova tržišta na osnovu matrice **potrebe-prednosti**.

Kreiranje ideje za novi proizvod zahteva sistemski prilaz u stvaranju ideje na osnovu raspoloživih metoda kao što su funkcijska dekompozicija proizvoda i niz intuitivnih i diskurzivnih metoda, tabela 4.1.

Tabela 4.1: Metode za kreiranje ideje za novi proizvod

Konvencionalne metode	Intuitivne metode	Diskurzivne metode	Metode za kombinovanje rešenja
<ul style="list-style-type: none"> • Prikupljanje podataka • Analiza rešenja iz prirode • Analiza postojećih tehničkih sistema • Analiza analognih modela • Merenja performansi na postojećim proizvodima • Testiranje modela 	<ul style="list-style-type: none"> • Diskusija unutar razvojnog tima • Brainstorming • Obrnuti Brainstorming • Metod 635 • Brainwritingpool • Delfi metoda • Syntetics metoda • Kombinacija metoda 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemska studija fizikalnih procesa • Sistemska pretraživanje uz pomoć klasifikacionih šema • Katalozi rešenja 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemska kombinacija • Kombinovanje pomoću matematičkih metoda

Izbor ideje za novi proizvod baziran je na primeni određenih metoda i kriterijuma za evaluaciju određenog broja potencijalno izvodljivih rešenja novih proizvoda, koji je nastao kao rezultat prethodnih koraka planiranja proizvoda. Rešavanje ovog kompleksnog zadatka vrši se na osnovu :

- Binarnih principa (*da/ne*) ili (0/1),
- Binarne komparativne evaluacije,
- Tabela odlučivanja, itd.

Prvi korak pri evaluaciji potencijalnih rešenja novog proizvoda odnosi se na usvajanje kriterijuma i njihovih težinskih koeficijenata, na primer prema VDI 2225.

Definisanje ideje o novom proizvodu počinje komparativnom analizom izabranih alternativnih rešenja novog proizvoda, koja je zasnovana na proceni mogućnosti i ograničenju proizvodnih potencijala, uključujući i obim mogućih novčanih ulaganja u razvoj procesa proizvodnje, kao i procene potencijalnih mogućnosti i ograničenja plasmana na tržištu [121].

Na osnovu prethodne analize formira se predlog novog proizvoda sa potrebnim obrazloženjima kao što su:

- *Detaljan opis funkcija proizvoda,*
- *Precizna i detaljna lista zahteva za razvoj proizvoda i*
- *Procena troškova razvoja i proizvodnje proizvoda.*

Na taj način stvoreni su uslovi za procenu mogućnosti proizvodnje, plasmana na tržištu, obima novčanih ulaganja u razvoj i proces proizvodnje, kao i polazni podaci za konceptualno projektovanje, odnosno dizajn proizvoda.

4.1.2 Projektovanje proizvoda

Projektovanje je fundamentalna i kreativna aktivnost procesa razvoja proizvoda, koja sledi posle izbora ideje i planiranja novog proizvoda. U okviru ove aktivnosti proizvod prelazi iz tržišne ideje u fazu projektovanja, koja se najčešće realizuje na principima analize i sinteze. U manuelnom načinu projektovanja sinteza se koristi selektivno, prema izgrađenom modelu znanja, dok se analiza i sinteza koriste pri računarom podržanom projektovanju (CAD).

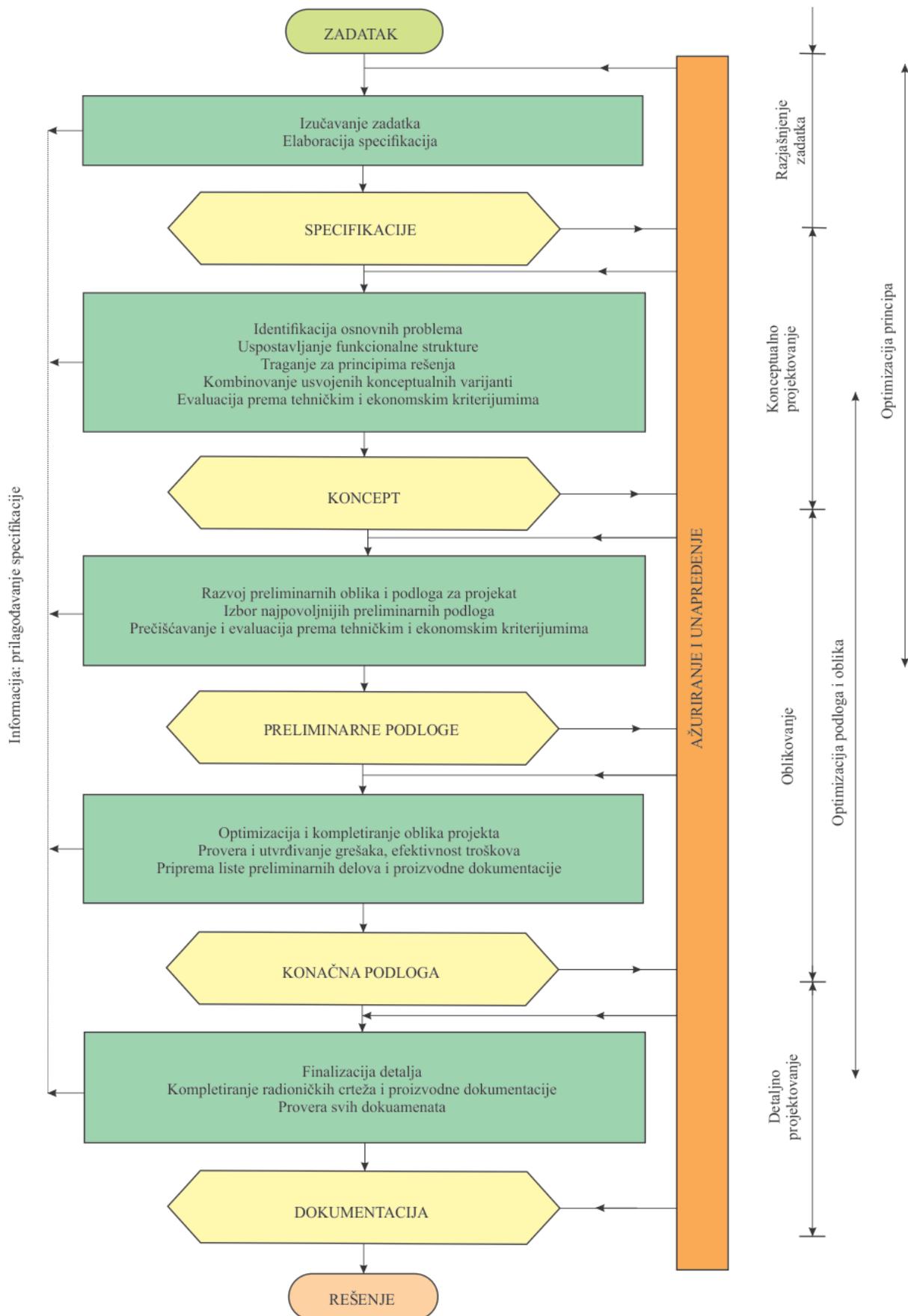
Razvijeni modeli projektovanja mogu se svrstati u grupe deskriptivnog i perskriptivnog projektovanja [72].

Deskriptivni modeli projektovanja baziraju na generisanju koncepta rešenja proizvoda u ranoj fazi projektovanja, koji se podvrgavaju analizi, evaluaciji, poboljšanju i daljem razvoju, kroz konceptualno projektovanje, oblikovanje šema i detaljno projektovanje. U modelu projektovanja [47] proces projektovanja obuhvata faze istraživanja, generisanje ideja, evaluaciju i komunikaciju. U fazi istraživanja, projektant definiše problem i prostor mogućeg rešenja u kome generiše konceptualna rešenja, dok u fazi evaluacije projektant vrši ocenu konceptualnih rešenja.

Perskriptivni modeli procesa projektovanja oslonjeni su na heurističku analizu toka projektovanja, baziranu na algoritamskim i sistemskim procedurama [96], dok se u modelu [15], u proces projektovanja uključuje interakcija sa kupcima i obučanim projektantima. U razvoju perskriptivnih modela projektovanja društvo profesionalnih inženjera Nemačke, VDI 2221, imalo je značajan doprinos.

Pahl i Beitz [142] razvili su model projektovanja, sa fazama koje su prikazane na slici 4.21:

- *Definisanje 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.*

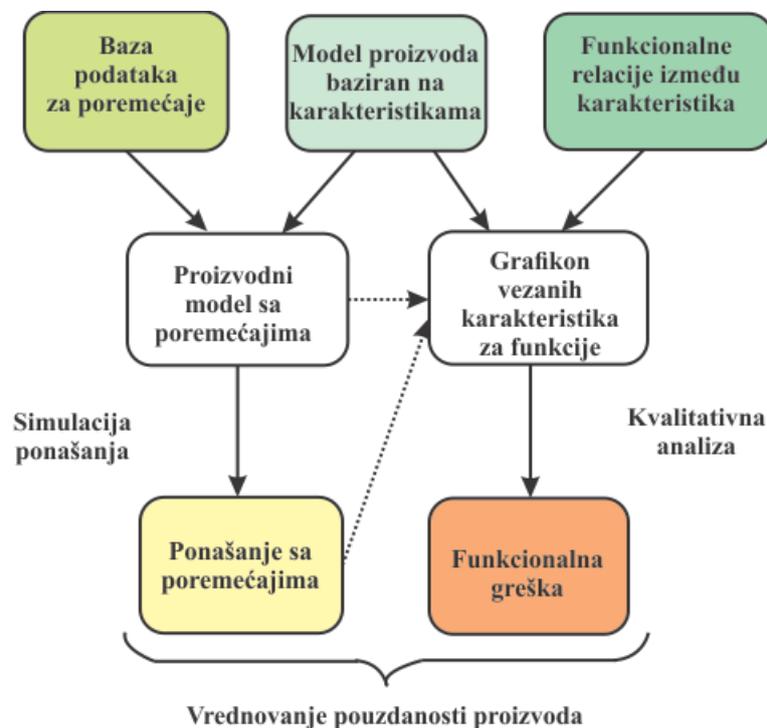


Slika 4.21: Pahl i Beitz-ov model projektovanja [142]

Konceptualno projektovanje, za koje su razvijeni brojni modeli, bazirani na rezonovanju zasnovanom na grafovima, stablima, funkcionalnim strukturnim vezama, itd. [85] polazeći od ulaznih podataka i zadatka koji je definisan u okviru planiranja novog proizvoda, obuhvata okvirno definisanje funkcija, karakteristika i performansi novog proizvoda, razmatranjem:

- *Propisa i standarda koji se odnose na posmatrani proizvod,*
- *Početnih konceptualnih rešenja novog proizvoda,*
- *Vrednovanja konceptualnih rešenja u pogledu funkcionalnosti, performansi, troškova, itd. i*
- *Izboru najpovoljnijeg konceptualnog rešenja novog proizvoda.*

Pri vrednovanju i izboru konceptualnih rešenja novog ili poboljšanog proizvoda, neophodno je za usvojene modele proizvoda koji su bazirani na karakteristikama, izvršiti i procenu pouzdanosti na osnovu ponašanja proizvoda u uslovima mogućih poremećaja i kvantitativnom analizom grešaka koje mogu nastati u relacijama koje povezuju karakteristike proizvoda, predstavljenih grafikom vezanih karakteristika, slika 4.22.



Slika 4.22: *Vrednovanje pouzdanosti proizvoda* [104]

Oblikovanje, ili preliminarno projektovanje, kao ulaz koristi funkcionalni koncept proizvoda koji je nastao u prethodnoj fazi. Oblikovanje se može podeliti na projektovanje arhitekture, konfiguracije i parametarsko projektovanje proizvoda [64]. Arhitektura i konfiguracija proizvoda čine osnovnu konturu njegovog dizajna, odnosno oblika i estetičnosti. Dizajn kao pojam tumači se u zavisnosti od područja na koje se odnosi, ali se može definisati kao proces razvoja proizvoda, uključujući i njegova estetska svojstva.

Proces razvoja dizajna proizvoda predstavlja kreativnu multidisciplinsku aktivnost, čiji se rezultat ogleda u podizanju vrednosti proizvoda, jer kvalitetan dizajn privlači pažnju korisnika, poboljšava performanse, utiče na smanjenje troškova, te time ima značajan uticaj na konkurentsku prednost na tržištu.

Razvojem savremene industrijske proizvodnje, oblikovanje proizvoda vrši se na industrijski način, timskim radom u koji su uključeni dizajneri, inženjeri, tehnolozi, ergonomisti i drugi stručnjaci. U središtu timskog rada su, svakako, faktori koji utiču na dizajn proizvoda, kao što su upotrebna vrednost, tehnička funkcionalnost, tehnološkičnost, ergonomičnost, tržišna vrednost, estetičnost, pakovanje, ekološki aspekti, itd. Očigledno je da se industrijski dizajn može posmatrati kao integralno rešenje, koje je nastalo pod uticajem više faktora koji su zastupljeni u jednom proizvodu.

Inženjerski dizajn, za razliku od industrijskog, koji je više usmeren na stvaranje industrijskih proizvoda visokih estetskih vrednosti, impresija, itd., inženjerski dizajn se više zasniva na modeliranju, simulaciji, vizuelizaciji, analizama i proračunima u procesu razvoja proizvoda. Industrijski i inženjerski dizajn imaju značajan stepen preklapanja u procesu razvoja konceptualnog i konačnog rešenja novog proizvoda.

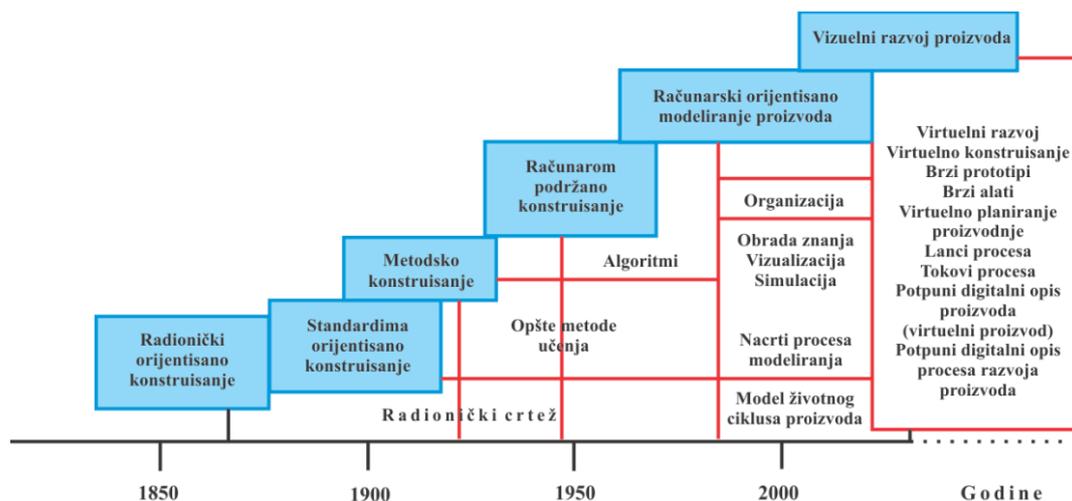
4.1.2.1 Razvoj procesa projektovanja proizvoda

Razvoj procesa projektovanja proizvoda, sa aspekta primene tehnika i tehnologija za projektovanje, može se podeliti na periode:

- *Manuelnog i*
- *Virtuelnog razvoja projektovanja.*

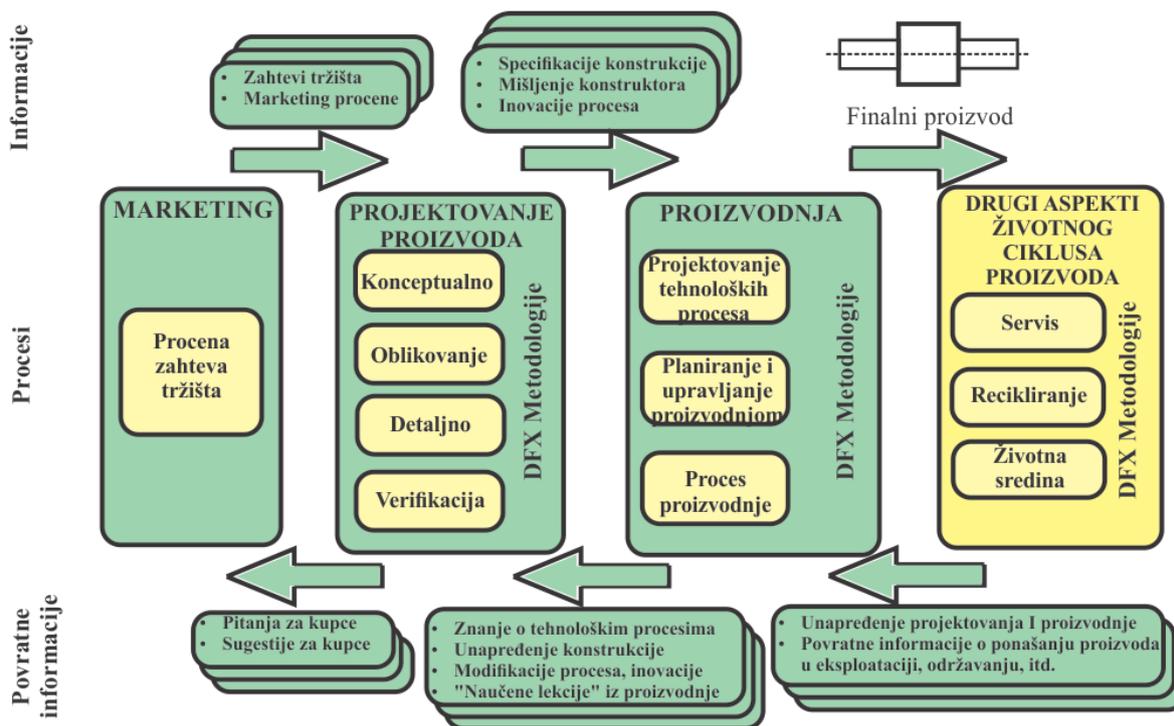
Manuelni razvoj projektovanja proizvoda odnosi se na period u kome su planovi, skice, crteži i modeli proizvoda razvijani u realnom obliku na manuelan način.

Virtuelni razvoj procesa projektovanja proizvoda, koji se pojavio ranih 60-ih godina prošlog veka, počeo se primenjivati implementacijom informacionih tehnologija, u početku za računarom podržano konstruisanje, preko računarom podržanog modeliranja, CAD/CAM sistema, vizuelnog, odnosno virtuelnog razvoja i projektovanja, slika 4.23, pa do primene savremenih integrisanih PLM platformi.



Slika 4.23: Evolucija procesa projektovanja proizvoda [100]

Projektovanje novog proizvoda u savremenim uslovima, koje nastaje kao rezultat rada elitnog projektantskog tima, najčešće 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 [81], namenjenih za projektovanje za izvrsnost, slika 4.24.



Slika 4.24: Projektovanje za izvrsnost[81]

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

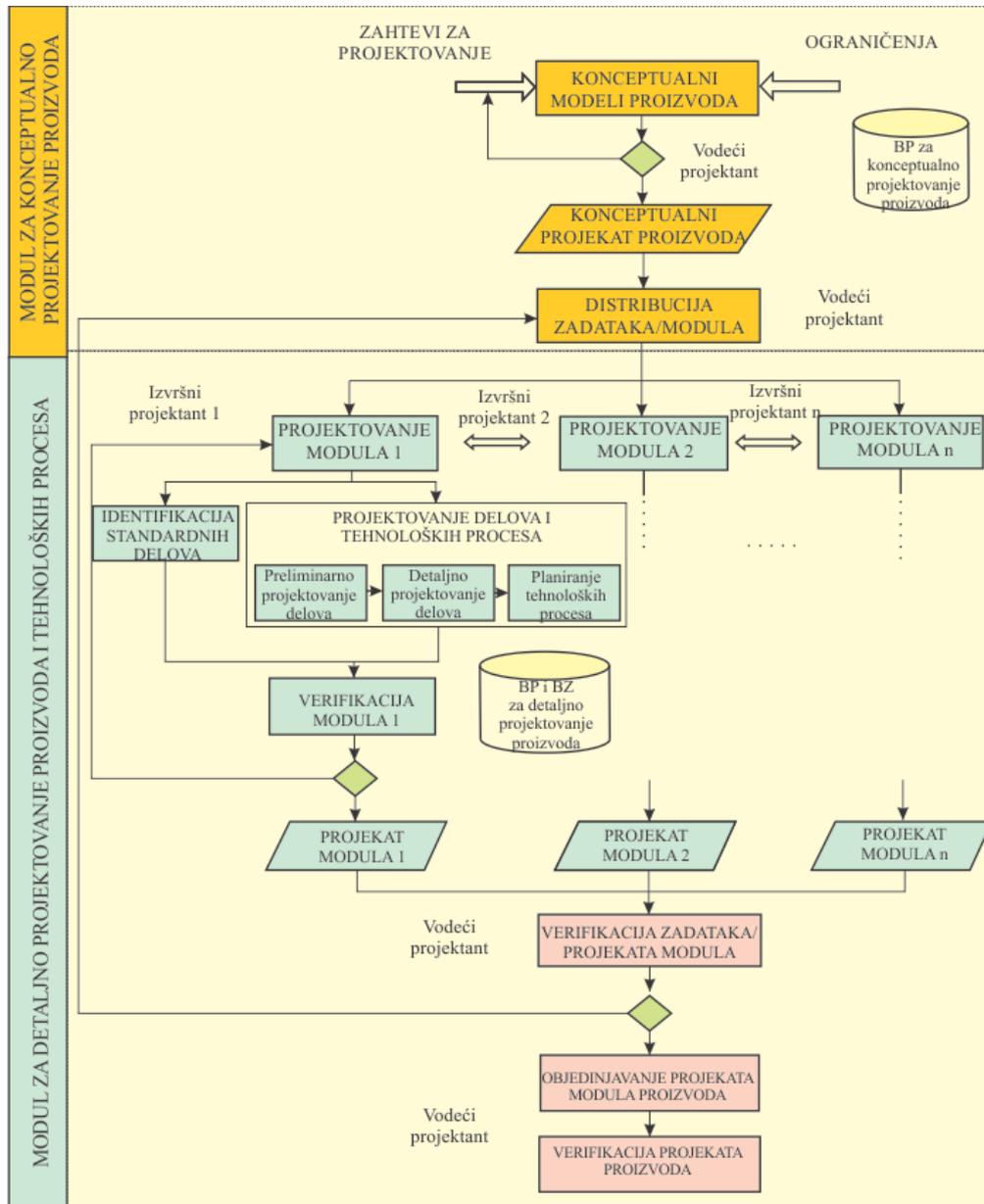
- Izradu (DFM),
- Montažu (DFA),
- Izradu i montažu (DFMA),
- Demontažu (DFD),
- Kvalitet (DFQ),
- Reciklažu (DFR),
- Životnu sredinu (DFE), itd.

U svim fazama projektovanja proizvoda, od konceptualnog projektovanja, oblikovanja do detaljnog projektovanja, u savremenim uslovima primenjuju se odgovarajući programski alati za vizuelizaciju, simulaciju, matematičko modeliranje, 3D modeliranje, 2D projektovanje, itd.

Primenom programskih sistema opšte namene, kao i specijalizovanih programskih sistema projektovanja za izvrsnost, razvijeni su brojni sistemi za projektovanje proizvoda, među kojima su i sistemi koji su zasnovani na konceptu simultanog inženjerstva, od kojih je jedan prikazan na slici 4.25.

U okviru modula za konceptualno projektovanje, vodeći projektant postavlja konceptualno rešenje novog proizvoda u skladu sa zahtevima kupca, primenom programskih sistema za modelovanje i vizuelizaciju, kao i baze podataka za konceptualno projektovanje.

Izvršni projektanti, u okviru modula za detaljno projektovanje, vrše projektovanje sklopova, podsklopova i delova primenom programskog rešenja koje je implementirano u Solid Works programski sistem, a projektovanje tehnoloških procesa izrade delova vrše primenom CAD/CAM sistema i genetskih algoritama za određivanje najpovoljnijih rešenja tehnoloških procesa izrade delova.



Slika 4.25: Sistem za simultano projektovanje proizvoda i tehnoloških procesa [29]

Prema tome, primena programskih DFX alata od posebnog je značaja za konceptualno i preliminarno projektovanje, kao i oblikovanje proizvoda, kada se rešavaju ključni elementi projektovanja za izvrsnost.

4.1.3 Tehnološki i proizvodni aspekti razvoja proizvoda

Proces razvoja proizvoda obuhvata rešavanje brojnih zadataka koji se odnose na tehnološke i proizvodne mogućnosti i uslove efikasne proizvodnje, u literaturi poznati kao tehnološko i proizvodno osvajanje novog proizvoda.

Pri selekciji i izboru ideje za novi proizvod, kao i u fazama konceptualnog projektovanja i oblikovanja proizvoda, kao što je ranije istaknuto, tehnološki i proizvodni aspekti koji se odnose na tehnološko i proizvodno osvajanje, su u značajnoj meri uzeti u obzir u okviru usvojenog konstrukcionog rešenja novog proizvoda, posebno kada je razvoj proizvoda baziran na primeni DFX alata.

Usvojeno konstrukciono rešenje novog proizvoda, koje je nastalo kao rezultat aktivnosti projektovanja proizvoda, kao i usvojena strategija proizvodnje, čine osnovu za usvajanje, odnosno projektovanje tehnološkog procesa izrade novog proizvoda. Usvojeno rešenje tehnološkog procesa može biti bazirano na korišćenju raspoloživih resursa posmatranog preduzeća, ili se usvojenim rešenjem zahteva nova, savremenija proizvodna oprema kao što su:

- *Mašine,*
- *Uređaji,*
- *Pribori,*
- *Alati,*
- *Merna oprema i uređaji,*
- *Montažni sistemi,*
- *Unutrašnji transport, itd.*

Isto tako, tehnološko i proizvodno rešenje novog proizvoda može biti zasnovano na proizvodnji koja je bazirana na konceptu distribuiranih i e-Preduzeća, čije su osnovne karakteristike detaljnije prikazane u trećem poglavlju predmetnih istraživanja.

Tehnološki i proizvodni aspekti razvoja novog proizvoda obuhvataju analizu i drugih elemenata proizvodnje kao što su planiranje i upravljanje, upravljanje kvalitetom, pakovanje i skladištenje proizvoda.

Prikazani elementi tehnološkog i proizvodnog osvajanja, kao jedna od aktivnosti razvoja novog proizvoda, ukazuju na značaj integracionog pristupa u aktivnosti projektovanja proizvoda, koji je baziran na konceptu timskog rada, odnosno simultanog inženjerstva, kao i na primeni DFX alata.

4.1.4 Ispitivanje proizvoda

Ispitivanje i testiranje novog ili poboljšanog proizvoda je značajna aktivnost u procesu razvoja proizvoda. Način i sadržaj ispitivanja obuhvata opšti i specifični deo ispitivanja, koji zavisi od vrste posmatranog proizvoda. U suštini, cilj ispitivanja je da se provere performanse i karakteristike proizvoda u realnim uslovima, koje su nastale u konceptualnom projektovanju i oblikovanju, te da se uočeni nedostaci otklone u završnom oblikovanju proizvoda.

Najčešći načini ispitivanja proizvoda, koji se mogu svrstati u grupu opštih metoda, vrše se na osnovu:

- *Fizičkih prototipova,*
- *Virtuelnih prototipova,*
- *Nulte serije i*
- *Probne serije.*

4.1.4.1 Fizički prototip

Dizajn novog proizvoda proverava se i potvrđuje proizvodnjom njegovog fizičkog modela, izradom odgovarajućeg prototipa. Troškovi promene dizajna proizvoda zavise od faze u kojoj se promena vrši. Poznato je da promena dizajna, odnosno redizajn proizvoda, može značajno da poveća vreme i troškove izrade.

Razvojem informacionih tehnologija omogućena je brza i relativno jeftina izrada fizičkih 3D prototipova novog proizvoda. Izrada prototipa, kao važne aktivnosti u okviru razvoja proizvoda, obuhvata oblikovanje, optimizaciju i simulaciju na računaru u fazi razvoja virtuelnog prototipa, do izrade realnog fizičkog prototipa. Fizički model prototipa najčešće se koristi za razna testiranja i eksperimentisanja. Izrada fizičkog prototipa u procesu razvoja i izrade usvojene varijante proizvoda, međusobno se razlikuju u:

- *Materijalima,*
- *Procesima i*
- *Tačnosti.*

Materijali za izradu fizičkih prototipova su jeftiniji u odnosu na materijale proizvoda, procesi izrade prototipova su fleksibilniji, a tačnost izrade manja, u odnosu na tačnost odgovarajućeg proizvoda. Fizički prototip se koristi kao alat za potvrđivanje i proveru konstrukcionih rešenja, a često za funkcionalna ispitivanja i testiranja proizvoda. Za izradu fizičkog prototipa koriste se :

- *Tradicionalne, ručne i mašinske metode i*
- *Brza izrada prototipova.*

Jedna od bitnih karakteristika tradicionalnih metoda za izradu fizičkih prototipova je mogućnost izrade od istog materijala kao što je i materijal odgovarajućeg proizvoda, što je vrlo značajno za pouzdanost rezultata ispitivanja. U savremenim uslovima, izrada fizičkih prototipova mašinskom obradom vrši se na NC obradnim sistemima, gde se na osnovu CAD modela proizvoda u sistemu CAD/CAM direktno izrađuje odgovarajući prototip. Isto tako, u ove tehnologije spada i tehnologija izrade fizičkog modela prototipa, zasnovana na reverzibilnom inženjerstvu [16].

4.1.4.2 Virtuelni prototip

Virtuelni prototip zamenjuje izradu skupocenog fizičkog prototipa, a generisani virtuelni prototip na računaru treba da ima iste funkcije i osobine kao i njegov fizički pandam, slika 4.26.

Virtuelni prototip se može definisati kao računarska simulacija celog proizvoda, koja se može prezentovati, analizirati i testirati u odnosu na određene aspekte tokom životnog ciklusa proizvoda. Osnovne prednosti virtuelnog prototipa u odnosu na fizički su [176]:

- *Niža cena razvoja i primene,*
- *Relativno brzo izvođenje analiza,*
- *Izmenе na prototipu ne povlače bitne troškove,*
- *Mogućnost trenutne prezentacije,*
- *Relativno jednostavna prezentacija zainteresovanim kupcima,*
- *Impresija za kupce,*
- *Interaktivna animacija, itd.*



Slika 4.26: Virtuelni prototip borbenog aviona

Konstruisanje i testiranje virtuelnog prototipa, poznato je pod nazivom virtuelni prototajping. Tehnike virtuelnog prototajpinga koriste se za područje inženjerskog dizajna, odnosno konceptualnog projektovanja i oblikovanja, optimizaciju, validaciju i vizuelizaciju proizvoda, kao i za procenu raznih dizajnerskih koncepata u digitalnom okruženju.

Implementacija virtuelnog prototajpinga u procesu razvoja proizvoda, daje osnovu za provođenje aplikacija analize, koja osigurava povratne informacije za poboljšanje postojećeg dizajna. Virtuelni prototip ima velike mogućnosti za razvoj i poboljšanje proizvoda u procesu razvoja, kao i značajne prednosti u odnosu na fizički prototip.

Ispitivanje proizvoda primenom prototipova dobilo je posebno na značaju razvojem tehnika i tehnologija za brzu izradu prototipova RP (*Rapid Prototyping*), zahvaljujući razvoju CAD/CAM/CAE tehnologija, koje su nastale kao potreba i zahtev globalnog poslovnog okruženja u pogledu doprinosa smanjenju vremena pojave proizvoda na tržištu, time-to-market.

Razvojem novih procesa i primenom novih materijala u RP tehnologijama, osim brze izrade prototipova, omogućava se i brza izrada funkcionalnih delova i komponenti proizvoda i alata, poznate kao:

- *RP tehnologije,*
- *RM tehnologije i*
- *RT tehnologije.*

Najpoznatije RP (*Rapid Prototyping*) tehnologije, koje su dostupne i poznate na tržištu su:

- *Sterolitografija, SLA,*
- *Trodimenzionalno štampanje, 3DP,*
- *Selektivno lasersko sinterovanje, SLS,*
- *Proizvodnja laminatnih objekata, LOM,*
- *Modelovanje nanošenjem materijala topljenjem, FDM,*
- *Obnavljanje osnovnog oblika, SGC, itd.*

Pregled i osnovne karakteristike dostupnih RP (*Rapid Prototyping*) tehnologija prikazane su u tabeli 4.2.

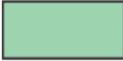
Tabela 4.2: Pregled najpoznatijih RP tehnologija [176]

RAPID PROTOTYPING TEHNOLOGIJE	TEČNI	Fotoočvršćavajući fluid	Solid Ground Curing-SGC Design-Controlled Automated Fabrication-DESCAF Rapid Micro Product Development-RMPD StereoLithography-SLA Solid Laser Diode Plotter System-SLP Solid Creation System-SCS Direct Photo Shaping-DPS
		Elektroprovodni fluid	Galvanizacija Electrochemical Fabrication -EFAB
		Voda	Smrzavanje Rapid Freeze Prototyping- RFP
	ČVRSTI	Ekstrudiranje topljenog materijala	Ekstrudiranje plastike Fused Deposition Modelling-FDM Melted Extrusion Manufacturing- MEM Contour Crafting- CC Metode bazirane na zavarivanju Shape Melting, Shape Welding Droplet Welding- DROW Nanošenje metala u vidu spreja Incremental Fabrication Recursive Mask and Deposit-MD Ekstrudiranje i glodanje različitih materijala Shape Deposition Manufacturing-SDM InkJet tehnika Ballistic Particle Manufacturing-BPM Liquid Metal Jetting Photo Chemical Machining-PCM
		Vezivanjem folije i sečenjem	Sečenje materijala laserom Laminated Object Manufacturing- LOM Curved-layer LOM Silicing Solid Manufacturing- SSM Computer- Aided Manufacturing of Laminated Engineering Materials- CAM-LEM Sečenje materijala nožem Paper Lamination Technology-PLT Sečenje materijala glodalicom
		Sečenjem folije i vezivanjem	Sečenje materijala laserom Laser Profiling Machine-LPM Sečenje materijala vodom TruSurf Sečenje materijala nožem Offset Fabrication JP System 5 Sečenje materijala elektrodom HotPlot Sečenje materijala glodalicom Staratoconception
		Topljenje praha	Sinterovanje laserom Selective Laser Sintering- SLS Direct Metal Laser Sintering-DMLS Direct Metal Fabrication-DMF Topljenje laserom Laser Engineered Net Shaping-LENS Direct Metal Deposition-DMD Konvencionalno sinterovanje i HIPpostupak Freeform Powder Moldinf-FPM
	PRAŠKASTI	Vezivanjem praha adhezivom	Metode bazirane na 3D tehnologiji štampanja Three Dimensional Printing-3DP Direct Shell Production Casting-DSCP Ekstrudiranje keramika sa topljenim vezivom Fused Deposition of Ceramics- FDC Drugi postupci Topographic Shell Fabrication-TSF Multiphase Jet Solidification-MUS
		Gas	Gas Phase Deposition- GPD Laser-Assisted Chemical Vapor Deposition- LCVD Selective Laser Reaction Sintering-SLRS Selective Area Laser Deposition-SALD
	OSTALO	Pojedinačni atomi i molekuli	Manipulacija individualnim atomima Nanotehnologije

4.1.4.3 Nulta i probna serija

Ispitivanje proizvoda na bazi prototipova, nulte i probne serije zavisi od tipa proizvodnje, slika 4.27.

	TIP PROIZVODNJE				
	MASOVNA	VELIKO-SERIJSKA	SREDNJE-SERIJSKA	MALO-SERIJSKA	POJEDINAČNA
PROTOTIP	NEOPHODNO	NEOPHODNO	NEOPHODNO	PREVENTIVNO	NEPOTREBNO
NULTA SERIJA	NEOPHODNO	NEOPHODNO	PREVENTIVNO	NEPOTREBNO	NEPOTREBNO
PROBNA SERIJA	NEOPHODNO	PREVENTIVNO	NEPOTREBNO	NEPOTREBNO	NEPOTREBNO
REDOVNA SERIJA	NEOPHODNO	NEOPHODNO	NEOPHODNO	NEOPHODNO	NEOPHODNO

	NEPOTREBNO		PREVENTIVNO		NEOPHODNO
--	------------	--	-------------	--	-----------

Slika 4.27: Uticaj tipa proizvodnje na način ispitivanja novog proizvoda

Osnovni zadatak ispitivanja proizvoda na osnovu nulte serije je provera funkcionalnosti i tehnologičnosti izrade u pogledu procesa, pribora, alata, kontrolnih i mernih uređaja. Na taj način vrši se usklađivanje konstrukcije proizvoda sa tehnološkim i proizvodnim potencijalom proizvodnog sistema. Zbog toga je neophodno da proizvodni i tehnološki uslovi realizacije nulte serije budu isti kao za slučaj proizvodnje proizvoda u maloserijskoj proizvodnji.

Cilj probne serije je optimizacija konstrukcije proizvoda u pogledu tehnologičnosti izrade i montaže, kao i organizacija masovne i velikoserijske proizvodnje. Projektovanje, usklađivanje, provera tehnoloških tokova, pre svega proizvodnih i montažnih linija, su osnovni zadaci koji se rešavaju na osnovu probne serije.

Osim prikazanih aktivnosti u okviru razvoja proizvoda, neki autori uvrstavaju lansiranje i promociju, kao posebne aktivnosti razvoja proizvoda.

Proces razvoja proizvoda završava se kompletiranjem osnovne tehničke dokumentacije, neophodne za izradu, kao i druge dokumentacije kao što je:

- *Prikaz strukture proizvoda,*
- *Strukturna šema i sastavnica,*
- *Karta proizvoda,*
- *Karta montaže,*
- *Karta demontaže,*
- *Uputstvo za upotrebu, itd.*

4.2 PROIZVODNJA PROIZVODA

Za uspostavljanje i realizaciju procesa proizvodnje, kao ključne faze životnog ciklusa proizvoda, u kojoj se realizuje stvaranje nove vrednosti, neophodno je obezbediti prevođenje ulaznih u izlazne veličine.

Procesi transformacije ulaznih veličina u izlazne veličine, odnosno proizvode, bazirani su na realizaciji operacija obrade, kontrole kvaliteta, rukovanja materijalom, montaže, upravljanja procesima rada, itd.

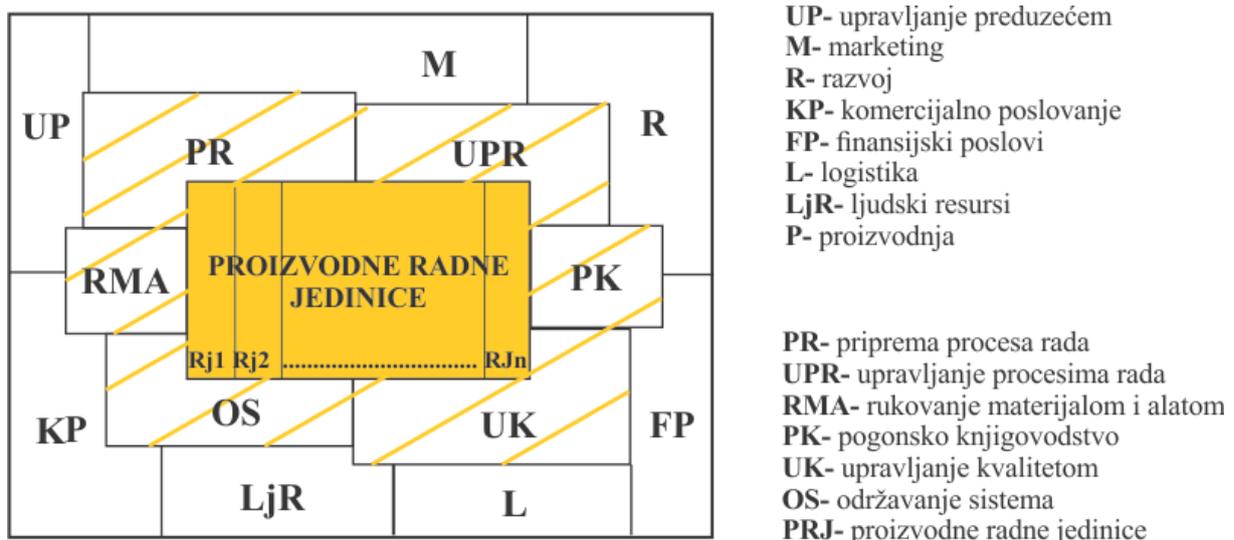
Pomenuti procesi transformacije ulaznih u izlazne veličine, odnosno proizvod kao izvor nove vrednosti, zahtevaju uspostavljanje funkcije proizvodnje, koja obezbeđuje potrebni kvalitet proizvoda u zajedničkom dejstvu ostalih funkcija preduzeća [195] [50].

U organizacionom smislu, funkcija proizvodnje ocenjuje se na osnovu pokazatelja kao što su:

- *Kvalitet proizvoda,*
- *Efikasnost, koja je određena odnosom efekti/ulaganje,*
- *Pouzdanost isporuke proizvoda u roku i*
- *Fleksibilnost.*

Prema tome, za uspostavljanje i realizaciju procesa proizvodnje u okviru proizvodnog sistema (funkcije proizvodnje), čija je organizaciona struktura i sadržaj rada prikazan u trećem poglavlju, potrebno je organizovati i druge funkcije preduzeća, slika 4.28.

Sadejstvom funkcije proizvodnje sa drugim funkcijama preduzeća će se obezbediti proizvodnja novog ili poboljšanog proizvoda, definisanog u fazi razvoja, u skladu sa zahtevima tržišta.



Slika 4.28: Organizaciona struktura poslovnog i proizvodnog sistema [195] [50]

Organizacija i sadržaj rada pojedinih funkcija preduzeća detaljno je prikazana u literaturi [50], dok će se kratki prikaz rada ovih funkcija ukratko izložiti u nastavku.

Upravljanje preduzećem, koje se kao funkcija uspostavlja na najvišem nadređenom nivou preduzeća, obuhvata područja rada, odnosno aktivnosti kao što su:

- *Istraživanje uslova okoline u funkciji potreba tržišta, potencijala i kapaciteta preduzeća,*
- *Utvrdjivanje misije i ciljeva preduzeća, oblikovanje strategije opstanka i razvoja u vremenu, utvrđivanje poslovne politike i izučavanje ograničenja,*
- *Odražavanje veze na okolinu i nadređene strukture preduzeća,*
- *Projektovanje i podešavanje organizacione strukture preduzeća,*
- *Koordinacija funkcija preduzeća,*
- *Sprovođenje utvrđene strategije razvoja i poslovnih politika u datom vremenu i datim uslovima okoline,*
- *Koordinacija programa obezbeđenja kvaliteta u preduzeću,*
- *Koordinacija i kontrola ostvarivanja postavljenih ciljeva u realnom vremenu, kontrola promena na tržištu, globalna kontrola procesa rada, kontrola postupaka upravljanja ekonomsko-finansijskim tokovima, priprema razvojnih projekata, investiciono održavanje, kontrola rokova investicija i obezbeđenja uslova za investicioni razvoj, kontrola uslova rada i zadovoljenja potreba učesnika u procesima rada,*
- *Analiza dijagnoze i kontrola konkurentne sposobnosti preduzeća i*
- *Analiza ostvarivanja projektovanih izlaznih veličina preduzeća.*

Najvažnije mere kvaliteta procesa rada funkcije upravljanja preduzećem čine:

- *Kompetitivnost preduzeća na tržištu,*
- *Obim proizvodnje/ usluga,*
- *Likvidnost preduzeća,*
- *Aktuelno stanje novčanih sredstava,*
- *Aktuelni stepen naplate potraživanja,*
- *Koeficijent obrtanja sredstava,*
- *Stepen iskorišćenja kapaciteta (ljudskih i infrastrukturnih),*
- *Učešće na tržištu,*
- *Nedovršena proizvodnja/ poslovi,*
- *Učešće novih proizvoda/ usluga u programu rada i*
- *Bilansni pokazatelji periodičnih izveštaja.*

Razvoj, kao jedna od vitalnih funkcija preduzeća, izvršava najznačajnije zadatke kao što su:

- *Istraživanje uslova opstanka i razvoja preduzeća,*
- *Razvoj proizvoda,*
- *Usavršavanje postojećih i istraživanje i razvoj novih programa,*
- *Revitalizacija sredstava rada,*
- *Poboljšanje postojećih i razvoj novih proizvodnih tehnologija,*
- *Razvoj tehnologija organizacije i upravljanja procesima rada,*

- *Razvoj, obezbeđenje i izgradnja sistema kvaliteta u preduzeću,*
- *Investicioni razvoj preduzeća,*
- *Razvoj i izrada proizvoda programske podrške i upravljanje računarskim centrom.*

Razvoj proizvoda, kao jedan od zadataka funkcije razvoj, detaljno je prikazan u tački 4.1.

