

PRIMENA METODA I ALATA KVALITETA U REINŽENJERINGU TEHNOLOŠKIH PROCESA

Milan Erić, Ph.D.¹⁾, Miladin Stefanović, Ph.D.²⁾

Abstract: *Varijantnost rešenja tehnološkog procesa u opštem slučaju je uslovljena tehničkim, tehnološkim i ekonomskim parametrima, a nastaju procesom projektovanja novih ili reinženjeringom postojećih. Da bi se izvršila pravilna procena i izbor optimalne varijante tehnološkog procesa, potrebno je izvršiti i pravilan izbor tehničkih, tehnoloških i ekonomskih parametara a predhodno pristupiti konkretnom izučavanju njihovog uticaja na vrednovanje varijante odnosno reinženjeringa. U tu svrhu su iskorišćeni alati odnosno metode kvaliteta, Ishikava dijagram i Pareto metoda. To omogućava da se putem upravljačkih akcija stave pod kontrolu i inženjerski i ekonomski procesi kako bi se isti odvijali u smeru koji najviše odgovara preduću.*

Keywords: *Pareto metoda, Ishikava dijagram, tehnološki procesi, soft reinženjering*

1. Uvodna razmatranja

Projektovati kvalitetan tehnološki postupak ne znači da se samo odredi redosled tehnoloških operacija sa vremenima izrade, sa ciljem transformacije priprema u gotov proizvod. Tehnološki postupak treba da bude optimalan sa tehnološkog aspekta. To znači, da treba da sadrži racionalan redosled tehnoloških operacija, sa odgovarajućim alatima i priborima, koji stalno treba da se nalaze u režimu optimalnog iskorišćenja. Dalje treba da za najkraće vreme, uz najmanje troškove (mašina, energije, alata, itd.) i sa zadovoljavajućim kvalitetom dovede pripremak do gotovog (željenog) oblika. Varijantnost tehnološkog procesa znači da jedan proizvod ili poluproizvod se može izraditi na više načina. Varijantnost se može posmatrati sa dva aspekta. Jedan aspekt, je i pitanje kako se formiraju i čime su uslovljene varijante tehnološkog procesa, a drugi, kako iz skupa rešenja odnosno varijanti, odabrati optimalnu ili neku drugu varijantu.

Identifikovanje proizvodno-tehnoloških problema, generisanje i izbor optimalnih varijanti rešenja, zahteva angažovanje sveukupnog potencijala inženjera, njegovih znanja i veština. Problem generisanja i izbora optimalne varijante rešenja nije samo tehnološke prirode. Taj problem je mnogo širi i prate ga odgovarajući ekonomsko-finansijski procesi. Pri izboru varijante rešenja tehnološkog procesa mora se voditi računa i o njihovom doprinosu ostvarivanja razvojnih ciljeva predućea (povećanje rentabilnosti, uštede u troškovima, uvođenje novog proizvoda, novih tehnologija, poboljšanje položaja na tržištu itd.).

Tehnolog (projektant, ekspert) koristi informacije za donošenje odluka, bilo u datom momentu bilo u formi jedne potencijalne opcije. Odluke se zasnivaju na nekoj akciji koja predstavlja izbor između dve ili više alternativa (varijanti), a u svrhu razrešavanja datog problema. Fundamentalna postavka celog procesa je bazirana na tome da problemi diktiraju procedurama donošenja date odluke. Ako problem ne postoji, nema nikakve svrhe ni razmatrati, niti postoje, relevantne alternative za isti.

Problem se može definisati kao jedan prazan prostor ('gap') nastao između onog što se očekuje ili što se očekivalo i postojećeg, aktuelnog stanja, (slika 1).

Očekivanja se, obično, predstavljaju u formi zadatih ciljeva, rezultata ili određenih standarda. Postojeće stanje predstavlja neku vrednost, izraženu nekom odabranom metrikom, a koja se odnosi na radne performanse sistema, (tzv. metrika izvršenja). Struktura detekcije problema obavezno mora uključivati jedan filter tolerancije koji determinira da li gap-ovi u odnosu na očekivanja su dovoljno veliki da bi se izazvala reakcija onih koji odlučuju odnosno projektanta. Namena filtera tolerancije se ogleda u podršci dobrom dizajniranju sistema, da bi se omogućilo odbacivanje iz razmatranja onih problema koji ne predstavljaju značajna odstupanja od zadatih ciljeva ili usvojenih očekivanja, a koji se odnose na dati problemski kontekst. Za ovu svrhu će se iskoristiti Ishikawa dijagram i Pareto analiza.