Mere kvaliteta procesa rada funkcije razvoj čine:

- *Broj novih i poboljšanih proizvoda u određenom vremenskom periodu,*
- *Broj priznatih inovacija,*
- *Efekti postupaka racionalizacije,*
- *Razvojna ABC analiza programa proizvodnje,*
- *Rezultati analize organizacione i upravljačke strukture,*
- *Stepen uređenosti baze podataka i informacione podrške,*
- *Broj novih proizvoda programske podrške u određenom vremenskom periodu, Stanje sistema menadžmenta i bilansni pokazatelji periodičnih izveštaja za funkciju razvoja.*

Marketing u organizacionoj strukturi preduzeća ima značajnu ulogu u obezbeđivanju stabilnosti procesa proizvodnje i kompetitivnosti preduzeća na tržištu, prateći učestalost promena u okolini, ponašanje konkurentnih preduzeća, promenu kupovne moći i zahteva potrošača, razne poremećaje i promene upravljačkih mehanizama države. Zbog toga **Marketing** zahteva sistemski prilaz u analizi odnosa potrošač/proizvod na tržištu kroz:

- *Analizu uslova tržišta u pogledu plasmana proizvoda, tehnologija, učestalosti promena i ocene sposobnosti dobavljača,*
- *Ocenu kupovne moći potrošača,*
- *Oblikovanje strateških planova preduzeća,*
- *Odnos sa javnošću,*
- *Analizu sopstvenih resursa, itd.*

Zbog toga savremeni marketing, kao poslovnu filozofiju, karakteriše potpunije kohezivno povezivanje interesa ključnih strana koji direktno ili indirektno utiču na poslovanje, među kojima su osim proizvođača, potrošači, dobavljači, distributeri, dileri i agencije, kao i deo javnosti zainteresovane za poslovanje među kojima su investitori, analitičari, akcionari i određene vladine strukture. Ovakva postavka savremenog koncepta marketinga u literaturi je poznata kao holistički marketing koga čine:

- *Marketing odnosa,*
- *Interni marketing,*
- *Integrisani marketing i*
- *Društveno odgovoran marketing.*

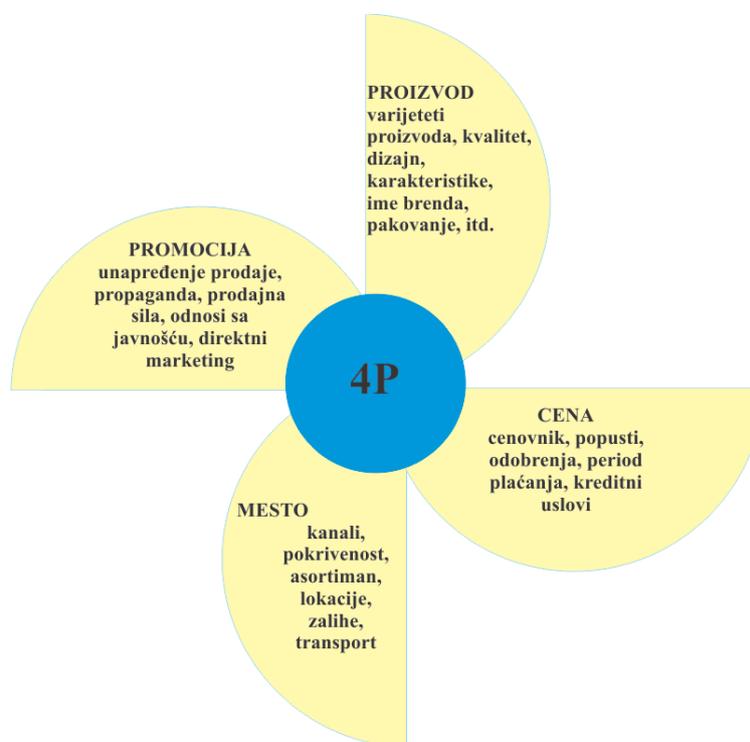
Osnovni cilj marketing odnosa je izgradnja jedinstvene marketing mreže, koju čine proizvođači proizvoda, dobavljači, kupci, distributeri, dileri, agencije, itd. Ovaj marketing zahteva uvažavanje sposobnosti i resursa različitih grupa, njihovih potreba i ciljeva.

Interni marketing obuhvata funkcije prodaje, servisa kupaca, menadžment proizvoda, propagandu, istraživanje i sl., kao i druga odeljenja u preduzeću, jer marketing način razmišljanja mora biti zastupljen u svim delovima preduzeća.

Integrisani marketing definiše se kao skup marketing instrumenata koji se koriste za postizanje marketing ciljeva, u literaturi poznatih kao marketing miks.

McCarthy je ove instrumente svrstao u četiri velike grupe, poznate kao 4P marketing (product, price, place, promotion), proizvod, cena, mesto i promocija, slika 4.29.

Izborom najpovoljnijih strategija za razvoj i poboljšanje proizvoda, strategija najpovoljnije politike cena, kanala distribucije i savremenih prilaza u promociji proizvoda obezbeđuje se veća sigurnost u plasmanu proizvoda, prihoda od prodaje i kompetitivnost proizvoda na tržištu.



Slika 4.29: Koncept 4P marketinga

Osnovne mere kvaliteta rada funkcije marketing čine:

- Broj novih proizvoda/ usluga - proširenje strukture programa,
- Broj novih potrošača- proširenje tržišta,
- Rezultati ABC marketinške analize programa proizvodnje/ usluga,
- Atraktivnost/ efektivnost programa rada preduzeća,
- Tržišno učešće/ rast industrijske grane,
- Analiza trendova kupovne moći, cena, ponašanja kupaca i uslova dobavljača,
- Analiza kvaliteta strateških planova,
- Troškovi funkcije marketing/ ukupni prihod preduzeća i
- Bilansni pokazatelji periodičnih izveštaja za funkciju marketing.

Proizvodnja za sva preduzeća koja se bave izradom proizvoda i pružanjem usluga obuhvata odelenja ili jedinice rada kao što su:

- *Tehničko-tehnološka priprema procesa rada,*
- *Upravljanje proizvodnjom,*
- *Rukovanje materijalom,*
- *Proizvodne jedinice,*
- *Snabdevanje alatom i*
- *Upravljanje kvalitetom.*

Mere kvaliteta procesa rada (performanse procesa) funkcije proizvodnje u preduzeću čine:

- *Učinkak koji se meri brojem jedinica proizvoda/usluga u vremenskom periodu,*
- *Kvalitet proizvoda/usluga i procesa, koji se meri brojem jedinica izvan dozvoljenih granica odstupanja u odnosu na ukupni broj proizvodnih jedinica ili pruženih usluga,*
- *Vreme trajanja ciklusa proizvodnje,*
- *Odnos ostvarenog kapaciteta i efektivnog kapaciteta,*
- *Odnos vrednosti proizvodnje i troškova nedovršene proizvodnje,*
- *Odnos vrednosti proizvodnje i ukupnih troškova proizvodnje,*
- *Odnos ostvarene proizvodnje i planirane proizvodnje i*
- *Bilansni pokazatelji periodičnih izveštaja za funkciju proizvodnje.*

Upravljanje finansijskim tokovima je funkcija preduzeća koja obuhvata sledeće najvažnije aktivnosti:

- *Planiranje procesa finansijskog poslovanja na osnovama planova proizvodnje,*
- *Obezbeđenje likvidnosti preduzeća,*
- *Obezbeđenje stalnosti rasta odnosa efekti/ulaganja,*
- *Očuvanje i jačanje dobrog finansijskog ugleda preduzeća,*
- *Optimalno korišćenje povoljnih trendova konjunktura,*
- *Minimiziraje negativnih uticaja dekonjunktura i monetarnih poremećaja,*
- *Minimiziranje finansijskih rizika u poslovanju preduzeća,*
- *Finansijski nadzor nad imovinom kojom raspolaže preduzeće,*
- *Kontrola ekonomsko- finansijskih tokova i promena koje nastaju u području imovine,*
- *Generisanje podloga za određivanje i iskazivanje rezultata poslovanja,*
- *Kontrola stanja i promena stanja u ciklusu proizvodnje,*
- *Skraćenje vremena trajanja naplate potraživanja,*
- *Likvidatura prispelih obaveza u realnom vremenu i*
- *Analiza troškova i procesa finansijskog preduzeća.*

Osnovne mere kvaliteta procesa rada (performanse procesa) funkcije upravljanja finansijskim tokovima u preduzeću čine:

- *Stanje novčanih sredstava,*
- *Stepen likvidnosti preduzeća,*
- *Stepen nenaplaćenosti potraživanja i neizmirenih obaveza,*
- *Koeficijent obrtanja sredstava,*
- *Stepen opterećenja rashodima finansiranja - kamate,*
- *Stepen obezbeđenja sredstava za investicije,*
- *Bilansni pokazatelji periodičnih obračuna i*
- *Stepen aktuelnosti i efektivnosti sistema zarada.*

Komercijalni poslovi, u okviru obezbeđivanja potrebnih uslova za proces proizvodnje, obuhvataju najvažnije aktivnosti kao što su:

- *Snabdevanje materijalom, delovima i drugim potrebama za proizvodnju,*
- *Održavanje količina ulaznih materijala i proizvoda u skladištima na nivou neophodnog minimuma,*
- *Efektivna isporuka proizvoda na tržište i*
- *Servisiranje isporučenih proizvoda i snabdevanje tržišta rezervnim delovima.*

Pomenute aktivnosti ove funkcije preduzeća realizuju se kroz nabavku, plasman, upravljanjem skladištima i servisiranje potrošača. Osnovne mere kvaliteta procesa rada (performanse procesa) funkcije komercijalni poslovi u preduzeću čine:

- *Odnos vrednosti prodaje i vrednosti proizvodnje sa zalihama proizvoda,*
- *Vreme trajanja ciklusa nabavke,*
- *Vreme trajanja ciklusa isporuke,*
- *Vreme pripreme nabavke i isporuke,*
- *Nivo zaliha materijala i proizvoda,*
- *Odnos prodaje u tekućem periodu i prodaje u prethodnom periodu,*
- *Odnos vrednosti vraćenih proizvoda i vrednosti porudžbine i*
- *Bilansni pokazatelji periodičnih izveštaja za funkciju komercijalni poslovi.*

Funkcija ljudski resursi je zadužena za obezbeđenje raspoloživosti i kompetitivnost najvažnijih resursa preduzeća i obuhvata aktivnosti kao što su:

- *Planiranje ljudskih resursa,*
- *Vođenje evidencije o zapošljavanju,*
- *Stalno osposobljavanje zaposlenih,*
- *Razvoj karijere zaposlenih,*
- *Motivacija zaposlenih,*
- *Uslovi rada i standard zaposlenih,*
- *Interno i eksterno komuniciranje, itd.*

Osnovne mere kvaliteta procesa rada (performanse procesa) funkcije ljudski resursi u preduzeću čine:

- *Broj zaposlenih po strukturi,*
- *Pregled odsustva sa posla sa klasifikacijom uzroka,*
- *Odnos troškova zaposlenih i prosečnog broja zaposlenih u posmatranom periodu,*
- *Odnos troškova osposobljavanja i prosečnog broja zaposlenih u periodu,*
- *Izgubljeni radni časovi,*
- *Indeks fluktuacije zaposlenih,*
- *Broj informacija o preduzeću u posmatranom vremenskom periodu,*
- *Kvalitet internih i eksternih informacija i*
- *Bilansni pokazatelji periodičnih izveštaja za funkciju ljudski resursi.*

Logistika, kao funkcija preduzeća, zadužena je za realizaciju niza procesa podrške poslovanju, kao što su:

- *Održavanje opreme i infrastrukture preduzeća - preventivno i naknadno,*
- *Snabdevanje svim resursima i energijom,*
- *Zaštita objekata i instalacija, briga o životnoj sredini i zdravlju i bezbednosti na radu,*
- *Pravna i administrativna podrška procesima rada u preduzeću.*

Osnovne mere kvaliteta procesa rada (performanse procesa) funkcije logistika u preduzeću čine:

- *Stepen dobrote koji je određen odnosom vremenskog perioda stanja u radu i ukupnog vremenskog perioda rada,*
- *Vreme do ulaza u tolerantnu zonu funkcije cilja,*
- *Vreme stabilnog rada sistema,*
- *Odnos troškova održavanja i vremenskog perioda u kome se ti troškovi dešavaju,*
- *Odnos ostvarenog programa održavanja i planiranog programa održavanja,*
- *Stepen funkcionalne podobnosti - fleksibilnosti,*
- *Stepen ostvarenja ciljeva zaštite životne sredine, stepen ostvarenja ciljeva zaštite zdravlja i bezbednosti na radu i*
- *Bilansni pokazatelji periodičnih izveštaja za funkciju logistika.*

4.3 UPOTREBA PROIZVODA

4.3.1 Faza upotrebe proizvoda

Vreme upotrebe, kao faza životnog ciklusa proizvoda, skoro isključivo je vezana za kupca, odnosno potrošača. Period upotrebe proizvoda, posmatran iz ugla proizvođača, može se podeliti na vreme upotrebe u garancijskom roku i vreme upotrebe posle toga, do povlačenja proizvoda iz upotrebe. U garancijskom roku sve uočene nedostatke i kvarove, koji nisu nastali kao posledica nestručnog rukovanja proizvodom, otklanja proizvođač, dok sve obaveze predviđene planskim održavanjem, odnosno servisiranje proizvoda uključujući i nepredviđene kvarove posle garancijskog roka, vrši korisnik proizvoda.

Alting [4] održavanje i servisiranje proizvoda u garancijskom roku naziva fazom upotrebe, dok Grieves [77] fazu upotrebe i održavanja proizvoda ne uključuje u životni ciklus proizvoda.

Održavanje proizvoda u fazi upotrebe po isteku garancijskog roka može da vrši proizvođač, što je stvar izbora potrošača. Interes je i zakonska obaveza proizvođača da obezbedi tržište snabdevanjem rezervnim delovima za svoje proizvode, čime se, kao što je poznato, ostvaruju značajni prihodi od prodaje rezervnih delova, naročito ako se imaju u vidu razne strategije koje proizvođači koriste u procesu održavanja svojih proizvoda obavezanim korišćenjem njihovih rezervnih delova.

4.3.2 Osnovne aktivnosti u fazi upotrebe proizvoda

Proizvodi koji su obuhvaćeni predmetnim istraživanjima, dakle tehnički proizvodi, mogu biti različitog stepena složenosti, pre svega u pogledu broja sklopova, podsklopova i delova koji čine njihovu strukturu. U opštem slučaju, složeni proizvodi mogu biti isporučeni na tržište u potpuno kompletiranom stanju koje obezbeđuje proizvođač ili u vidu određenih sklopova, podsklopova i delova, kada se montaža ili ugradnja vrši kod korisnika.

U tom slučaju, montažu može da izvrši proizvođač ili potrošač. Isto tako, određeni proizvodi zahtevaju pomoć proizvođača u instalisanju i obuci za korišćenje, što ukazuje da se mogu usvojiti opšte aktivnosti vezane za fazu upotrebe proizvoda, kao što su [128]:

- *Montaža proizvoda,*
- *Instalisanje i puštanje u rad,*
- *Obuka korisnika,*
- *Ugradnja podsklopova,*
- *Ugradnja delova,*
- *Eksploatacija proizvoda,*
- *Plansko servisiranje, odnosno održavanje,*
- *Otklanjanje neplaniranih kvarova, itd.*

Osnovni podaci koji su neophodni za realizaciju pomenutih aktivnosti u fazi upotrebe proizvoda, sadržani su u odgovarajućoj izlaznoj dokumentaciji za novi proizvod, koja je kompletirana u fazi razvoja.

Tako, na primer, proces montaže isporučenog novog ili poboljšanog proizvoda vrši se na osnovu uputstva za montažu, a instalisanje i puštanje u rad vrši se na osnovu odgovarajućeg uputstva, koje za mašinu za pranje veša, slika 4.30, obuhvata sledeće aktivnosti:

- *Deblokada mašine,*
- *Priključivanje dovoda i odvoda vode,*
- *Priključivanje napajanja električnom energijom,*
- *Nivelisanje mašine,*
- *Proučavanje uputstva, itd.*



Slika 4.30: Mašina za pranje veša

Ugradnju, podešavanje i podmazivanje kotrljajnih ležaja, koji se isporučuju na tržište vrši korisnik, dok se plansko servisiranje i održavanje u garancijskom i vangarancijskom roku određuje odgovarajućim uputstvom, kao na primer za automobil RENAULT MEGANE, tabela 4.3. Troškove planskog održavanja ovog automobila snosi korisnik, a troškove uočenih nedostataka i otkaza u garancijskom roku, koji nisu nastali greškom rukovanja, snosi proizvođač, uključujući i garancijski rok za boju koji iznosi tri, a za koroziju 12 godina od dana isporuke vozila.

Tabela 4.3: Plansko održavanje putničkog automobila RENAULT MEGANE

PREĐENI KILOMETRI ILI GODINE UPOTREBE				
10.000	20.000	30.000	40.000	50.000
1	2	3	4	5
<ul style="list-style-type: none"> • Zamena motornog ulja, • Zamena filtera za ulje, • Zamena filtera za vazduh, • Zamena filtera putničkog prostora 	<ul style="list-style-type: none"> • Zamena motornog ulja, • Zamena filtera za ulje, • Zamena filtera za vazduh, • Zamena filtera putničkog prostora, • Čišćenje klime 	<ul style="list-style-type: none"> • Zamena motornog ulja, • Zamena filtera za ulje, • Zamena filtera za vazduh, • Zamena filtera putničkog prostora, • Zamena filtera za gorivo, • Zamena kočione tečnosti 	<ul style="list-style-type: none"> • Zamena motornog ulja, • Zamena filtera za ulje, • Zamena filtera za vazduh, • Zamena filtera putničkog prostora • Zamena kaiša za pogon dodatnih agregata, • Zamena kaiša za mehanizme i zatezače 	<ul style="list-style-type: none"> • Zamena motornog ulja, • Zamena filtera za ulje, • Zamena filtera za vazduh, • Zamena filtera putničkog prostora, • Zamena filtera za gorivo, • Zamena kočione tečnosti

4.4 RECIKLAŽA PROIZVODA

Stalni 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. Nemaran odnos prema čuvanju životne sredine i potrošnji energije je period koji treba da pripada prošlosti, jer proizvodi koji nisu za dalju upotrebu na kraju životnog ciklusa ugrožavaju životnu sredinu. Proizvode koji su na kraju životnog ciklusa, odnosno koji nisu u upotrebi treba planski koristiti kao sekundarnu sirovinu i dodatni izvor energije. Primenom savremenih tehnologija ovi proizvodi se mogu transformisati u sirovine za dalju preradu ili direktno za proizvodnju novih proizvoda.

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.

Procenjene količine po zdravlje neopasnog otpada u našoj zemlji su oko 700.000 t/god, a ukupnog opasnog otpada procenjene su na 100.000 t/god. Imajući ove podatke u vidu, kao i direktive EU, u našoj zemlji je zakonom definisano upravljanje otpadom, koje podrazumeva organizovano sakupljanje, sortiranje i reciklažu, razvojem i organizovanjem brojnih centara za reciklažu.

Strategije za upravljanje proizvodima na kraju životnog ciklusa odnose se na opšte usmeravanje proizvoda i daju preporuke za upravljanje proizvodom na kraju životnog ciklusa.

U trenutku kada su troškovi održavanja i popravke proizvoda isuviše veliki u poređenju sa ukupnom vrednošću istog proizvoda, proizvodi završavaju svoj životni ciklus.

Kao rezultat istraživanja, usvojene su najprihvatljivije strategije za upravljanje proizvodom na kraju životnog ciklusa kao što su [51]:

- *Ponovna upotreba upotrebljivanih proizvoda,*
- *Rekonstrukcija upotrebljivanih proizvoda,*
- *Korišćenje upotrebljivanih proizvoda za rezervne delove,*
- *Reciklaža sa demontažom,*
- *Reciklaža bez demontaže i*
- *Deponovanje upotrebljivanih proizvoda.*

Ponovna upotreba upotrebljivanih proizvoda podrazumeva povrat odbačenih proizvoda koji su još u funkciji, dok rekonstrukcija upotrebljivanih proizvoda podrazumeva osavremenjavanje ili poboljšanje njihovih performansi. Korišćenje upotrebljivanih proizvoda za rezervne delove predstavlja strategiju upravljanja proizvodom na kraju životnog ciklusa koja podrazumeva prikupljanje i ponovnu upotrebu određenih delova ili sklopova iz korišćenog proizvoda koji su još u funkciji.

Reciklaža sa demontažom je strategija kojom se postiže odvajanje delova od različitog materijala pre prerade u procesu reciklaže. 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.

Deponovanje je, sa ekološke tačke gledišta, najnepovoljnija strategija kojom se proizvodi odlažu na deponije.

4.4.1 Osnove procesa reciklaže

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, dakle, može odnositi na preradu otpada koji je nastao u procesu proizvodnje ili na preradu proizvoda koji su povučeni iz upotrebe.

Prema vrsti tehnologija koje se primenjuju u procesu reciklaže, reciklažne tehnologije mogu biti [27] [28]:

- *Mehaničke,*
- *Hemijske i*
- *Biološke.*

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

- *Demontaža,*
- *Razvrstavanje,*
- *Sečenje, drobljenje i mlevenje,*
- *Presovanje,*
- *Aglomeracija i*
- *Pranje.*

Demontaža se odnosi na složene proizvode, a razvrstavanjem, koje može biti ručno i mehanizovano, vrši se grupisanje delova koji su za ponovnu upotrebu i delova koji su za preradu, grupisanih prema vrsti materijala za preradu i delova koji su za trajno odlaganje.

Hemijske tehnologije reciklaže primenjuju se za neutralizaciju štetnih sastojaka u proizvodima za reciklažu, koji se dalje prerađuju uobičajenim načinima hemijske proizvodnje, kao i za proizvodnju sekundarnih sirovina. Hemijski reciklažni procesi prerade neorganskog otpada mogu biti [27] [28]:

- *Hidrometalurški,*
- *Pirometalurški,*
- *Odcinkovani i*
- *Topljeni.*

dok hemijske reciklažne tehnologije organskog otpada mogu biti na bazi:

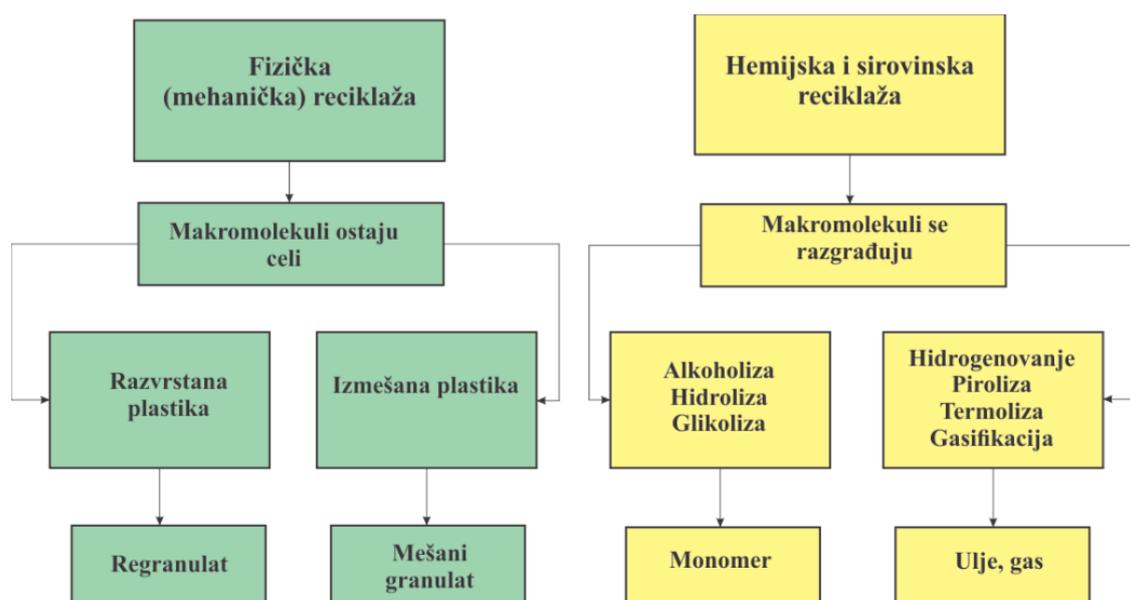
- *Pirolize,*
- *Hidrolize i*
- *Spaljivanja.*

U predmetnim istraživanjima ukratko su prikazane osnovne aktivnosti i vrste reciklažnih procesa za najzastupljenije tehničke proizvode, kao što su proizvodi od plastike, metala, gume i stakla.

4.4.1.1 Reciklaža proizvoda od plastike

Najvažnije aktivnosti u procesu reciklaže proizvoda od plastike, koja može biti mehanička ili hemijska, slika 4.31, su:

- *Razvrstavanje (ručno, automatsko, optičko, suvo, mokro, elektrostatičko i kriogeno),*
- *Drobljenje,*
- *Pranje,*
- *Sušenje i*
- *Reciklaža (mehanička ili hemijska).*

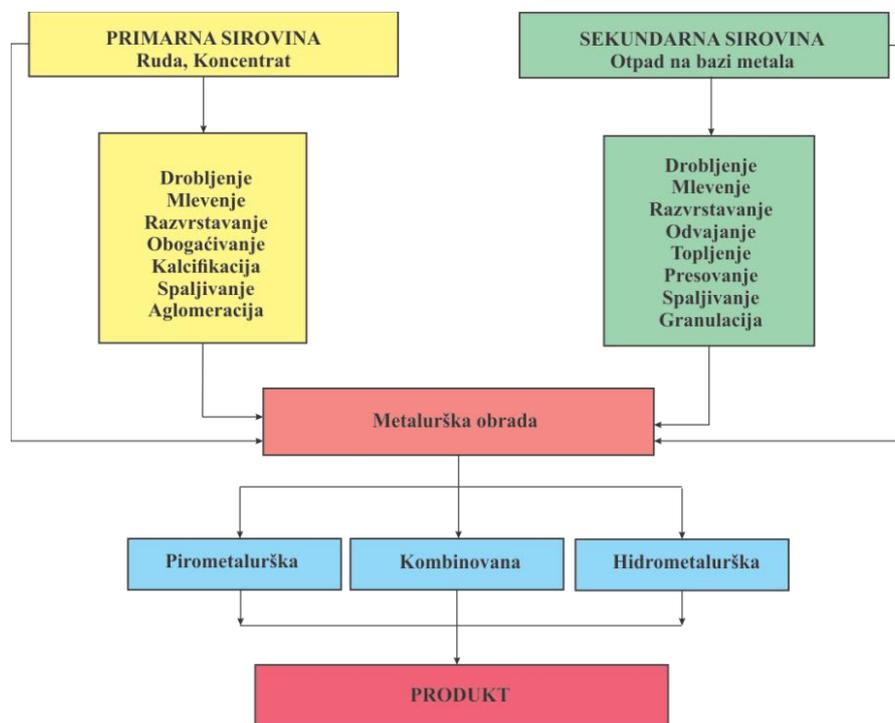


Slika 4.31: Vrste reciklaže proizvoda od plastike [27] [28]

4.4.1.2 Reciklaža metalnih proizvoda

Metalni proizvodi, koji su isključeni 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 [178]. Najvažnije aktivnosti u procesu reciklaže metalnih proizvoda, slika 4.32, su :

- *Razvrstavanje,*
- *Drobljenje,*
- *Mlevenje,*
- *Odvajanje,*
- *Topljenje,*
- *Presovanje,*
- *Granulacija i*
- *Metalurška obrada (pirometalurška, hidrometalurška i kombinovana).*



Slika 4.32: Prikaz zajedničke prerade primarnih i sekundarnih sirovina

Metalurška obrada obezbeđuje dobijanje čistog metala koji se može koristiti za proizvodnju istih ili drugih proizvoda.

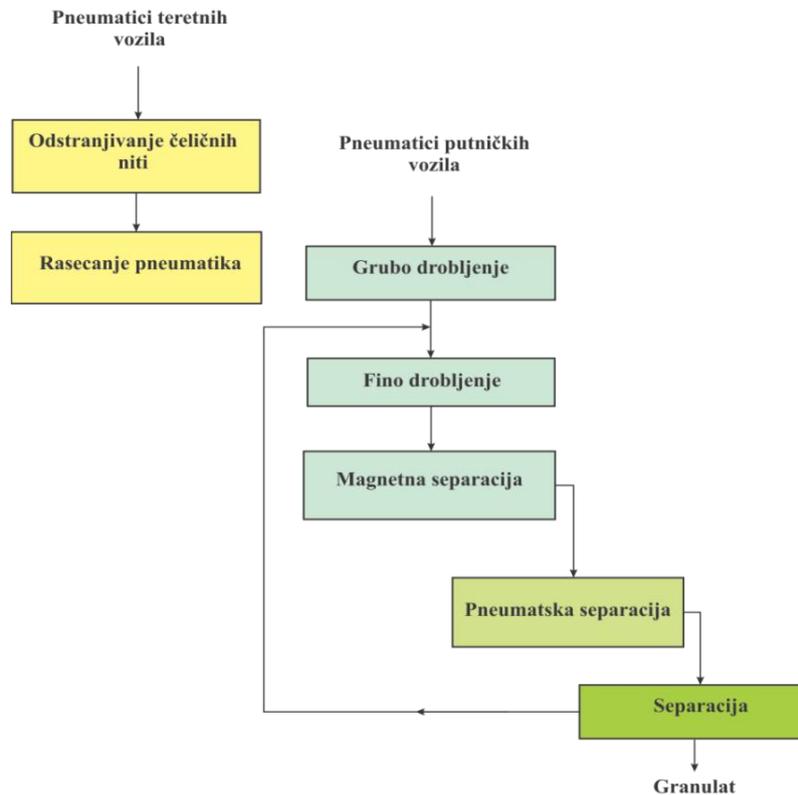
4.4.1.3 Reciklaža proizvoda od gume

Najzastupljeniji proizvodi od gume su pneumatici, čijom se reciklažom može obezbediti materijalno, materijalno-energetsko i energetsko iskorišćenje. Najpoznatije tehnologije reciklaže pneumatika su:

- *Mehaničko i*
- *Kriogeno drobljenje.*

Proces mehaničke reciklaže pneumatika teretnih i putničkih vozila, slika 4.33, obuhvata faze prerade:

- *Grubo drobljenje,*
- *Fino drobljenje,*
- *Magnetna separacija,*
- *Pneumatska separacija i*
- *Separacija.*



Slika 4.33: Mehanička reciklaža pneumatika

Kod reciklaže pneumatika teretnih vozila pre grubog drobljenja vrši se odstranjivanje čeličnih niti i rasecanje pneumatika. Magnetnom separacijom vrši se odstranjivanje čeličnih delova, a pneumatskom odstranjivanje tekstilnih vlakana. Granulat, kao izlazni materijal iz procesa reciklaže, koji se dobija mehaničkom reciklažom u poređenju sa granulatom koji je dobijen kriogenim postupkom, je nepravilnog oblika sa površinom koja je porozna, čime se ubrzava proces oksidacije kao nepovoljna pojava.

4.4.1.4 Reciklaža proizvoda od stakla

Proizvodi, odnosno delovi od stakla, na kraju životnog ciklusa su pogodni za reciklažu, koja je ograničena raznovršnošću materijala, boja i vrsta stakla. Proces reciklaže ovih proizvoda obuhvata najvažnije aktivnosti kao što su [170]:

- *Razvrstavanje po boji,*
- *Drobljenje,*
- *Separacija metala i papira,*
- *Razvrstavanje dodataka,*
- *Topljenje i*
- *Oblikovanje novih proizvoda.*

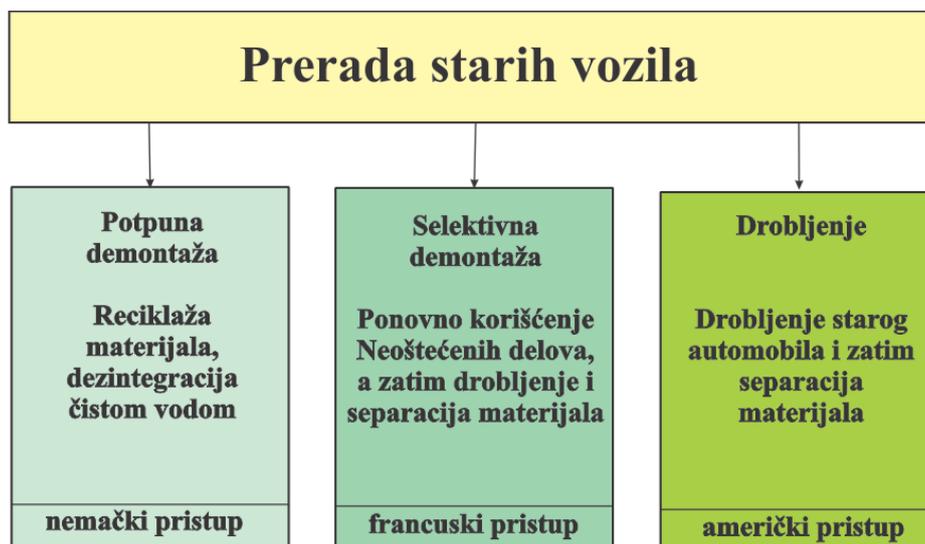
4.4.1.5 Reciklaža složenih proizvoda

Složeni tehnički proizvodi, kao što su automobili, bela tehnika, električni i elektronski proizvodi i brojni drugi, osim organizacije sakupljanja obuhvataju, zajedničke aktivnosti koje prethode procesima reciklaže, kao što su najčešće:

- Demontaža,
- Razvrstavanje na delove koji su za upotrebu i delove po grupama materijala za preradu i trajno odlaganje,
- Priprema formiranih grupa delova za odgovarajuće procese reciklaže,
- Reciklažni procesi za pojedine grupe delova.

Kod reciklaže starih vozila u praksi se koriste tri poznata pristupa, kako je prikazano na slici 4.34:

- Potpuna demontaža,
- Selektivna demontaža i
- Drobljenje starih automobila.



Slika 4.34: Pristupi u preradi starih vozila

Kod reciklaže starih vozila, bazirane na potpunoj demontaži, firma GAT je usvojila grupe delova za reciklažu, tabela 4.4.

Tabela 4.4.: Postupak demontaže i grupisanje delova za reciklažu starih automobila [169]

Odeljenje	Obim demontaže
1.	Točkovi i akumulator
2.	Benzin (dizel), ulje iz sistema za kočenje, rashladna tečnost, tečnost za pranje prozora, rezervoari
3.	Prtljažnik, hauba motora, hladnjak, motor, menjač, amortizeri, prednje osovine
4.	Vrata, prozorska stakla, stakleni krov
5.	Branici, klima- uređaj, svetla, pokazivači pravca, uređaj za pranje prozora
6.	Krov, plastične mase, armature, upravljački mehanizam, sedišta, unutrašnji tapacirung
7.	Zadnje osovine, električni kablovi, uređaji za kočenje, sistem za izduvne gasove
8.	Presovanje ostatka karoserije

4.4.1.6 Reciklaža elektronskog otpada

U procesima demontaže i reciklaže elektronskih proizvoda radnici su izloženi štetnom uticaju širokog spektra teških metala, kao što su olovo, kadmijum i bromirani retardanti plamena koji se izdvajaju tokom rukovanja i sečenja plastike [51].

Istraživanja su pokazala da ljudi koji rade u fabrici demontaže pomenutih proizvoda imaju značajno visoke nivoe svih bromiranih retardanata plamena u krvnom serumu.

Monitori računara i televizori sadrže olovo, kadmijum, živine prekidače, polivinil hlorid, bromirane retardante plamena, fosfate, berilijum i mnoge druge opasne materije za koje je zabranjeno da se odlažu kao trajni otpad na kraju životnog ciklusa proizvoda. Zbog toga su propisane pravne norme za upravljanje elektronskim i električnim proizvodima na kraju životnog ciklusa proizvoda kao što su WEEE direktiva evropske unije koja definiše deset kategorija pomenutih proizvoda:

- *Veliki aparati za domaćinstvo,*
- *Mali aparati za domaćinstvo,*
- *Informaciona i telekomunikaciona oprema,*
- *Roba za potrošače kao što su radio, televizori, muzički uređaji, itd.,*
- *Proizvodi za osvetljenje,*
- *Električni i elektronski alati,*
- *Igračke, oprema za sport i rekreaciju,*
- *Medicinski uređaji,*
- *Uređaji za nadzor i*
- *Automati.*

Potrošačka elektronika sadrži određene kvalitetne materijale, čipove i delove, za čije je odvajanje od odgovarajućih proizvoda neophodno primeniti odgovarajuće operacije demontaže koje će smanjiti nepovoljan uticaj procesa demontaže na zdravlje ljudi.

Demontaža je prva i najvažnija aktivnost u procesu reciklaže elektronskog i električnog otpada, koja zahteva uklanjanje plastičnih kućišta i obnavljanje toksičnih komponenti, kao i iskorišćenje metala, čipova i delova za ponovnu upotrebu [51].

Sastavni materijali, staklo i plastika izdvojeni iz elektronskih proizvoda su relativno niske vrednosti, dok se ostali delovi pomenutih proizvoda koji nisu za ponovnu upotrebu recikliraju primenom odgovarajućih tehnologija.

Reciklaža elektronike je relativno novo industrijsko područje, kao i uticaj pojedinih delova na životnu sredinu i zdravlje ljudi. Zbog toga su definisani standardi za bezbednost koji smanjuju štetni uticaj elektronskih i električnih proizvoda na zdravlje čoveka, kao što su:

- *Postavljanje mehanizovanih sistema koji smanjuju izloženost radnika toksinima,*
- *Razvoj efikasnog sistema za automatsko praćenje materijala u procesu reciklaže,*
- *Razvoj radnih stanica koje smanjuju opasnost zbog ergonomije,*
- *Praćenje informacija o stanju zdravlja i bezbednosti radnika u preduzeću,*
- *Razvoj transparentnih programa za zdravlje i bezbednost radnika,*
- *Razvoj baze podataka za opasne materijale i najbolje metode za demontažu, itd.*

Prikazane aktivnosti faza razvoja, proizvodnje, upotrebe i reciklaže proizvoda, kao i brojni literaturni izvori, omogućavaju da se definiše opšti pregled aktivnosti, kao uzročnika troškova, u okviru pomenutih faza, koji je prilagođen, pre svega, tehničkim proizvodima, tabela 4.5.

Za *fazu razvoja* proizvoda, kao jedan od najznačajnijih zadataka funkcije *Razvoj*, definisane su osnovne aktivnosti, kao uzročnici odgovarajućih troškova, s tim što aktivnost koja se odnosi na ispitivanje tržišta vrši funkcija *Marketing*, a troškovi ove aktivnosti utiču na ukupne troškove razvoja proizvoda.

Aktivnosti funkcija preduzeća, kao što su *Upravljanje preduzećem, Marketing, Razvoj, Komercijalni poslovi, Proizvodnja, Upravljanje finansijskim tokovima, Upravljanje ljudskim resursima i Logistika*, prikazane su i sistematizovane u tački 4.2. Pomenute aktivnosti svrstane su u aktivnosti *faze proizvodnje*.

Tabela 4.5: Osnovne aktivnosti i uzročnici troškova faza životnog ciklusa proizvoda

AKTIVNOSTI FAZA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA			
RAZVOJ PROIZVODA	PROIZVODNJA	UPOTREBA	RECIKLAŽA
<ul style="list-style-type: none"> • Planiranje proizvoda • Konceptualno projektovanje • Preliminarno projektovanje • Izbor varijante proizvoda • Razvoj konstrukcije • Detaljno projektovanje • Izbor procesa • Izrada prototipa • Probna serija • Nulta serija, itd. 	<ul style="list-style-type: none"> • Upravljanje preduzećem • Marketing • Razvoj • Komercijalni poslovi, • Proizvodni proces, • Upravljanje finansijskim tokovima, • Upravljanje ljudskim resursima, • Logistika. 	<ul style="list-style-type: none"> • Instalisanje i puštanje u rad • Obuka korisnika • Održavanje proizvoda, itd. 	<ul style="list-style-type: none"> • Povlačenje proizvoda • Demontaža • Sortiranje komponenti • Izdvajanje delova za upotrebu • Pranje i odmašćivanje • Reciklaža • Uklanjanje trajnog otpada, itd.

Aktivnosti faza razvoja proizvoda, upotrebe i reciklaže odnose se, pre svega na tehničke proizvode, koje se u zavisnosti od vrste posmatranog proizvoda mogu proširiti ili redukovati.

Prikazane aktivnosti u okviru faza razvoja, proizvodnje, upotrebe i reciklaže proizvoda, čine osnovne podloge za preciznije i efikasnije određivanje troškova u životnom ciklusu proizvoda.

5. OSNOVNE VRSTE TROŠKOVA

Osnovni motiv proizvodnje i pružanja usluga je profit, koji se ne ostvaruje samo povećanjem obima proizvodnje i obima pružanja usluga, već postizanjem i što nižih troškova. Zbog toga troškovi predstavljaju centralni problem poslovne politike i strategije savremenih, tržišno orijentisanih preduzeća.

Povećanje obima proizvodnje postiže se povećanjem produktivnosti i primenom adekvatnih savremenih proizvodnih tehnika i tehnologija, dok se smanjenje troškova postiže smanjivanjem svih utrošaka u proizvodnji proizvoda i pružanju usluga.

U uslovima sve izraženijih zahteva tržišta i konkurencije, savremena poslovna strategija usmerena je na usavršavanje i uvođenje novih tehnoloških i proizvodnih rešenja i upravljačkih koncepata, sa ciljem da se obezbedi neophodni profit, pre svega smanjivanjem troškova proizvodnje i pružanja usluga. Zbog toga je smanjivanje troškova stalni proces, utoliko pre, što troškovi čine osnov za formiranje i izmenu cena proizvoda na tržištu.

Troškovi utiču na izbor proizvoda i stepen korišćenja proizvodnih kapaciteta, jer svaka promena asortimana i obima proizvodnje utiče na strukturu i visinu troškova proizvoda. Isto tako, troškovi čine osnovu za unapređenje tehnologije i modernizacije proizvodne opreme, jer svaka aktivnost u tom pravcu strukturom, visinom i dinamikom troškova utiče na profit.

Troškovi, dakle, predstavljaju kompleksnu ekonomsku kategoriju, pa se, bez obzira na različita tumačenja pojma i definicija u literaturi mogu definisati, u užem smislu, kao cenovni i novčani iznos utrošaka elemenata proizvodnje [73], ili kao cena koštanja proizvodnje, koju neki autori definišu kao punu cenu koštanja, pogonsku cenu koštanja, itd. U kvantitativnom smislu, troškovi se određuju na osnovu utrošaka i cena po jedinici utroška, koji omogućavaju određivanje cena kao što su [73] [144] [101] [134]:

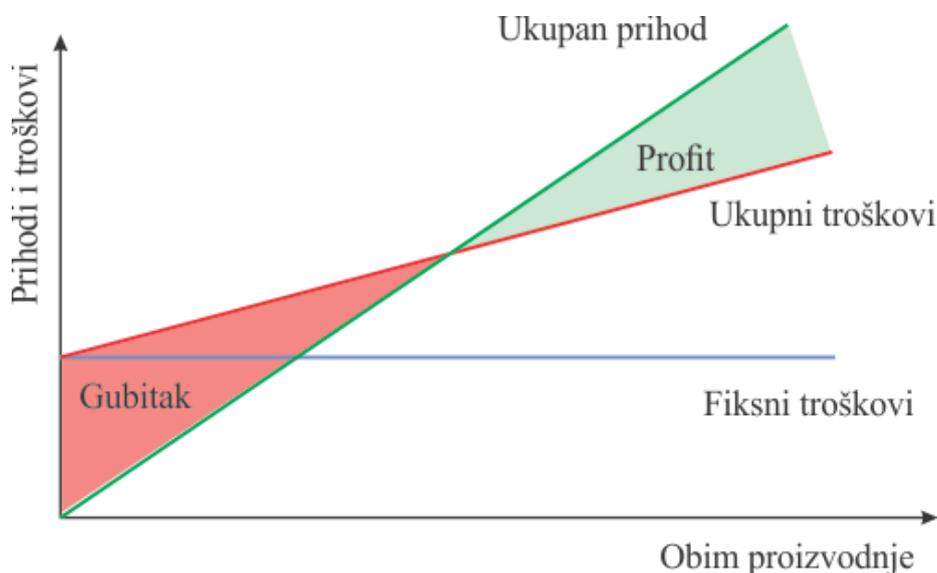
- *Puna cena koštanja,*
- *Pogonska cena koštanja,*
- *Proizvodna cena,*
- *Prodajna cena,*
- *Tržišna cena, itd.*

Kao instrument poslovne politike, troškovi čine osnovu za održavanje konkurentne prodajne cene na tržištu, uz postizanje ciljnog profita. Pri tome je od posebnog značaja suštinsko razumevanje interakcije nivoa poslovne aktivnosti, sa jedne strane, i vrsta troškova i profitabilnosti, sa druge strane, poznate kao analiza CVP (*Cost-Volume Profit analysis*), odnosno analiza troškovi-obim prodaje- profit, koja je predstavljena grafikonom rentabilnosti, slika 5.1 [73].

Ukupne troškove, koji će se kasnije analizirati, čine fiksni i varijabilni troškovi. Prelomnu tačku određuje obim proizvodnje za koji su prihodi od prodaje jednaki ukupnim troškovima.

U uslovima oštre konkurencije na tržištu, skoro da treba isključiti mogućnost postizanja ciljnog profita povećanjem prodajne cene proizvoda, odnosno prihoda od prodaje, već se taj cilj može postići, pre svega, strategijom stalnog smanjivanja i upravljanja ukupnim troškovima.

Bez obzira što troškovi, najčešće, nisu stabilna i nepromenljiva kategorija, nego su varijabla, čijim se upravljanjem u okviru menadžmenta troškova, značajno utiče na postizanje ciljnog profita [73], zbog čega je od posebnog značaja njihova klasifikacija i sistematizacija.



Slika 5.1: Prelomna tačka rentabiliteta

5.1 SISTEMATIZACIJA TROŠKOVA PROIZVODA

Planiranje i upravljanje troškovima proizvoda zahteva njihovu sistematizaciju, koja se u ekonomskim literaturnim izvorima vrši po raznim osnovama, tabela 5.1.

Prikazana sistematizacija troškova proizvoda pokazuje da osnovnu vrstu troškova čine troškovi elemenata proizvodnje, jer i druge vrste sistematizovanih troškova sadrže sve ili neke elemente troškova proizvodnje.

Određivanje troškova proizvoda na osnovu elemenata proizvodnje, kao i drugih sistematizovanih troškova u tabeli 5.1, kao što su troškovi prema mestu nastanka, nosiocima, vremenu, dinamici obima proizvodnje i poslovnim funkcijama, prikazano je u brojnim literaturnim izvorima, kao na primer [101] [73] [125].

Za razvoj strategije upravljanja troškovima proizvoda, menadžment troškova koristi i podatke koji se odnose na međusobno upoređivanje pojedinih grupa troškova, kao što su:

- *Direktni i indirektni,*
- *Fiksni i varijabilni,*
- *Pojedinačni i zajednički,*
- *Troškovi izrade i režijski troškovi, itd.*

Međusobni odnosi pomenutih grupa troškova ukazuju na eventualne unutrašnje slabosti sopstvenog preduzeća, kao i slabosti u odnosu na konkurenciju. Isto tako, analizom strukture određene grupe troškova utvrđuju se podaci o učešću pojedinih elemenata troškova i njihov uticaj na troškove posmatrane grupe, čime se određuju smernice za izbor strategije upravljanja ovim troškovima.

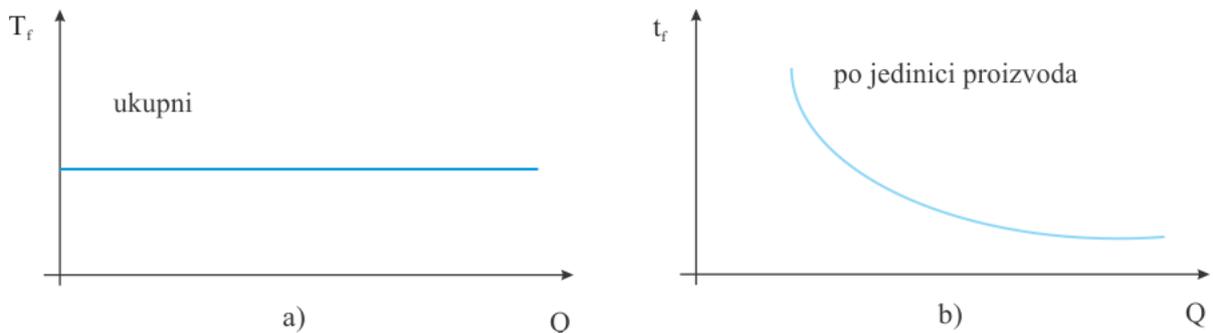
Tabela 5.1: Sistematizacija troškova proizvoda [101] [73] [144]

VRSTA TROŠKOVA	ELEMENTI TROŠKOVA
Proizvodnja	<ul style="list-style-type: none"> • Materijal, • Sredstva za rad, • Radna snaga • Usluge drugih, itd.
Mesto nastanka	<ul style="list-style-type: none"> • Izrada, • Pogonska režija, • Uprava i prodaja.
Vreme nastanka	<ul style="list-style-type: none"> • Pojedinačni, • Zajednički
Nosioci	<ul style="list-style-type: none"> • Direktni, • Indirektni.
Obim troškova	<ul style="list-style-type: none"> • Ukupni, • Po jedinici proizvoda.
Dinamika obima proizvodnje	<ul style="list-style-type: none"> • Fiksni, • Relativno fiksni, • Varijabilni, • Semivarijabilni.
Poslovne funkcije	<ul style="list-style-type: none"> • Upravljanje, • Nabavka, • Prodaja, • Finansije, • Računovodstvo, • Opšti i kadrovski poslovi, • Upravljanje kvalitetom, • Priprema proizvodnje, • Obavljanje usluga, • Zaštita životne sredine.
Životni ciklus proizvoda	<ul style="list-style-type: none"> • Razvoj, • Proizvodnja, • Upotreba, • Reciklaža i odlaganje otpada.
Cost-benefit analiza	<ul style="list-style-type: none"> • Direktni, • Indirektni, • Nemerljivi, • Investicije.

Za upravljanje troškovima proizvoda, ili troškovima pojedinih faza njegovog životnog ciklusa, pogodno je troškove analizirati po raznim osnovama koje proizilaze iz njihove sistematizacije, pre svega po osnovi dinamike i mesta nastanka, odnosno troškovima kao što su:

- Fiksni,
- Varijabilni,
- Direktni i
- Indirektni.

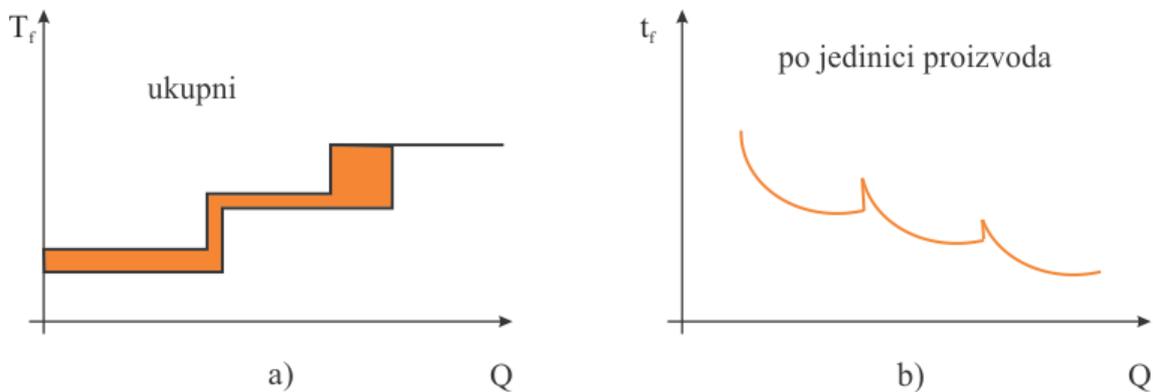
Fiksni troškovi mogu biti apsolutno fiksni ukupni T_f , koji ne zavise od obima proizvodnje Q , i kao apsolutno fiksni troškovi po jedinici proizvoda t_f , slika 5.2.



Slika 5.2: Apsolutno fiksni troškovi: a) ukupni, b) po jedinici proizvoda

Upoređivanjem fiksnih troškova posmatranog proizvoda u sopstvenom preduzeću sa odgovarajućim troškovima najjačeg konkurenta, otkrivaju se mogućnosti određenih poboljšanja u pogledu smanjenja troškova proizvoda.

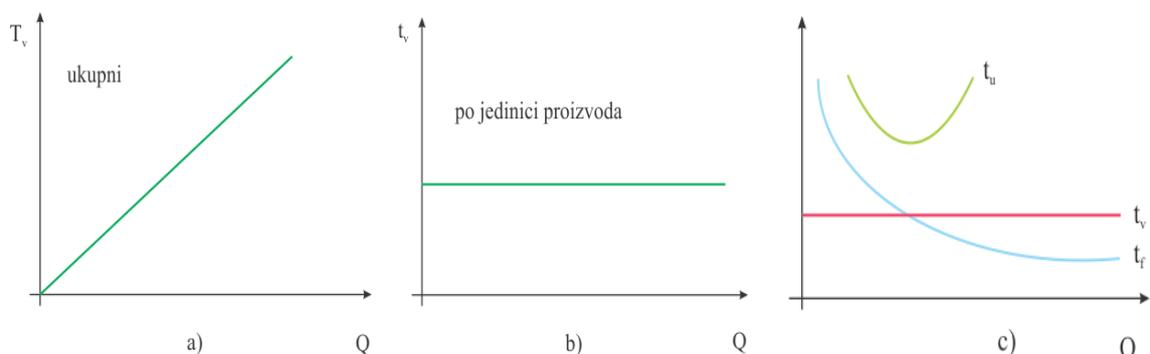
Određena poboljšanja u realizaciji procesa proizvodnje, koja zahtevaju izvesna novčana ulaganja, izazivaju promenu fiksnih u relativno fiksne ukupne troškove ili relativno fiksne troškove po jedinici proizvoda, slika 5.3 .



Slika 5.3: Relativno fiksni troškovi: a) ukupni, b) po jedinici proizvoda

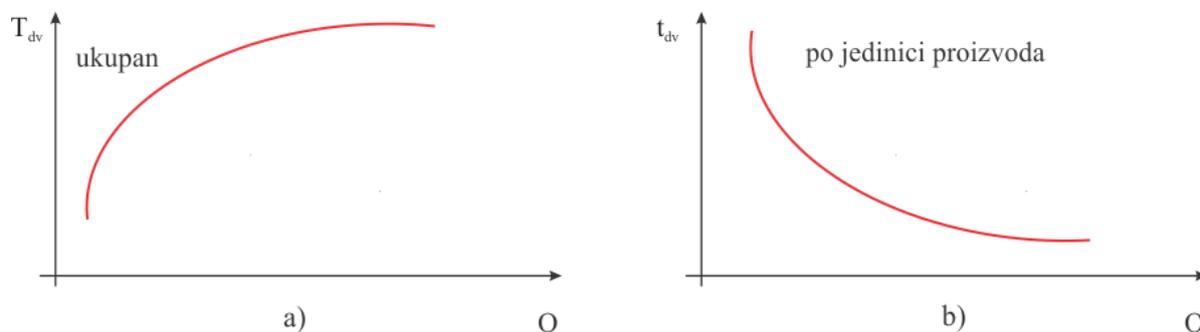
Varijabilni troškovi proizvoda direktno zavise od obima proizvodnje. Mogu se prikazati kao ukupni varijabilni T_v ili varijabilni troškovi po jedinici proizvoda t_v , slika 5.4 a) i b), dok su ukupni troškovi po jedinici proizvoda t_u prikazani su na slici 5.4 c).

Upravljanje varijabilnim troškovima podrazumeva njihovo upoređivanje sa odgovarajućim troškovima najjačeg konkurenta i stvaranje ideje za poboljšanje uslova i smanjenje ovih troškova proizvoda.



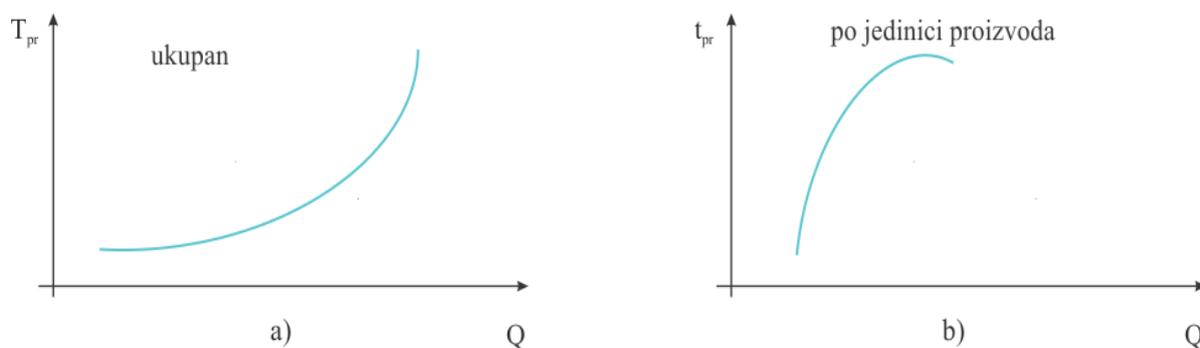
Slika 5.4 Varijabilni troškovi: a) ukupni, b) po jedinici proizvoda, c) ukupni troškovi po jedinici proizvoda

Degresivni varijabilni troškovi, ukupni ili po jedinici proizvoda, nastaju pri povećanju obima proizvodnje, ali je njihov rast spor, slika 5.5.



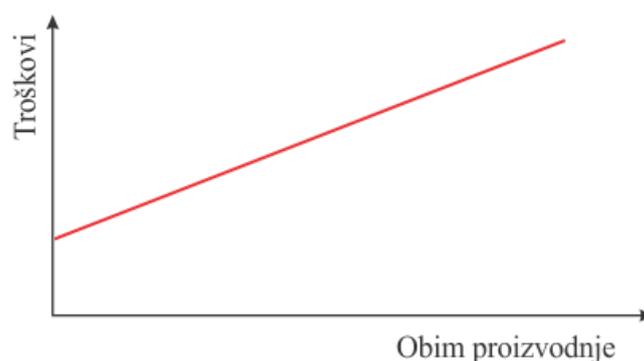
Slika 5.5: Degrativni varijabilni troškovi: a) ukupni, b) po jedinici proizvoda

Progresivni varijabilni troškovi, ukupni ili po jedinici proizvoda, nastaju kao rezultat prekomernog rada i preopterećenja kapaciteta pri realizaciji procesa proizvodnje posmatranog proizvoda, slika 5.6.



Slika 5.6: Progresivni varijabilni troškovi: a) ukupni, b) po jedinici proizvoda

Semivarijabilni troškovi su troškovi koji do određenog obima proizvodnje imaju fiksni iznos, a preko tog obima imaju varijabilne elemente troškova, slika 5.7.



Slika 5.7: Semivarijabilni troškovi

Za upravljanje troškovima od značaja je poznavanje i drugih vrsta troškova kao što su[73]:

- Troškovi proizvoda,
- Troškovi perioda, itd.

Troškovi prizvoda (product cost) su troškovi koji se mogu vezati za određeni proizvod, a obuhvataju direktne i indirektne, odnosno opšte troškove.

Troškovi perioda (period cost) su troškovi koji nastaju u određenom obračunskom periodu.

U okviru upravljanja troškovima, posebno u uslovima kada je uticaj tržišta na formiranje prodajnih cena izrazito značajan, obračun po punoj ceni koštanja podrazumeva da se svi troškovi moraju preneti na proizvode, bez obzira da li su u direktnoj ili indirektnoj vezi sa njihovom proizvodnjom. U tom slučaju, ovaj princip obračuna troškova proizvoda zahteva da se oni grupišu u dve grupe:

- *Direktni i*
- *Indirektni ili opšti troškovi.*

Direktni troškovi se lako raspoređuju na odgovarajuće proizvode, dok se raspoređivanje opštih troškova prihvata na nivou relativne tačnosti. Opšti troškovi, kao deo ukupnih troškova proizvodnje, ne mogu se direktno poistovetiti sa pojedinačnim nosiocima troškova, pa se njihovo prenošenje na pojedinačne nosioce vrši apsorpcijom odgovarajućeg dela opštih troškova na jedinične nosioce, ili određivanjem procentualnog iznosa zavisnih proizvodnih troškova koji nastaju u proizvodnji, kao što je procentualni iznos opštih troškova po času rada zaposlenih, po času rada mašine, kao i po odeljenjima proizvodnje [73].

Za obračun troškova proizvoda koji obuhvataju direktne i indirektne troškove, kao i za kalkulaciju troškova, u ekonomskoj literaturi razvijene su brojne tradicionalne i savremene metode, koje će se ukratko prikazati.

5.2 METODE ZA OBRAČUN TROŠKOVA PROIZVODA

Metode za obračun troškova služe za analizu troškova proizvoda u cilju pronalaženja mogućih rezervi i rešenja koja utiču na smanjenje troškova i postizanje ciljnog profita u okvirima koje omogućuje tržišna, odnosno prodajna cena.

Obračun troškova proizvoda uglavnom se odnosi na troškove faktora proizvodnje, na troškove prema mestu nastanka, nosiocima, vremenu nastanka i dinamici obima proizvodnje, uz primenu metoda zasnovanih na [101]:

- *Stvarnim,*
- *Normalnim,*
- *Planskim,*
- *Standardnim,*
- *Direktnim*
- *Marginalnim troškovima,*
- *Ciljnim troškovima, itd..*

Obračun po stvarnim troškovima vrši se po svim fazama proizvodnje, oslanjajući se pri tome na prethodna iskustva i podatke za odgovarajuće troškove. Opšti troškovi, uključujući i režijske, obračunavaju se u punom iznosu, bez obzira na stepen zaposlenosti kapaciteta.

Osnovni nedostatak ove metode je korišćenje iskustvenih podataka iz prošlosti, utoliko pre što uslovi proizvodnje u tržišnoj privredi zahtevaju informacije o troškovima koje se odnose na budućnost poslovanja.

Metoda obračuna po normalnim troškovima zasniva se na unapred utvrđenim troškovima za koje su isključena moguća odstupanja, izazvana:

- *Slučajnošću, kao što su neplanirani kvarovi, neodgovarajući kvalitet proizvoda, bolovanje radnika, itd.,*
- *Sezonskim uticajem, kao što su troškovi grejanja, remontu opreme, godišnji odmori,*
- *Promena stepena zaposlenosti kapaciteta, itd.*

Visina troškova proizvoda određuje se prema proseku više obračunskih perioda. Osnovne prednosti ove metode su jednostavnost primene, povećana ažurnost i kontrola troškova.

Metoda obračuna po planskim troškovima zasniva se na troškovima koji se prethodno planiraju na osnovu očekivanih uslova poslovanja u planskom periodu. Planirani troškovi zasnivaju se na normalnim troškovima u prethodnom obračunskom periodu, korigovanim za uslove perioda za koji se planira proizvodnja. Direktni ili pojedinačni troškovi predviđaju se na osnovu tehničkih normativa za planirani obim proizvodnje, a indirektni ili opšti, na osnovu iskustva iz prošlosti.

U zavisnosti od promene obima proizvodnje, obračun troškova po planskim troškovima može biti:

- *Po stalnim planskim troškovima,*
- *Po fleksibilnim planskim troškovima.*

Osnovni nedostatak ove metode ogleda se u tome što se planski troškovi ne mogu prihvatiti kao realna osnova za donošenje tekućih poslovnih odluka.

Metoda obračuna na osnovu standardnih troškova podrazumeva planiranje troškova za naredni period na osnovu ostvarenih troškova u prethodnom periodu i sistemske analize svih faktora proizvodnje koji utiču na troškove proizvoda. Osnovna pretpostavka za primenu ove metode je dobra organizacija računovodstva. I pored toga, nestabilnost cena na tržištu čini ovu metodu nedovoljno pouzdanom, ali se u praksi koristi za tekuću kontrolu troškova procesa proizvodnje i pravovremeni uticaj na troškove faktora proizvodnje.

Metoda obračuna po direktnim troškovima zasniva se na polazištu da se troškovi proizvoda moraju preneti na nosioce, kao što su:

- *Direktni i*
- *Indirektni.*

Određivanje troškova proizvoda primenom metode obračuna po direktnim troškovima vrši se na dva načina:

- *Direct Costing,*
- *Marginalna metoda.*

Direct Costing metoda obuhvata obračun direktnih i fiksnih troškova. U direktne troškove uključeni su pojedinačni i varijabilni deo fiksnih troškova. Indirektni troškovi obuhvataju deo troškova koji zavisi i deo koji ne zavisi od obima proizvodnje, zbog čega se ovaj deo troškova smatra fiksnim. Ostali deo indirektnih troškova obračunava se na osnovu ostvarene realizacije proizvodnje.

Direct Costing metoda, i pored određenih nedostataka, ima značajne prednosti u pripremanju poslovnih odluka, izboru programa proizvodnje i planiranju profita preduzeća.

Marginalni obračun troškova proizvoda otklanja nedostatke *Direct Costing* metode, kod koje se svi fiksni troškovi pokrivaju iz ukupnog prihoda preduzeća. Marginalni obračun troškova pokriće fiksnih troškova vrši postepeno, razlaganjem na fiksne troškove vezane za:

- *Određene proizvode,*
- *Grupu proizvoda,*
- *Nastanak troškova,*
- *Organizacione jedinice i*
- *Celo preduzeće.*

Marginalna metoda obezbeđuje bolju kontrolu utrošaka i cene koštanja. Primenom ove metode otklanjaju se nedostaci *Direct Costing* metode, ali se gubi prednost jednostavnijeg obračuna.

Obračun po ciljnim troškovima je tržišno orijentisan jer ovi troškovi ne određuju nivo prodajnih cena, već prodajne cene određuju dozvoljene troškove, koji obezbeđuju konkurentnu prednost proizvoda na tržištu.

5.3 KALKULACIJE TROŠKOVA PROIZVODA

Pri određivanju cene koštanja po pojedinim proizvodima primenjuju se određene metode raspoređivanja ukupnih troškova, koje su u literaturi poznate kao kalkulacija troškova, čiji je osnovni cilj da se što preciznije odrede ukupni troškovi svakog proizvoda. Metode kalkulacije omogućavaju da se troškovi preduzeća raspodele na nosioce, odnosno proizvode. Troškovi koji se direktno mogu vezati za određeni proizvod odnose se na direktne ili pojedinačne troškove. Određivanje opštih troškova koji se odnose na posmatrani proizvod zavisi od odabrane metode za kalkulaciju ovog dela troškova.

Metode za kalkulaciju troškova proizvoda se u teoriji i praksi dele na dve osnovne grupe [101] [125]:

- *Divizione i*
- *Dodatne.*

Čista divizionna kalkulacija je jednostavna i najtačnija metoda za obračun troškova po proizvodima koja se primenjuje u masovnoj proizvodnji. Cena po jedinici proizvoda dobija se iz odnosa ukupnih troškova određenog vremenskog perioda i ukupnog obima proizvodnje posmatranog proizvoda.

Elektivna divizionna kalkulacija primenjuje se za obračun troškova proizvoda u masovnoj proizvodnji, u slučajevima kada fazu proizvodnje ne opterećuju svi proizvodi u jednakoj meri. Metoda se može zasnivati na elekcciji po mestima troškova ili na elekcciji po fazama proizvodnje.

Kalkulacija na bazi ekvivalentnih brojeva primenjuje se u proizvodnji više vrsta proizvoda koji se proizvode od istog repromaterijala u okviru istog tehnološkog procesa. Troškovi ovih proizvoda su u određenoj srazmeri koju određuju ekvivalentni brojevi.

Ekvivalentni brojevi se određuju na bazi tehničkih elemenata i pokazuju odnos objektivno uslovljenih ulaganja u svaki proizvod i ulaganja u jedan proizvod kao reprezent.

Kalkulacija vezanih proizvoda primenjuje se za obračun i raspoređivanje zajedničkih troškova izrade po proizvodima, za koje posebno evidentiranje zajedničkih troškova nije moguće. Zbog nemogućnosti da se po proizvodima evidentiraju troškovi zajedničkog tehnološkog procesa, ova kalkulacija je relativno tačna.

Dodatna kalkulacija omogućava obračun i raspoređivanje troškova na proizvode u slučajevima kada primena neke od pomenutih kalkulacija nije moguća. Ova metoda kalkulacije primenjuje se u proizvodnji proizvoda širokog asortimana raznovrsnih proizvoda.

Troškovi se grupišu po vremenu nastanka, pa potom u pojedinačne ili direktne i opšte troškove. Pojedinačni troškovi se mogu vezati za odgovarajuće proizvode, dok se opšti troškovi raspoređuju prema određenom ključu.

5.4 TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA

Troškove životnog ciklusa proizvoda čine troškovi odgovarajućih faza, odnosno troškovi faza, tabela 4.5:

- *Razvoja,*
- *Proizvodnje,*
- *Upotrebe i*
- *Reciklaže, odnosno odlaganja.*

Upoređivanjem i stavljanjem u međusobni odnos troškova pomenutih faza može se odrediti faza koja ima dominantan uticaj na troškove životnog ciklusa posmatranog proizvoda. Strukturu i visinu troškova pomenutih faza životnog ciklusa proizvoda određuju troškovi odgovarajućih aktivnosti, koje su detaljno prikazane i analizirane u trećem poglavlju.

Proaktivna procena troškova proizvoda u fazi razvoja treba da obuhvati troškove svih faza životnog ciklusa, čija se struktura može slikovito predstaviti strukturom sante leda [128]. Deo sante leda koji je iznad vode simbolički obuhvata inicijalne, a deo koji je u vodi sekundarne troškove. Inicijalni troškovi se odnose na troškove:

- *Inicijalne faze,*
- *Faze razvoja, odnosno izbora proizvoda, konceptualnog, detaljnog i završnog projektovanja, kao i troškove ispitivanja proizvoda i*
- *Faze proizvodnje,*

dok se sekundarni troškovi odnose na troškove:

- *Upotrebe i*
- *Faze reciklaže i odlaganja.*

Ukazujući na značaj procene inicijalnih troškova, u literaturi je široko prihvaćeno Ullmanovo pravilo 1-3-9, koje se odnosi na inicijalnu procenu troškova i pokazuje da za proizvod čija je vrednost materijala 1 dolar treba predvideti 3 dolara za troškove proizvodnje, a prodajnu cenu u iznosu od 9 dolara.

Instrumenti strategijskog menadžmenta troškova podrazumevaju upravljanje troškovima u svim fazama životnog ciklusa proizvoda, poređenjem troškova posmatranog proizvoda sa troškovima najjačeg proizvođača, odnosno konkurenta. Upoređivanjem troškova proizvoda (Cost Benchmarking), sa najjačim konkurentom, kao instrument strategijskog i operativnog menadžmenta, omogućava utvrđivanje slabosti i prednosti sopstvenog preduzeća u odnosu na konkurenciju, na osnovu kojih se određuju pravci i strategija otklanjanja uočenih slabosti [101]. Na osnovu identifikovanih slabosti i prednosti, uz analizu troškova svih faza životnog ciklusa posmatranog proizvoda, mogu se utvrditi potencijalni izvori konkurentske prednosti i doneti odgovarajuće proizvodne i poslovne odluke koje će značajno doprineti smanjenju troškova proizvoda.

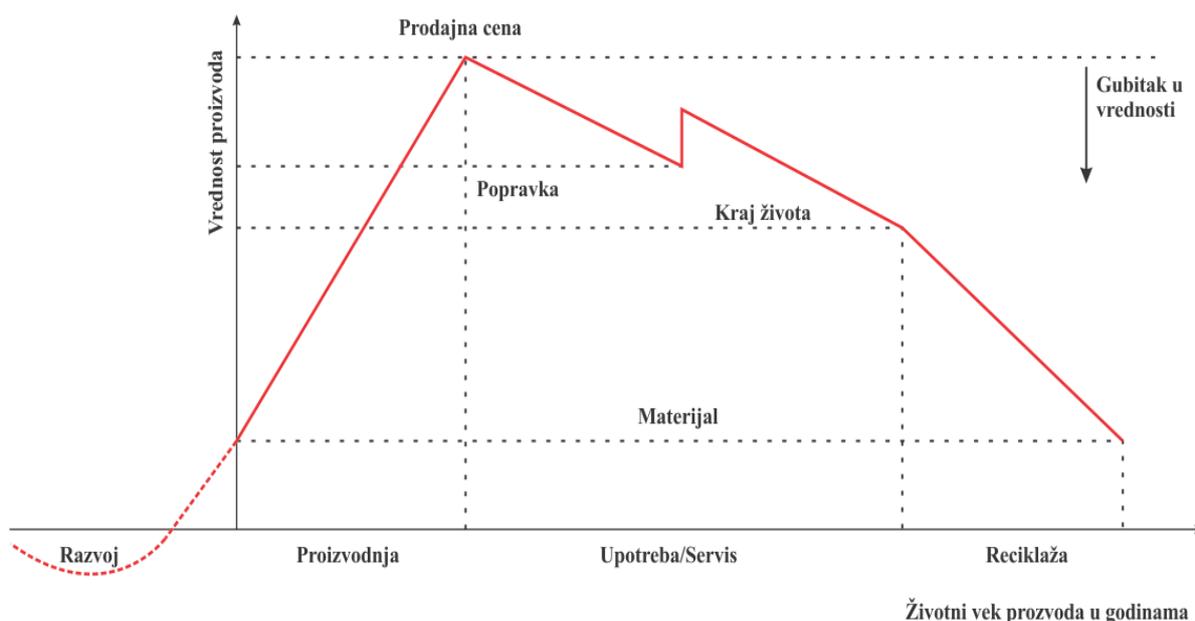
Za menadžment troškova proizvoda od posebnog su značaja aktivnosti koje se odnose na [73]:

- *Planiranje troškova proizvoda, da bi se budući odliv resursa mogao pouzdano proceniti,*
- *Procenu alternativa u cilju upoređivanja troškova sa prodajnom cenom proizvoda i*
- *Praćenje ishoda u pogledu stvarnih i očekivanih troškova proizvoda.*

Procena alternativa i odlučivanje na bazi prodajne cene proizvoda i troškova, očekivanih ili stvarnih, slikovito se može prikazati promenom vrednosti proizvoda tokom životnog ciklusa, slika 5.8.

Tokom komparativne kratke faze proizvodnje, vrednost proizvoda raste do nivoa prodajne cene na tržištu. Nakon toga, nastaje period životnog ciklusa, koji se odnosi na upotrebu, kada vrednost proizvoda opada, ali se ona može delimično kompenzovati u fazi održavanja, popravke i nadogradnje.

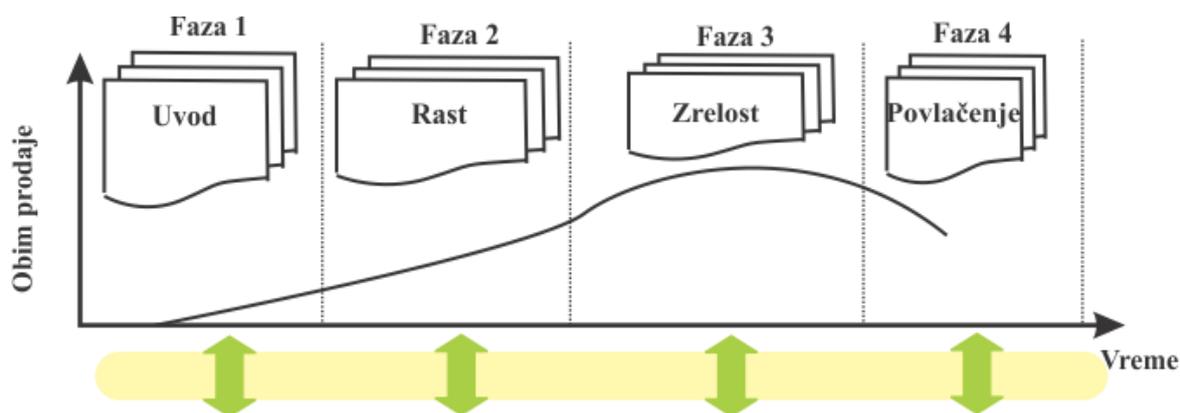
Na kraju upotrebe, kada više nema mogućnosti kompenzovanja umanjene vrednosti proizvoda, ostaje reciklaža koja omogućava da se deo vrednosti proizvoda u vidu recikliranog materijala i delova koji su za ponovnu upotrebu, vrati u istu ili sličnu proizvodnju



Slika 5.8: Vrednost proizvoda tokom životnog ciklusa [128]

Vrednost proizvoda na kraju životnog ciklusa, koja je sačuvana u recikliranom materijalu i u delovima za ponovnu upotrebu, značajno doprinosi nastavku proizvodnje istog ili novog proizvoda. Prema tome, upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda omogućava upravljanje vrednošću proizvoda i proaktivno predviđanje u procesu razvoja i poboljšanja proizvoda.

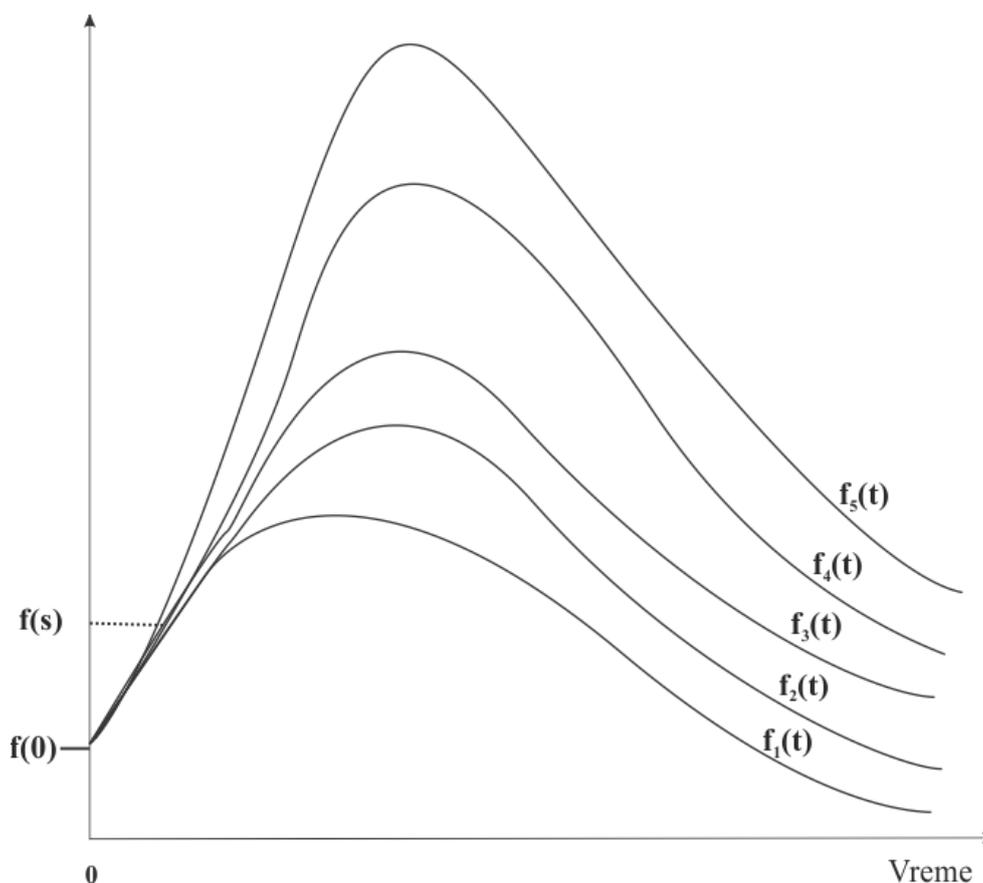
Obim prodaje, odnosno tražnje na tržištu, od uvođenja u proizvodnju pa do povlačenja, uz analizu troškova, profita, ponašanja potrošača i konkurencije, kao i ocene efekata marketing ciljeva, određuje strategiju prodajne cene proizvoda, slika 5.9.



Obim prodaje	Nizak	Brzi uspon	Dostizanje vrhunca	Pad
Trošak	Visok	Srednji	Nizak	Nizak
Profit	Deficit	Progresivan rast	Visok	Postepeni pad
Potrošač	Inovator	Korisnik u ranoj fazi	Srednjoročni korisnik	Kupovina na odloženo
Konkurent	Manje	Progresivan rast	Postepeni pad	Postepeni pad
Marketing cilj	Kreiranje popularnosti proiz.	Veliki tržišni udeo	Maksimalan profit	Redukovanje troškova
Cenovna strategija	Trošak-plus pristup	Tržišna penetracija cena	Kooperacija ili napad konkurenata cenama	Redukovanje cena

Slika 5.9: Strategija prodajne cene tokom faze proizvodnje proizvoda [38]

Imajući u vidu da je životni ciklus proizvoda u savremenim uslovima tržišne privrede najčešće neizvestan, kako u pogledu tražnje koja zavisi od tržišnog potencijala, stope tražnje i vremena u kojem tražnja dostiže maksimalnu stopu, tako i u pogledu prodajne cene, neizvesnost, koja se odnosi na uspeh proizvoda na tržištu, ispituje se posmatranjem višestrukog scenarija alternativnih funkcija tražnje $f(t)$ sa odgovarajućim verovatnoćama [148], slika 5.10.



Slika 5.10: Višestruki scenariji funkcije tražnje

Osnovni cilj analize troškova životnog ciklusa proizvoda odnosi se na identifikaciju uzročnika troškova, zbog čega se u literaturi oni grupišu u grupu investicionih i uzastopnih troškova [128]. Troškovi investiranja pokrivaju troškove razvoja, instalisanja proizvoda, obučavanje korisnika i troškove reciklaže, dok se uzastopni troškovi odnose na troškove proizvodnje i upotrebe. Tačna procena dve pomenute grupe troškova i traženje rešenja novog proizvoda koje određuje njihov najpovoljniji odnos, zahteva savremene tehnike simulacije troškova životnog ciklusa, razvoj i primenu raznih strategija za upravljanje troškovima životnog ciklusa.

Strategija menadžmenta troškova proizvoda u savremenim uslovima bazirana je na principima stalnog snižavanja troškova. Na taj način se održavanjem konkurentne cene na tržištu može obezbediti potrebni, odnosno ciljni profit. Upravljanje troškovima proizvoda je orijentisano na razmatranje mera i instrumenata za njihovo smanjivanje, kao i na permanentnu proveru efikasnosti svih aktivnosti u preduzeću koje utiču na troškove proizvoda. Pri tome su instrumenti upravljanja troškovima ciljni troškovi, koje određuje najjači proizvođač istog ili sličnog proizvoda.

5.5 METODE ZA PROCENU TROŠKOVA ŽIVOTNOG CIKLUSA 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 konceptijskih rešenja proizvoda, primenjuju se brojne tradicionalne i savremene metode za procenu troškova, slika 5.11.

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 ekspertske 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.



Slika 5.11. Sistematizacija metoda za procenu troškova proizvoda [127]

5.5.1 Intuitivne metode

Intuitivne tehnike, odnosno metode za procenu troškova proizvoda, ili troškova pojedinih faza životnog ciklusa, zasnovane su na intuitivnom ekspertskom znanju, baziranom na slučaju, ili na tehnikama podrške za procenu troškova, kao što su pravila, stabla odlučivanja, ekspertni sistemi i fuzzy-logika.

Među najpoznatijim metodama zasnovanim na intuitivnom ekspertskom znanju, baziranom na slučaju, je Case-based metoda [61][74][127][148][182], koja se svrstava u metode veštačke inteligencije [127], jer zahteva čuvanje i korišćenje iskustvenih podataka o troškovima proizvoda koji su realizovani u prethodnom periodu. Procedura primene ove metode zahteva korake [61]:

- *Definisanje karakteristika novog proizvoda,*
- *Izbor sličnog proizvoda iz prošlosti,*
- *Usvajanje ili modifikovanje novog proizvoda,*
- *Testiranje i vrednovanje rešenja i*
- *Memorisanje usvojenog rešenja u bazi podataka.*

Pravila, stabla odlučivanja i ekspertni sistemi omogućavaju bržu, efikasniju i precizniju intuitivnu primenu ekspertskog znanja za procenu troškova proizvoda.

Metode za procenu troškova novog proizvoda, ili troškova faza životnog ciklusa, koje su zasnovane na primeni fuzzy logike zahtevaju procedure [91]:

- *Fazifikacija ulaznih vrednosti posmatranog proizvoda,*
- *Fazi zaključivanje bazirano na definisanom setu pravila i*
- *Defazifikaciju indirektnih fuzzy vrednosti.*

5.5.2 Analogne metode

Analogne metode za procenu troškova proizvoda ili troškova pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda, zasnivaju se na analogiji da slični proizvodi, pre svega u pogledu geometrijske, tehnološke i sličnosti proizvodnih uslova, imaju približno jednake troškove proizvoda. Ovakva postavka u pogledu analogije troškova sličnih proizvoda omogućila je razvoj dve najpoznatije analogne metode za procenu troškova, koje su bazirane na primeni [61] [74] [127] [194]:

- *Veštačkih neuronskih mreža i*
- *Regresione analize.*

Razvoj analogne metode za procenu troškova primenom veštačkih neuronskih mreža obuhvata fazu pripreme i fazu primene. U fazi pripreme vrši se obučavanje veštačke neuronske mreže na osnovu troškova grupe sličnih proizvoda u odnosu na posmatrani proizvod, koji su realizovani u prethodnom periodu i za koje su troškovi faza njihovih životnih ciklusa poznati. U fazi primene vrši se procena troškova posmatranog proizvoda primenom obučene veštačke neuronske mreže, upoređivanje troškova sa ciljnim troškovima i eventualna izmena konstrukcionog rešenja ili procesa izrade posmatranog proizvoda.

Kombinacijom fuzzy logike i veštačkih neuronskih mreža nastali su modeli za procenu troškova proizvoda koji su poznati kao modeli zasnovani na primeni fuzzy-neuronskih mreža.

Regresiona analiza za procenu troškova novog proizvoda bazirana je na primeni troškova sličnih proizvoda koji su realizovani u prethodnom periodu, uspostavljanjem veze između troškova i karakteristika proizvoda, kao promenljivih veličina na osnovu kojih se za novi proizvod procenjuju troškovi [127]. Osnovne teškoće u primeni regresione analize uslovljene su nelinearnom zavisnošću troškova i ulaznih promenljivih podataka o proizvodu.

5.5.3 Parametarske metode

Parametarske metode za procenu troškova proizvoda bazirane su na primeni relevantnih parametara proizvoda od kojih zavise troškovi, što ukazuje da je broj, vrsta i intenzitet uticaja parametara ili karakteristika proizvoda na troškove, zasnovan na neophodnom ekspertskom znanju [61] [148] [145]. Ove metode fokusiraju se na karakteristike proizvoda, bez detaljnog opisivanja, što je karakteristično za izbor ideje i konceptualno projektovanje u fazi razvoja novog proizvoda, kada se na osnovu parametara varijanti novog ili poboljšanog proizvoda treba brzo i efikasno izvršiti procena troškova životnog ciklusa proizvoda [127] [145]. Tačnost procene troškova očigledno zavisi od broja parametara i utvrđivanja njihovog pojedinačnog ili zajedničkog dejstva na troškove proizvoda. Kod određivanja zajedničkog uticaja svih parametara na troškove životnog ciklusa posmatranog proizvoda zahteva se razvoj i definisanje odgovarajućeg matematičkog modela [61] [84] [48].