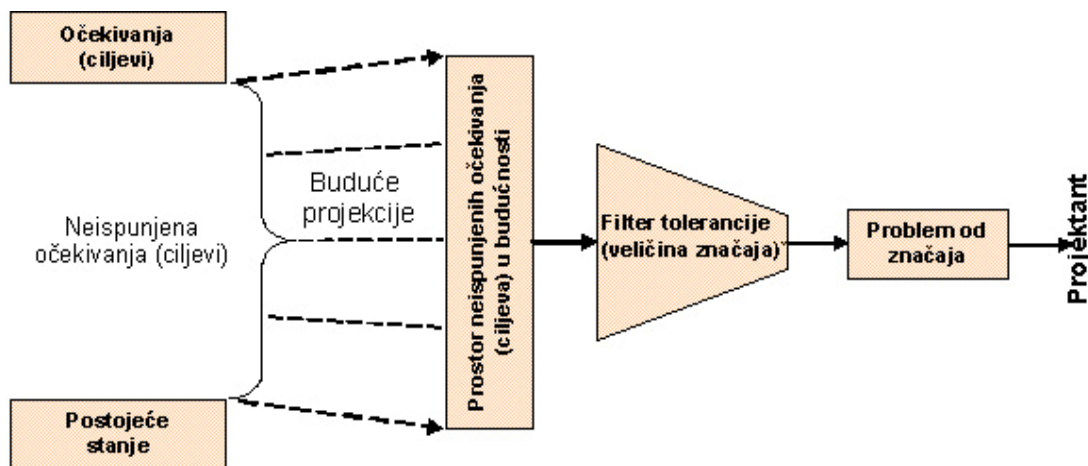
Detekcija problema obuhvata četiri elementa/komponente za identifikaciju i to:

1) dr Milan Erić, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, mail: ericm@kg.ac.rs

2) dr Miladin Stefanović, Mašinski fakultet Kragujevac, Sestre Janjić 6, mail: miladin@kg.ac.rs

- merljivost očekivanja, (ciljevi, rezultati ili standardi);
- mehanizme za merenje performansi rada postojećeg sistema;
- filter tolerancije za rangiranje i odvajanje značajnih od beznačajnih problema;

- predikciju budućih trendova rada. Iskusni i sposobni projektanti ne čekaju da se problem desi. Oni koriste sisteme za predikciju, inteligentne sisteme i druge tehnike kako bi detektovali potencijalne probleme.



Slika 1 Tipizirana struktura problema

Ciklus rešavanja problema je naročito važan u procesima analize i dizajna pri projektovanju tehnoloških procesa. Ciklus rešavanja problema je izgrađen od nekoliko komponenti (slika 2) kao što su:

↳ Ulazni resurs (predstavljen brojem 1 na slici 2): Ulaznim resursima za proizvodni proces se podrazumijevaju materijal, energija, oprema, rad (ljudski resurs), informacije itd. Veličina odnosno obim pojedinih resursa je ključan za efikasnost proizvodnog procesa.

↳ Proizvodni proces (broj 2 na slici 2): Menadžment kombinuje resurse u onu formu koja će najbolje pomoći da se dobiju željeni rezultati. Primer: radnik (ljudski resurs) je dodeljen određenoj mašini (resurs opreme) za proizvodnju nekog dela (resurs materijala) kućnog aparata (izlazni proizvod).

↳ Izlazni proizvod/usluga (broj 3 na slici 2): Izlazni proizvod ili usluga predstavlja namenski rezultat proizvodnog procesa. Izlaz ciklusa može biti i više proizvoda, usluga ili nus-proizvoda.

↳ Ciljevi/standardi (broj 4 na slici 2): Preduzeće poseduje svoja vlastita očekivanja koja se odnose na ono što bi trebalo da se pojavi iz proizvodnog procesa kao izlazni proizvod/usluga. Postoje zadate/ciljne vrednosti ili standardi za svaku karakteristiku određenog izlaznog proizvoda/usluge, koje se mogu odnositi na veličinu, težinu, kapacitet i sl.

↳ Detekcija problema (broj 5 na slici 2): Ovaj mehanizam podrazumeva i uključuje analizu uzroka datog problema.