Parametarske metode baziraju se, dakle, na statističkim pretpostavkama, vezanim za uticaj parametara na troškove proizvoda.

Među najpoznatijim parametarskim metodama su metode lestvice i statistička metoda[61][145]. Kod primene metode lestvice, procenitelj, odnosno ekspert, utvrđuje relevantne parametre proizvoda i vrši procenu troškova njihovim uvođenjem u parametarski odnos.

Parametarska statistička metoda podrazumeva prikupljanje statističkih podataka o troškovima sličnih proizvoda koji su realizovani u prošlosti i uspostavljanje matematičke veze između troškova i parametara novog proizvoda.

5.5.4 Analitičke metode

Analitičke metode, među kojima su metoda koja je bazirana na odlikama, Breakdown metoda, ABC, PBC i metoda bazirana na toleranciji, omogućavaju relativno tačnu procenu troškova proizvoda koji je detaljno analiziran, što, uz prikupljanje neophodnih informacija, proces procene troškova čini dugotrajnim. Kod složenih proizvoda, koji se sastoje od više delova, ove metode zahtevaju prethodno dekomponovanje proizvoda na delove i posmatranje svakog dela posebno [74][127].

Metoda bazirana na odlikama zasniva se na proceni troškova tako što se identifikuju osnovne odlike proizvoda i uspostavi korelacija između svake odlike i troškova. Ova metoda je široko rasprostranjena u primeni i efikasno se primenjuje u fazi razvoja proizvoda [148][159]. Kod primene ove metode procenitelj zahteva detaljne informacije o proizvodu, zbog čega je ova metoda pogodna za procenu troškova inkrementalnih inovativnih proizvoda [127].

Breakdown metoda zahteva sumiranje svih troškova koji nastaju u fazi razvoja proizvoda, pa tačnost procene troškova primenom ove metode, koja se efikasno koristi u fazi razvoja proizvoda zavisi od broja evidentiranih uzročnika troškova [74] [127].

ABC metoda (Activity Based Costing) zahteva određena pravila i procedure, među kojima je najvažnija podela troškova na [127]:

- *Indirektne i*
- *Direktne troškove.*

Fundamentalni princip ABC metode zasnovan je na podeli indirektnih troškova na odgovarajuće aktivnosti, kao uzročnike troškova i njihovo što preciznije određivanje, bilo da je reč o proizvodnim ili uslužnim delatnostima.

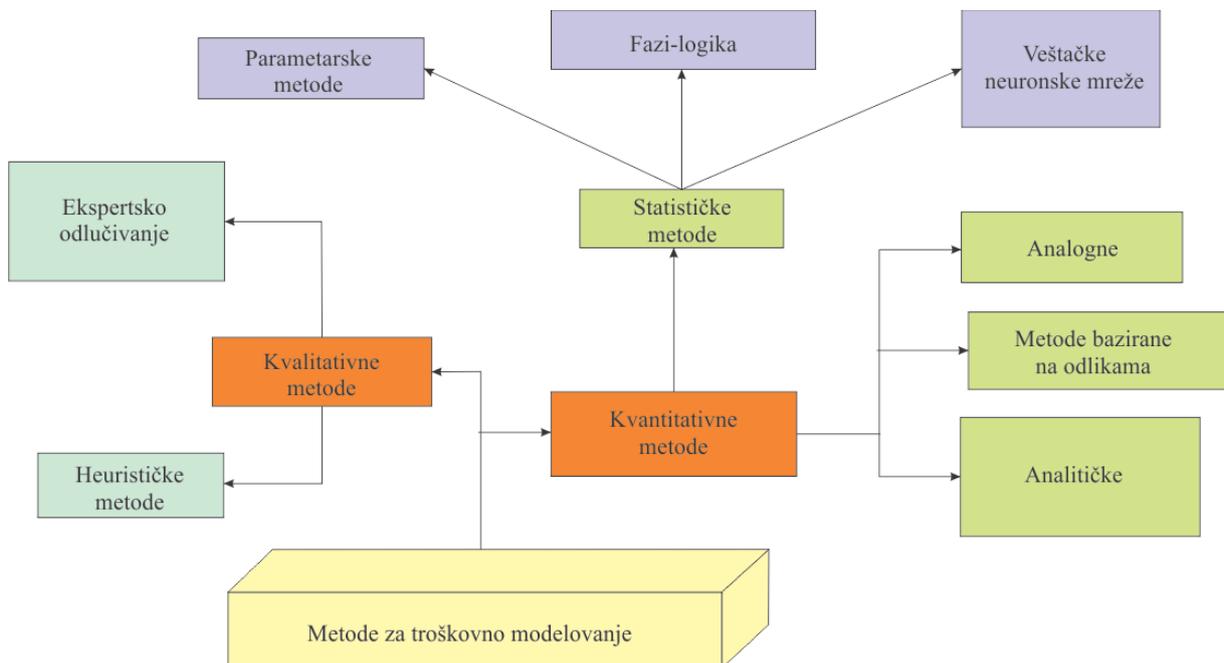
PBC metoda (*Process Based Costing*) utemeljena je na utvrđivanju troškova proizvodne režije. Troškovima proizvodne režije dodaju se direktni troškovi koji se obračunavaju i prate po fazama procesa proizvodnje, na osnovu čega je moguće određivanje ukupnih troškova izrade proizvoda.

Sušтина metode jeste da ukaže na uzroke troškova proizvodne režije u svakoj fazi proizvodnje.

Metoda bazirana na toleranciji omogućava procenu troškova izrade posmatranog proizvoda na osnovu uspostavljene matematičke veze između troškova i tolerancije izrade. Podaci o troškovima izrade za određene tolerancije mogu se čuvati u odgovarajućoj bazi podataka [35] [63] [127].

Sistematizacija savremenih metoda za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda, slika 5.12, pokazuje drugačije grupisanje pomenutih metoda u odnosu na grupisanje koje je prikazano na slici 5.11.

Metode zasnovane na primeni fuzzy logike, veštačkih neuronskih mreža i parametarske metode, svrstane su u grupu statističkih, odnosno kvantitativnih metoda, koje obuhvataju i analogne, analitičke i metode bazirane na odlikama. U kvalitativne metode svrstane su heurističke i ekspertske metode.



Slika 5.12: Sistematizacija metoda za procenu troškova životnog ciklusa proizvoda [7]

Bez obzira na različito grupisanje pojedinih metoda, njihove karakteristike utiču na preporuke za izbor u primeni pojedinih metoda za procenu troškova faza životnog ciklusa proizvoda, slika 5.13

DIZAJN		RAZVOJ	PROIZVODNJA	UPOTREBA	SERVIS
IZVODLJIVOST					
DEFINISANJE					
	Analogne				Analogne
	Parametarske		Analitičke		

Slika 5.13: Preporuke metoda za procenu troškova pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda [129]

Upravljanje troškovima životnog ciklusa u fazi razvoja proizvoda ima poseban značaj i doprinos projektovanju proizvoda za izvrsnost [81] [51] [1], čime se opravdava razvoj hibridnog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda, koji je zasnovan na primeni savremenih metoda za upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda.

U razvoju hibridnog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda, koji je predmet istraživanja, primenjene su fazi-neuronske mreže, kao jedan od alata veštačke inteligencije, za koji će se u sledećem poglavlju prikazati odgovarajuće teorijske osnove.

6. OSNOVE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Veštačka inteligencija je deo računarskih nauka koja se bavi projektovanjem inteligentnih računarskih sistema, odnosno sistema koji ispoljavaju osobine koje povezujemo sa ljudskim ponašanjem, kao što su učenje, rasuđivanje, rešavanje problema i razumevanje jezika. Glavni cilj veštačke inteligencije je da se pomoću računara simulira ljudsko ponašanje. Ljudsko ponašanje se bazira na znanju i korišćenju znanja, a upravo su to ključne karakteristike veštačke inteligencije.

Za rešavanje problema iz različitih oblasti, veštačka inteligencija koristi tehnike koje imaju dosta zajedničkog. Prednost programa baziranih na veštačkoj inteligenciji u odnosu na klasične programe ogleda se u samostalnom upravljanju simbolima kao konceptima i idejama. Oblici primene veštačke inteligencije su [95]:

- *Ekspertni sistemi,*
- *Obrada prirodnog jezika,*
- *Dobijanje informacija iz baze podataka,*
- *Dokazivanje teorema,*
- *Robotika,*
- *Generisanje problema,*
- *Kombinatorni problemi,*
- *Obrada vizuelne informacije,*
- *Mašinsko učenje,*
- *Neuronske mreže, itd.*

Hibridne tehnike veštačke inteligencije odnose se na metode veštačke inteligencije koje se sastoje od jedne ili više međusobno povezanih klasičnih tehnika veštačke inteligencije.

U teoriji je moguće izvršiti kombinovanje svih klasičnih tehnika veštačke inteligencije, ali su do sada najbolje rezultate dale hibridne tehnike na bazi kombinacije ekspertnih sistema i ANN, ekspertnih sistema i fazi logike, ANN i genetskih algoritama, kao i fazi logike i ANN.

6.1 VEŠTAČKE NEURONSKE MREŽE

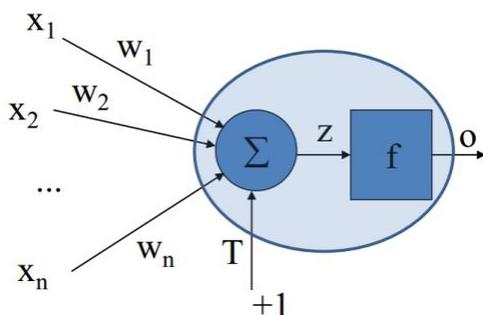
6.1.1 Osnove veštačkih neuronskih mreža

Veštačke neuronske mreže (ANN) predstavljaju familiju statističkih modela mašinskog učenja, po uzoru na biološke nervne sisteme živih bića, koji mogu da aproksimiraju određene funkcije na osnovu velikog broja ulaznih vrednosti, koje su u većini slučajeva nepoznate [95]. Neke od osnovnih osobina i mogućnosti koje nude veštačke neuronske mreže su:

- *Adaptivnost,*
- *Nelinearnost i*
- *Nivo poverenja za donošenje odluka.*

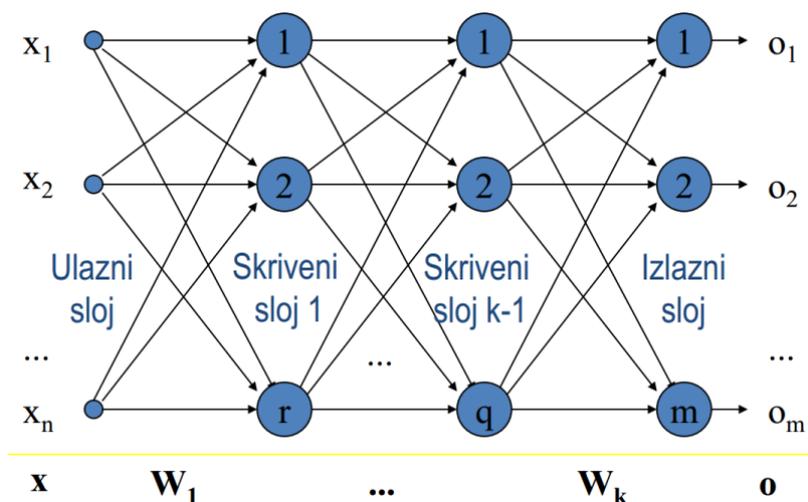
Neuronske mreže predstavljene su, najčešće, kao sistem međusobno povezanih čvorova (neurona) koji između sebe komuniciraju slanjem određenih informacija kroz veze, koje su po ulozi slične sinapsama. Sve međusobne veze između čvorova imaju svoje težinske koeficijente, kao jedinstvena obeležja koja se određuju na osnovu iskustva, a mogu se i adaptirati prema ulazima, što ovakvu mrežu čini pogodnom za obučavanje [95].

Model veštačkog neurona je analogan modelu prirodnog. Kod veštačkog neurona, slika 6.1, skalarni ulazi x_n propuštenu su kroz tzv. veze u kojima se vrši uvećavanje njihove vrednosti sa težinskim koeficijentima w_n , kako bi se dobio skalarni proizvod $x_n w_n$. Skalarni proizvodi $x_n w_n$ se sabiraju, kao i skalarna vrednost bias-a. Kao rezultat dobija se parametar z koji prolaskom kroz transfer funkciju f proizvodi izlaz o .



Slika 6.1 Prikaz modela veštačkog neurona

Arhitektura veštačke neuronske mreže predstavlja specifično uređenje i povezivanje neurona u obliku mreža, koje se mogu međusobno razlikovati po broju slojeva, slika 6.2. Prvi sloj je ulazni, poslednji izlazni, a ostali su skriveni slojevi [95].



Slika 6.2 Veštačka neuronska mreža sa dva skrivena sloja

Neuroni na skrivenim i izlaznim slojevima, pored težinskih koeficijenata koriste i koeficijent "threshold" ("bias") u računanju mrežnih ulaznih vrednosti. Koeficijent bias se može tretirati kao dodatni težinski koeficijent na ulazu koji ima konstantnu težinu jedan. Najčešća podela VNM vrši se prema:

- Broju slojeva,
- Vrsti veza između neurona,
- Vrsti obučavanja neuronskih mreža,
- Smeru prostiranja informacija,
- Vrsti podataka.

6.1.2 Koncept učenja

Skup podataka za obučavanje predstavlja uređeni skup veličina, na osnovu kojih će se razviti odgovarajući model veštačke neuronske mreže [95]. U okviru ovog skupa podataka, prvu grupu čine ulazne veličine, a drugu grupu čine izlazne veličine. Iz ovoga se može zaključiti da veštačka neuronska mreža predstavlja odgovarajuće preslikavanje skupa ulaznih u skup izlaznih veličina.

U procesu obučavanja veštačke neuronske mreže treba uzeti u obzir raspodelu skupa podataka za obučavanje, kako ne bi došlo do pretreniranosti veštačke neuronske mreže. Pretreniranost se javlja u slučajevima kada je razvijeni model veštačke neuronske mreže u stanju da reprodukuje željene izlazne vrednosti na osnovu učitanih ulaznih podataka, ali pri tom nije u stanju da izvrši predikciju izlaznih podataka na osnovu ulaznih koje mreža nije prethodno "videla".

Skup podataka za validaciju služi za prekid procesa obuke u cilju izbegavanja pretreniranosti mreže, dok se skup podataka za obučavanje koristi za merenje performansi mreže i za podešavanje težinskih koeficijenata i bias-a.

Razvoj veštačkih neuronskih mreža je u suštini složen proces, koji obuhvata rešavanje najvažnijih zadataka kao što su:

- *Određivanje ulaznih i izlaznih veličina,*
- *Izbor sistema za generisanje potrebnih ulazno/ izlaznih podataka za obuku, validaciju i testiranje performansi budućih neuronskih mreža,*
- *Generisanje dovoljnog broja ulazno/ izlaznih podataka za unapred određene opsege promene svake ulazne veličine,*
- *Predprocesiranje podataka,*
- *Izbor arhitekture,*
- *Izbor algoritma učenja,*
- *Obučavanje,*
- *Validacija kvaliteta obučenosti i*
- *Testiranje performansi dobijenih neuronskih modela.*

Može se reći da je ANN obučena ako može tačno da rešava zadatke za koje je obučavana. Nakon obučavanja sa određenom verovatnoćom, ANN može da generalizuje nove ulazne podatke za koje nije obučavana.

Postoje tri tipa obučavanja ANN, nadgledano, nenadgledano i delimično nadgledano obučavanje (sa ocenjivanjem) [106].

Kod nadgledanog obučavanja mreže, algoritam koji nadzire obučavanje upoređuje podatke dobijene na izlazu sa očekivanim podacima. Razlika između dobijenih i očekivanih podataka šalje se proceduri za učenje, koja na osnovu toga koriguje težinske koeficijente mreže.

Delimično nadgledano obučavanje i učenje radi na principu samostalnog učenja mreže, a povremeno dobija ocenu prethodnog rada.

U nenadgledanom učenju mreža je nezavisna. Pri obučavanju se predstavljaju samo ulazni podaci koje ANN pokušava da generalizuje i "uoči" zajedničke osobine.

6.2 FAZI LOGIKA

Fazi logika predstavlja generalizaciju klasične Bulove logike. Fazi sistemi koji su zasnovani na teoriji fazi skupova mogu se posmatrati kao generalizacija konvencionalnih ekspertnih sistema baziranih na pravilima. Osnovne prednosti fazi logike su :

- *Fazi logika je konceptualno jednostavna za razumevanje. Sistemi bazirani na fazi logici su fleksibilni jer se mogu jednostavno korigovati,*
- *Fazi logika toleriše neprecizne podatke,*
- *Fazi logikom može se opisati znanje eksperta. U fazi sistemima predstavljanje znanja je potpuno otvoreno i jasno.*

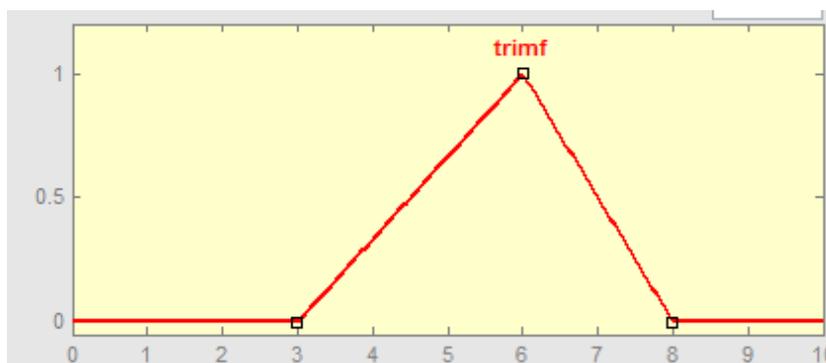
Fazi skupovi uvedeni su sa ciljem da na matematički formalizovan način predstave i modeliraju neodređenosti u lingvistici [95]. Fazi skup je generalizacija klasičnog skupa, budući da se pripadnost elementa fazi skupu može okarakterisati brojem iz intervala. Drugim rečima, funkcija pripadnosti fazi skupa preslikava svaki element univerzalnog skupa u pomenuti interval realnih brojeva.

Klasični skupovi imaju uvek jedinstvenu funkciju pripadnosti, dok se za fazi skup može definisati beskonačno mnogo različitih funkcija pripadnosti kojima se on može opisati. Klasičan skup predstavlja kolekciju različitih objekata. Definisana je tako da deli sve elemente univerzalnog skupa u dve kategorije, svoje članove i one koji to nisu.

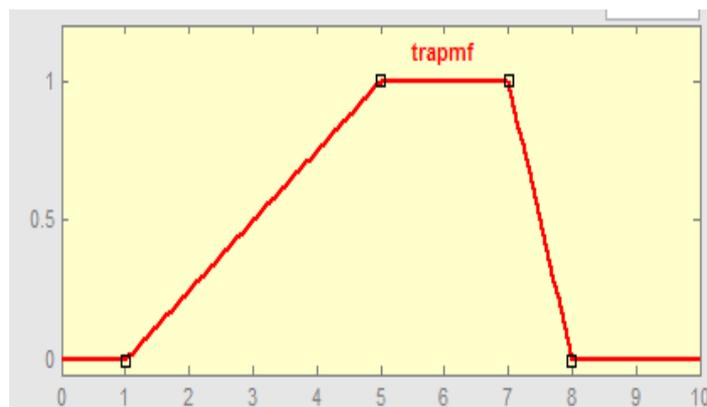
6.2.1 Funkcije pripadnosti i njihove osobine

Funkcija pripadnosti može biti proizvoljna kriva koja najviše odgovara u pogledu jednostavnosti, pogodnosti i efikasnosti. Pri tome je važno napomenuti da svaka funkcija pripadnosti varira između 0 i 1.

Najjednostavnije funkcije pripadnosti mogu biti formirane pomoću pravih linija, kada nastaju funkcije pripadnosti u obliku trougla (trimf) ili u obliku trapeza (trapmf), slike 6.3, 6.4.

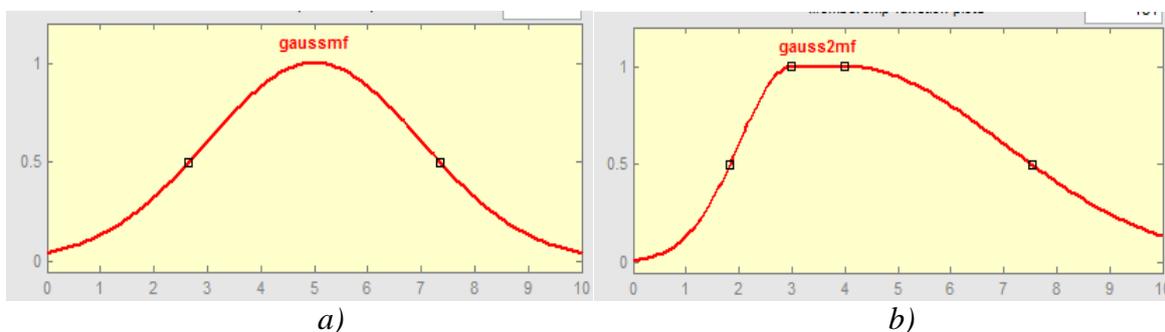


Slika 6.3: Funkcija pripadnosti u obliku trougla, $y = \text{trimf}(x, [a \ b \ c])$



Slika 6.4: Funkcija pripadnosti u obliku trapeza, $y = \text{trapmf}(x, [a \ b \ c \ d])$

Na bazi Gausove krive razvijene su dve funkcije pripadnosti. Prva je obična Gausova kriva (*gaussmf*), a druga je kombinacija dve različite Gausove krive (*gauss2mf*), gde je jedna strana zakošena, slika 6.5.



Slika 6.5 Gausove funkcije pripadnosti:

a) $y = \text{gaussmf}(x, [\text{sig } c]);$ b) $y = \text{gauss2mf}(x, [\text{sig } c])$

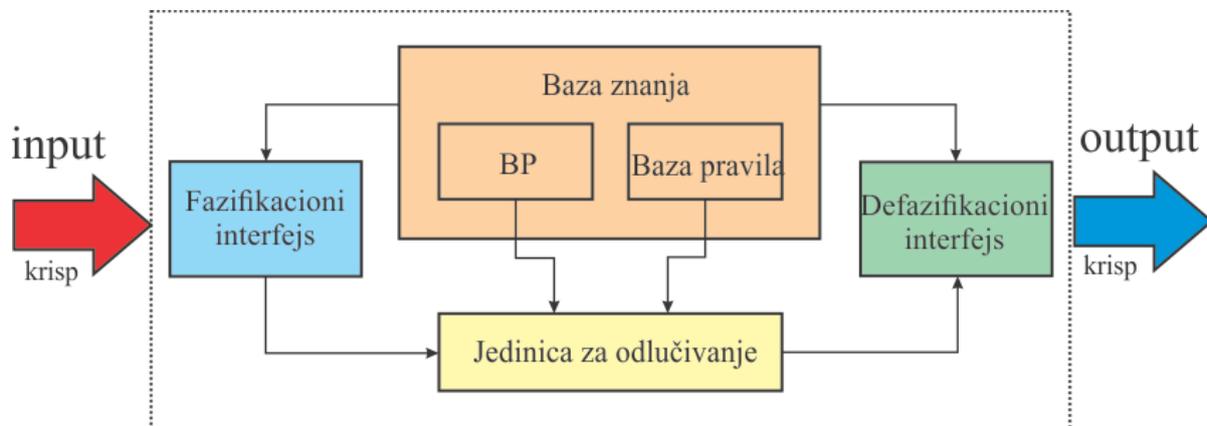
Osim pomenutih funkcija, primenjuju se i druge funkcije pripadnosti kao što je funkcija u obliku zvona (*gbellmf*), funkcije bazirane na polinomnim funkcijama u obliku slova Z, S i P. Funkcija pripadnosti *zmf*, je simetrična polinom kriva otvorena na jednoj strani, funkcija *smf*, je funkcija koja se otvara na drugoj strani i funkcija *pimf*.

6.2.2 Fazi sistemi zaključivanja

Fazi sistemi zaključivanja, koji su u literaturi poznati i kao sistemi bazirani na fazi pravilima, fazi modeli i fazi asocijativne memorije (FAM), u osnovi se sastoje od pet funkcionalnih blokova:

- Baza pravila, koja sadrži određeni broj if-then fazi pravila,
- Baza podataka, koja definiše funkcije pripadnosti ulaznih/izlaznih varijabli koje se koriste u fazi pravilima,
- Jedinica za donošenje odluka, koja obavlja operaciju zaključivanja,
- Fazifikator, koji transformiše krip ulaz u stepen pripadnosti određenoj lingvističkoj vrednosti i
- Defazifikator, koji fazi rezultat zaključivanja transformiše u krip izlaz.

Fazi sistem zaključivanja u kojem su baza pravila i baza podataka označene zajedno, kao baza znanja, prikazan je na slici 6.6.



Slika 6.6 Fazi sistem zaključivanja

Fazi zaključivanje ocenjuje važnost svih činjenica različitim stepenom pripadnosti u intervalu $[0, 1]$. U procesu fazi zaključivanja određuje se sa kakvim stepenom fazi činjenice utiču na veliki broj neodređenih principa. Umesto pravila, koja važe pri donošenju zaključaka, kod zaključivanja veštačkom inteligencijom postoji veći broj pravila, odnosno principa. Uopšteno, fazi zaključivanje ne može da se predstavi jednom tačnom zavisnošću.

6.2.3 Faze sistema fazi zaključivanja

Ulazne vrednosti najčešće su predstavljene brojevima, pri čemu se teži da i izlazne vrednosti budu u broječanom obliku. Zbog toga se na određeni način broječne vrednosti moraju konvertovati, odnosno fazifikovati. Fazifikacija je proces koji konvertuje svaki broječani ulazni podatak u stepen pripadnosti koji je različit za svako pravilo. Za svaku ulaznu promenljivu veličinu postoji određeni stepen pripadnosti.

Potom slede tri nove faze sistema fazi zaključivanja koje se odnose na agregaciju, aktivaciju i akumulaciju. Broječana izlazna vrednost dobija se procesom defazifikacije.

Agregacija je proces kojim se utvrđuje sa kojim stepenom poverenja neka ulazna broječana vrednost pripada datom fazi skupu. Ekvivalentna je fazifikaciji u slučaju kada postoji samo jedan ulaz.

Aktivacija predstavlja zaključak koji se izvodi u **ONDA** delu pravila.

Akumulacija je proces koji aktivirane delove fazi skupa akumulira na različite načine.

Defazifikacija je proces konvertovanja rezultata fazi skupa u realan broj.

6.3 FAZI-NEURO SISTEMI

Primenom veštačkih neuronskih mreža postižu se dobri rezultati u rešavanju zadataka koji su bazirani na eksperimentalnim podacima [106]. Njihov osnovni nedostatak ogleda se u maloj interpretaciji rezultata i nemogućnosti rada sa nepreciznim podacima.

Fazi logika ima mogućnost rešavanja zadataka koji su bazirani na nepreciznim podacima, ali ne može samostalno da generiše pravila pomoću kojih se ti podaci obrađuju. Zbog toga su razvijeni novi, hibridni modeli koji predstavljaju proširenje mogućnosti fazi logike i modela veštačkih neuronskih mreža.

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

Proširenje veštačkog neurona u pogledu sposobnosti obrade fazi nepreciznih podataka omogućeno je razvojem MAPI neurona. Pri tome se proces zaključivanja odvija u četiri etape:

- *Matching (prepoznavanje eksperimentalnih podataka i upoređivanje sa osnovnim modelima iz baze podataka),*
- *Aggregation (redukcija broja promenljivih koja je zasnovana na trougaonim normama),*
- *Projection (projekcija ulaza na izlaz, tj. upoređivanje nepreciznih i tačnih podataka o posmatranom problemu)i*
- *Inverse Matching and Deffuzification (inverzno prepoznavanje i defazifikacija na osnovu MAPI neuronskih veza).*

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

Izračunavanje parametara funkcija pripadnosti odvija se tako da odgovarajući fazi sistem zaključivanja (FIS) sa najmanjom greškom odgovara zadatim parovima ulazno-izlaznih podataka.

Adaptive Neuro- Fuzzy Inference System (ANFIS) formira fazi sistem zaključivanja (FIS), kod kojeg su parametri funkcija članica podešavani na osnovu algoritma povratne propagacije ili u kombinaciji sa metodom najmanje kvadratne greške. Ovakav pristup omogućava da fazi sistem uči na osnovu podataka koje modeluje [95] [106].

Adaptivni neuro-fazi sistemi predstavljaju specifičnu kombinaciju veštačkih neuronskih mreža i fazi logike, čime se objedinjuje sposobnost učenja veštačkih neuronskih mreža i logička interpretacija koja je karakteristika fazi logike.

Osnovno pravilo obučavanja adaptivnih mreža zasniva se na gradijentnoj metodi, koji je 70-ih godina prošlog veka razvio Werbos.

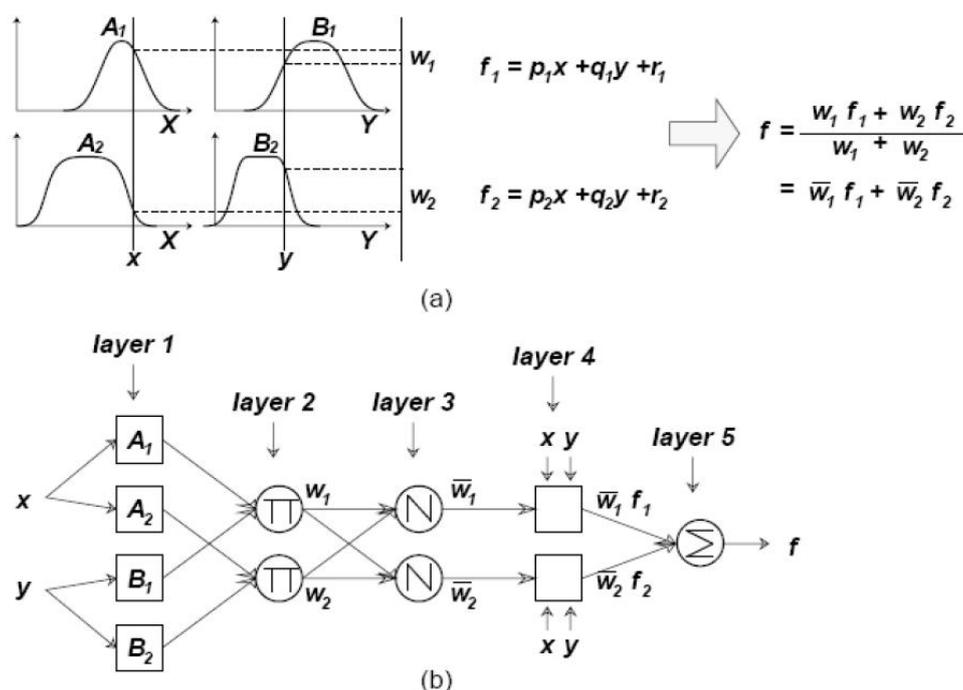
6.3.1 Struktura ANFIS-a

Ako se zbog jednostavnosti pretpostavi da fazi sistem ima dva ulaza x i y i jedan izlaz z i da se baza pravila sastoji iz dva pravila Sugeno tipa:

$$\text{Pravilo 1: If } x \text{ is } A_1 \text{ and } y \text{ is } B_1, \text{ then } f_1 = p_1x + q_1z + r_1 \quad (6.1)$$

$$\text{Pravilo 2: If } x \text{ is } A_2 \text{ and } y \text{ is } B_2, \text{ then } f_2 = p_2x + q_2z + r_2$$

Fazi sistem zaključivanja tipa 3 ilustrovan je na slici 6.7 a, a odgovarajući ANFIS ekvivalent prikazan je na slici 6.7 b. Funkcije čvorova u istom sloju su iste i opisać se u nastavku [106].



Slika 6.7 a) Tip 3 fazi rezonovanja; b) Ekvivalentni ANFIS

Sloj 1: Svaki čvor i ovog sloja je kvadratni (adaptivni) čvor sa funkcijom:

$$O_i^1 = \mu_{A_i}(x) \quad (6.2)$$

gde je: x - ulaz čvora, a A_i je atribut (malo, veliko, itd.) povezan sa funkcijom ovog čvora.

Drugim rečima, O_i^1 realizuje funkciju pripadnosti atributa A_i tako što određeni ulaz x daje stepen pripadnosti atributa A_i . Uobičajeno je da se bira funkcija pripadnosti koja ima oblik zvana sa maksimalnom vrednošću jednakoj 1 i minimalnom jednakoj 0. Zvonasta funkcija ima oblik:

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\frac{(x-c_i)^2}{a_i} \right]^{b_i}} \quad (6.3)$$

dok Gausova funkcija pripadnosti ima oblik:

$$\mu_{A_i}(x) = \exp \left[- \left(\frac{x-c_i}{a_i} \right)^2 \right] \quad (6.4)$$

gde je $[a_i, b_i, c_i]$, ili u drugom slučaju $[a_i, c_i]$ skup parametara.

Kod zvonaste funkcije pripadnosti parametrom c_i podešava se položaj maksimuma funkcije u odnosu na koordinatni početak, parametrom a_i određuje se širina zvana, a parametrom b_i nagib funkcije. Slično je značenje ovih parametara i kod Gausove funkcije pripadnosti, kod koje je parametrom c_i određen položaj maksimuma funkcije, a parametrom a_i širina zvana. Bilo koja kontinualna i deo po deo diferencijabilne funkcije, kao što je trapezoidna ili trougaona funkcija pripadnosti, može biti upotrebljena kao funkcija pripadnosti u ovom sloju, u kojem se parametri nazivaju parametri premisa.

Sloj 2: Svaki čvor ovog sloja je kružni čvor (fiksni čvor koji ne poseduje parametar) sa oznakom Π koji množi ulazne signale i proizvod prosleđuje na izlaz čvora, kao na primer:

$$w_i = \mu_{A_i}(x) * \mu_{B_i}(y), i = 1, 2 \quad (6.5)$$

Svaki izlaz čvora predstavlja rezultat pravila ili jačinu realizacije pravila. Treba napomenuti da je moguće na ovom mestu upotrebiti i druge oblike T-norme koje realizuju operaciju AND umesto postojeće izlazne funkcije čvora.

Sloj 3: Svaki čvor ovog sloja je kružni (fiksni) čvor sa oznakom N. Izlaz i -tog čvora je odnos jačine realizacije i -tog pravila i sume jačine realizacije svih pravila:

$$\bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, i = 1, 2 \quad (6.6)$$

Izlazi ovog sloja nazivaju se normalizovane jačine realizacije.

Sloj 4: Svaki čvor ovog sloja je kvadratni (adaptivni) čvor sa funkcijom:

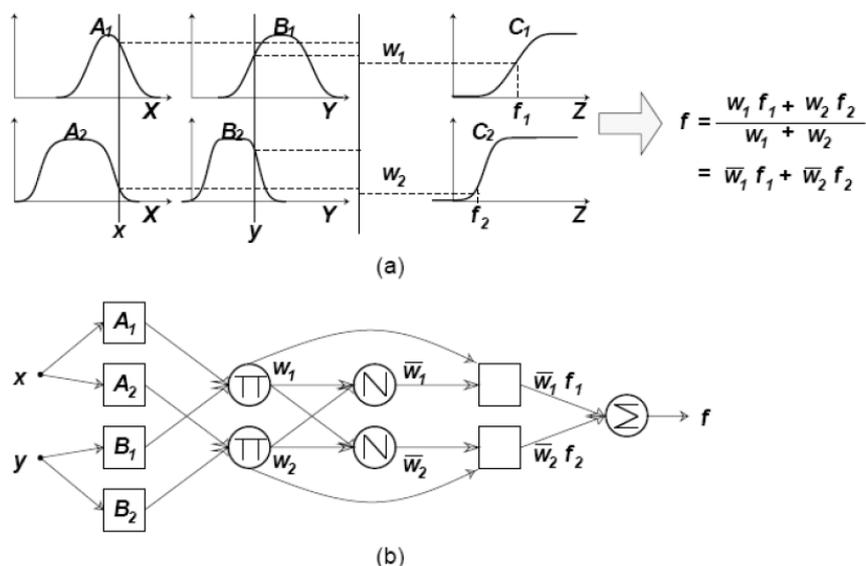
$$O_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (6.7)$$

gde je \bar{w}_i izlaz sloja 3 a $[p_i, q_i, r_i]$ je skup parametara tj. parametri zaključka.

Sloj 5: Jedini sloj ovog čvora je kružni (fiksni) čvor označen slovom Ω koji obavlja funkciju sabiranja ulaznih signala:

$$O_i^5 = \text{overall output} = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad (6.8)$$

Na ovaj način formirana je adaptivna mreža koja je po funkciji ekvivalentna fazi sistemu zaključivanja tipa 3. Za formiranje adaptivne mreže koja koristi fazi sistem zaključivanja tipa 1, potrebno je izvršiti malu promenu u strukturi i funkciji ANFIS-a tipa 3, slika 6.8.



Slika 6.8 a) Tip 1 fazi rezonovanja, b) Ekvivalentni ANFIS

Izlaz svakog pravila se formira na osnovu izlazne funkcije pripadnosti i jačine realizacije pravila. Tip 2 fazi sistema zaključivanja takođe se može izvesti pomoću adaptivne mreže, ali je postupak nešto složeniji.

6.3.2 FIS struktura i podešavanje

Preslikavanje ulaza preko funkcija članica i pridruženih parametara, pa potom preko izlaznih funkcija članica i njihovih pridruženih parametara na izlaze, je pravilo kojim se objašnjavaju ulazno-izlazne zakonitosti.

Parametri koji su karakteristični za odgovarajuće funkcije članice menjaju se kroz proces učenja. Izračunavanje ovih parametara obično se obavlja na osnovu vektora gradijenta koji predstavlja meru tačnosti preslikavanja fazi sistema zaključivanja ulaznog skupa u izlazni skup podataka za zadati skup proveravanih parametara.

Hibridni algoritam obučavanja ANFIS-a, u metodološkom smislu, sastoji se od dva segmenta [95] [106]:

- *Metod povratne propagacije, kojim se rekursivno od izlaznog sloja ka ulaznim slojevima određuju greške promenljivih i*
- *Metod najmanjih kvadrata za određivanje optimalnog skupa posledičnih parametara.*

Provera FIS modela je proces u kome se modelu kao ulaz dovodi vektor iz skupa podataka sa kojim on nije obučavan na osnovu čega se utvrđuje tačnost izlaznog skupa vrednosti. Drugi način provere FIS modela je provera matematičke tačnosti, kada se FIS modelu, kao skup podataka za testiranje, dovede vektor iz skupa podataka koji su služili za obučavanje. Tada je potrebno da izlazni vektor bude sa minimalnom greškom.

Prilikom provere modela, koji su formirani korišćenjem adaptivnih tehnika, potrebno je izabrati skup podataka koji se dovoljno razlikuje od podataka koji su korišćeni za obučavanje, a da pri tom kvalitetno predstavlja onaj skup vrednosti koje omogućavaju rešenje posmatranog zadatka u FIS modelu.

7. HIBRIDNI MODEL UPRAVLJANJA TROŠKOVIMA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA

Upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda je jedan od najvažnijih zadataka savremenih PLM sistema, pre svega u dostizanju i održavanju tržišne kompetitivnosti i ciljnog profita, kao primarnog cilja proizvodnje. Upravljanje troškovima životnog ciklusa, kako je ranije istaknuto, počinje u fazi razvoja novog proizvoda, pri selekciji i izboru ideja, kao i pri vrednovanju pojedinih rešenja u procesu konceptualnog i preliminarnog projektovanja, odnosno razvoja dizajna proizvoda, koji nastaje u skladu sa funkcionalnim i drugim upotrebnim zahtevima novog proizvoda, sa jedne strane, i na osnovu svestrane analize konkurentnih proizvoda na tržištu, sa druge strane.

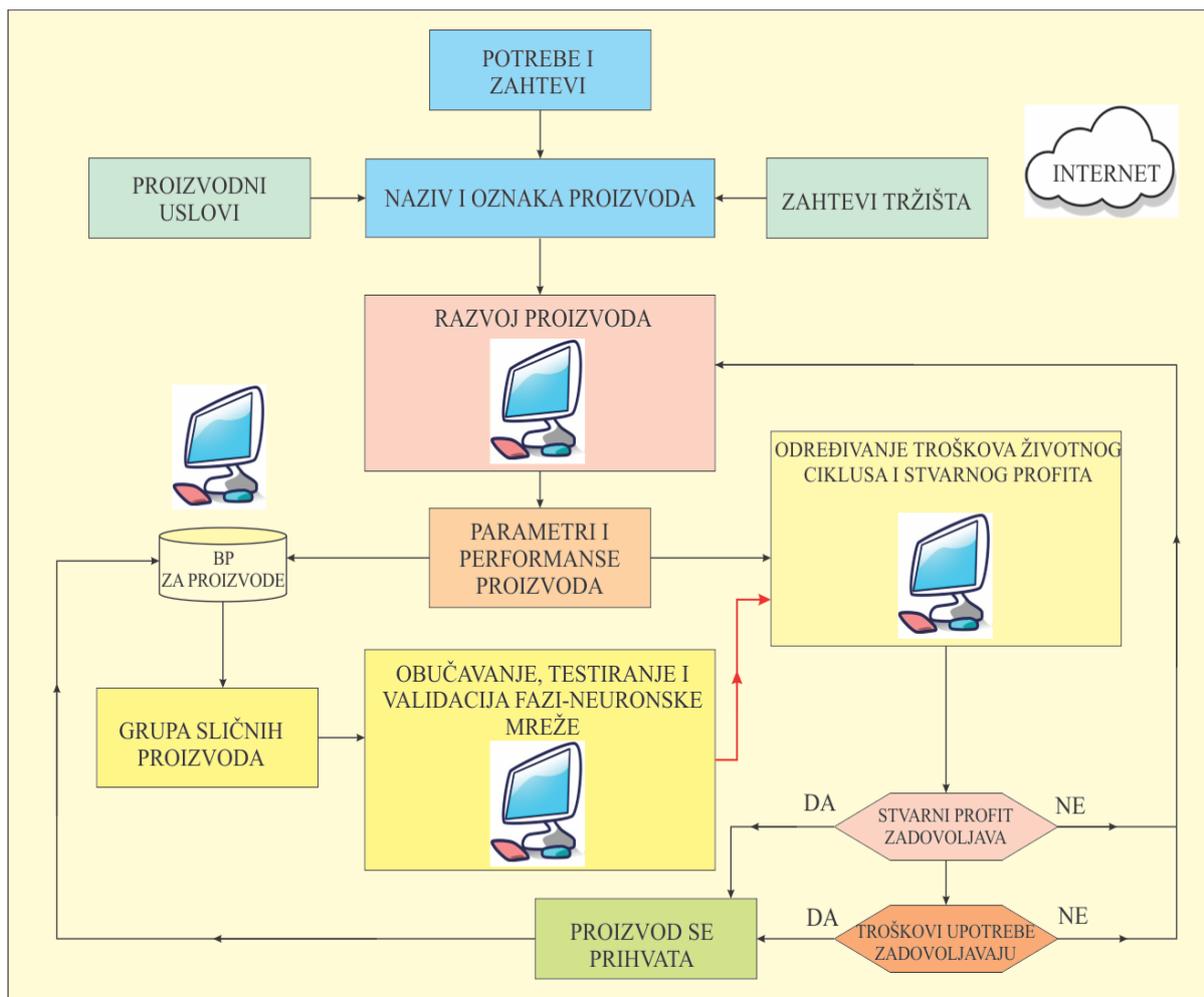
Imajući u vidu aktivnosti, kao uzročnike troškova u okviru pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda, koje su detaljno analizirane i prikazane u četvrtom poglavlju predmetnih istraživanja, može se zaključiti da je upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda složen i kompleksan zadatak, kako u fazi određivanja troškova posmatranih rešenja proizvoda koja su nastala u konceptualnom i preliminarnom projektovanju, tako i u fazi prilagođavanja konstrukcije proizvoda i procesa proizvodnje koja obezbeđuje konkurentnu tržišnu cenu, odnosno ciljni profit.

Upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda podrazumeva vrednovanje alternativnih konstrukcionih rešenja, koja nastaju u konceptualnom i preliminarnom razvoju dizajna proizvoda, i izboru najpovoljnijeg rešenja za posmatrane ili poboljšane proizvodne uslove. Vrednovanje alternativnih konstrukcionih rešenja vrši se na osnovu troškova životnog ciklusa novog proizvoda i ciljnih troškova pri kojima se obezbeđuje ciljni profit, odnosno konkurentna tržišna cena.

Tako usvojeni koncept upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda u fazi razvoja, omogućio je postavku i razvoj integralne funkcionalne strukture odgovarajućeg modela, slika 7.1.

Funkcionalnu strukturu modela čini šest faza. Prva se odnosi na izbor, naziv i oznaku proizvoda, a druga na konceptualno i preliminarno projektovanje prethodno izabranog novog proizvoda, uključujući i definisanje parametara i performansi proizvoda. Treća faza obuhvata izbor grupe sličnih proizvoda za koje su odgovarajući troškovi životnog ciklusa poznati. Četvrta faza obuhvata obučavanje, testiranje i validaciju izabrane fazi-neuronske mreže, a peta određivanje troškova životnog ciklusa i stvarnog profita za posmatrane varijante proizvoda, koje nastaju u fazi konceptualnog i preliminarnog razvoja dizajna. Šesta faza odnosi se na izbor najpovoljnijeg rešenja proizvoda u postojećim ili poboljšanim proizvodnim uslovima na osnovu ciljnog profita i troškova upotrebe.

Proizvodi za koje su ispunjeni uslovi koji su definisani petom fazom modela usvajaju se kao rešenja proizvoda za proizvodnju i memorišu u bazi podataka za proizvode. Za slučaj kada nisu ispunjeni uslovi koji su definisani petom fazom modela, pristupa se izmenama konstrukcije konceptualnog i preliminarnog dizajna, ili poboljšanju procesa proizvodnje, s tim što troškovi upotrebe u odnosu na odgovarajuće troškove proizvoda konkurenta nisu limitirajući faktor u odnosu na primarni kriterijum vrednovanja proizvoda na osnovu ciljnog profita.



Slika 7.1 Hibridni model upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda

Usvojena integralna struktura omogućila je postavku dijagrama toka razvoja i primene odgovarajućeg hibridnog modela, slika 7.2.

Nakon izbora ideje, istraživanja tržišta i proizvodnih uslova, u prvom koraku dijagrama toka vrši se izbor proizvoda, a u drugom koraku konceptualno i preliminarno projektovanje proizvoda. U trećem koraku vrši se izbor sličnih realizovanih proizvoda, za koje su troškovi životnog ciklusa poznati. Metode za izbor sličnih realizovanih proizvoda prikazane su u tački 7.1.

Na osnovu troškova životnog ciklusa sličnih realizovanih proizvoda vrši se obučavanje, testiranje i validacija izabrane fazi-neuronske mreže. Ukoliko tačnost obučavanja fazi-neuronske mreže nije zadovoljavajuća vrši se njeno ponovno obučavanje.

U petom koraku dijagrama toka određuju se troškovi životnog ciklusa posmatranog proizvoda na osnovu obučene fazi-neuronske mreže i parametara proizvoda.

Na osnovu zadatog ciljnog profita, tržišne cene i troškova upotrebe proizvoda konkurenta, kao i troškova razvoja i proizvodnje posmatranog proizvoda, vrši se vrednovanje proizvoda u šestom koraku dijagrama toka.

Vrednovanje novog proizvoda, koji nastaje u fazi konceptualnog i preliminarnog razvoja dizajna, vrši se na osnovu ciljnog profita.

Pošto tržišna cena (C_T) i troškovi razvoja i proizvodnje ($T_{ra} + T_{pr}$) određuju stvarni profit (P) usvaja se rešenje konceptualnog i preliminarnog dizajna novog proizvoda, za koje je stvarni profit veći ili jednak od ciljnog profita. Stvarni profit određuje se na osnovu izraza:

$$P = C_T - (T_{ra} + T_{pr}) \quad (7.1)$$

Za slučaj kada se pri troškovima razvoja i proizvodnje ($T_{ra} + T_{pr}$) posmatranog rešenja novog proizvoda ne postiže ciljni profit, pristupa se izmeni konceptualnog i preliminarnog dizajna proizvoda ili poboljšanju postojećeg, odnosno razvoju novog procesa proizvodnje.

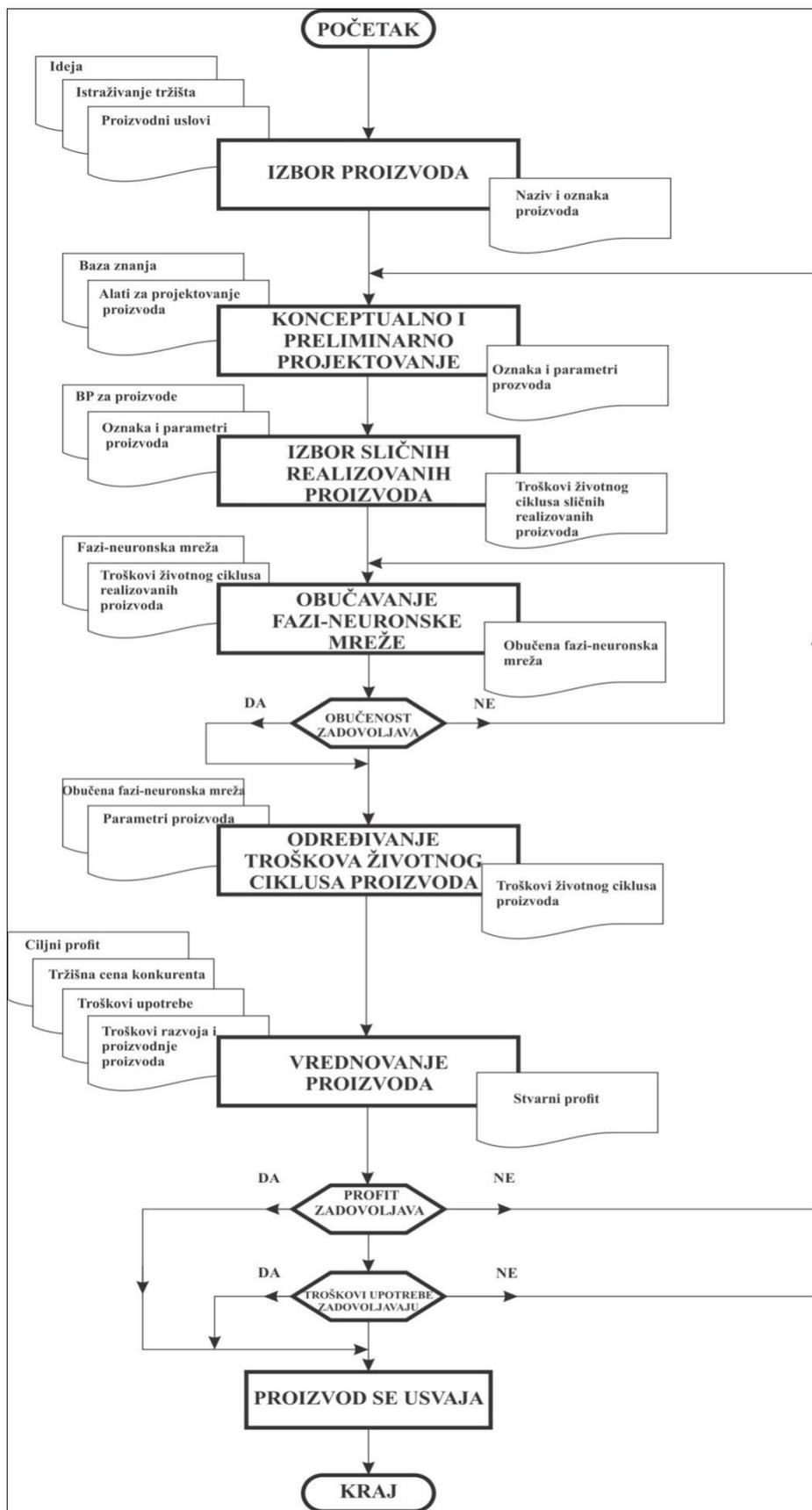
U procesu upravljanja troškovima, osim primarnog upravljanja, koje se odnosi na upravljanje ciljnim troškovima, odnosno troškovima razvoja i proizvodnje koji obezbeđuju ciljni profit, upravlja se i troškovima upotrebe (T_{up}) tako što se ovi troškovi posmatranog proizvoda upoređuju sa odgovarajućim troškovima proizvoda konkurenta (T_{upk}), odnosno :

$$T_{up} \leq T_{upk} \quad (7.2)$$

Obezbeđivanjem uslova (7.2), razvojem odgovarajuće konstrukcije novog proizvoda ili tehnološkog procesa, pri kome se ne ugrožava ciljni profit, postiže se veći stepen konkurentnosti posmatranog proizvoda na tržištu.

Za slučaj kada su ispunjeni uslovi (7.1) i (7.2) proizvod se usvaja, s tim da uslov (7.2) nije limitirajući u odnosu na uslov (7.1), dok u slučaju kada nisu ovi uslovi ispunjeni pristupa se izmenama konstrukcije konceptualnog i preliminarnog dizajna proizvoda ili poboljšanju procesa proizvodnje.

Isto tako, u procesu upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda, osim uslova datih izrazima (7.1) i (7.2), u opštem slučaju, usvojiće se rešenje konceptualnog i preliminarnog dizajna novog proizvoda za koje su troškovi reciklaže najmanji.



Slika 7.2 Dijagram toka razvoja hibridnog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda

7.1 METODE ZA IZBOR SLIČNIH PROIZVODA

Prepoznavanje i izbor sličnih proizvoda, čiji su troškovi životnog ciklusa u određenim proizvodnim uslovima poznati, čine jednu od najvažnijih faza primene razvijenog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa novog proizvoda.

Tehnički proizvodi, pre svih proizvodi mašinske industrije, koji se posmatraju u predmetnim istraživanjima, kao što je istaknuto u trećem poglavlju, mogu se podeliti u grupu pojedinačnih proizvoda, odnosno delova, i grupu složenih proizvoda, čiju strukturu čini veći broj sklopova, podsklopova i delova.

Za prepoznavanje i izbor sličnih proizvoda, odnosno delova, u odnosu na posmatrani novi proizvod, primenjuju se neke od metoda, kao što su:

- *Vizuelno prepoznavanje,*
- *Prepoznavanje na osnovu konstrukcije i tehnološke dokumentacije,*
- *Konstrukciono-tehnološki klasifikacioni sistemi,*
- *Metode automatizovanog prepoznavanja, itd.*

7.1.1 Vizuelno prepoznavanje sličnih proizvoda

Vizuelno prepoznavanje sličnih delova i prepoznavanje na osnovu konstrukcije i tehnološke dokumentacije, primenjuje se u slučajevima proizvodnje delova užeg proizvodnog asortimana, kao što je primer vizuelnog prepoznavanja i grupisanja cilindarskih košuljica bloka motora SUS, slika 7.3



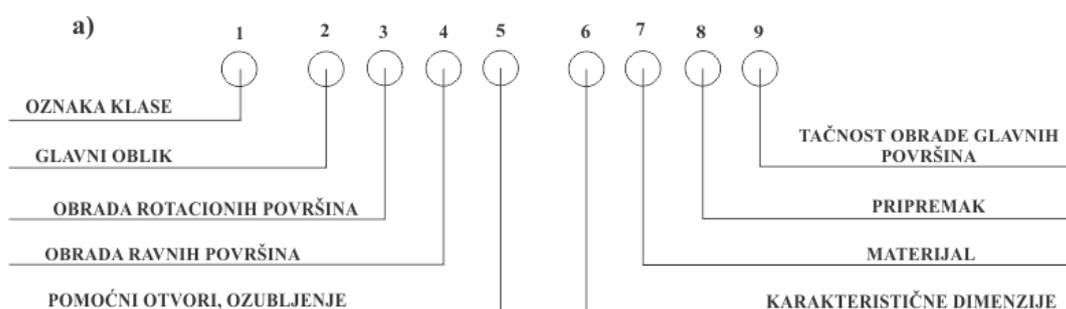
Slika 7.3 Vizuelno prepoznavanje i grupisanje cilindarskih košuljica

Vizuelno prepoznavanje sličnih proizvoda odnosi se, pre svega, na prepoznavanje sličnosti oblika i dimenzija delova, dok je prepoznavanje na osnovu konstrukcije i tehnološke dokumentacije bazirano na analizi sličnosti oblika, dimenzija i tehnološkog procesa proizvodnje delova.

7.1.2 Izbor sličnih proizvoda primenom klasifikacionih sistema

Grupisanje delova prema konstrukcionoj i tehnološkoj sličnosti primenom odgovarajućih klasifikacionih sistema, bazirano je na principima tipske i grupne tehnologije, [126]. Grupe sličnih delova, koje se formiraju na osnovu klasifikacionih brojeva, u literaturi su poznate kao tehnološke grupe, čija je osnovna karakteristika, osim konstrukcione sličnosti, i sličnost tehnološkog procesa proizvodnje za određene proizvodne uslove.

Klasifikacione oznake, odnosno klasifikacioni brojevi, u brojnim razvijenim klasifikacionim sistemima, karakterišu broj i struktura pojedinih kodnih mesta. Tako, na primer, struktura prvog kodnog mesta klasifikacionog sistema TH Aachen, za klasu rotacionih delova opisana je brojevima 0 do 5, a klasa nerotacionih delova brojevima 6 do 9, slika 7.4.

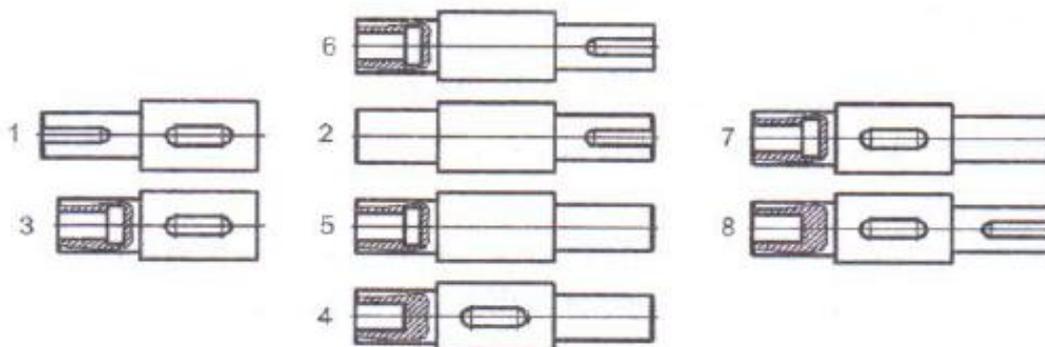


b)

$L/D \leq 0,5$	$0,5 < L/D < 3$	$L/D \geq 3$	SA ODSUPANJIMA OD OSE $L/D \leq 2$	SA ODSUPANJIMA OD OSE $L/D > 2$	SPECIFIČNI	PLOČE $A/B \leq 3$ $A/C \geq 4$	ŠTAPOVI $A/B > 3$	TELA $A/B \leq 3$ $A/C < 4$	SPECIFIČNI
ROTACIONI DELOVI					NEROTACIONI DELOVI				
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Slika 7.4 Struktura klasifikacionog sistema TA Aachen:
a) značenje kodnih mesta, b) sadržaj prvog kodnog mesta

Grupe sličnih proizvoda, odnosno tehnološke grupe, mogu se predstaviti odgovarajućom matricom klasifikacionih brojeva, kao što je za primer jedne tehnološke grupe, slika 7.5, odgovarajuća matrica klasifikacionih brojeva prikazana na slici 7.6.



Slika 7.5 Tehnološka grupa rotacionih delova

	Redni broj kodnog mesta →									
Vrednosti kodnog mesta ↓	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0							0	0	0	
1			1		1	1		1	1	
2	2			2	2					2
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

Slika 7.6 Matrica klasifikacionih brojeva određene tehnološke grupe delova

Matrica klasifikacionih brojeva određene grupe delova omogućava da se na osnovu klasifikacionog broja novog proizvoda, koji se određuje primenom istog klasifikacionog sistema, prepozna grupa sličnih delova iz odgovarajuće baze podataka.

Do sada su razvijeni brojni klasifikacioni sistemi, kao što je klasifikator TH Aachen, Mašinskog fakulteta u Beogradu, Departmana za industrijsko inženjerstvo i inženjerski menadžment, Departmana za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, kao i brojni drugi klasifikacioni sistemi.

U literaturi se mogu naći i drugi načini klasifikacije delova koji su bazirani na principima grupne i tipske tehnologije. Tako, na primer, u radovima [160] [171], za procenu troškova obrade primenom analogne metode, pri određivanju koeficijenta složenosti oblika delova, delovi u mašinskoj industriji grupisani su u tri osnovne klase, koje čine rotaciono-simetrični i rotaciono-nesimetrični delovi, tabela 7.1, prizmatični i kutijasti delovi, tabela 7.2, i klasa pljosnatih i kutijastih tankozidnih delova, tabela 7.3. Svaka od tri pomenute klase delova podeljena je na pet podklasa sa većim stepenom geometrijske sličnosti.

Tabela 7.1: Klasifikacija rotacionih proizvoda prema geometrijskoj složenosti oblika [160]

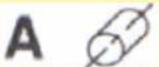
 ROTACIONO-SIMETRIČNI I ROTACIONO-NESIMETRIČNI DELOVI				
jedna/primarna osa		sekundarne ose: otvori, ravne i druge površine paralelne i/ili normalne na osnovnu osu		složeni oblici
samo osnovni rotacioni oblici	sekundarni oblici	unutrašnji oblici	unutrašnji i/ili spoljašnji oblici	nepravilni i/ili složeni oblici
A1	A2	A3	A4	A5
				
rotaciono simetrični žljebovi, useci, konusi, oborene ivice, zaobljenja, upusti i rupe duž ose/centralne linije	unutrašnji i spoljašnji navoji, nareckani, jednostavni oblici, žljebova, na i oko osnovne ose/centralne linije	rupe/navoji/upusti i ostali unutrašnji oblici koji se nalaze na osnovnoj osi	projekcije, složeni oblici, slepi profili, žljebovi na sekundarnim osama	površine složenog oblika, i/ili serije oblika koji nisu obuhvaćeni prethodnim kategorijama

Tabela 7.2: Klasifikacija prizmatičnih i kutijastih delova [160]

 PRIZMATIČNI I KUTIJASTI DELOVI				
sa jednom osom/u jednoj ravni		višeosni predmeti		složeni oblici
samo osnovni oblici	sekundarni oblici	pravougaone projekcije duž jedne ili više osa	jednostavno zaobljeni oblici u jednoj ravni	nepravilni i/ili zaobljeni oblici
B1	B2	B3	B4	B5
				
stepenasti predmeti, žljebovi, kanali, useci i otvori/navoji duž jedne ose	stepenasti oblici, T-žljebovi, zupčanici, otvori, navoji, upusti u jednoj ravni	otvori, navoji, upusti, džepovi duž više osa ili pod uglom	zaobljenja na unutrašnjim i/ili spoljašnjim površinama	složene trodimenzionalne zaobljene površine koje se ne mogu svrstati u prethodne kategorije

Tabela 7.3: Klasifikacija pljosnatih i kutijastih tankozidnih delova [160]

 PLJOSNATI I KUTIJASTI TANKOZIDNI DELOVI				
sa jednom osom	sekundarni pravilni oblici sa ponavljanjem		pravilni oblici	složeni oblici
samo osnovni oblici	ravnomeran presek ili debljina zida	neravnomeran presek ili debljina zida	kupasti, konusni ili kutijasti oblici	neravnomerni i/ili zaobljeni oblici
C1	C2	C3	C4	C5
				
pripremi, otpresci, podloške savijeni i drugi oblici na ili paralelni sa osnovnom osom	pljosnati zupčanici, višestruko ili kontualno savijeni oblici	delovi promenljivog preseka koji nisu izrađeni višestrukim savijanjem ili sastavljeni od više oblika	delovi kod kojih se može javiti promena debljine zida	složeni ili nepravilni oblici ili serije oblika koji nisu obuhvaćeni prethodnim kategorijama

Podklase delova u tri pomenute klase karakteriše sličnost geometrijskog oblika i tehnološkog procesa proizvodnje.

Ukoliko su troškovi životnog ciklusa delova u okviru podklasa poznati mogu se iskoristiti za procenu troškova životnog ciklusa novih sličnih proizvoda.

Automatizovano prepoznavanje i izbor sličnih proizvoda, koje se u predmetnim istraživanjima neće detaljnije prikazivati, bazirano je na primeni STEP standarda, ISO 10303-STEP za projektovanje proizvoda odnosno delova, primenom tipskih oblika, [72] [139] i primenom odgovarajućih integrisanih CAD/CAPP programskih sistema.

Kod primene razvijenog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa složenih novih proizvoda, izbor odgovarajuće grupe sličnih proizvoda, najčešće se vrši intuitivno na osnovu ekspertskog znanja i poznavanja funkcionalne strukture i performansi odgovarajuće vrste proizvoda i tehnološkog procesa njihove proizvodnje, kao i na osnovu internog ili nekog drugog sistema označavanja složenih proizvoda u posmatranom preduzeću

Imajući u vidu da je osnovni cilj predmetnih istraživanja razvoj modela upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda, koji se primenjuju u određenim preduzećima pri proširivanju proizvodnog programa, ili, pak uvođenjem potpuno novog proizvoda, podaci o troškovima sopstvenih realizovanih proizvoda, kao i prikupljeni podaci drugih proizvođača posmatrane vrste proizvoda, mogu se iskoristiti za upravljanje troškovima novog proizvoda primenom adekvatnih metoda, pre svega metodama koje su bazirane na sličnosti proizvoda.

7.1.3 Troškovi životnog ciklusa sličnih proizvoda

Troškovi životnog ciklusa sličnih proizvoda, realizovanih u određenim proizvodnim uslovima, čine centralni deo razvijenog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa novih proizvoda. Ovi troškovi čine sastavni deo baze podataka za proizvode u okviru informacionog sistema preduzeća.

U slučajevima kada troškovi životnog ciklusa realizovanih proizvoda nisu precizno evidentirani, moguće je angažovanjem odgovarajućih stručnjaka iz preduzeća izvršiti njihovu sistematizaciju i uneti u odgovarajuću bazu podataka. Isto tako, moguće je određene podatke o troškovima sličnih proizvoda drugih proizvođača prikupiti na osnovu informacija sa tržišta, interneta i na bazi određenih poslovnih komunikacija između odgovarajućih preduzeća.

U svakom slučaju, osnovu za određivanje troškova životnog ciklusa realizovanih proizvoda čine odgovarajuće aktivnosti u okviru pojedinih faza životnog ciklusa, čiji je opšti pregled prikazan u tabeli 4.5.

Relevantne aktivnosti u okviru faza životnog ciklusa realizovanih proizvoda, koje se izdvajaju iz opšteg pregleda datog u tabeli 4.5, omogućavaju da se odrede troškovi životnog ciklusa ovih proizvoda. Nakon provere podataka o troškovima u proizvodnim uslovima, ovi podaci se unose u odgovarajuću bazu podataka.

U razvijenom modelu, upravljanje troškovima životnog ciklusa novog proizvoda vrši se na osnovu odgovarajućih troškova sličnih proizvoda, primenom metoda koje su bazirane na sličnosti proizvoda i tehnoloških procesa proizvodnje.

Upravljanje troškovima životnog ciklusa novog ili poboljšanog proizvoda na osnovu odgovarajućih troškova sličnih proizvoda, može se vršiti primenom savremenih metoda koje su bazirane na mašinskom učenju. U ove metode spadaju i metode veštačke inteligencije, kao što su ekspertni sistemi, veštačke neuronske mreže, fazi logika i fazi- neuronske mreže, kao hibridne metode.

U razvijenom modelu upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda, u fazi koja se odnosi na određivanje troškova, primenjene su fazi-neuronske mreže, za koje su kratke teorijske osnove prikazane u šestom poglavlju.

8. PRIMENA RAZVIJENOG MODELA

U posmatranom specijalizovanom preduzeću instalisana je proizvodna i tehnološka oprema za serijsku proizvodnju kotrljajućih ležaja, koja se za sadašnji program i obim proizvodnje ovih proizvoda ne koristi u dovoljnoj meri.

Bolje iskorišćenje instalisanih kapaciteta može se obezbediti povećanjem obima proizvodnje kotrljajućih ležaja iz sadašnjeg proizvodnog programa, ili proširivanjem proizvodnog programa proizvodnjom novih ležaja, kao što su:

- *Radijalni jednoredni kuglični ležaji.*
- *Dvoredni kuglični ležaji sa kosim dodirom,*
- *Jednoredni kuglični sa kosim dodirom,*
- *Valjkasti jednoredni,*
- *Buričasti dvoredni i*
- *Igličasti jednoredni.*

Radijalni jednoredni kuglični ležaji i dvoredni kuglični ležaji sa kosim dodirom proizvode se i u sadašnjem proizvodnom programu sa određenim dimenzijama, dok će se ovi ležaji kao deo novog programa proizvodnje, proizvoditi u drugim dimenzijama koje su prikazane u tabelama 8.35 i 8.36.

Jednoredni kuglični ležaji sa kosim dodirom, valjkasti jednoredni, buričasti dvoredni i igličasti jednoredni, slika 8.1, proizvodiće se u serijskoj proizvodnji u proizvodnim uslovima posmatranog preduzeća, sa dimenzijama koje su prikazane u tabelama 8.37 do 8.40.



Slika 8.1 Grupa kotrljajućih ležaja

Razvijeni hibridni model primenjen je za upravljanje ciljnim troškovima, odnosno ciljnim profitom proizvodnje pomenute grupe ležaja u postupku utvrđivanja mogućnosti i ekonomske opravdanosti njihove proizvodnje u posmatranom preduzeću, što zahteva primenu određene procedure u skladu sa postavljenim i razvijenim modelom, slika 7.1.

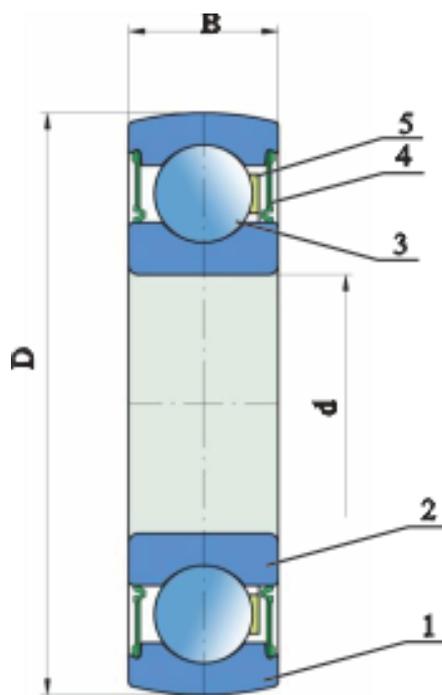
8.1 OSNOVNI DELOVI I PARAMETRI KOTRLJAJUĆIH LEŽAJA

Prema postavljenom modelu, odnosno dijagramu toka, nakon prikupljenih podataka i analize tržišta u pogledu mogućnosti plasmana pomenutih novih kotrljajućih ležaja, neophodno je definisati osnovne delove i relevantne parametre koji omogućavaju izbor sličnih proizvoda iz postojećeg proizvodnog programa, za koje su troškovi životnog ciklusa poznati. Osnovne delove kotrljajućih ležaja, prema slici 8.2, čine:

- *Spoljašnji prsten* (1),
- *Unutrašnji prsten* (2),
- *Kotrljajna tela* (3),
- *Zaptivke,* (4),
- *Kavezi, itd* (5).

dok osnovne parametre, odnosno ulazne podatke čine :

- *Prečnik otvora* (d),
- *Spoljašnji prečnik* (D),
- *Širina ležaja* (B),
- *Masa ležaja* (m),



Slika 8.2 Osnovni delovi i parametri kotrljajućih ležaja

Osim standardnih delova, neki ležaji imaju dodatne delove. Za grupu ležaja UE i LE, tabele 8.2 i 8.3, dodatne delove čine vijci za stezanje. Za ležaje grupa UY i LY, tabele 8.4 i 8.5, dodatne delove čine prsten i vijak za stezanje.

Za proizvodnju unutrašnjeg i spoljašnjeg prstena ležaja u serijskoj proizvodnji najčešće se, kao racionalna vrsta materijala za njihovu izradu, koriste čelične cevi odgovarajućih dimenzija. U slučajevima kada za određene prstenove na tržištu ne postoje čelične cevi odgovarajućih dimenzija, za izradu se koriste otkovci.

Proizvodnja pomenute nove grupe kotrljajućih ležaja, za koje su konstrukciona rešenja i materijali za pojedine delove najčešće nametnuti zahtevima kupaca ili standardima za ovu vrstu proizvoda, biće realizovana u postojećim proizvodnim uslovima ovog preduzeća, u količinama koje odgovaraju serijskoj proizvodnji, pri čemu će se kao materijal za izradu prstenova ležaja koristiti pomenute vrste priprema. Za primenu razvijenog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa novih proizvoda potrebno je izabrati slične proizvode za koje su troškovi životnog ciklusa poznati.

8.2 IZBOR I PRIKAZ SLIČNIH LEŽAJA IZ POSTOJEĆEG PROIZVODNOG PROGRAMA

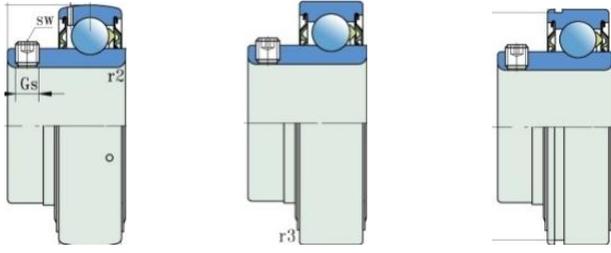
8.2.1 Izbor uzorka za analizu

Na osnovu analize konstrukcionih rešenja i planiranog obima proizvodnje nove grupe kotrljajućih ležaja i dimenzija datih u tabelama 8.35 do 8.40, kao i analize konstrukcionih oblika i tehnoloških uslova proizvodnje kotrljajućih ležaja iz sadašnjeg proizvodnog programa posmatranog preduzeća, primenom internog klasifikatora preduzeća izabrana je grupa sličnih proizvoda ove vrste. Izbor sličnih kotrljajućih ležaja iz postojećeg programa proizvodnje izvršen je na osnovu analize konstrukcionih oblika i sličnosti tehnoloških procesa njihove proizvodnje, koji su zasnovani na principima tipske i grupne tehnologije. Izabrani slični kotrljajući ležaji svrstani su u sedam tipskih grupa, tabele 8.1 do 8.7. Prvih šest grupa, sa odgovarajućim opsegom dimenzija, čine tipske grupe oznaka 172, UE, LE, UY, LY i LN, dok sedmu grupu čini osamnaest tipskih kotrljajućih ležaja sa dimenzijama koje su date u tabeli 8.7.

Tabela 8.1: Radijalni jednoredni kuglični ležaji, grupe 172

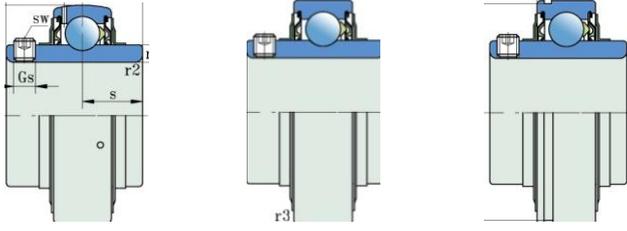
Oznaka ležaja	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa
	d	D	B	m (kg/kom)
1726202-2RS1	15	35	11	0,04
1726203-2RS1	17	40	12	0,06
1726204-2RS1	20	47	14	0,10
1726205-2RS1	25	52	15	0,11
1726206-2RS1	30	62	16	0,18
1726207-2RS1	35	72	17	0,25
1726208-2RS1	40	80	18	0,32
1726209-2RS1	45	85	19	0,37
1726210-2RS1	50	90	20	0,41
1726211-2RS1	55	100	21	0,56
1726212-2RS1	60	110	22	0,75
1726213-2RS1	65	120	23	0,94

Tabela 8.2: Radijalni jednoredni kuglični ležaji, grupe UE



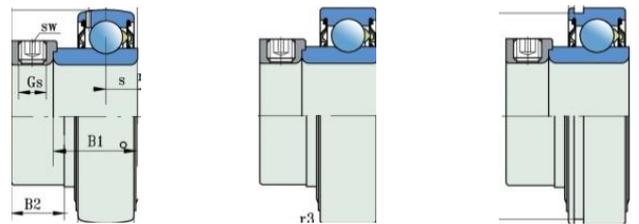
Oznaka ležaja	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa
	d	D	B	m (kg/kom)
UE 203/12 2S	12	40	22,1	0,09
UE 204 2S	20	47	25,5	0,11
UE 205 2S	25	52	27,2	0,14
UE 206 2S	30	62	33	0,23
UE 207 2S	35	72	33	0,31
UE 208 2S	40	80	36	0,43
UE 209 2S	45	85	37	0,48
UE 210 2S	50	90	38,8	0,54

Tabela 8.3: Radijalni jednoredni kuglični ležaji, grupe LE



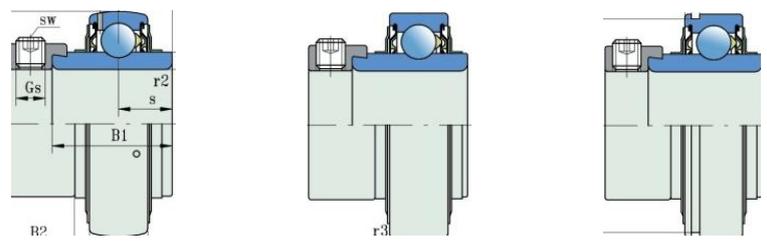
Oznaka ležaja	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa
	d	D	B	m(kg/kom)
LE 203/12 2F.SH	12	40	27,4	0,09
LE 205 2F	25	52	34,1	0,17
LE 206 2F	30	62	38,1	0,28
LE 207 2F	35	72	42,9	0,41
LE 208 2F	40	80	49,2	0,55
LE 209 2F	45	85	49,2	0,60
LE 210 2F	50	90	51,6	0,69
LE 211 2F	55	100	55,6	0,94
LE 212 2F	60	110	65,1	1,30
LE 213 2F	65	120	68,3	1,70
LE 214 2F	70	125	69,9	1,90
LE 215 2F	75	130	73,3	2,10
LE 216 2F	80	140	77,8	2,80
LE 217 2F	85	150	81	3,30
LE 218 2F	90	160	89	4,10
LE 220 2F	100	180	98,4	5,65
LE 322 2F	110	240	117	15,1
LE 224 2F	120	215	73,5	6,20

Tabela 8.4: Radijalni jednoredni kuglični ležaji, grupe UY



Oznaka ležaja	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa
	d	D	B	m(kg/kom)
UY 203/12 2S.SH	12	40	28,6	0,09
UY 204 2S	20	47	31	0,11
UY 205 2S	25	52	31	0,14
UY 206 2S	30	62	35,7	0,23
UY 207 2S	35	72	38,9	0,31
UY 208 2S	40	80	43,7	0,43
UY 209 2S	45	85	43,7	0,48
UY 210 2S	50	90	43,7	0,54
UY 211 2S	55	100	48,4	0,98
UY 212 2S	60	110	53,3	1,30

Tabela 8.5: Radijalni jednoredni kuglični ležaji, grupe LY

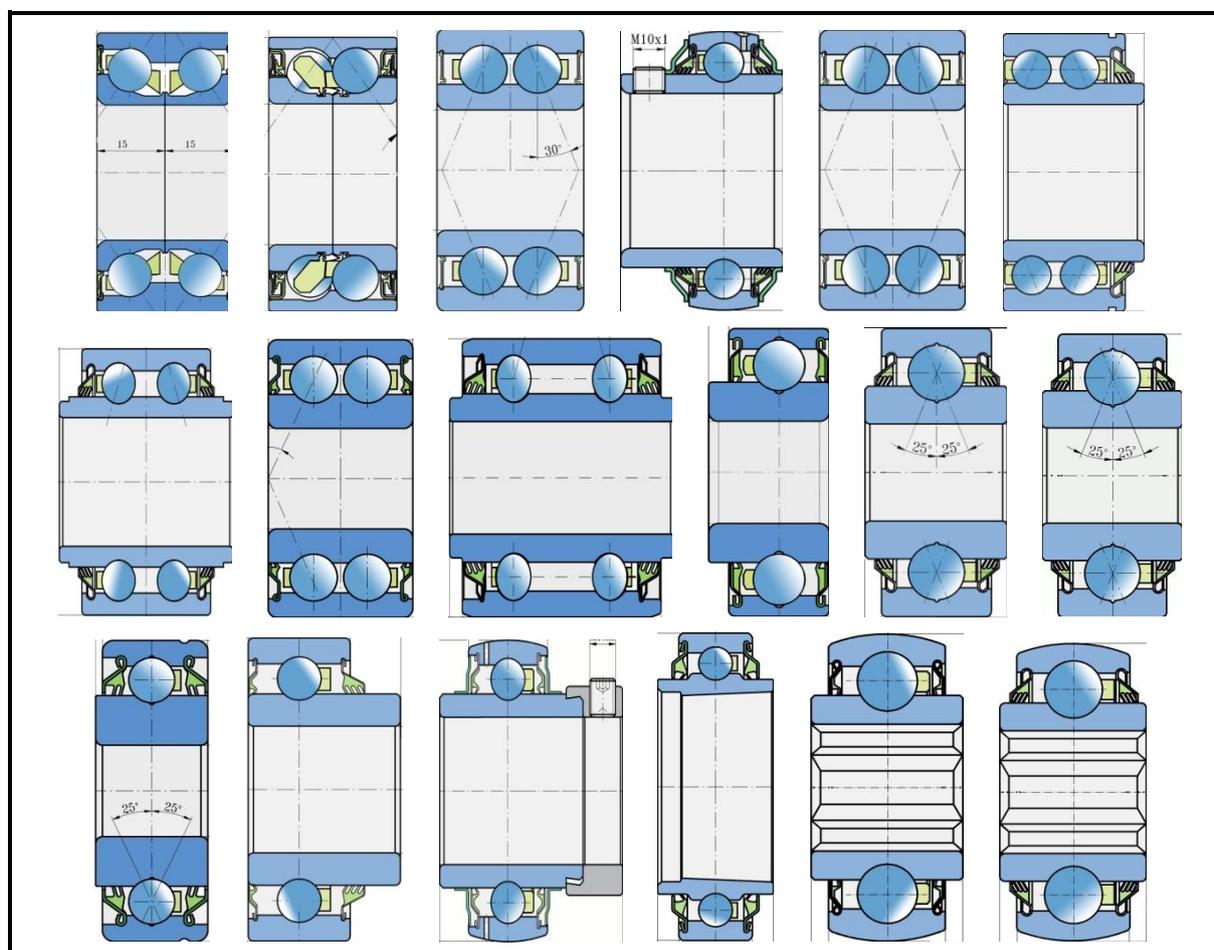


Oznaka ležaja	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa
	d	D	B	m(kg/kom)
LY 203/12 2F	12	40	37,3	0,162
LY 204 2F	20	47	43,7	0,19
LY 205 2F	25	52	44,4	0,23
LY 205 2F	30	62	48,4	0,43
LY 206 2F	35	72	51,1	0,68
LY 207 2F	40	80	56,3	0,8
LY 208 2F	45	85	56,3	1,08
LY 209 2F	50	90	62,7	1,44
LY 210 2F	55	100	71,4	1,86
LY 211 2F	60	110	77,8	2,34
LY 212 2F	65	120	85,7	2,95
LY 213 2F	70	125	85,7	3,67
LY 214 2F	75	130	92,1	4,40
LY 215 2F	80	140	100	2,90
LY 216 2F	90	150	106	3,54
LY 220 2F	100	180	75	4,35
LY 222 2F	110	240	141,3	17,20
LY 224 2F	120	215	81	6,70

Tabela 8.6: Radijalni jednoredni kuglični ležaji, grupe LN

Oznaka ležaja	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa
	d	D	B	m(kg/kom)
LN 204 2F	20	47	34,1	0,16
LN 205 2F	25	52	34,9	0,17
LN 206 2F	30	62	36,5	0,30
LN 207 2F	35	72	37,7	0,49
LN 208 2F	40	80	42,9	0,58
UE 208 2F	45	85	42,9	0,66
LN 209 2F	50	90	42,9	0,76
LN 210 2F	60	110	61,9	1,52
LN 214 2F	70	125	68,2	2,25

Tabela 8.7: Jednoredni i dvoredni aksijalni kuglični ležaji iz grupe poljoprivrednog programa



Oznaka ležaja	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa
	d	D	B	m(kg/kom)
FKL 306230	30	62	30	0,39
FKL 357234 A	35	72	34	0,54
3206 B.2RS1	30	62	23,8	0,285
LE 210 2TB	50	90	51,6	0,70
3204 B.2RS1	20	47	20,6	0,16
3204 T	20	47	25,2	0,185
5206 KPP3	30	62	50	0,50
SL 3303 2S	17	47	24,2	0,20
SL 5203 2T	16	40	43,88	0,218
06C04-2Z	16	45	18,67	0,23
Q 203 PP.AH02	16	40	18,29	0,08
Q 203 PP.AH05	13	40	18,29	0,091
SL 5316 2T	16	53	19,4	0,28
205 KRP2	19	52	21,1	0,28
LY 312 2F	60	130	68,4	2,97
209 KRR K/50.135	50	81	30	0,42
210 RRB6	38	90	30	0,80
W 208 PPB16	31	80	36,5	0,67

8.2.2 Troškovi životnog ciklusa izabranih sličnih ležaja

Za prikazane izabrane slične ležaje, *troškovi razvoja i proizvodnje* su poznati i čine deo baze podataka za ove proizvode u posmatranom preduzeću. Za njihovo određivanje koriste se posebne metode u posmatranom preduzeću. Troškovi razvoja i proizvodnje ležaja, koji su prikazani u tabeli 8.9, obuhvataju troškove odgovarajućih aktivnosti, odnosno uzročnika troškova, koji su prikazani u tabeli 8.8.

Tabela 8.8: Aktivnosti faza životnog ciklusa kotrljajućih ležaja

AKTIVNOSTI FAZA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA			
RAZVOJ PROIZVODA	PROIZVODNJA	UPOTREBA	RECIKLAŽA
<ul style="list-style-type: none"> Planiranje proizvoda Konceptualno projektovanje Modelovanje Razvoj konstrukcije Izbor procesa Izrada prototipa Ispitivanje ležaja Validacija Nulta serija, itd. 	<ul style="list-style-type: none"> Upravljanje preduzećem Marketing Razvoj Komercijalni poslovi, Proizvodni proces, Upravljanje finansijskim tokovima, Upravljanje ljudskim resursima, Logistika. 	<ul style="list-style-type: none"> Montaža, odnosno ugradnja ležaja 	<ul style="list-style-type: none"> Povlačenje proizvoda Demontaža Sortiranje komponenti Izdvajanje delova za upotrebu Pranje i odmašćivanje Reciklaža Uklanjanje trajnog otpada, itd.

Troškovi upotrebe ležaja obuhvataju troškove ugradnje u odgovarajuće proizvode, bilo kao prva ugradnja, ili kao rezervni delovi proizvoda koji su u upotrebi. Ležaji se isporučuju na tržište u pripremljenom stanju za ugradnju, odnosno upotrebu.

U prikupljanju podataka o troškovima ugradnje kotrljajućih ležaja, konsultovani su određeni proizvođači novih proizvoda u koje se ugrađuju kotrljajući ležaji, gde spada i automobilska industrija, kao i industrija poljoprivredne tehnike. Isto tako, prikupljeni su podaci o troškovima ugradnje ležaja u autoservisnim preduzećima, preduzećima za servisiranje proizvoda poljoprivredne tehnike i drugih tehničkih proizvoda.