↳ Kreiranje alternativa (broj 6 na slici 2): Kada projektant detektuje problem prvo što treba da preduzme je traženje prave alternative za ispravku i/ili redizajn proizvodnog (tehnološkog) procesa. Svaku od alternativa testira kako bi utvrdio njihov doprinos u poboljšanju dostizanja zadatih ciljeva i/ili standarda.

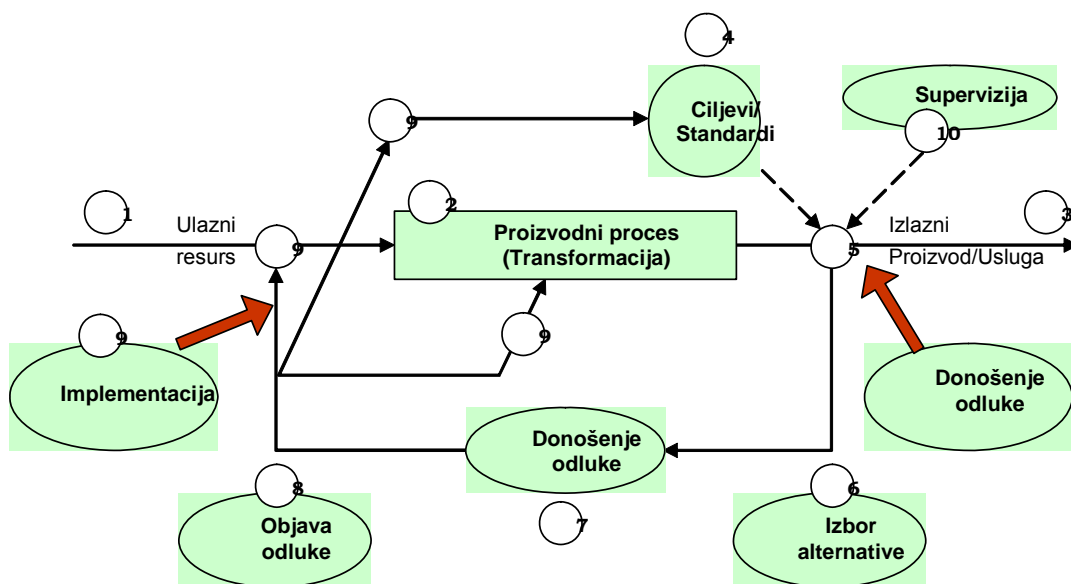
↳ Donošenje odluke (broj 7 na slici 2): Na osnovu analize bira se jedna od alternativa za implementaciju korektivne akcije.

↳ Objava odluke (broj 8 na slici 2): Projektant saopštava svoju odluku u formi i sadržaju koji je razumljiv i prihvatljiv onima koji treba da izvrše takvu odluku na proizvodnom nivou.

↳ Implementacija odluke (broj 9 na slici 2): Neki od načina da se data odluka izvrši su:

- promene veličine odnosno obima ulaznih resursa;
- promene u proizvodnom (tehnološkom) procesu proizvodnje;
- menjanje zadatih ciljeva/vrednosti ili standarda dovodeći ih u bolju usklađenost s realnošću.

↳ Supervizijsko praćenje (broj 10 na slici 2): Menadžeri nadziru proces da bi proverili i bili sigurni da je problem rešen.



Slika 2 Ciklus rešavanja problema

2. Metode i alati kvaliteta u reinženjeringu tehnoloških procesa

Metode i alati kvaliteta predstavljaju skup znanja o prikupljanju, organizovanju, analizi, sintezi, tumačenju, prikazivanju i kontroli podataka u cilju ostvarivanja potreba i zahteva korisnika proizvoda i usluga. Za analizu svih uticajnih parametara na tehnološke procese i njihov reinženjering korišćeni su Išikava dijagram i Pareto metoda.

Išikava dijagram je alat koji grafički prikazuje vezu između posledice i svih faktora koji utiču na posledicu i pomaže da se na jedan vizuelni (intuitivniji) način identifikuju, sortiraju i prikažu mogući uzroci problema ili karakteristike sistema. Išikava dijagram se koristi kada treba:

- identifikovati sve moguće uticaje na neki problem,
- sortirati i uspostaviti odnose između interakcija koje se javljaju u nekom procesu,
- analizirati postojeće probleme u cilju preduzimanja korektivnih akcija.