Na osnovu prikupljenih informacija, izdvojeni su osnovni faktori koji utiču na troškove ugradnje ležaja, kao što su:

- *Mesto ugradnje u proizvodu,*
- *Stepen automatizovanosti i mehanizovanosti ugradnje, odnosno montaže [52],*
- *Dimenzije ležaja,*
- *Masa ležaja, itd.*

U prikupljanju informacija o troškovima ugradnje ležaja, posebno u preduzećima koja se bave održavanjem i servisiranjem tehničkih proizvoda, došlo se do podataka da se, skoro po pravilu, cena ugradnje određuje prosečno u iznosu 50% od tržišne cene ležaja. Na taj način određeni su troškovi ugradnje grupe izabranih sličnih kotrljajućih ležaja, kao relativne prosečne vrednosti, tabela 8.9, koji su iskorišćeni za proveru mogućnosti primene razvijenog modela za procenu troškova upotrebe sličnih proizvoda, i ako za ovu vrstu proizvoda procena troškova u fazi razvoja nije potrebna.

Troškove reciklaže određuju troškovi odgovarajućih aktivnosti, odnosno uzročnika troškova, koji su prikazani u tabeli 8.8.

Prema prikupljenim informacijama u servisnim preduzećima, troškovi uklanjanja ležaja iz odgovarajućeg proizvoda i njegova demontaža na delove, mogu se odrediti približno, na osnovu izraza:

$$T_{rel} = 0,25 T_{up} \quad (8.1)$$

gde je: T_{up} - troškovi ugradnje ležaja u odgovarajući proizvod.

Nakon demontaže ležaja, slede procesi sortiranja delova prema vrsti materijala i njihovog pranja. Sortiranje delova se vrši u grupe kao što su:

- *Prstenovi,*
- *Kotrljajna tela,*
- *Vijci, prstenovi za stezanje, kavezi i zaptivke.*

Vijci i prstenovi za stezanje su delovi koji se najčešće mogu koristiti za ponovnu upotrebu, dok se ostali delovi ležaja recikliraju.

Priprema i topljenje metalnih delova, odnosno prstenova i kotrljajućih tela, koji su od kvalitetnog čelika, čine primarni deo troškova reciklaže. Troškovi topljenja čeličnih delova određuju se na osnovu izraza:

$$T_{re2} = c_1 * m \quad (8.2)$$

gde je :

m- masa čeličnih delova ležaja

c_1 - cena topljenja čeličnih materijala po kilogramu ($c_1 = 0,25 \text{ €/kg}$).

Troškovi reciklaže kaveza i zaptivki, određeni su približno u iznosu 2% troškova topljenja.

Treba reći da je zanemaren uticaj mase kaveza i zaptivki na smanjenje mase metalnih delova ležaja.

Na taj način, određeni su prosečni troškovi reciklaže po ležaju, koji su sistematizovani i prikazani sa troškovima ostalih faza životnog ciklusa izabrane grupe sličnih ležaja, tabela 8.9.

Bez obzira što su troškovi upotrebe i reciklaže ležaja određeni na osnovu prikupljenih iskustvenih podataka, oni se mogu iskoristiti za proveru mogućnosti primene razvijenog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda.

Na osnovu dobijenih podataka za troškove razvoja i proizvodnje i izračunatih troškova upotrebe i reciklaže izabrane grupe kotrljajućih ležaja, određena je razlika između tržišne cene (C_T) i troškova proizvoda ($T_{ra} + T_{pr}$), na osnovu čega se može videti ostvareni profit za pojedine ležaje, tabela 8.9.

U postavljenom i razvijenom modelu upravljanja troškovima životnog ciklusa, podaci o odgovarajućim troškovima grupe sličnih kotrljajućih ležaja, čine fundamentalne podatke za primenu savremenih metoda za određivanje troškova novih sličnih proizvoda u fazi razvoja.

U te metode, koje su bazirane na mašinskom učenju, spadaju i fazi-neuronske mreže, koje su primenjene u razvijenom modelu.

Konstruktivna sličnost i sličnost tehnoloških procesa proizvodnje izabranih sličnih ležaja čine osnovni uslov za pouzdanost podataka koji se koriste za obučavanje fazi-neuronskih mreža.

Tabela 8.9: Troškovi životnog ciklusa i tržišne cene izabrane grupe sličnih ležaja

DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA LEŽAJA (€/kom)				Ukupni troškovi životnog ciklusa (€/kom)	T _{ra+} T _{pr}	C _T	C _T -(T _{ra+} T _{pr})
					Razvoj	Proizvodnja	Upotreba	Reciklaža				
d	D	B	m		T _{ra}	T _{pr}	T _{up}	T _{re}				
15	35	11	0,04	1726202-2RSI	0,38	2,05	1,37	0,36	4,16	2,43	2,70	0,27
17	40	12	0,06	1726203-2RS1	0,31	1,69	1,13	0,30	3,43	2,00	2,19	0,19
20	47	14	0,10	1726204-2RS1	0,27	1,49	1,00	0,28	3,04	1,73	1,93	0,17
25	52	15	0,11	1726205-2RS1	0,52	2,79	1,87	0,50	5,7	3,31	3,67	0,36
30	62	16	0,18	1726206-2RS1	0,28	1,56	1,05	0,32	3,20	1,84	2,02	0,18
35	72	17	0,25	1726207-2RS1	0,80	4,35	2,91	0,80	8,87	5,15	5,73	0,58
40	80	18	0,32	1726208-2RS1	0,41	2,24	1,50	0,47	4,62	2,65	2,91	0,26
45	85	19	0,37	1726209-2RS1	1,13	6,14	4,11	1,14	12,52	7,27	8,08	0,81
50	90	20	0,41	1726210-2RS1	0,56	3,06	2,05	0,64	6,31	3,62	3,98	0,36
55	100	21	0,56	1726211-2RS1	1,46	7,93	5,31	1,50	16,2	9,39	10,44	1,05
60	110	22	0,75	1726212-2RS1	1,67	9,05	6,06	1,74	18,52	10,72	11,91	1,19
65	120	23	0,94	1726213-2RS1	1,88	10,2	6,83	1,99	20,9	12,08	13,42	1,34
12	40	22,1	0,09	UE 203/12 2S	0,42	2,33	1,56	0,42	4,73	2,75	3,02	0,27
20	47	25,5	0,11	UE 204 2S	0,40	2,20	1,47	0,40	4,48	2,60	2,86	0,26
25	52	27,2	0,14	UE 205 2S	0,46	2,56	1,72	0,47	5,21	3,02	3,32	0,30
30	62	33	0,23	UE 206 2S	0,72	3,97	2,66	0,73	8,08	4,69	5,15	0,46
35	72	33	0,31	UE 207 2S	0,94	5,17	3,46	0,96	10,53	6,11	6,71	0,60
40	80	36	0,43	UE 208 2S	1,18	6,48	4,34	1,21	13,22	7,66	8,41	0,75
45	85	37	0,48	UE 209 2S	1,30	7,18	4,81	1,35	14,64	8,48	9,32	0,84
50	90	38,8	0,54	UE 210 2S	1,41	7,78	5,21	1,47	15,87	9,19	10,10	0,91
12	40	27,4	0,09	LE 203/12 2F.SH	0,61	3,31	2,22	0,58	6,72	3,92	4,35	0,43
25	52	34,1	0,17	LE 205 2F	0,70	3,82	2,56	0,69	7,77	4,52	5,03	0,51
30	62	38,1	0,28	LE 206 2F	0,61	3,37	2,26	0,65	6,89	3,98	4,38	0,40
35	72	42,9	0,41	LE 207 2F	1,04	5,64	3,78	1,07	11,53	6,68	7,42	0,74
40	80	49,2	0,55	LE 208 2F	0,83	4,54	3,04	0,93	9,34	5,37	5,90	0,53
45	85	49,2	0,60	LE 209 2F	1,40	7,52	5,04	1,44	15,40	8,92	9,90	0,98
50	90	51,6	0,69	LE 210 2F	1,13	6,20	4,15	1,25	12,73	7,33	8,55	1,22
55	100	55,6	0,94	LE 211 2F	2,04	11,08	7,42	2,14	22,69	13,12	14,58	1,46
60	110	65,1	1,30	LE 212 2F	1,95	10,75	7,20	2,19	22,09	12,70	13,96	1,26
65	120	68,3	1,70	LE 213 2F	3,15	17,07	11,44	3,37	35,03	20,22	22,47	2,25

Tabela 8.9: Troškovi životnog ciklusa i tržišne cene izabrane grupe sličnih ležaja (nastavak)

DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA LEŽAJA (€/kom)				Ukupni troškovi životnog ciklusa (€/kom)	T _{ra} + T _{pr}	C _T	C _T -(T _{ra} + T _{pr})
					Razvoj	Proizvodnja	Upotreba	Reciklaža				
d	D	B	m		T _{ra}	T _{pr}	T _{up}	T _{re}		(€/kom)		
70	125	69,9	1,90	LE 214 2F	3,42	18,79	12,59	3,72	38,52	22,21	24,40	2,19
75	130	73,3	2,10	LE 215 2F	3,85	21,19	14,20	4,18	43,42	25,04	27,52	2,48
80	140	77,8	2,80	LE 216 2F	6,58	35,74	23,95	6,83	73,09	42,32	47,03	4,71
85	150	81	3,30	LE 217 2F	4,07	22,41	15,01	4,74	46,24	26,48	29,10	2,62
90	160	89	4,10	LE 218 2F	10,70	58,08	38,91	10,96	118,65	68,78	76,42	7,64
100	180	98,4	5,65	LE 220 2F	13,18	71,54	47,93	13,68	146,33	84,72	94,13	9,41
110	240	117	15,1	LE 322 2F	18,48	101,64	68,10	21,55	209,77	120,12	132,00	11,88
120	215	73,5	6,20	LE 224 2F	10,60	58,29	39,05	11,62	119,57	68,89	75,70	6,81
12	40	28,6	0,09	UY 203/12 2S.SH	0,65	3,52	2,36	0,62	7,15	4,17	4,63	0,46
20	47	31	0,11	UY 204 2S	0,71	3,87	2,59	0,68	7,85	4,58	5,09	0,51
25	52	31	0,14	UY 205 2S	0,55	3,03	2,03	0,55	6,16	3,58	3,94	0,36
30	62	35,7	0,23	UY 206 2S	0,92	5,01	3,36	0,91	10,19	5,93	6,58	0,65
35	72	38,9	0,31	UY 207 2S	0,74	4,08	2,73	0,77	8,33	4,82	5,30	0,48
40	80	43,7	0,43	UY 208 2S	1,36	7,40	4,96	1,37	15,08	8,76	9,40	0,64
45	85	43,7	0,48	UY 209 2S	1,08	5,93	3,97	1,14	12,12	7,01	7,70	0,69
50	90	43,7	0,54	UY 210 2S	1,75	9,50	6,37	1,75	19,37	11,25	12,83	1,58
55	100	48,4	0,98	UY 211 2S	1,53	8,40	5,63	1,7	17,26	9,93	10,91	0,98
60	110	53,3	1,30	UY 212 2S	2,81	15,26	10,22	2,95	31,24	18,05	20,08	2,03
12	40	37,3	0,162	LY 203/12 2F	0,41	2,24	1,50	0,42	4,57	2,65	2,91	0,26
20	47	43,7	0,19	LY 204 2F	0,63	3,44	2,30	0,63	7,00	4,07	4,48	0,41
25	52	44,4	0,23	LY 205 2F	0,66	3,62	2,43	0,68	7,38	4,28	4,70	0,42
30	62	48,4	0,43	LY 205 2F	0,65	3,51	2,35	0,72	7,23	4,16	4,62	0,46
35	72	51,1	0,68	LY 206 2F	1,13	6,12	4,10	1,23	12,58	7,25	8,06	0,81
40	80	56,3	0,8	LY 207 2F	1,35	7,32	4,90	1,47	15,04	8,67	9,64	0,97
45	85	56,3	1,08	LY 208 2F	1,59	8,60	5,76	1,76	17,71	10,19	11,32	1,13
50	90	62,7	1,44	LY 209 2F	1,89	10,22	6,85	2,14	21,10	12,11	13,45	1,34
55	100	71,4	1,86	LY 210 2F	2,03	11,04	7,40	2,41	22,87	13,07	14,53	1,46
60	110	77,8	2,34	LY 211 2F	2,67	14,52	9,73	3,13	30,05	17,19	19,11	1,92
65	120	85,7	2,95	LY 212 2F	3,47	18,82	12,61	4,04	38,94	22,29	22,76	0,47
70	125	85,7	3,67	LY 213 2F	4,17	22,65	15,18	4,89	46,89	26,82	29,81	2,99
75	130	92,1	4,40	LY 214 2F	4,99	27,08	18,14	5,86	56,07	32,07	35,63	3,56

Tabela 8.9: Troškovi životnog ciklusa i tržišne cene izabrane grupe sličnih ležaja (nastavak)

DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA LEŽAJA (€/kom)				Ukupni troškovi životnog ciklusa (€/kom)	T _{ra} + T _{pr}	C _T	C _T -(T _{ra} + T _{pr})
					Razvoj	Proizvodnja	Upotreba	Reciklaža				
d	D	B	m		T _{ra}	T _{pr}	T _{up}	T _{re}		(€/kom)		
80	140	100	2,90	LY 215 2F	6,58	35,74	23,95	6,86	73,12	42,32	47,03	4,71
90	150	106	3,54	LY 216 2F	7,87	42,72	28,62	8,22	87,43	50,59	56,21	5,62
100	180	75	4,35	LY 220 2F	7,18	39,50	26,47	7,92	81,07	46,68	51,30	4,62
110	240	141,3	17,20	LY 222 2F	8,58	47,19	31,62	13,06	100,45	55,77	61,28	5,51
120	215	81	6,70	LY 224 2F	10,60	58,29	39,05	11,77	119,72	68,89	75,70	6,81
20	47	34,1	0,16	LN 204 2F	0,62	3,34	2,24	0,61	6,81	3,96	4,40	0,44
25	52	34,9	0,17	LN 205 2F	0,49	2,71	1,82	0,50	5,52	3,20	3,52	0,32
30	62	36,5	0,30	LN 206 2F	0,83	4,48	3,00	0,84	9,14	5,31	5,90	0,59
35	72	37,7	0,49	LN 207 2F	0,97	5,32	3,56	1,04	10,89	6,29	6,91	0,62
40	80	42,9	0,58	LN 208 2F	0,99	5,39	3,61	1,08	11,07	6,38	7,10	0,72
45	85	42,9	0,66	UE 208 2F	1,18	6,48	4,34	1,28	13,29	7,66	8,41	0,75
50	90	42,9	0,76	LN 209 2F	1,37	7,45	4,99	1,48	15,29	8,82	9,81	0,99
60	110	61,9	1,52	LN 210 2F	1,57	8,51	5,70	1,88	17,66	10,08	11,20	1,12
70	125	68,2	2,25	LN 214 2F	4,37	23,71	15,89	4,65	48,61	22,08	31,21	3,13
30	62	30	0,39	FKL 306230	0,65	3,53	2,37	0,71	7,25	4,18	4,65	0,47
35	72	34	0,54	FKL 357234 A	1,01	5,45	3,65	1,07	11,18	6,46	7,17	0,71
30	62	23,8	0,285	3206 B.2RS1	0,77	4,21	2,82	0,79	8,60	4,98	5,54	0,56
50	90	51,6	0,70	LE 210 2TB	1,19	6,49	4,35	1,30	13,34	7,68	8,55	0,87
20	47	20,6	0,16	3204 B.2RS1	0,62	3,37	2,26	0,61	6,86	3,99	4,43	0,44
20	47	25,2	0,185	3204 T	0,65	3,55	2,38	0,65	7,23	4,20	4,67	0,47
30	62	50	0,50	5206 KPP3	1,33	7,22	4,84	1,36	14,75	8,55	9,50	0,95
17	47	24,2	0,20	SL 3303 2S	0,42	2,28	1,53	0,44	4,67	2,70	3,00	0,30
16	40	43,88	0,218	SL 5203 2T	0,52	2,84	1,90	0,54	5,80	3,36	3,74	0,38
16	45	18,67	0,23	06C04-2Z	0,38	2,05	1,37	0,41	4,22	2,43	2,70	0,27
16	40	18,29	0,08	Q 203 PP.AH02	0,39	2,13	1,43	0,38	4,33	2,52	2,80	0,28
13	40	18,29	0,091	Q 203 PP.AH05	0,40	2,13	1,45	0,39	4,40	2,53	2,84	0,31
16	53	19,4	0,28	SL 5316 2T	0,60	3,28	2,20	0,63	6,71	3,88	4,31	0,43
19	52	21,1	0,28	205 KRP2	0,65	3,51	2,35	0,67	7,18	4,16	4,62	0,46
60	130	68,4	2,97	LY 312 2F	2,33	12,58	8,43	3,00	26,35	14,91	16,68	1,77
50	81	30	0,42	209 KRR K/50.135	1,69	9,19	6,16	1,67	18,7	10,88	12,10	1,22
38	90	30	0,80	210 RRB6	2,83	15,37	10,30	2,81	31,31	18,20	20,23	2,03
31	80	36,5	0,67	W 208 PPB16	2,74	14,89	9,98	2,70	30,30	17,63	19,60	1,97

8.3 ODREĐIVANJE TROŠKOVA ŽIVOTNOG CIKLUSA NOVIH LEŽAJA

Troškovi životnog ciklusa grupe novih ležaja u razvijenom modelu određeni su primenom fazi-neuronskih mreža, odnosno ANFIS modela koji je razvijen u programskom paketu MATLAB.

Na osnovu ulaznih podataka za izabranu grupu sličnih ležaja određeni su stepeni korelacije ulaznih veličina ležaja, koje se odnose na prečnik otvora (d), spoljašnji prečnik (D), širinu (B) i masu (m) i troškova faza životnog ciklusa, tabela 8.10, na osnovu čega se može zaključiti da između pomenutih ulaznih veličina ležaja i troškova faza životnog ciklusa postoji visok stepen korelacije.

Tabela 8.10: Korelacioni faktori ulaznih veličina i troškova životnog ciklusa ležaja

Ulazni podaci	Razvoj	Proizvodnja	Upotreba	Reciklaža
d	0,89	0,85	0,85	0,85
D	0,89	0,89	0,89	0,90
B	0,79	0,78	0,78	0,81
M	0,85	0,85	0,85	0,90

Obučavanje, testiranje i validacija pomenute fazi-neuronske mreže izvršena je na osnovu ulaznih podataka, uključujući i sistematizovane podatke o troškovima faza životnog ciklusa izabrane grupe koju čine 93 ležaja. Za testiranje obučene fazi-neuronske mreže korišćeni su podaci za deset ležaja iz te grupe, a za validaciju druga grupa od deset ležaja.

Obučavanje fazi-neuronske mreže izvršeno je primenom pomerene Gausove funkcije (gauss2mf) sa parametrima (1 3 3 4), koja je detaljnije prikazana u šestom poglavlju predmetnih istraživanja, a opseg ulaznih relevantnih parametara ležaja, u kojoj je izvršeno obučavanje je:

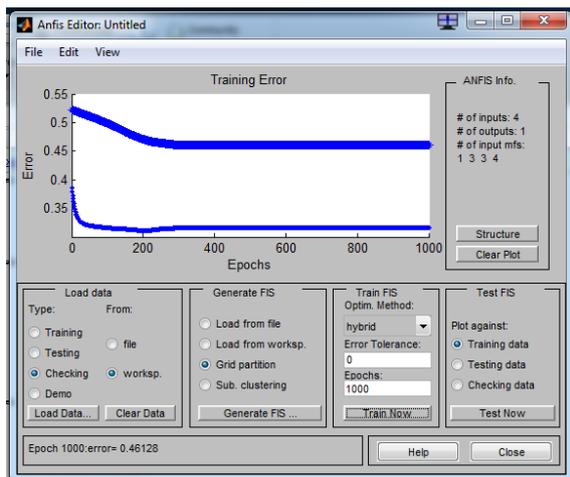
- $d = (12-120) \text{ mm}$,
- $D = (35-240) \text{ mm}$,
- $B = (11-141,3) \text{ mm}$ i
- $m = (0,04-17,2) \text{ kg/ ležaju}$.

Pri obučavanju fazi-neuronske mreže za određivanje troškova pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda, pojavljuje se određeni broj negativnih numeričkih vrednosti koje nastaju zbog nedostatka korišćenog programa. Ove vrednosti uklonjene su pri određivanju troškova životnog ciklusa novih proizvoda.

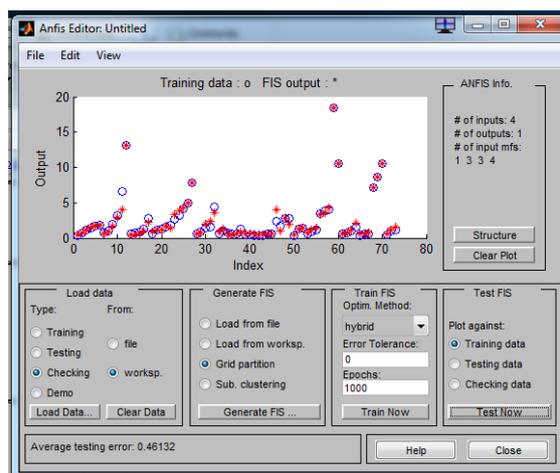
8.3.1 Troškovi faze razvoja

Obučavanje fazi-neuronske mreže za određivanje troškova faze razvoja novih ležaja izvršeno je učitavanjem ulaznih podataka i troškova razvoja za 93 ležaja, koji čine grupu sličnih proizvoda, tabela 8.9. Tok obučavanja, koji se realizuje u 1000 epoha, trening, test i validacija mreže, prikazani su na slici 8.3 odakle se vidi da je:

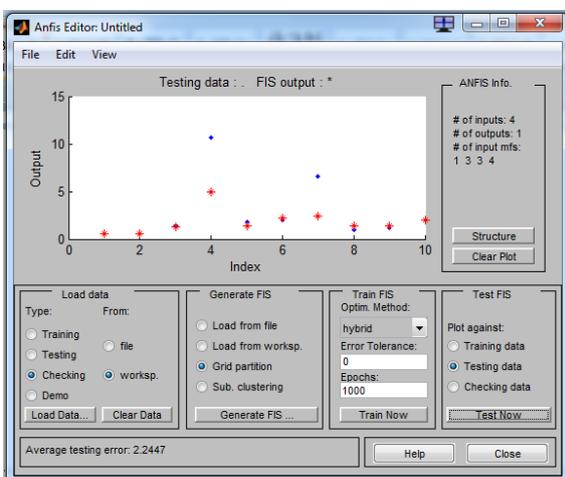
- a) greška na 1000 epoha 0,46128,
- b) greška treninga 0,46132%,
- c) greška testa 2,2447 % i
- d) greška validacije 0,31506 %.



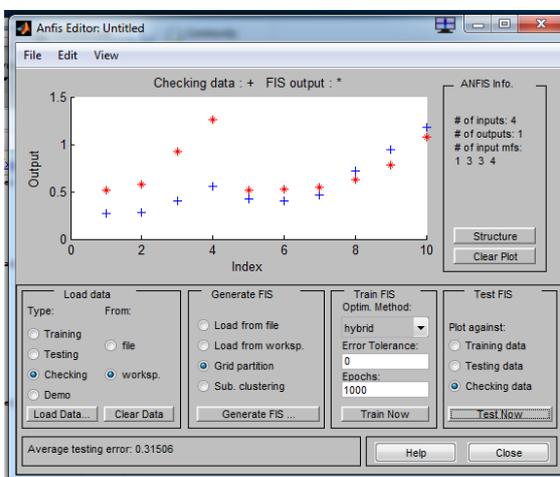
a)



b)



c)



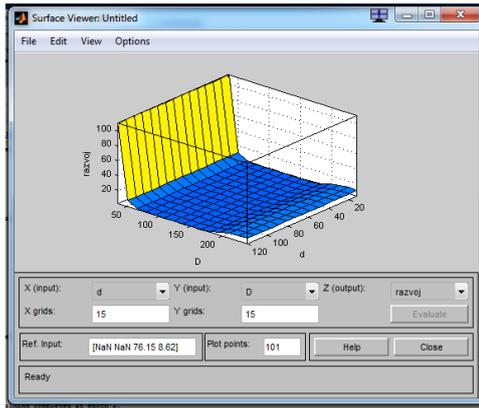
d)

Slika 8.3 Proces obučavanja, testiranja i validacije fazi-neuronske mreže

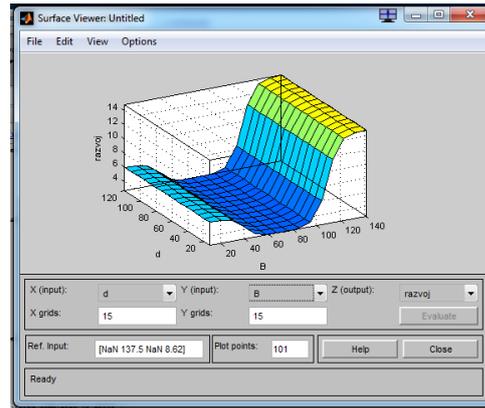
Grafički prikaz troškova faze razvoja (T_{ra}) obučene fazi-neuronske mreže dat je na slici 8.4:

- a) $T_{ra} = f(d, D)$,
- b) $T_{ra} = f(d, B)$,
- c) $T_{ra} = f(d, m)$,
- d) $T_{ra} = f(D, B)$ i
- e) $T_{ra} = f(D, m)$.

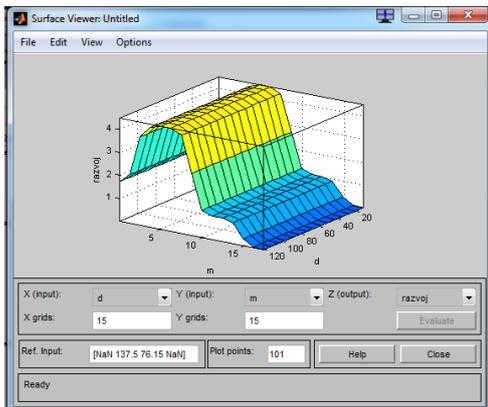
Nakon obučavanja, testiranja i validacije fazi-neuronske mreže, pojedinačnim učitavanjem ulaznih podataka za svaki novi ležaj određeni su odgovarajući troškovi razvoja ležaja, tabele 8.11 do 8.16.



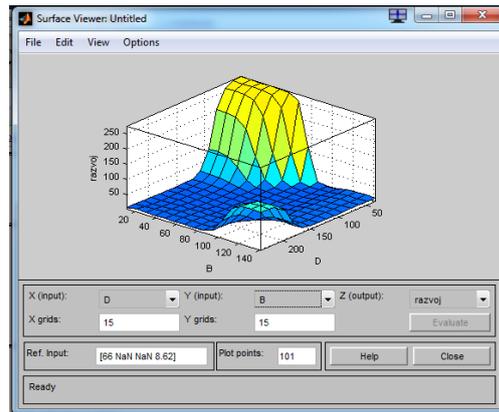
a) $T_{ra} = f(d, D)$



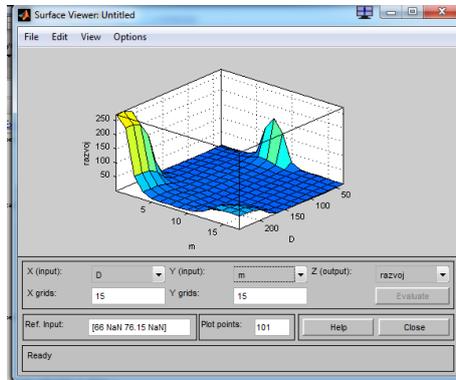
b) $T_{ra} = f(d, B)$



c) $T_{ra} = f(d, m)$



d) $T_{ra} = f(D, B)$



e) $T_{ra} = f(D, m)$

Slika 8.4 Grafički prikaz troškova faze razvoja (T_{ra})

Tabela 8.11: Radijalni jednoredni kuglični ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi razvoja
		d	D	B	m (kg/kom)	T_{ra} (€/kom)
1.	6008	40	68	15	0,19	0,63
2.	6013	65	100	18	0,44	1,45
3.	6018 M	90	140	24	1,15	1,94
4.	6020 M	100	150	24	1,25	2,14
5.	6022 M	110	170	28	1,95	4,36
6.	6024 M	120	180	28	2,05	4,97
7.	6034 M	170	260	42	7,90	
8.	6040 M	200	310	51	14	
9.	6052 M	260	400	65	29,5	
10.	6060 M	300	460	74	44,0	

Tabela 8.12: Dvoredni kuglični ležaji sa kosim dodirrom

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi razvoja
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{ra} (€/ kom)
1.	3206	30	62	23,8	0,31	0,69
2.	3207	35	72	27	0,48	1,12
3.	3208	40	80	30,2	0,65	2,00
4.	3209	45	85	30,2	0,70	2,25
5.	3210	50	90	30,2	0,74	2,31
6.	3211	55	100	33,3	1,05	3,85
7.	3212	60	110	36,5	1,36	4,52
8.	3213	65	120	38,1	1,76	4,69
9.	3214	70	125	39,7	1,93	4,44
10.	3215	75	130	41,3	2,08	5,12

Tabela 8.13: Jednoredni kuglični ležaji sa kosim dodirrom

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi razvoja
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{ra} (€/ kom)
1.	7218 BE	90	160	30	2,30	4,72
2.	7220 BE	100	180	34	3,30	6,30
3.	7221 BE	105	190	36	3,95	7,82
4.	7222 BE	110	200	38	4,60	9,57
5.	7224 BE	120	215	40	6,10	10,4
6.	7226 BE	130	230	40	6,95	10,70
7.	7236 BE	180	320	52	18,0	
8.	7238 BE	190	340	55	22,0	
9.	7244 BE	220	400	65	37	
10.	7348 BE	240	440	72	49	

Tabela 8.14: Valjkasti jednoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi razvoja
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{ra} (€/ kom)
1.	NU 207 EM	35	72	17	0,304	0,762
2.	NU 208	40	80	18	0,38	1,00
3.	NU 209	45	85	19	0,44	1,20
4.	NU 210	50	90	20	0,49	1,37
5.	NU 211 EM	55	100	21	0,67	1,71
6.	NU 314 EM	70	150	35	2,89	5,05
7.	NU 1015 M	75	115	20	0,75	1,64
8.	NU 216 EM	80	140	26	1,60	3,19
9.	NU 222 E	110	200	38	4,80	9,13
10.	NU 226 EM	130	230	40	6,80	10,70

Tabela 8.15: Buričasti dvoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi razvoja
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{ra} (€/ kom)
1.	23024	120	180	46	4,50	6,52
2.	23026	130	200	52	6,37	9,56
3.	23030	150	225	56	7,58	10,70
4.	23034	170	260	67	12,5	
5.	23038	190	290	75	17,5	
6.	23040	200	310	82	23,1	
7.	23048 C	240	360	92	34,0	
8.	23052 C	260	400	104	47,7	
9.	23056 M	280	420	106	54,5	
10.	23060 M	300	460	118	75,8	

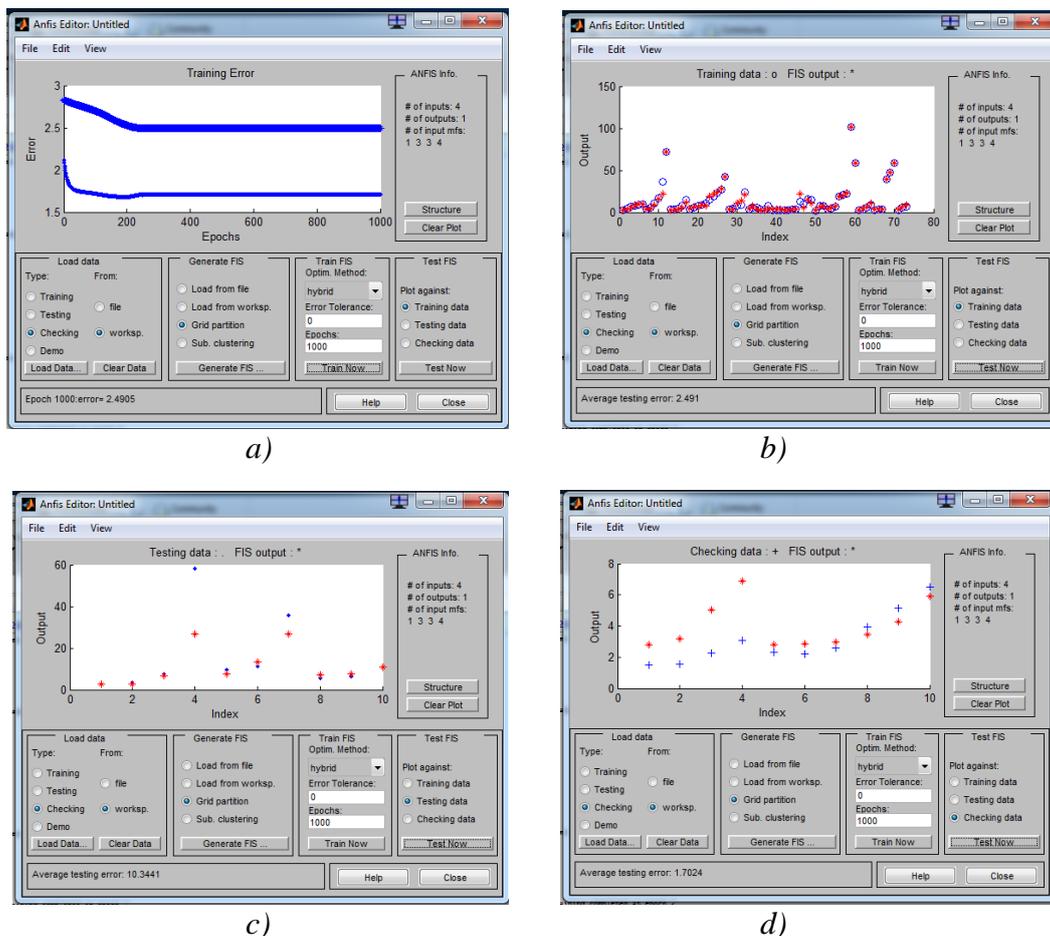
Tabela 8.16: Igličasti jednoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi razvoja
		d	D	B	m (kg/kom)	T_{ra} (€/ kom)
1.	Na 55 V	55	85	28	0,650	1,93
2.	Na 60 V	60	90	28	0,705	2,11
3.	Na 65 V	65	95	28	0,735	2,05
4.	Na 70 V	70	100	28	0,785	2,03
5.	Na 75 V	75	110	32	1,16	3,07
6.	Na 80 V	80	115	32	1,24	2,89
7.	Na 85 V	85	120	32	1,29	2,66
8.	Na 90 V	90	125	32	1,35	2,60
9.	Na 95 V	95	130	32	1,41	2,65
10.	Na 100 V	100	135	32	1,49	2,83

8.3.2 Troškovi faze proizvodnje

Obučavanje fazi-neuronske mreže za određivanje troškova faze proizvodnje novih ležaja izvršeno je učitavanjem ulaznih podataka i troškova proizvodnje za 93 ležaja, tabela 8.9. Tok obučavanja, koji se realizuje u 1000 epoha, trening, test i validacija mreže, prikazani su na slici 8.5, odakle se vidi da je:

- a) greška na 1000 epoha 2,4905,
- b) greška treninga 2,491%,
- c) greška testa 10,3441 % i
- d) greška validacije 1,7024 %.

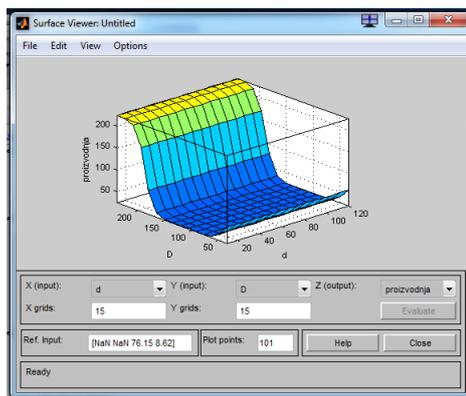


Slika 8.5 Proces obučavanja, testiranja i validacije fazi-neuronske mreže

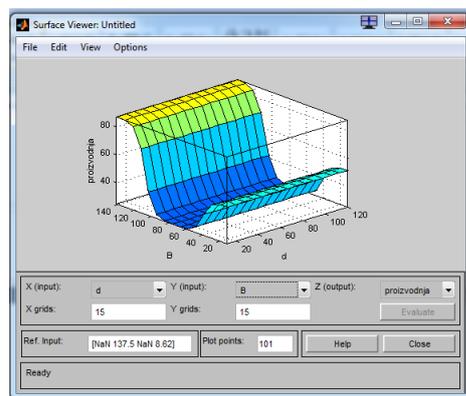
Grafički prikaz troškova faze proizvodnje (T_{pr}) obučene fazi-neuronske mreže dat je na slici 8.6:

- a) $T_{pr} = f(d,D)$,
- b) $T_{pr} = f(d,B)$,
- c) $T_{pr} = f(d,m)$,
- d) $T_{pr} = f(D,B)$ i
- e) $T_{pr} = f(D,m)$.

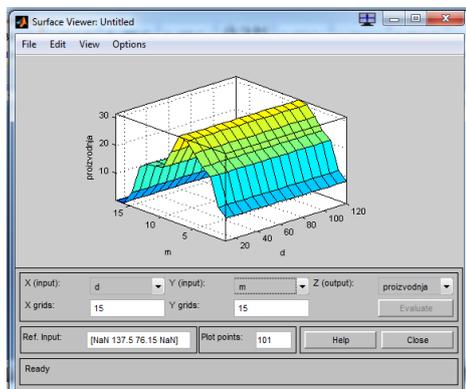
Nakon obučavanja, testiranja i validacije fazi-neuronske mreže, pojedinačnim učitavanjem ulaznih podataka za svaki novi ležaj određeni su odgovarajući troškovi proizvodnje ležaja, tabele 8.17 do 8.22.



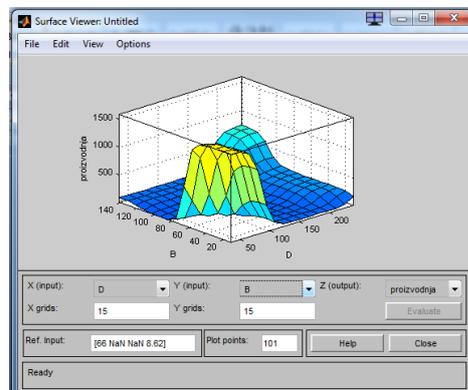
a) $T_{pr} = f(d,D)$



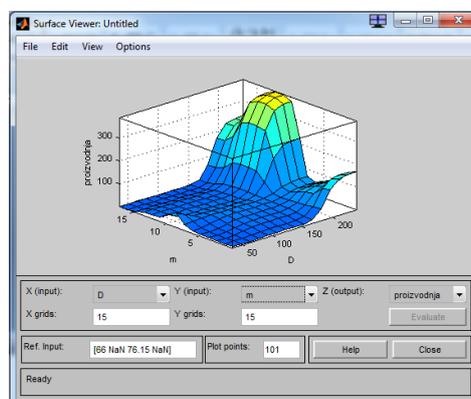
b) $T_{pr} = f(d,B)$



c) $T_{pr} = f(d,m)$



d) $T_{pr} = f(D,B)$



e) $T_{pr} = f(D,m)$

Slika 8.6 Grafički prikaz troškova faze proizvodnje (T_{pr})

Tabela 8.17: Radijalni jednoredni kuglični ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi proizvodnje
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{pr} (€/ kom)
1.	6008	40	68	15	0,19	3,42
2.	6013	65	100	18	0,44	7,80
3.	6018 M	90	140	24	1,15	11,50
4.	6020 M	100	150	24	1,25	12,90
5.	6022 M	110	170	28	1,95	27,10
6.	6024 M	120	180	28	2,05	29,10
7.	6034 M	170	260	42	7,90	
8.	6040 M	200	310	51	14	
9.	6052 M	260	400	65	29,5	
10.	6060 M	300	460	74	44,0	

Tabela 8.18: Dvoredni kuglični ležaji sa kosim dodirom

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi proizvodnje
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{pr} (€/ kom)
1.	3206	30	62	23,8	0,31	3,83
2.	3207	35	72	27	0,48	6,31
3.	3208	40	80	30,2	0,65	11,20
4.	3209	45	85	30,2	0,70	12,50
5.	3210	50	90	30,2	0,74	12,70
6.	3211	55	100	33,3	1,05	20,00
7.	3212	60	110	36,5	1,36	23,30
8.	3213	65	120	38,1	1,76	26,40
9.	3214	70	125	39,7	1,93	26,30
10.	3215	75	130	41,3	2,08	26,20

Tabela 8.19: Jednoredni kuglični ležaji sa kosim dodirom

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi proizvodnje
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{pr} (€/ kom)
1.	7218 BE	90	160	30	2,30	29,90
2.	7220 BE	100	180	34	3,30	34,30
3.	7221 BE	105	190	36	3,95	43,70
4.	7222 BE	110	200	38	4,60	59,40
5.	7224 BE	120	215	40	6,10	58,50
6.	7226 BE	130	230	40	6,95	59,60
7.	7236 BE	180	320	52	18,0	
8.	7238 BE	190	340	55	22,0	
9.	7244 BE	220	400	65	37	
10.	7348 BE	240	440	72	49	

Tabela 8.20: Valjkasti jednoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi proizvodnje
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{pr} (€/ kom)
1.	NU 207 EM	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 EM	55	100	21	0,67	9,30
6.	NU 314 EM	70	150	35	2,89	30,3
7.	NU 1015 M	75	115	20	0,75	8,93
8.	NU 216 EM	80	140	26	1,60	20,20
9.	NU 222 E	110	200	38	4,80	58,20
10.	NU 226 EM	130	230	40	6,80	58,10

Tabela 8.21: Buričasti dvoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi proizvodnje
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{pr} (€/ kom)
1.	23024	120	180	46	4,50	39,30
2.	23026	130	200	52	6,37	53,10
3.	23030	150	225	56	7,58	80,30
4.	23034	170	260	67	12,5	
5.	23038	190	290	75	17,5	
6.	23040	200	310	82	23,1	
7.	23048 C	240	360	92	34,0	
8.	23052 C	260	400	104	47,7	
9.	23056 M	280	420	106	54,5	
10.	23060 M	300	460	118	75,8	

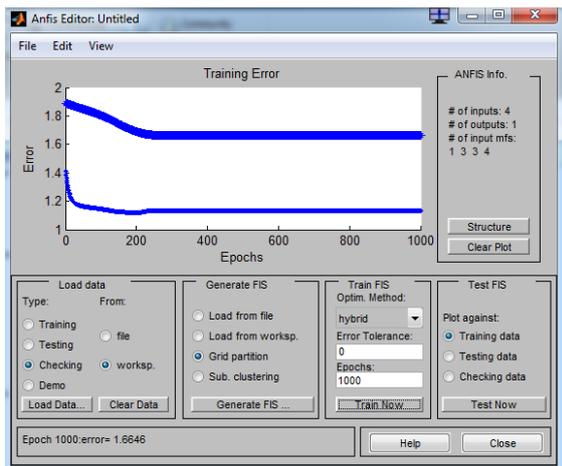
Tabela 8.22: Igličasti jednoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi proizvodnje
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{pr} (€/ kom)
1.	Na 55 V	55	85	28	0,650	10,70
2.	Na 60 V	60	90	28	0,705	11,60
3.	Na 65 V	65	95	28	0,735	11,20
4.	Na 70 V	70	100	28	0,785	11,00
5.	Na 75 V	75	110	32	1,16	16,40
6.	Na 80 V	80	115	32	1,24	15,90
7.	Na 85 V	85	120	32	1,29	15,20
8.	Na 90 V	90	125	32	1,35	15,40
9.	Na 95 V	95	130	32	1,41	16,10
10.	Na 100 V	100	135	32	1,49	17,60

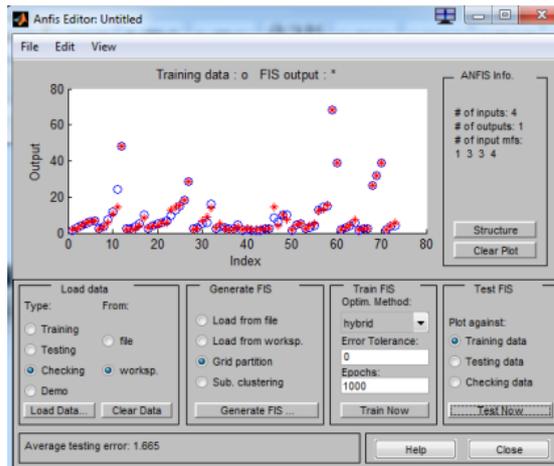
8.3.3 Troškovi faze upotrebe

Obučavanje fazi-neuronske mreže za određivanje troškova faze upotrebe novih ležaja izvršeno je učitavanjem ulaznih podataka i troškova proizvodnje za 93 ležaja, tabela 8.9. Tok obučavanja, koji se realizuje u 1000 epoha, trening, test i validacija mreže, prikazani su na slici 8.7, odakle se vidi da je:

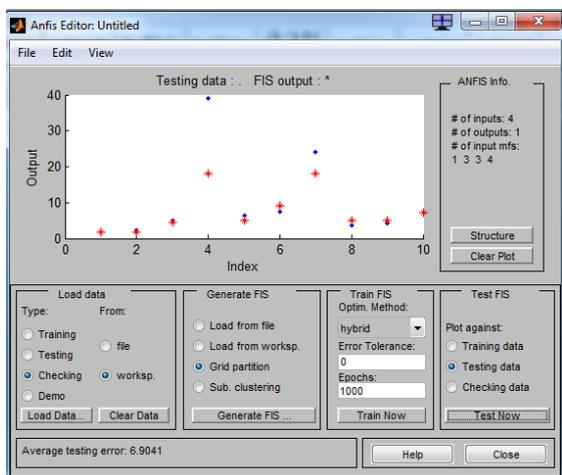
- a) greška na 1000 epoha 1,6646,
- b) greška treninga 1,665 % ,
- c) greška testa 6,9041 % i
- d) greška validacije 1,1307 %.



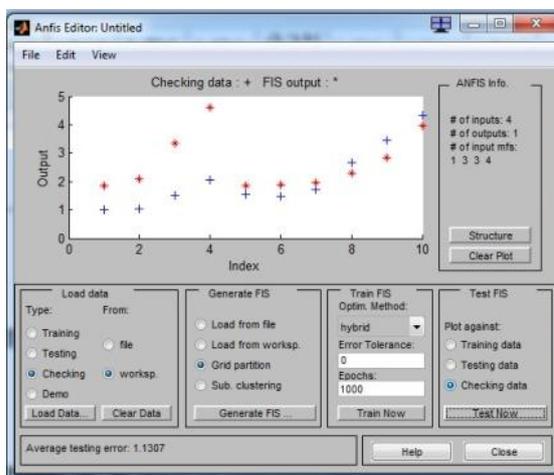
a)



b)



c)



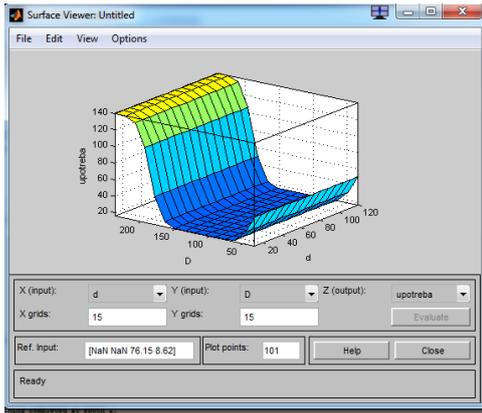
d)

Slika 8.7 Proces obučavanja, testiranja i validacije fazi-neuronske mreže

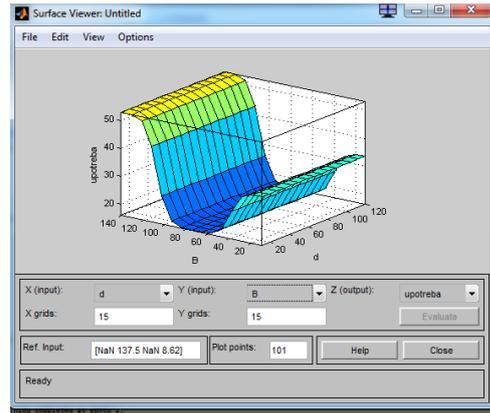
Grafički prikaz troškova faze upotrebe (T_{up}) obučene fazi-neuronske mreže dat je na slici 8.8:

- a) $T_{up} = f(d, D)$,
- b) $T_{up} = f(d, B)$,
- c) $T_{up} = f(d, m)$,
- d) $T_{up} = f(D, B)$ i
- e) $T_{up} = f(D, m)$.

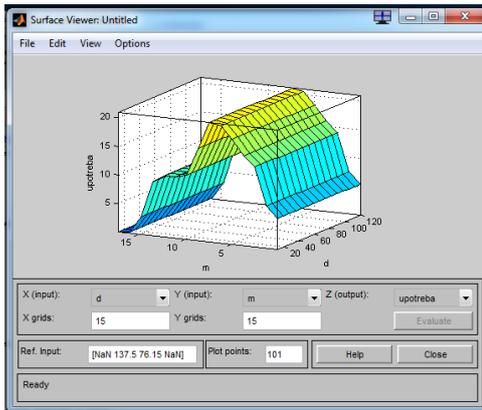
Nakon obučavanja, testiranja i validacije fazi-neuronske mreže, pojedinačnim učitavanjem ulaznih podataka za svaki novi ležaj određeni su odgovarajući troškovi upotrebe ležaja, tabele 8.23 do 8.28.



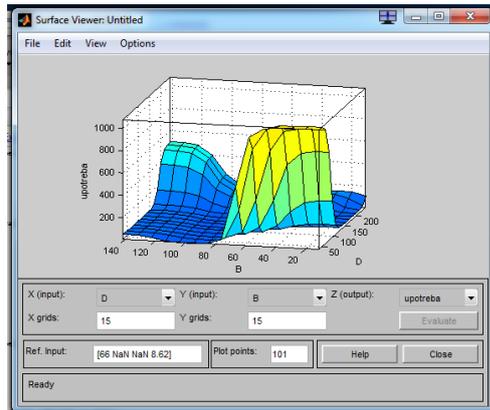
$$a) T_{up} = f(d, D)$$



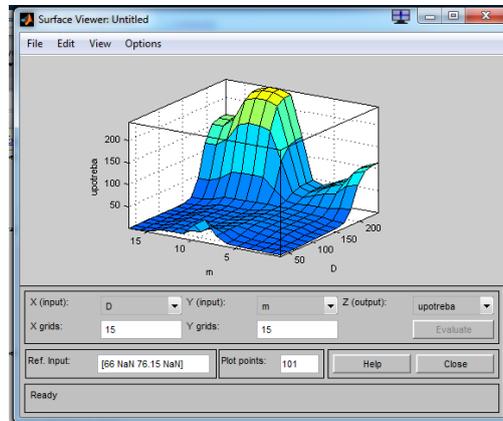
$$b) T_{up} = f(d, B)$$



$$c) T_{up} = f(d, m)$$



$$d) T_{up} = f(D, B)$$



$$e) T_{up} = f(D, m)$$

Slika 8.8 Grafički prikaz troškova faze upotrebe (T_{up})

Tabela 8.23: Radijalni jednoredni kuglični ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi upotrebe
		d	D	B	m (kg/kom)	T_{up} (€/ kom)
1.	6008	40	68	15	0,19	2,27
2.	6013	65	100	18	0,44	5,19
3.	6018 M	90	140	24	1,15	7,63
4.	6020 M	100	150	24	1,25	8,58
5.	6022 M	110	170	28	1,95	17,80
6.	6024 M	120	180	28	2,05	19,10
7.	6034 M	170	260	42	7,90	
8.	6040 M	200	310	51	14	
9.	6052 M	260	400	65	29,5	
10.	6060 M	300	460	74	44,0	

Tabela 8.24: Dvoredni kuglični ležaji sa kosim dodirom

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi upotrebe
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{up} (€/ kom)
1.	3206	30	62	23,8	0,31	2,55
2.	3207	35	72	27	0,48	4,24
3.	3208	40	80	30,2	0,65	7,48
4.	3209	45	85	30,2	0,70	8,32
5.	3210	50	90	30,2	0,74	8,44
6.	3211	55	100	33,3	1,05	13,20
7.	3212	60	110	36,5	1,36	15,30
8.	3213	65	120	38,1	1,76	17,30
9.	3214	70	125	39,7	1,93	17,30
10.	3215	75	130	41,3	2,08	17,20

Tabela 8.25: Jednoredni kuglični ležaji sa kosim dodirom

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi upotrebe
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{up} (€/ kom)
1.	7218 BE	90	160	30	2,30	19,60
2.	7220 BE	100	180	34	3,30	22,60
3.	7221 BE	105	190	36	3,95	28,90
4.	7222 BE	110	200	38	4,60	39,60
5.	7224 BE	120	215	40	6,10	39,00
6.	7226 BE	130	230	40	6,95	39,70
7.	7236 BE	180	320	52	18,0	
8.	7238 BE	190	340	55	22,0	
9.	7244 BE	220	400	65	37	
10.	7348 BE	240	440	72	49	

Tabela 8.26: Valjkasti jednoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi upotrebe
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{up} (€/ kom)
1.	NU 207 EM	35	72	17	0,304	2,80
2.	NU 208	40	80	18	0,38	3,67
3.	NU 209	45	85	19	0,44	4,40
4.	NU 210	50	90	20	0,49	5,01
5.	NU 211 EM	55	100	21	0,67	6,20
6.	NU 314 EM	70	150	35	2,89	19,90
7.	NU 1015 M	75	115	20	0,75	5,94
8.	NU 216 EM	80	140	26	1,60	13,30
9.	NU 222 E	110	200	38	4,80	38,80
10.	NU 226 EM	130	230	40	6,80	38,80

Tabela 8.27: Buričasti dvoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi upotrebe
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{up} (€/ kom)
1.	23024	120	180	46	4,50	26,10
2.	23026	130	200	52	6,37	35,60
3.	23030	150	225	56	7,58	52,10
4.	23034	170	260	67	12,5	
5.	23038	190	290	75	17,5	
6.	23040	200	310	82	23,1	
7.	23048 C	240	360	92	34,0	
8.	23052 C	260	400	104	47,7	
9.	23056 M	280	420	106	54,5	
10.	23060 M	300	460	118	75,8	

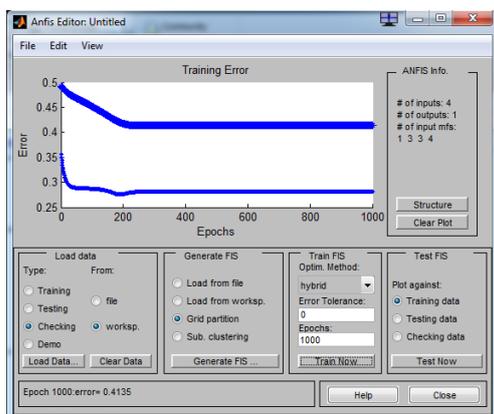
Tabela 8.28: Igličasti jednoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi upotrebe
		d	D	B	m (kg/kom)	T_{up} (€/ kom)
1.	Na 55 V	55	85	28	0,650	7,14
2.	Na 60 V	60	90	28	0,705	7,71
3.	Na 65 V	65	95	28	0,735	7,44
4.	Na 70 V	70	100	28	0,785	7,34
5.	Na 75 V	75	110	32	1,16	10,90
6.	Na 80 V	80	115	32	1,24	10,50
7.	Na 85 V	85	120	32	1,29	10,10
8.	Na 90 V	90	125	32	1,35	10,20
9.	Na 95 V	95	130	32	1,41	10,70
10.	Na 100 V	100	135	32	1,49	11,60

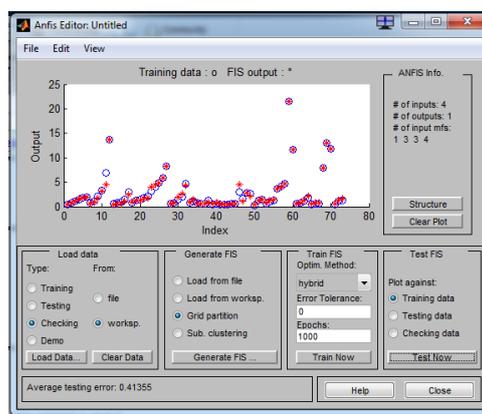
8.3.4 Troškovi faze reciklaže

Obučavanje fazi-neuronske mreže za određivanje troškova faze reciklaže novih ležaja izvršeno je učitavanjem ulaznih podataka i troškova reciklaže za 93 ležaja, tabela 8.9. Tok obučavanja, koji se realizuje u 1000 epoha, trening, test i validacija mreže, prikazani su na slici 8.9, odakle se vidi da je:

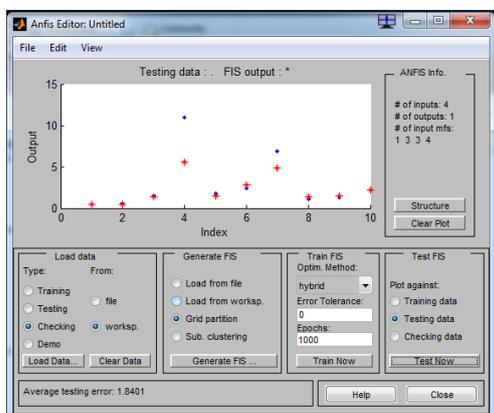
- a) greška na 1000 epoha 0,4135,
- b) greška treninga 0,41355 %,
- c) greška testa 1,8401% i
- d) greška validacije 0,28027 %.



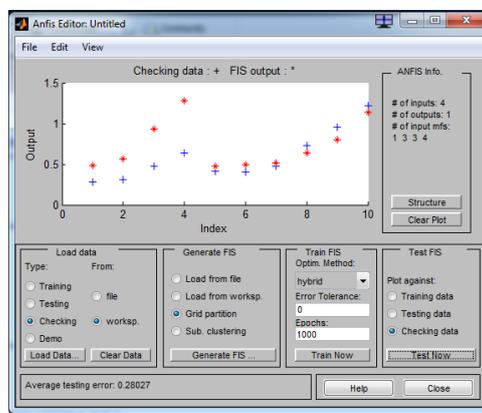
a)



b)



c)



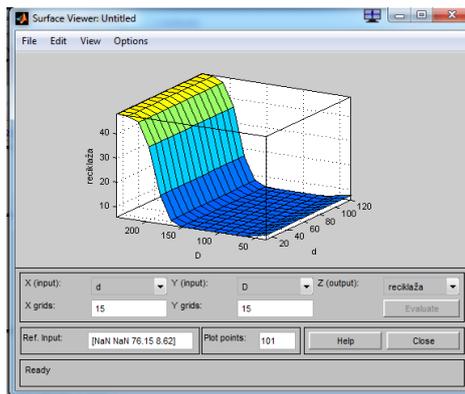
d)

Slika 8.9 Proces obučavanja, testiranja i validacije fazi-neuronske mreže

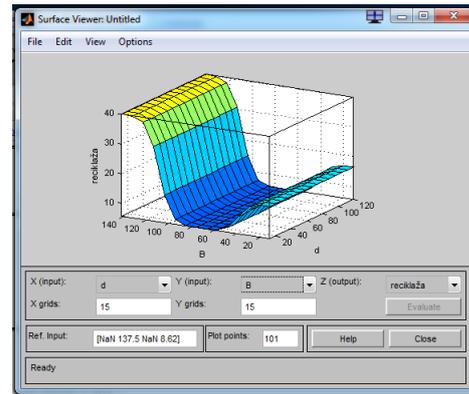
Grafički prikaz troškova faze reciklaže (T_{re}) obučene fazi-neuronske mreže dat je na slici 8.10:

- a) $T_{re} = f(d,D)$,
- b) $T_{re} = f(d,B)$,
- c) $T_{re} = f(d,m)$,
- d) $T_{re} = f(D,B)$ i
- e) $T_{re} = f(D,m)$.

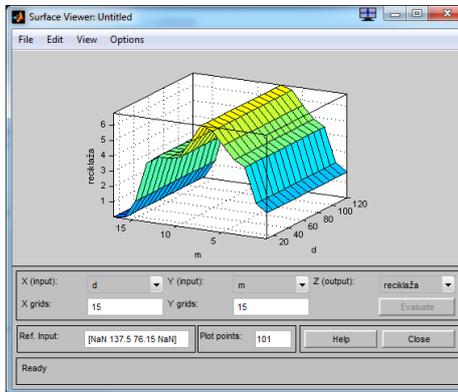
Nakon obučavanja, testiranja i validacije fazi-neuronske mreže, pojedinačnim učitavanjem ulaznih podataka za svaki novi ležaj određeni su odgovarajući troškovi reciklaže ležaja, tabele 8.29 do 8.34.



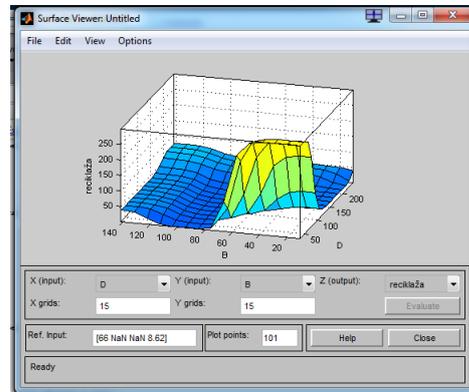
a) $T_{re} = f(d,D)$



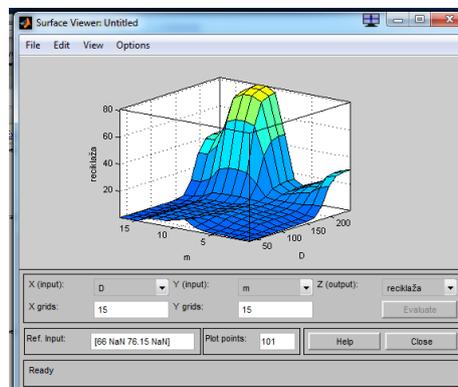
b) $T_{re} = f(d,B)$



c) $T_{re} = f(d,m)$



d) $T_{re} = f(D,B)$



e) $T_{re} = f(D,m)$

Slika 8.10 Grafički prikaz troškova faze reciklaže (T_{re})

Tabela 8.29: Radijalni jednoredni kuglični ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi reciklaže
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{re} (€/ kom)
1.	6008	40	68	15	0,19	0,61
2.	6013	65	100	18	0,44	1,44
3.	6018 M	90	140	24	1,15	2,43
4.	6020 M	100	150	24	1,25	2,82
5.	6022 M	110	170	28	1,95	7,20
6.	6024 M	120	180	28	2,05	7,84
7.	6034 M	170	260	42	7,90	
8.	6040 M	200	310	51	14	
9.	6052 M	260	400	65	29,5	
10.	6060 M	300	460	74	44,0	

Tabela 8.30: Dvoredni kuglični ležaji sa kosim dodirrom

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi reciklaže
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{re} (€/ kom)
1.	3206	30	62	23,8	0,31	0,72
2.	3207	35	72	27	0,48	1,22
3.	3208	40	80	30,2	0,65	2,10
4.	3209	45	85	30,2	0,70	2,31
5.	3210	50	90	30,2	0,74	2,33
6.	3211	55	100	33,3	1,05	3,56
7.	3212	60	110	36,5	1,36	4,45
8.	3213	65	120	38,1	1,76	6,03
9.	3214	70	125	39,7	1,93	6,41
10.	3215	75	130	41,3	2,08	6,59

Tabela 8.31: Jednoredni kuglični ležaji sa kosim dodirrom

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi reciklaže
		d	D	B	m (kg/kom)	T _{re} (€/ kom)
1.	7218 BE	90	160	30	2,30	8,55
2.	7220 BE	100	180	34	3,30	9,42
3.	7221 BE	105	190	36	3,95	10,9
4.	7222 BE	110	200	38	4,60	13,2
5.	7224 BE	120	215	40	6,10	11,9
6.	7226 BE	130	230	40	6,95	12,6
7.	7236 BE	180	320	52	18,0	
8.	7238 BE	190	340	55	22,0	
9.	7244 BE	220	400	65	37	
10.	7348 BE	240	440	72	49	

Tabela 8.32: Valjkasti jednoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi reciklaže
		d	D	B	m (kg/kom)	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

Tabela 8.33: Buričasti dvoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi reciklaže
		d	D	B	m (kg/kom)	T_{re} (€/ kom)
1.	23024	120	180	46	4,50	9,06
2.	23026	130	200	52	6,37	10,9
3.	23030	150	225	56	7,58	18,1
4.	23034	170	260	67	12,5	
5.	23038	190	290	75	17,5	
6.	23040	200	310	82	23,1	
7.	23048 C	240	360	92	34,0	
8.	23052 C	260	400	104	47,7	
9.	23056 M	280	420	106	54,5	
10.	23060 M	300	460	118	75,8	

Tabela 8.34: Igljučasti jednoredni ležaji

Red. br.	Oznaka	Prečnik otvora	Spoljašnji prečnik	Širina ležaja	Masa	Troškovi reciklaže
		d	D	B	m (kg/kom)	T_{re} (€/ kom)
1.	Na 55 V	55	85	28	0,650	2,00
2.	Na 60 V	60	90	28	0,705	2,15
3.	Na 65 V	65	95	28	0,735	2,07
4.	Na 70 V	70	100	28	0,785	2,05
5.	Na 75 V	75	110	32	1,16	3,14
6.	Na 80 V	80	115	32	1,24	3,20
7.	Na 85 V	85	120	32	1,29	3,21
8.	Na 90 V	90	125	32	1,35	3,37
9.	Na 95 V	95	130	32	1,41	3,63
10.	Na 100 V	100	135	32	1,49	4,07

U pojedinim tabelama, u kojima su prikazani troškovi razvoja, proizvodnje, upotrebe i reciklaže, za neke ležaje nisu određeni odgovarajući troškovi, jer su njihove dimenzije izvan opsega dimenzija u kome je izvršeno obučavanje fazi-neuronske mreže.

8.3.5 Ocena profitabilnosti proizvodnje novih ležaja

Ocena profitabilnosti proizvodnje novih ležaja izvršena je na osnovu usvojenih tržišnih cena proizvoda konkurenata i troškova proizvoda, odnosno troškova razvoja i proizvodnje ($T_{ra}+T_{pr}$). Pri tome su usvojene tržišne cene proizvoda konkurenata koje su na nivou nižih tržišnih cena.

Dobijeni rezultati pokazuju da se najmanji stvarni profit, koji je određen izrazom:

$$P = C_T - (T_{ra} + T_{pr}) \quad (8.3)$$

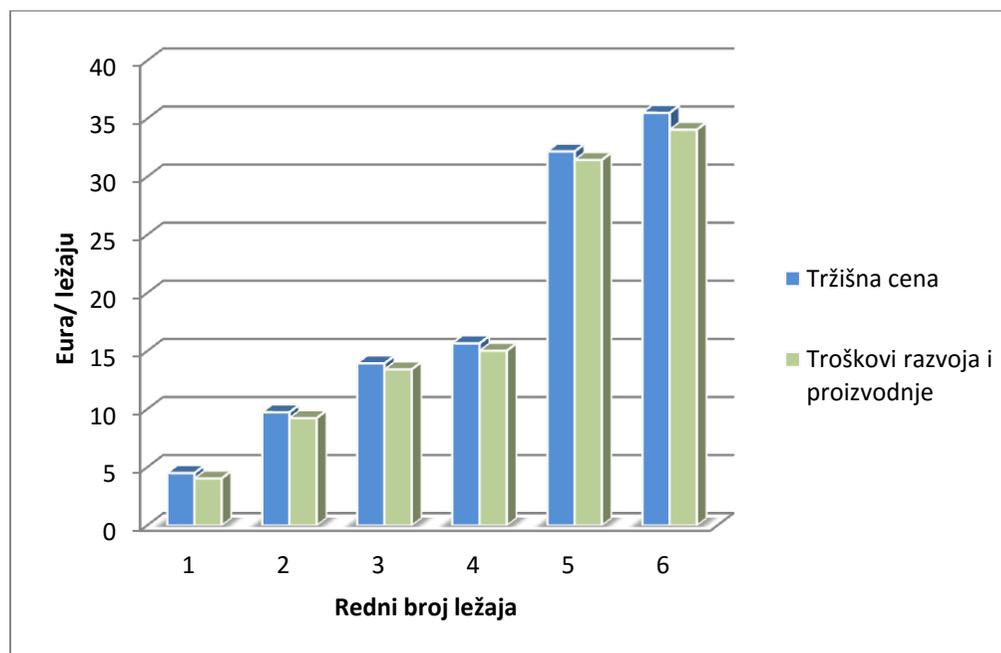
ostvaruje u proizvodnji radijalnih jednorednih i dvorednih kugličastih ležaja sa kosim dodirrom, tabele 8.35 i 8.36, dok se najveći profit ostvaruje u proizvodnji jednorednih kugličastih ležaja sa kosim dodirrom, valjkastih, buričastih dvorednih i igličastih ležaja, respektivno tabele 8.37, 8.38, 8.39 i 8.40. Na slikama 8.11 do 8.16 dat je grafički prikaz tržišnih cena i troškova razvoja i proizvodnje pomenutih grupa kontrolirajućih ležaja.

Za postizanje većeg profita, neophodno je poboljšati postojeće, ili primeniti nove proizvodne procese, koji će obezbediti manje troškove proizvoda.

Kao što je ranije istaknuto, značajnije izmene konstrukcije posmatranih ležaja, koje bi omogućile niže troškove proizvoda, nisu moguće, pa se kao primarni zadatak upravljanja troškovima ove vrste proizvoda odnosi na upravljanje troškovima proizvodnje i razvoja.

Tabela 8.35: Ocena profitabilnosti proizvodnje radijalnih jednorednih kugličnih ležaja

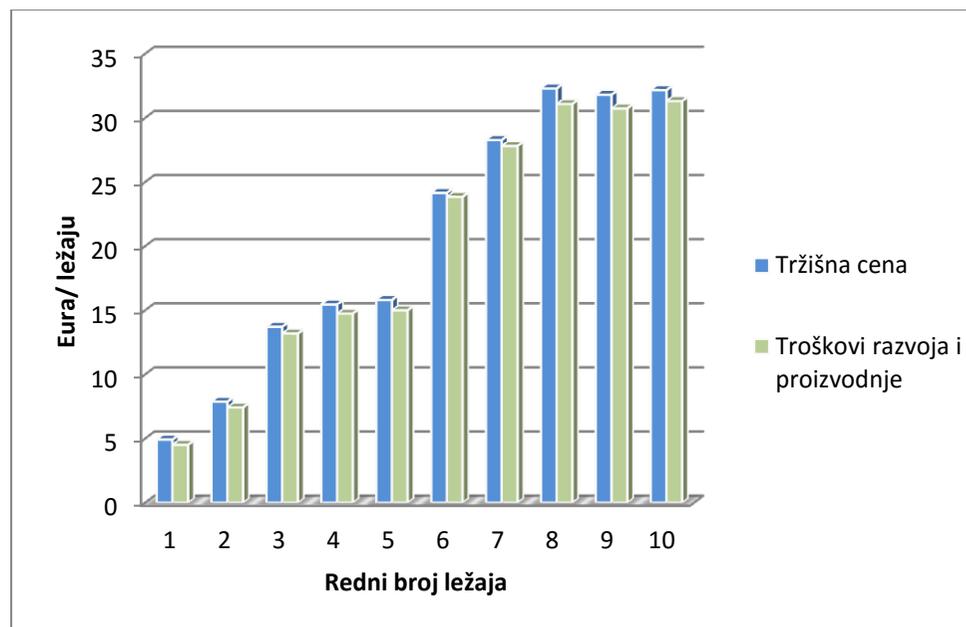
Redni broj	DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA LEŽAJA (€/kom)				Ukupni troškovi životnog ciklusa	$T_{ra} + T_{pr}$	C_T	$C_T - (T_{ra} + T_{pr})$
	d	D	B	m		Razvoj	Proizvodnja	Upotreba	Reciklaža				
						T_{ra}	T_{pr}	T_{up}	T_{re}				
1	40	68	15	0,19	6008	0,63	3,42	2,27	0,61	6,93	4,05	4,52	0,47
2	65	100	18	0,44	6013	1,45	7,80	5,19	1,44	15,88	9,25	9,75	0,50
3	90	140	24	1,15	6018 M	1,94	11,50	7,63	2,43	23,5	13,44	13,96	0,52
4	100	150	24	1,25	6020 M	2,14	12,90	8,58	2,82	26,44	15,04	15,68	0,64
5	110	170	28	1,95	6022 M	4,36	27,10	17,80	7,20	56,46	31,46	32,20	0,74
6	120	180	28	2,05	6024 M	4,97	29,10	19,10	7,84	61,01	34,07	35,52	1,45
7	170	260	42	7,90	6034 M								
8	200	310	51	14	6040 M								
9	260	400	65	29,5	6052 M								
10	300	460	74	44,0	6060 M								



Slika 8.11 Tržišne cene i troškovi razvoja i proizvodnje

Tabela 8.36: Ocena profitabilnosti proizvodnje dvorednih kugličnih ležaja sa kosim dodirom

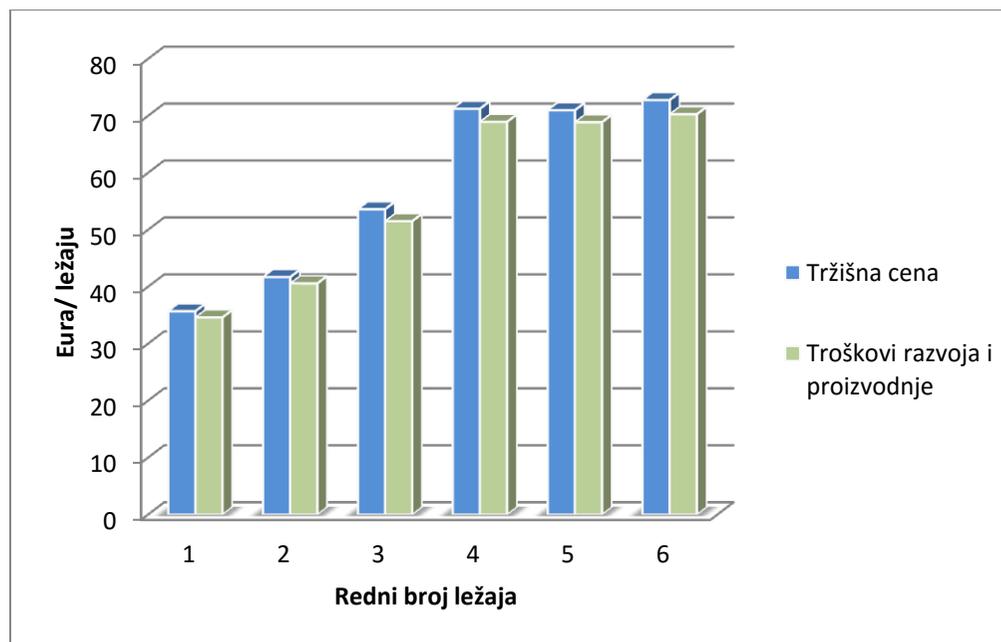
Redni broj	DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA LEŽAJA (€/kom)				Ukupni troškovi životnog ciklusa	$T_{ra} + T_{pr}$	C_T	$C_T - (T_{ra} + T_{pr})$
	d	D	B	m		Razvoj	Proizvodnja	Upotreba	Reciklaža				
						T_{ra}	T_{pr}	T_{up}	T_{re}				
1	30	62	23,8	0,31	3206	0,69	3,83	2,55	0,72	7,79	4,52	4,93	0,41
2	35	72	27	0,48	3207	1,12	6,31	4,24	1,22	12,89	7,43	7,88	0,45
3	40	80	30,2	0,65	3208	2,00	11,20	7,48	2,10	22,78	13,20	13,72	0,52
4	45	85	30,2	0,70	3209	2,25	12,50	8,32	2,31	25,38	14,75	15,46	0,71
5	50	90	30,2	0,74	3210	2,31	12,70	8,44	2,33	25,78	15,01	15,81	0,80
6	55	100	33,3	1,05	3211	3,85	20,00	13,20	3,56	40,61	23,85	24,16	0,31
7	60	110	36,5	1,36	3212	4,52	23,30	15,30	4,45	47,57	27,82	28,28	0,46
8	65	120	38,1	1,76	3213	4,69	26,40	17,30	6,03	54,42	31,09	32,30	1,21
9	70	125	39,7	1,93	3214	4,44	26,30	17,30	6,41	54,45	30,74	31,81	1,07
10	75	130	41,3	2,08	3215	5,12	26,20	17,20	6,59	55,11	31,32	32,17	0,85



Slika 8.12 Tržišne cene i troškovi razvoja i proizvodnje

Tabela 8.37: Ocena profitabilnosti proizvodnje jednorednih kugličnih ležaja sa kosim dodirom

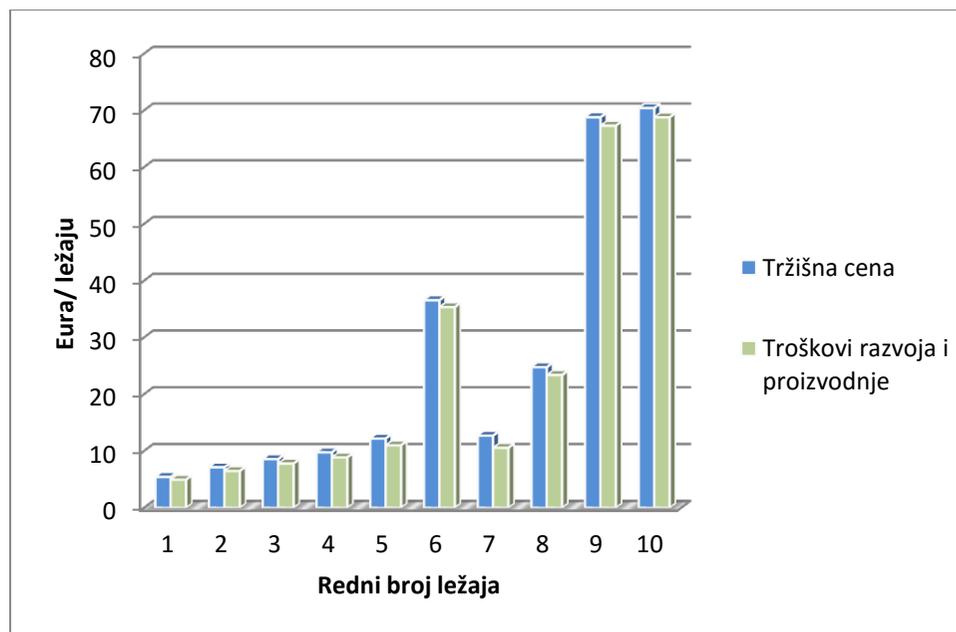
Redni broj	DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA LEŽAJA (€/kom)				Ukupni troškovi životnog ciklusa	$T_{ra+T_{pr}}$	C_T	$C_T - (T_{ra+T_{pr}})$
	d	D	B	m		Razvoj	Proizvodnja	Upotreba	Reciklaža				
						T_{ra}	T_{pr}	T_{up}	T_{re}				
1	90	160	30	2,30	7218 BE	4,72	29,90	19,60	8,55	62,77	34,62	35,71	1,09
2	100	180	34	3,30	7220 BE	6,30	34,30	22,60	9,42	72,62	40,60	41,71	1,11
3	105	190	36	3,95	7221 BE	7,82	43,70	28,90	10,9	91,32	51,52	53,62	2,10
4	110	200	38	4,60	7222 BE	9,57	59,40	39,60	13,2	121,77	68,97	71,27	2,30
5	120	215	40	6,10	7224 BE	10,4	58,50	39,00	11,9	119,8	68,90	71,00	2,10
6	130	230	40	6,95	7226 BE	10,70	59,60	39,80	12,6	122,7	70,30	72,80	2,50
7	180	320	52	18,0	7236 BE								
8	190	340	55	22,0	7238 BE								
9	220	400	65	37	7244 BE								
10	240	440	72	49	7348 BE								



Slika 8.13 Tržišne cene i troškovi razvoja i proizvodnje

Tabela 8.38: Ocena profitabilnosti proizvodnje valjkastih jednorednih ležaja

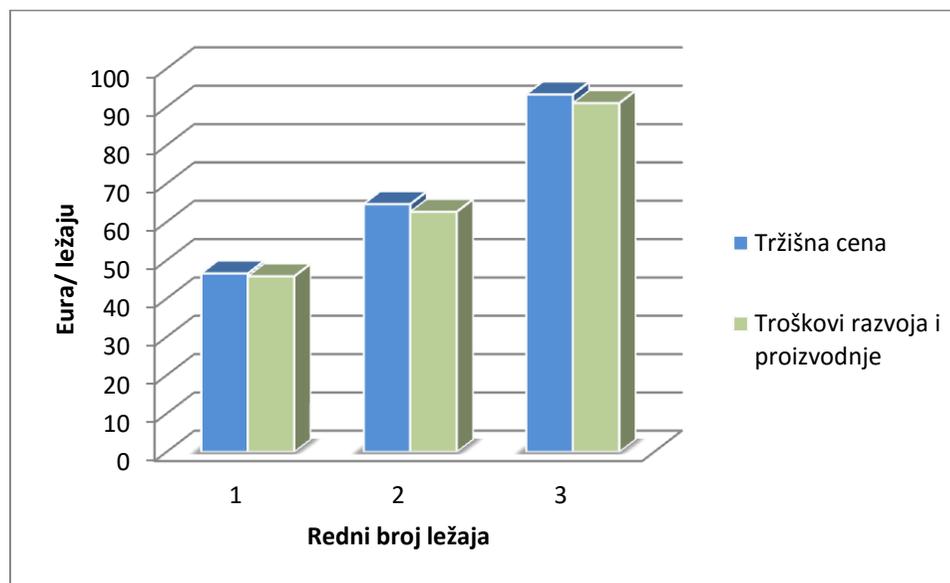
Redni broj	DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA LEŽAJA (€/kom)				Ukupni troškovi životnog ciklusa	$T_{ra} + T_{pr}$	C_T	$C_T - (T_{ra} + T_{pr})$
	d	D	B	m		Razvoj	Proizvodnja	Upotreba	Reciklaža				
						T_{ra}	T_{pr}	T_{up}	T_{re}				
1	35	72	17	0,304	NU 207 EM	0,762	4,19	2,80	0,78	8,53	4,95	5,44	0,49
2	40	80	18	0,38	NU 208	1,00	5,49	3,67	1,03	11,19	6,49	7,14	0,65
3	45	85	19	0,44	NU 209	1,20	6,59	4,40	1,24	13,43	7,79	8,57	0,78
4	50	90	20	0,49	NU 210	1,37	7,50	5,01	1,41	15,29	8,87	9,78	0,91
5	55	100	21	0,67	NU 211 EM	1,71	9,30	6,20	1,74	18,95	11,01	12,21	1,20
6	70	150	35	2,89	NU 314 EM	5,05	30,3	19,90	8,64	63,89	35,35	36,57	1,22
7	75	115	20	0,75	NU 1015 M	1,64	8,93	5,94	1,69	18,2	10,57	12,71	2,14
8	80	140	26	1,60	NU 216 EM	3,19	20,20	13,30	4,88	41,57	23,39	24,78	1,39
9	110	200	38	4,80	NU 222 E	9,13	58,20	38,80	13,00	119,13	67,33	68,82	1,49
10	130	230	40	6,80	NU 226 EM	10,70	58,10	38,80	12,00	119,6	68,80	70,43	1,63



Slika 8.14 Tržišne cene i troškovi razvoja i proizvodnje

Tabela 8.39: Ocena profitabilnosti proizvodnje buričastih dvorednih ležaja

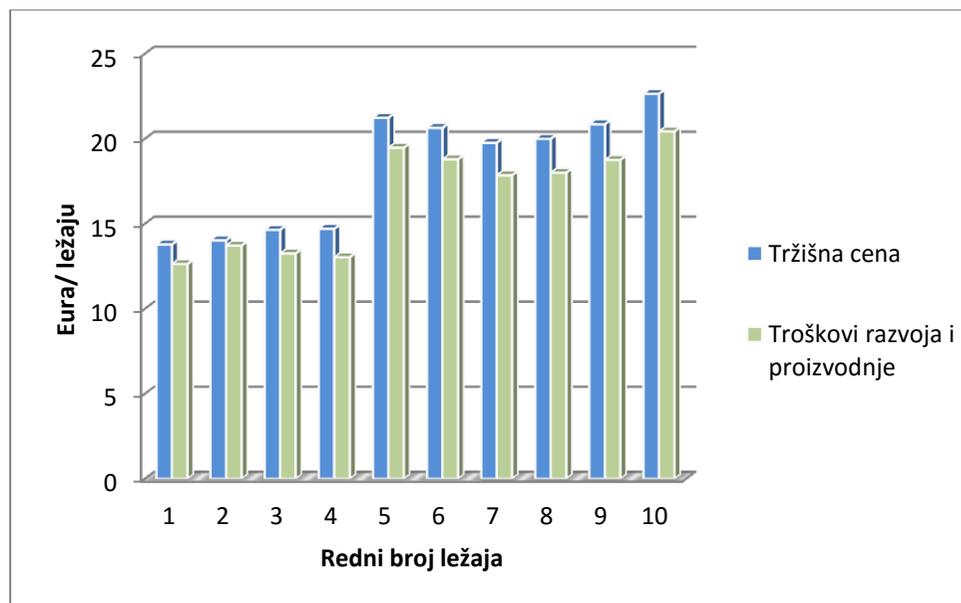
Redni broj	DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA LEŽAJA (€/kom)				Ukupni troškovi životnog ciklusa	$T_{ra+T_{pr}}$	C_T	$C_T - (T_{ra+T_{pr}})$
	d	D	B	m		Razvoj	Proizvodnja	Upotreba	Reciklaža				
						T_{ra}	T_{pr}	T_{up}	T_{re}				
1	120	180	46	4,50	23024	6,52	39,30	26,10	9,06	80,98	45,82	46,57	0,75
2	130	200	52	6,37	23026	9,56	53,10	35,40	10,9	108,96	62,66	64,66	2,00
3	150	225	56	7,58	23030	10,70	80,30	54,00	18,1	163,1	91,00	93,28	2,28
4	170	260	67	12,5	23034								
5	190	290	75	17,5	23038								
6	200	310	82	23,1	23040								
7	240	360	92	34,0	23048 C								
8	260	400	104	47,7	23052 C								
9	280	420	106	54,5	23056 M								
10	300	460	118	75,8	23060 M								



Slika 8.15 Tržišne cene i troškovi razvoja i proizvodnje

Tabela 8.40: Ocena profitabilnosti proizvodnje igličastih jednorednih ležaja

Redni broj	DIMENZIJE I MASA LEŽAJA				OZNAKA	TROŠKOVI ŽIVOTNOG CIKLUSA LEŽAJA (€/kom)				Ukupni troškovi životnog ciklusa	T _{ra} + T _{pr}	C _T	C _T -(T _{ra} + T _{pr})
	d	D	B	m		Razvoj	Proizvodnja	Upotreba	Reciklaža				
						T _{ra}	T _{pr}	T _{up}	T _{re}				
1	55	85	28	0,650	Na 55 V	1,93	10,70	7,14	2,00	21,77	12,63	13,78	1,15
2	60	90	28	0,705	Na 60 V	2,11	11,60	7,71	2,15	23,57	13,71	14,02	0,31
3	65	95	28	0,735	Na 65 V	2,05	11,20	7,44	2,07	22,76	13,25	14,64	1,39
4	70	100	28	0,785	Na 70 V	2,03	11,00	7,34	2,05	22,42	13,03	14,70	1,67
5	75	110	32	1,16	Na 75 V	3,07	16,40	10,90	3,14	33,51	19,47	21,23	1,76
6	80	115	32	1,24	Na 80 V	2,89	15,90	10,50	3,20	32,49	18,79	20,64	1,85
7	85	120	32	1,29	Na 85 V	2,66	15,20	10,10	3,21	31,17	17,85	19,76	1,91
8	90	125	32	1,35	Na 90 V	2,60	15,40	10,20	3,37	31,57	18,00	19,99	1,99
9	95	130	32	1,41	Na 95 V	2,65	16,10	10,70	3,63	33,08	18,75	20,85	2,1
10	100	135	32	1,49	Na 100 V	2,83	17,60	11,60	4,07	36,1	20,43	22,64	2,21



Slika 8.16 Tržišne cene i troškovi razvoja i proizvodnje

9. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA I ZAKLJUČCI

9.1 ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Prikupljeni podaci o troškovima razvoja i proizvodnje izabrane grupe kotrljajućih ležaja iz sadašnjeg proizvodnog programa posmatranog preduzeća, u uslovima konkurentnosti na globalnom tržištu, koju karakterišu niske tržišne cene proizvoda konkurenata, pokazuju da se proces proizvodnje ovih ležaja realizuje sa relativno niskom profitabilnošću.

U sadašnjim uslovima i karakteristikama procesa proizvodnje nove grupe kotrljajućih ležaja u posmatranom preduzeću, kao i u uslovima niskih tržišnih cena odgovarajućih proizvoda konkurenata, dobijeni rezultati o troškovima životnog ciklusa novih proizvoda pokazuju da će se i njihova proizvodnja realizovati sa niskom profitabilnošću.

Dobijeni rezultati primene razvijenog modela upravljanja troškovima životnog ciklusa u fazi razvoja novih ležaja i procesa proizvodnje, pokazuju da tačnost i pouzdanost podataka neophodnih za upravljanje ciljnim profitom, koje je bazirano na upravljanju troškovima razvoja i proizvodnje, najviše zavisi od tačnosti podataka o troškovima izabrane grupe sličnih proizvoda iz sadašnjeg proizvodnog programa preduzeća.

U procesu obučavanja, testiranja i validacije primenjene fazi-neuronske mreže dobijeni su rezultati sa niskim procentom grešaka, uključujući i grešku testiranja koja se može prihvatiti za rešavanje postavljenih zadataka primene ovog modela u fazi razvoja proizvoda.

U razvijenom modelu za određivanje troškova životnog ciklusa proizvoda, primenjena je izabrana fazi-neuronska mreža, kao jedna od savremenih metoda koja je bazirana na mašinskom učenju. Uređenost podataka o troškovima životnog ciklusa realizovanih proizvoda koji su neophodni za obučavanje izabrane fazi-neuronske mreže zasnovana je na konstrukcionoj sličnosti i sličnosti procesa proizvodnje realizovanih proizvoda.

Određivanje troškova životnog ciklusa primenom razvijenog modela, u većini slučajeva ne daje pouzdane podatke o troškovima za ležaje čije su dimenzije izvan opsega dimenzija u kome je vršeno obučavanje primenjene fazi-neuronske mreže.

Pri određivanju troškova proizvodnje za određene dimenzije nove grupe dvorednih kugličnih ležaja sa kosim dodirom, valjkastih i igličastih ležaja, primenom razvijenog modela pojavio se određeni broj nelogičnih vrednosti ovih troškova koje nisu u skladu sa porastom dimenzija, što je u okviru dozvoljenih grešaka i nedostataka korišćenog programskog sistema.

Usvojeni relevantni parametri kotrljajućih ležaja, koji se odnose na spoljašnji prečnik (D), prečnik otvora (d), širinu (B) i masu ležaja (m), kao ulazni podaci, u razvijenom modelu omogućavaju prepoznavanje i izbor sličnih proizvoda i dobijanje pouzdanih podataka za troškove novih proizvoda za određene proizvodne uslove.

Za obučavanje, testiranje i validaciju primenjene fazi-neuronske mreže korišćeni su podaci o troškovima za 93 slična proizvoda, pa se dobijeni podaci za troškove životnog ciklusa novih proizvoda, kao i za upravljanje ciljnim profitom, odnosno ciljnim troškovima, mogu prihvatiti sa zadovoljavajućim stepenom pouzdanosti.

9.2 ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih rezultata u predmetnim istraživanjima mogu se usvojiti sledeći najvažniji zaključci:

(1) Razvijeni model omogućava upravljanje troškovima pojedinih faza životnog ciklusa u fazi razvoja, kada se određivanjem ovih troškova za pojedine varijante rešenja konceptualnog i preliminarnog razvoja dizajna novog proizvoda, usvajaju rešenja koja na tržištu obezbeđuju ciljni profit i konkurentnost proizvoda i u pogledu upotrebe, odnosno reciklaže.

(2) Upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda je od posebnog značaja, kako u fazi razvoja novih proizvoda, tako i u fazi upotrebe, jer se na osnovu povratnih informacija sa tržišta, primenom razvijenog modela usmeravaju pravci poboljšanja realizovanih proizvoda u skladu sa zahtevima tržišta, što je i jedan od osnovnih zadataka savremenih PLM sistema.

(3) Dobijeni rezultati istraživanja, koji se odnose na značaj, mogućnost i efekte primene razvijenog modela, doprinose podizanju svesti preduzeća, kada je reč o prikupljanju, sistematizaciji i razvoju baze podataka za troškove, pre svega troškova razvoja i proizvodnje proizvoda koji su realizovani u preduzeću.

(4) Baza podataka za troškove životnog ciklusa realizovanih proizvoda, kao integralni deo baze podataka za proizvode, omogućava da se za grupe sličnih realizovanih proizvoda u određenim proizvodnim uslovima obuče odgovarajuće fazi-neuronske mreže, kao odgovarajuće baze znanja posmatranog preduzeća. Ove baze znanja u savremenim prilazima i tehnikama koje se primenjuju u razvoju proizvoda imale bi značajan doprinos efikasnijem i kvalitetnijem vrednovanju i izboru najpovoljnijih rešenja dizajna novih proizvoda.

(5) Tačnost i pouzdanost podataka o troškovima životnog ciklusa realizovanih proizvoda u određenim uslovima proizvodnje, čine fundamentalni osnov za razvoj modela upravljanja troškovima životnog ciklusa sličnih proizvoda, pri čemu je sličnost određenih proizvoda bazirana na konstrukcionoj sličnosti i sličnosti procesa proizvodnje.

(6) Razvijeni hibridni model, u odnosu na tradicionalne modele, omogućuje bržu i efikasniju procenu i upravljanje troškovima životnog ciklusa u fazi razvoja proizvoda.

(7) Razvijeni hibridni model može se primeniti za upravljanje troškovima životnog ciklusa proizvoda i u drugim industrijama, kao što su građevinska, tekstilna, elektronska, industrija nameštaja, itd.

(8) Razvojem modela upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda postignuti su najvažniji ciljevi istraživanja koji doprinose:

- *Efikasnijem upravljanju troškovima životnog ciklusa u fazi razvoja proizvoda,*
- *Povećanju svesti kompanija o značaju posmatranja troškova životnog ciklusa proizvoda i njihovom uticaju na konkurentnost na tržištu i*
- *Kvalitetnijem upravljanju profitabilnošću proizvoda na tržištu, jer se u fazi razvoja mogu uvoditi određene izmene na proizvodu pre početka proizvodnje.*

(9) Razvijeni model upravljanja troškovima životnog ciklusa, koji je baziran na primeni savremenih metoda mašinskog učenja omogućava tačnije određivanje troškova u fazi razvoja proizvoda u odnosu na klasične metode, čime su dokazane postavljene hipoteze:

- *Hibridni model upravljanja troškovima životnog ciklusa proizvoda omogućava bolju procenu vrednosti troškova u odnosu na klasične modele i*
- *Hibridni model omogućava upravljanje ukupnim troškovima, kao i troškovima pojedinih faza životnog ciklusa proizvoda.*

9.3 PRAVCI DALJIH ISTRAŽIVANJA

Osnovni pravci budućih istraživanja biće usmereni na istraživanje mogućnosti povećanja efikasnosti primene razvijenog modela kroz:

- *Automatizaciju određenih faza primene modela, pre svega automatizovano prepoznavanje i izbor sličnih realizovanih proizvoda, za koje su troškovi životnog ciklusa poznati za određene uslove proizvodnje,*
- *Angažovanje ekspertskih timova za obučavanje fazi-neuronskih mreža za procenu i upravljanje troškovima životnog ciklusa za pojedine grupe sličnih proizvoda u određenim proizvodnim uslovima,*
- *Mogućnost primene i drugih metoda veštačke inteligencije za određivanje troškova životnog ciklusa u fazi razvoja proizvoda, pre svega fazi logike i*
- *Implementaciju razvijenog modela u savremene PLM sisteme.*

10. LITERATURA

- [1] Anišić, Z.: Projektovanje za izvrsnost- DFX (Design for Excellence), Fakultet tehničkih nauka, str.157-190.,Novi Sad, ISBN 978-86-7892-509-2, 2013.
- [2] Anišić, Z., Veža, I., Suzić, N., Sremčev, N., Orčik, A.: Improving product design with IPS-DFX methodology incorporated in PLM software, Tehnicki vjestnik- Technical Gazette, pp. 183-193, 2013.
- [3] Anišić Z.:Razvoj i menadžment proizvoda u toku životnog ciklusa,MAS-PLM Tempus JP-Agreement No: 144959-TEMPUS-2008-IT-JPRC
- [4] Alting, L.:Life- Cycle Design of Products: A New Opportunity for Manufacturing Enterprise, in Concurrent Engineering: Automation, Tools and Techniques,pp. 1-17, John Wiley & Sons, Inc.,1993.
- [5] Aca, J.:Reference Model and Methodology to Configure/ Reconfigure Integrated Product, Process and Facility Development Processes, M.S. Thesis, Division of Eng. and Architecture, Tecnologico de Monterrey, Monterrey, Mexico, 2004.
- [6] Ammar, M., Zayed, T., Moselhi, O.: Fuzzy-Based Life-Cycle Cost Model for Decision Making under Subjectivity, Journal of Construction Engineering and Management ASCE / MAY 2013.
- [7] Agyapong-Kodua, K., Wahid, B.M., Weston, R.H.: Towards the derivation of an integrated process cost-modelling technique for complex manufacturing systems, International Journal of Production Research, Vol. 49, No. 24, pp.7361–7377, 2011.
- [8] Abdulrezak, M., Tahir C.: Knowledge based-system for alternative design, cost estimating and scheduling, Knowledge-Based Systems, Vol. 15, pp.177-188, 2002.
- [9] Audretsch, D.B., Feldman, M.P.: Innovative Clusters and the Industry Life Cycle, Review of Industrial Organization, Vol. 11, pp.253-273, 1996.
- [10] Arditi, D.A., Messiha, H.M.: Life-cycle costing in municipal construction projects, Journal of Infrastructure Systems, Vol. 2, March, 1996.
- [11] Adithan, M.: Process Planning and Cost Estimation, New Age International (P) Limited, Publisher, New Delhi, ISBN 978-81-224-2655-7, 2007.
- [12] Ahmad, W.: Cost modelling system to support lean product and process development, PhD Thesis, Cranfield University, UK,2012.
- [13] Arezoo, B., Ridgway, K., Al-Ahmari, A. M. A.: Selection of cutting tools and conditions of machining operations using an expert system, Computers in Industry, vol. 42, no. 1, pp. 43-58, 2000.
- [14] Abdalla, H.S.: Concurrent engineering for global manufacturing, International Journal of Production Economics, 60–61:1, 251–260, 1999.
- [15] Archer, L. B. : Systematic Method for Designers in N. Cross, Developments in Design Methodology,. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. pp.58, 64., 1984.
- [16] Babić, B., Nešić, N., Miljković, Z.: Automatic feature recognition using artificial neural networks to integrate design and manufacturing-Review of automatic feature recognition systems, Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and manufacturing, pp.1, 2010.
- [17] Ben-Arieh, D.: Parametric Cost Estimation of Design Activities, Department of Industrial and Manufacturing Systems Engineering, Kansas State University, Manhattan, KS, 2000.
- [18] Broderick, D., Wright, P., Kattan, R.: Minimizing the Cost of Coating Ships, Journal of Ship Production and Design, Vol. 29, No. 3, pp. 142–149, August 2013.

- [19] Boothroyd, G., Radovanovic, P.: Estimating the Cost of Machined Components During the Conceptual Design of a Product ,Annals of the CIRP Vol. 38/1/1989.
- [20] Bouaziz , Z., Ben Younes, J., Zghal, A.:Cost estimation system of dies manufacturing based on the complex machining features, Int. J. Adv. Manuf. Technol ., Vol. 28, pp. 262–271, 2006.
- [21] Boothroyd, G; Reynolds C.: Approximate Cost Estimates for Typical Turned Parts, Journal of Manufacturing Systems, Vol.8, No.3
- [22] Bayus, B.L.: Are Product Life Cycles Really Getting Shorter?, J.Prod.Innov. Manag., Vol. 11, pp.300-308, 1994.
- [23] Bidanda, B., Kadidal, M., Billo, R.E.: Development of an intelligent castability and cost estimation system, Int. J. Prod. Res., Vol. 36, no. 2, pp.547± 568,1998.
- [24] Birkofer, H.: The Future of Design Methodology, Springer-Verlag , London, ISBN 978-0-85729-614-6, 2011.
- [25] Bjorke, O., Myklebust, O.: IMPPACT- Integrated Modelling of Products Processes Using Advanced Computer Technologies, Tapir, Trondheim, Norway, 1992, ISBN 978-8251909730
- [26] Burke, L.I, Rangwala, S.: Tool condition monitoring in metal cutting, a neural network approach, Journal of Intelligent Manufacturing, 2 (5), 269-280, 1991.
- [27] Badida, M.,Bosak, M, a kol: Recyklacia a recyklačne technologie, Stojnicka fakulta TU Košice, 2007, 623 s., ISBN 978-80-8073-946-1.
- [28] Badida, M., Šooš, L., Hodolič, J., Bosak, M.: Recyklacia a recyklačne technologie II, 1.časť, Strojnícka fakulta TU Košice, 2010.
- [29] Borojević, S.: Razvoj sistema za simultano projektovanje proizvod i tehnoloških procesa, Doktorska disertacija, FTN, Novi Sad, 2015.
- [30] Chan, D. S. K.: Expert system for product manufacturability and cost evaluation, Materials and Manufacturing Processes, vol. 18, no. 2, pp. 313-322, 2003.
- [31] Cavalieri, S., Maccarrone, P., Pinto, R.: Parametric vs. neural network models for the estimation of production costs: A case study in the automotive industry, International Journal of Production Economics, vol. 91, no.2, pp. 165-177, 2004.
- [32] Chen, M. Y, Chen, D. F. : Early cost estimation of strip-steel coiler using BP neural network, Proceedings of the First International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Beijing, IEEE, pp. 1326-1331, 2002.
- [33] Chou, J. S., Tai, Y.: Generalized regression neural nets in estimating the high-tech equipment project cost, Second International Conference on Computer Engineering and Applications (ICCEA), DOI 10.1109/ICCEA.2010.206, pp. 281-284, 2010.
- [34] Ciurana, J., Quintana, G., Garcia-Romeu, M. L.: Estimating the cost of vertical high-speed machining centres, a comparison between multiple regression analysis and the neural networks approach, International Journal of Production Economics, vol. 115, no. 1, pp. 171-178, 2008.
- [35] Cao, Y., Zhang, H., Mao, J., Yang, J.: Novel cost-tolerance model based on fuzzy neural networks, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, vol. 224, pp. 1-9, 2010.
- [36] Creese, R.C., Moore, L.T.: Cost Modeling for Concurrent Engineering, Cost Engineering, Vol. 32, No.6., pp. 23-27, 1990.
- [37] Cos, J. de., Sanchez, F., Ortega, F., Montequin, V.: Rapid cost estimation of metallic components for the aerospace industry, International Journal of Production Economics, 112(1), 470–482, 2008.
- [38] Che, Z.H. : Pricing strategy and reserved capacity plan based on product life cycle and production function on LCD TV manufacturer, Expert Systems with Applications Vol. 36, pp. 2048–2061, 2009.

- [39] Castro-Santos L., Diaz-Casas V.: Life-cycle cost analysis of floating offshore wind farms *Renewable Energy*, Vol.66, pp.41-48, 2014.
- [40] Chen, T.: A collaborative and artificial intelligence approach for semiconductor cost forecasting, *Computers & Industrial Engineering*, Vol.66 , pp.476–484, 2013.
- [41] Cheng-Kang C.,*, Ta-Wei H., Tzu-Chun W.: A net present value approach in developing optimal replenishment policies for a product life cycle, *Applied Mathematics and Computation*, Vol.184,pp. 360–373, 2007
- [42] Cassina, J, Tomasella, M, Taisch, M, Matta, A.:A new closed-loop PLM Standard for mass products, *International Journal of Product Development*, vol 8, no. 2, pp. 141-161.,2009.
- [43] Chougule, R. G., Ravi, B.: Casting cost estimation in an integrated product and process design environment, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 19, No. 7, pp. 676 – 688, 2006.
- [44] Crawford, M., Di Benedetto, A.:*New Products Management*, McGraw-Hill, New York, ISBN 978-0-07-340480-6, 2011.
- [45] Chryssolouris, G.: *Manufacturing Systems: Theory and Practice*, Springer Science and Business Media, Inc., New York, ISSN 978-0387-25683-2, 2006.
- [46] Chou, S., Trappey, A., Pokojski, J., Smith, S.: *Global Perspective for Competitive Enterprise, Economy and Ecology*, Proceedings of the 16th ISPE International Conference on Concurrent Engineering, Taiwan, 2009.
- [47] Cross, N. : *Engineering Design Methods*, 2nd Ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. pp. 45, 1998.
- [48] Crandell, B.; Masui, T.:*e-Manufacturing Requirements*, Proceedings of SEMI e- Manufacturing Workshop Tokyo,2001.
- [49] Cheng, K., Bateman, R.J.: *e-Manufacturing: Characteristics, Applications and Potentials*,*Progress in Natural Science*, Elsevier Science Ltd., 2008.,Vol. 18, No.11, pp.1323-1328, ISSN 1002-0071.
- [50] Ćosić, I., Maksimović, R.: *Proizvodni menadžment*, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2014.
- [51] Ćosić, I., Lazarević, M.: *Tehnologije demontaže proizvoda*, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2012.
- [52] Ćosić, I., Anišić, Z., Lazarević, M.: *Tehnološki sistemi u montaži*, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2012.
- [53] Duran, O., Maciel, J., Rodriguez, N.: Comparisons between two types of neural networks for manufacturing cost estimation of piping elements, *Expert Systems with Applications*, Vol. 39 pp. 7788–7795, 2012.
- [54] Deng, S., Yeh, T.-H.: Using least squares support vector machines for the airframe structures manufacturing cost estimation, *Int. J. Production Economics*, Vol. 131, pp.701–708, 2011.
- [55] Daschbach, J.M., Apgar, H.: *Design Analysis Through Techniques of Parametric Cost Estimation*, *Engineering Costs and Production Economics*, Vol. 14, pp. 87-93, 1988.
- [56] Downs K.A., Trappey, A.J.C.: A sequential Block Approach To The Design Of A Cost Estimation System, *Computers and Industrial Engineering*, Vol.23. No.1-4.,pp. 423-426, 1992.
- [57] Dewhurst, P., Boothroyd, G.: Early Cost Estimation in Product Design, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol.7. No.3.
- [58] DeBresson, C., Lampel, J.: *Beyond the Life Cycle: Organizational and Technological Design. I. An Alternative Perspective*, *J. Prod. Innov. Manag*, Vol. 3, pp.170-187, 1985.
- [59] DeBresson, C., Lampel, J.: *Beyond the Life Cycle. II. An Illustration*, *J. Prod. Innov. Manag.*, Vol.3, pp.188-195, 1985.

- [60] Dean, E.B.: Parametric Cost Analysis: A Design Function, American Association of Cost Engineers 33rd Annual Meeting, San Diego CA, 25-28 June 1989.
- [61] Duverlie, P., Castelain, J. M.: Cost estimation during design step: parametric method versus case based reasoning method, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 15, no. 12, pp. 895-906, 1999.
- [62] Djassemi, M.: A computer-based economic analysis for manufacturing process selection, *Proceedings of the 2008 IAJC-IJME International Conference*, Nashville, Tennessee, USA, ISBN 978-1-60643-379-9, 2008.
- [63] Dimitrellou, S. C., Diplaris, S. C., Sfantsikopoulos, M. M.: Tolerance elements: an alternative approach for cost optimum tolerance transfer, *Journal of Engineering Design*, vol. 19, no. 2, pp. 173-184, 2008.
- [64] Dieter, G.E. : *Engineering Design: A Materials and Processing Approach*, 3rd ed., McGraw-Hill, Singapore, 2000.
- [65] Đapić, M.: Evidencioni sistemi u razvoju proizvoda i procesa, Monografija br.9 iz serije Inteligentni tehnološki sistemi, Lola Institut, Beograd, 2005, ISBN 978-86-906973-0-06.
- [66] Esawia, A.M.K., Ashby, M.F.: Cost estimates to guide pre-selection of processes, *Materials and Design*, Vol. 24, pp.605–616, 2003.
- [67] 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.
- [68] Fitch , P., Cooper, J.S.: Life-cycle modeling for adaptive and variant design, Part 1: Methodology, *Research in Engineering Design*, Vol.15, pp.216–228, 2005.
- [69] Fitch , P., Cooper, J.S.: Life cycle modeling for adaptive and variant design part 2: case study, *Research in Engineering Design*, Vol.15, pp. 229–241, 2005.
- [70] Feng, C.-X., Kusiak, A., Huang, C.-C.: Cost evaluation in design with form features, *Computer-Aided Design*. Vol 28, No 11. pp. 879-885. 1996
- [71] Ficko, M., Drstvensek, I., Brezocnik, M., Balic, J., Vaupotic, B.: Prediction of total manufacturing costs for stamping tool on the basis of CAD-model of finished product, *Journal of Materials Processing Technology* Vol. 164–165, pp. 1327–1335, 2005.
- [72] Freeman, B.: *The STEP Manufacturing Suite*, Lean Manufacturing Workshop "New Technology for faster Planning and Faster Machining", SCRA and Affiliated R&D Institutes, Washington, 2004.
- [73] Gowthorpe, C.: *Upravljačko računovodstvo*, Data Status, Beograd, 2008.
- [74] García-Crespo, Á., Ruiz-Mezcua, B., López-Cuadrado, J. L., González- Carrasco, I.: A review of conventional and knowledge based systems for machining price quotation, *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 22, no. 6, pp. 823-841, 2011.
- [75] Guang-Zhi M., Enmin S., Chih-Cheng H., Li, S., Dong-Shan H.: Multiple costs based decision making with back-propagation neural networks, *Decision Support Systems*, Vol. 52 , pp. 657–663, 2012.
- [76] Golder, P.N., Tellis, G.J.: Growing, Growing, Gone: Cascades, Diffusion, and Turning Points in the Product Life Cycle, *Marketing Science*, Vol. 23, No. 2, pp. 207–218, 2004.
- [77] Grieves, M.: *Product Lifecycle Management, Driving Next Generation of the Lean Thinking*, McGraw-Hill, New York, pp. 32-44, ISBN 0071452303, 2005.
- [78] Guera, D., Contero, M., Orta, P., Molina, A.: Industrial Applications of PLM: Automotive and Aerospace Sectors, *Proceedings of Virtual Concept*, Playa del Carmen, Mexico, 2006.
- [79] Grieves, M.: *Product Lifecycle Management: Driving Next Generation of the Lean Thinking*, McGraw Hill, pp. 32-44, New York 2005.

- [80] H'midaa, F., Martin, P, Vernadat, F.: Cost estimation in mechanical production: The Cost Entity approach applied to integrated product engineering, *Int. J. Production Economics* , Vol.103, pp. 17–35, 2006.
- [81] 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.
- [82] Huang, X.X., Newnes, L.B., Parry, G.C.: The adaptation of product cost estimation techniques to estimate the cost of service, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* Vol. 25, No. 4–5,pp.417–431, 2012.
- [83] Hasangholipour, T, Khodayar F.: A Novel Optimized Neural Network Model for Cost Estimation using Genetic Algorithm, *Journal of Applied Sciences*, Vol.10 (6), pp. 512-516, 2010.
- [84] Heping L.: Cost Estimation and Sensitivity Analysis on Cost Factors: A Case Study On Taylor Kriging, Regression and Artificial Neural Networks, *The Engineering Economist*, Vol.55, pp. 201–224, 2010.
- [85] Hsu, W., Woon, I.M.Y.: Current research in the conceptual design of mechanical products, *Computer-Aided Design*, Vol. 30, No.5, pp. 337-389,1998.
- [86] Huang, M.F., Zhong, Y.R., Xu, Z.G: Concurrent process tolerance design based on minimum product manufacturing cost and quality loss, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, Vol. 25,pp. 714–722, 2005
- [87] Hsieh, K.-L.: The study of cost-tolerance model by incorporating process capability index into product lifecycle cost, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, Vol. 28, pp. 638–642, 2006.
- [88] Haifeng L., Vivekanand G., Kim T. N. Q., Wee-Keong, N.: Regression models for estimating product life cycle cost, *J. Intell. Manuf.*, Vol. 20, pp.401–408, 2009.
- [89] Hermann, J.A., Cooper, J., Gupta, S.K., Hauyes, 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, 2004, pp. 853-861, ISN 0-7918-4696-2.
- [90] Ham, I, Lu, S.C.Y.: *Computer-Aided Process Planning: The Present and the Future*, *Annals of CIRP*, Vol.37,No.2, pp.591-601, 1988.
- [91] Jahan-Shahi, H., Shayan, E., Masood, S. H.: Multivalued fuzzy sets in cost/time estimation of flat plate processing, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 17, no. 10, pp. 751-759, 2001.
- [92] Johnson, M., Kirchain, R.: Quantifying the effects of parts consolidation and development costs on material selection decisions: A process-based costing approach, *Int. J. Production Economics* , Vol. 119,pp.174–186, 2009.
- [93] Jovane, F. , Alting, L., Armillotta, A., Eversheim, W., Feldmann, K., Seliger, G., Roth, N.: A Key Issue in Product Life Cycle: Disassembly, *Annals of the CIRP* ,Vol. 42/2/7993
- [94] Jung J.-Y. : Manufacturing cost estimation for machined parts based on manufacturing features, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 13, pp.227-238,2002.
- [95] Jocković, S., Ognjanović, Z., Stankovski, S.: *Veštačka inteligencija, inteligentne mašine i sistemi*,Krug, Beograd, 1997.
- [96] Jones, J. C.: *A Method of Systematic Design in N. Cross*, *Developments in Design Methodology*, Chichester: John Wiley & Sons Ltd. pp.21., 1984.
- [97] Jovanović, V., Tomović, M., Filipović, S.:*Internetom podržana saradnja u distribuiranim proizvodnim sistemima*, *Zbornik radova 33. Jupiter konferencije*, 26. Simpozijum CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala, Zlatibir, 2007, pp.1.26-1.31,ISBN 978-86-7083-592-4.

- [98] Jay, L.: *Virtual Manufacturing Fundamentals, Tools, and Transformation, Robotic and Computer-Integrated Manufacturing*, 2003
- [99] Jin, Y.: *Engineering Design Theory and Methodology*, Department of Mechanical Engineering, University of Southern California, Los Angeles, 1998.
- [100] Jurković, M.: *Reinženjering proizvodnih preduzeća-razvoj i modernizacija proizvodnje*, Grafičar, Bihać, 2011.
- [101] Jakovčević, K.: *Upravljanje troškovima*, Ekonomski fakultet, Subotica, 2008.
- [102] Karadgi, S., Muller, U., Metz, D., Schafer, W., Grauer, M. : *Cost estimation of automotive sheet metal components using knowledge-based engineering and case-based reasoning*, IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEE, pp. 1518-1522, 2009.
- [103] Karniel, A., Reich, Y.: *Managing the Dynamic of New Product Development Processes: A new Product Lifecycle Management Paradigm*, Springer Science & Business Media, 2011.
- [104] Kimura, F., Matoba, Y., Mitsui, K. : *Designing Product Reliability based on Total Product Lifecycle Modelling* , Annals of the CIRP, Vol. 56/1/2007
- [105] Kingsman, B.G., Artur de Souza, A.: *A knowledge-based decision support system for cost estimation and pricing decisions in versatile manufacturing companies*, Int. J. Production Economics, Vol. 53, pp.119-139, 1997.
- [106] Kukulj, D.: *Sistemi zasnovani na računarskoj inteligenciji*, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2007.
- [107] Kwang-Kyu S., Ji-Hyung P., Dong-Sik J., Wallace, D.: *Prediction of the life cycle cost using statistical and artificial neural network methods in conceptual product design*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 15, 541–554.
- [108] Koonce, D., Judd, R., Sormaz, D., Masel, D.T.: *A hierarchical cost estimation tool*, Computers in Industry, Vol. 50, pp. 293–302, 2003.
- [109] Khalifa, B.R., Ben Yahia, N., Zghal, A.: *Integrated feed forward neural networks systems for machines tools selection*, Second international conference on informatics in control, automation an robotics, ICINCO, Spain, 2005.
- [110] Koc, M., Ni, J., Lee, J., Bandyopadhyay, P.: *Introduction to e-Manufacturing*, The Industrial Information Technology Handbook, Chapter 97, CRC Press, 2005, pp. 97.1-97.9, ISBN 0-8493-1985-4
- [111] Kovacs, G., Kopacsi, S., Haidegger, G., Michelini, R.: *Ambient Intelligence in Product Lifecycle Management*, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol.19, No.8, pp.953-965, 2006.
- [112] Lukić, D.: *Razvoj opšteg modela tehnološke pripreme proizvodnje*, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2012.
- [113] Layer, A., Ten Brinke, E., Van Houten, F, Kals, H., Haasis, S.: *Recent and Future Trends in Cost Estimation*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Vol. 15, No.6., pp.499-510,2002.
- [114] Lukić, Lj. *Fleksibilni tehnološki sistemi, struktura, konstrukcija, upravljanje i tehnologija*, Mašinski fakultet Kraljevo, 2008.
- [115] Li, W.D., Qiu, Z.M.: *State of-the-art Technologies and Methodologies for Collaborative Product Development Systems*, International Journal of Production Research, Taylor&Francis, 2006, Vol.44, No. 13, pp.2525-2559, ISSN 0020-7543.
- [116] Loch, C.H., Kavadias, S.: *Handbook of New Product Development Management*, Firs edition, 2008.
- [117] Lazarević, M.: *Razvoj modela za upravljanje proizvodima u toku životnog veka primenom RFID tehnologije*, Doktorska disertacija, FTN, Novi Sad, 2009.

- [118] Maksimović, R.: Složenost i fleksibilnost struktura industrijskih sistema- Monografija, Fakultet tehničkih nauka, ISBN 86-80249-77-7, 2003.
- [119] Mauchand, M., Siadat, A., Bernard, A., Perry, N.: Proposal for tool-based method of product cost estimation during conceptual design, *Journal of Engineering Design*, Vol. 19, no. 2, pp. 159-172, 2008.
- [120] Milojević, M., Lukić, Lj.: Modularno projektovanje, Monografija, Lola Institut, Beograd, 1996.
- [121] Millet, D., Bistagnino, L., Lanzavecchia, C., Camous, R., Poldma, T.: Does the potential of the use of LCA match the design team needs?, *Journal of Cleaner Production*, Vol.15, pp.335-346, 2007.
- [122] Mileham, A. R., Currie, G. C., Miles, A. W., Bradford, D. T: A Parametric Approach to Cost Estimating at the Conceptual Stage of Design, *Journal of Engineering Design*, Vol. 4, No.2, 1993.
- [123] Martin, P., Dantan, J.y., Siadat, A: Cost Estimation and Conceptual Process Planning, In Cunha, P.F. And Maropoulous P.G. (ed.) *Digital Enterprise Technology: Perspective and Future Challenges*, Springer Science- Business Media, LLC., New York, pp.243-250., ISBN 978-0387498638, 2007.
- [124] Marri, H.B., Gunesekaran, A., Bulent, K.:Implementation of Computer- Integrated Manufacturing in Small and Medium Enterprises, *Industrial and Commercial Training*, 2003, Vol.35,No.4, pp.151-157, ISSN 0019-7858.
- [125] Marić, B.: Upravljanje investicijama, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2008.
- [126] Mitrofanov, S.P.: Naučnaja organizacija mašinstroiteljnova proizvodstva, Mašinstrojenije, Lenjingrad, 1976.
- [127] 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.
- [128] Niemann, J., Tichkiewitch, S., Westkamper, E.:Design of Sustainable Product Life Cycles, Springer-Verlag, Berlin, 2009.
- [129] 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.
- [130] Newnes, L., Valerdi, R.: Special issue on Through Life Cost estimating, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* ,Vol. 25, Nos. 4–5, pp.297–299, 2012.
- [131] Nazim, U.A.: A design and implementation model for life cycle cost management system, *Information & Management*, Vol. 28, pp. 261-269, 1995.
- [132] Nagalingam, S.V., Lin, G.C.I.: CIM-still the Solution for Manufacturing Industry, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2008, Vol. 24, No. 3, pp. 332-344, ISSN 0736-5845.
- [133] Ned, K.: *Encyclopedia of E-Collaboration*, IGI Publishing, Texas A&M International University, Information Science Reference, Hershey- New York, 2008, ISBN 978-1-59904-000-4.
- [134] Nerandžić, B.: Upravljačko računovodstvo, FTN izdavaštvo, Novi Sad, 2009.
- [135] Ou-yang C., Lin, T.s.: Developing an Integrated Framework for Feature-Based Early Manufacturing Cost Estimation, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* ,Vol.13, pp.618-629, 1997.
- [136] Ozbayrak, M., Akgun, M., Turker, A.K. : Activity-based cost estimation in a push/pull advanced manufacturing system, *Int. J. Production Economics*, Vol. 87, pp. 49–65, 2004.
- [137] Ognjanović, M.:Razvoj i dizajn mašina, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet u Beogradu, Beograd, ISBN 978-86-7083-603-7, 2007.
- [138] Petrović, B.: Razvoj proizvoda, Monografija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1997.

- [139] Pratt, M.J.: Introduction to ISO 10303- the STEP Standard for Product Data Exchange, Technical Note National Institute of Standards and Technology, USA.
- [140] Pahl, G., Beitz, W.: Engineering Design: A Systematic Approach, London: Design Council, 1984.
- [141] Popov, M.E., Popov, A.M.: Development of Design and Technological Planning Methodology in Integrated Production Preparation and Control Systems, Russian Engineering Research, Allerton Press, Inc., Vol.27.,No.6, pp.365-370, ISSN 1068-798X
- [142] Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.H.: Engineering Design- A Systematic Approach, Third edition, Springer-Verlag, London Limited, 2007.
- [143] Perović, V.: Poslovne finansije, FTN izdavaštvo, Novi sad, 2010.
- [144] Penezić, N.: Ekonomika preduzeća, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2005.
- [145] Qian, L., Ben-Arieh, D.: Parametric cost estimation based on activity-based costing: A case study for design and development of rotational parts, International Journal of Production Economics, vol. 113, no. 2, pp. 805-818, 2008.
- [146] Quintana, G., Ciruana, J.: Cost estimation support tool for vertical high speed machines based on product characteristics and productivity requirements, Int.J. Production Economics 134, 188-195, 2011.
- [147] Radaković, N.: Razvoj baze znanja za projektovanje tehnologije obrade, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, ISBN 86-7892-025-4, 2006.
- [148] Ramasesh, R., Tirupati, D., Vaitos, C.A.: Modelling process-switching decisions under product life cycle uncertainty, Int. J. Production Economics, Vol. 126, pp. 236-246, 2010.
- [149] Roy, R., Souchoroukov, P., Shehab, E.: Detailed cost estimating in the automotive industry: Data and information requirements, Int. J. Production Economics, Vol.133, pp. 694-707, 2011.
- [150] Ruffo, M., Tuck, C., Hague, R.J.M.: Cost estimation for rapid manufacturing - laser sintering production for low to medium volumes, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, Vol. 220(9), pp. 1417-1427, 2006.
- [151] Rolstadas A.: Planning and control of concurrent engineering project, Int. J. Production Economics, Vol. 38, No. 3, pp: 3-13, 1995.
- [152] Rehg, J.A., Kraebber, H.W.: Computer-Integrated Manufacturing, 2nd Edition, Prentice-Hall, New Jersey, 2001, ISBN 0-13-087553-8.
- [153] Russell, R., Taylor, B.W.: Operation Management: Creating Value Along the Supply Chain, 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc., 2009, ISBN 978-0-470-09515-7.
- [154] Rathakrishnan, P., Subramanyan, S., Raju, V.: CAD/CAM/CIM, New age International Publishers, New Delhi, 2008, ISBN 81-22-42236-5.
- [155] Stankovski S., Lazarević M., Ostojić G., Čosić I., Purić R. : RFID Technology in Product/Part Tracking During the Whole Life Cycle, Assembly Automation, Vol. 29, No 4, pp. 364-370, 2009.
- [156] Shehab, E., Abdalla, H.: Manufacturing cost modelling for concurrent product development, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 17, no. 4, pp. 341-353, 2001.
- [157] Shehab, E., Abdalla, H.: An intelligent knowledge-based system for product cost modelling, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol. 19, no. 1, pp. 49-65, 2002 (b).
- [158] Shehab, E.: An intelligent knowledge based cost modelling system for innovative product development, PhD Thesis, Faculty of Computing Sciences and Engineering, De Montfort University, UK, 2001.
- [159] Souchoroukov, P.: Improvement of cost estimating internal practice, PhD thesis, School of Industrial and Manufacturing Science, Cranfield University, 2004.
- [160] Swift, K.G., Booker, J.D.: Process Selection: From Design to Manufacture, Second edition, Butterworth-Heinemann, Oxford, ISBN 0-7506-5437-6, 2003.

- [161] Sudarsan, . R., Fenves, S.J., Sriram, R.D., Wang F.: A product information modeling framework for product lifecycle management ,Computer-Aided Design, Vol. 37, pp.1399–1411, 2005.
- [162] Suiran Y., Qingyan Y., Jing T., Xia T., Fengfu Y.: Product modular design incorporating life cycle issues - Group Genetic Algorithm(GGA) based method, Journal of Cleaner Production, Vol. 19, pp. 1016-1032, 2011.
- [163] Sonmez, R.: Range estimation of construction costs using neural networks with bootstrap prediction intervals, Expert Systems with Applications 38,9913–9917,2011.
- [164] Sarma, K.C., Adeli, H.: Life-cycle cost optimization of steel structures, Int. J. Numer. Meth. Engng, Vol.55, pp.1451–1462,2002.
- [165] Siemens PLM Software: PLM Software to build the right product- and build the product right, www.siemens.com./plm. ,2011
- [166] Suzhou T.,Delun, W., Fong-Yuen, D.: A new process-based cost estimation and pricing model considering the influences of indirect consumption relationships and quality factors, Computers & Industrial Engineering, Vol. 63, pp. 985–993, 2012.
- [167] Scheleipen, M.,Sauer, O., Friess, N., Braun, L., Shakerian, K.: Production Monitoring and Control Systems within the Digital Factory, Proceedings of the 6th CIRP- Sponsored International Conference on Digital Enterprise Technology, Springer Berlin/ Heidelberg, 2010, Vol. 66., pp.711-724, ISBN 978-3-642-10429-9.
- [168] Stark, J.: Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation,pp. 15-24, 233-281, Springer - Verlag, 2005.
- [169] Sredojević, J.: Reciklaža otpada, Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, 2006, ISBN 9958-617-29-3.
- [170] Šooš, L.: Otpady 1. Slovenska Tehnycka Univerzita v Bratislave, Strojnicka Fakulta, Bratislava, 2007.
- [171] Team SET software, CSC N*Manufacturing, Solihull, UK., www.teamset.com
- [172] Todić, V.: Određivanje troškova proizvodnje i usluga primenom ABC metode, Tehnika, Vol.63, No.1, pp.65-68, 2014.
- [173] Todić, V.: Određivanje troškova proizvodnje primenom PBC metode, Tehnika, Vol. 63, No.3, pp.446-450, 2014.
- [174] Todić, V. : Planiranje troškova u fazi razvoja proizvoda, Tehnika, Vol.63, No. 5, pp.796-800, 2014.
- [175] Todić, V. , Suzić N.: Systematization of preventive maintenance procedures of braking systems for rail vehicles and criteria for brake inserts replacement, Journal of Production Engineering, Vol. 15, No. 2, 2012.
- [176] Topčić, A.,Tufekdžić, Dž., Cerjaković, E.:Razvoj proizvoda,OFF-Set Štamparija Tuzla, 2012, ISBN 978-9958-31-074-4.
- [177] Turban, E., Aronson, J.E., Liang, T.P.:Decision Support Systems and Intelligent Systems, 7th Ed. New Jersey: Pearson/ Prentice Hall, pp.100-112, 2005.
- [178] Teng, L.D., Seetharaman, S., Nzotta, M., at all.: Retention, recovery and recycling of metal values from high alloyed steel slags, Archives of metallurgy and materials, 55 (4), 1097-1104, 2010.
- [179] Van Horne, J., Wachowicz, J.M.: Osnovi finansijskog menadžmenta,Data Status, Beograd,2007.
- [180] Vernadat, F.:Enerprise Modeling and Integration: Principles and Applications, CHAPMAN & Hall, London, 1996, ISBN 0-412-60550-5.
- [181] Veljović, A.: Kompjuter i kvalitet, ISO 9000: 2000 procesni pristup, Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Beograd, 2001.

- [182] Wang, Y., Meng, Q.: Application of CBR for activity-based cost estimation in steel enterprises, 3rd Conference on Human System Interactions (HSI), Rzesow, Poland, May 13-15, 2010, IEEE, pp. 81-84,2010.
- [183] Witik, R.A, Payet, J., Michaud, V., Ludwig, C., Mlnson, 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.
- [184] Wang, H.S. , Wang, Y.N. , Wang Y.C. : Cost estimation of plastic injection molding parts through integration of PSO and BP neural network, Expert Systems with Applications, Vol. 40, pp. 418–428, 2013.
- [185] Woodward, D.G.: Life cycle costing-theory, information acquisition and application, International Journal of Project Management, Vol. 15, No. 6, pp. 335-344, 1997.
- [186] Wang, C.C.L.,Chen, S.F., Yuen, M.M.F.: Fuzzy Part Family Formation Based on Grey Relational Analysis, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 18, No.2, pp.128-132, Issn 0268-3768, 2001.
- [187] Wierda, L.S.: Product Cost-estimation by the Designer, Engineering Costs and Production Economics, Vol.13, pp.189- 198, 1988.
- [188] Wozny, M.: Toward a Theory of Methodology of Design, Rensselaer Design Research Center, RPI, Troy, N.Y., Tech. Report,No. 89053, 1995.
- [189] Womack, J.P., Jones, D.T.: LEAN THINKING, Free press, A Division fo Simon&Schuster, Inc. New York, NY 10020.
- [190] Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D.: The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production,Seamon&Schuster UK, Ltd,2007.
- [191] 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.
- [192] Yeha, T.-H., Deng, S.: Application of machine learning methods to cost estimation of product life cycle , International Journal of Computer Integrated Manufacturing ,Vol. 25, No. 4–5, 340–352, 2012.
- [193] Yongqian, Z., Meng, C., Xuebo, Y. and Jin, Z.: A manufacturing cost estimation method based on activity-based costing, International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering (MACE), 2010.
- [194] Zaihirain, M. M. R., Napsiah, I., Sapuan, M. S. and Wong, S. V. :Quick cost estimation model for early order stage, Journal of Advanced Manufacturing Technology, ISSN: 1985-3157, vol. 3, no. 1, pp. 45-72,2009.
- [195] Zelenović, D.: Projektovanje proizvodnih sistema- tokovi materijala, FTN Izdavaštvo,Novi Sad, 2009.
- [196] Zhang, J.P.,Research on refrigerator life cycle environmental impact assessment, MSc Dissertation, Shanghai Jiao Tong University, 2010.
- [197] Zeynalian, M., Trigunarsyah, B., Ronagh, H.R.: Modification of Advanced Programmatic Risk Analysis and Management Model for the Whole Project Life Cycle’s Risks,Journal of Construction Engineering and Management © ASCE / JANUARY 2013 / 51
- [198] Zhang, Y. F., Fuh, J. Y. H. : A Neural Network Approach for Early Cost Estimation of Packaging Products, Computers ind. Engng Vol. 34, No. 2, pp. 433±450, 1998.
- [199] Zayed, T.M., Chang, L.-M., Fricker, J.D.:Life-Cycle Cost Analysis using Deterministic and Stochastic Methods: Conflicting Results ,Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol 63, 2002.