Strukturno prikazivanje koje pruža dijagram je osnov sistemskog i sistematičnog sagledavanja i razmišljanja. Prednosti i pogodnosti koje pruža korišćenje Išikava dijagrama su:

- a) pomaže u otkrivanju ključnih uzroka problema ili karakteristike sistema korišćenjem strukturnog prilaza,
- b) format kojim se prikazuju uzročno posledične relacije je jednostavan za čitanje,
- c) identifikuje sve moguće uzroke odstupanja u procesu,

- d) sistematizuje i povećava znanja o procesu,
- e) identifikuje područja gde treba prikupljati podatke za dalja proučavanja.

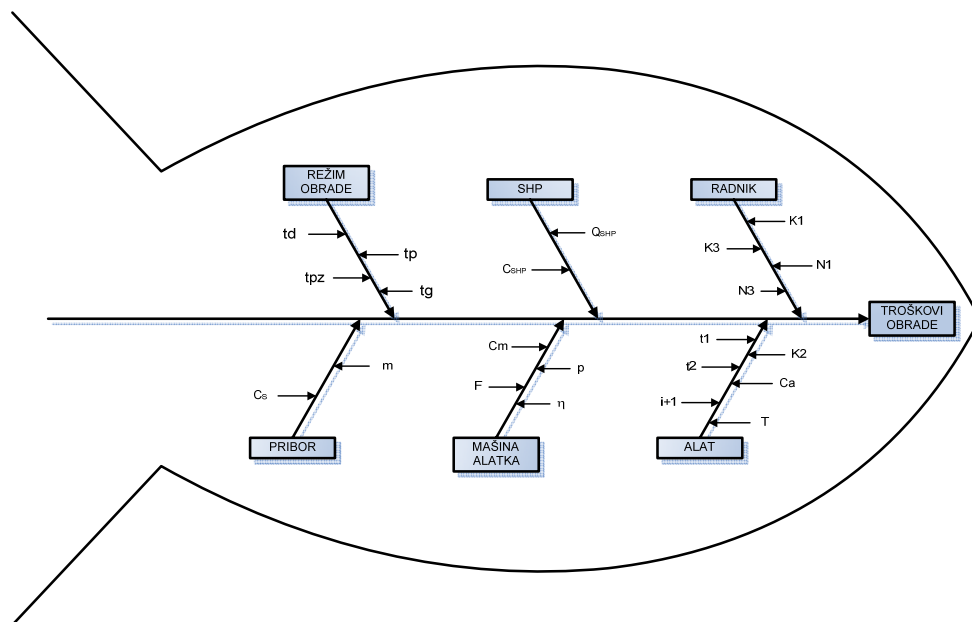
Išikava dijagram se kreira u više koraka odnosno faza:

- 1) Identifikovati i jasno definisati rezultat ili posledicu koja se analizira.
- 2) Identifikovana posledica se unosi na dijagram desno od kičme dijagrama
- 3) Identifikovati glavne uzroke koji utiču na posledicu koja se proučava. Na taj način se definišu i glavne grane dijagrama, odnosno kategorije. U kategorije se svrstavaju razni uzroci koji utiču na posmatranu posledicu, kao što su metodi, materijali, mašine, ljudi, menadžment, okruženje, merljivost i td.
- 4) Za svaku glavnu kategoriju identifikovati druge faktore koji mogu biti uzroci. Potrebno je identifikovati što je moguće više faktora i povezati ih kao podgrane glavnih kategorija. Jedan isti uzrok može se javiti za više kategorija, u tom slučaju navesti ga na svim mestima gde se javlja.
- 5) Identifikovati novi nivo uzroka i organizovati ga prema odgovarajućim kategorijama.
- 6) Za svaku granu dijagrama proceniti i uneti težinski koeficijent. Svakoj grani dijagrama dodeliti koeficijent od 1 do 9 koji označava značaj uticaja uzroka kome se koeficijent dodeljuje. Pri proceni, većem uticaju se dodeljuje veći koeficijent.
- 7) Analizirati dijagram. Uočiti grane na istom nivou, i na osnovu njihovih koeficijenata izračunati relativni koeficijent (izražava se u %) i predstavlja procentualni uticaj grana istog nivoa. Najuticajniji je onaj uzrok koji ima najveći relativni koeficijent. Grane sa

odluku o konačnoj varijanti koja će biti implementirana.

Izabrani izlazni parametri direktno utiču na složenije ekonomske parametre kao što su produktivnost, ekonomičnost, efektivnost a i na samu cenu koštanja proizvoda/dela.

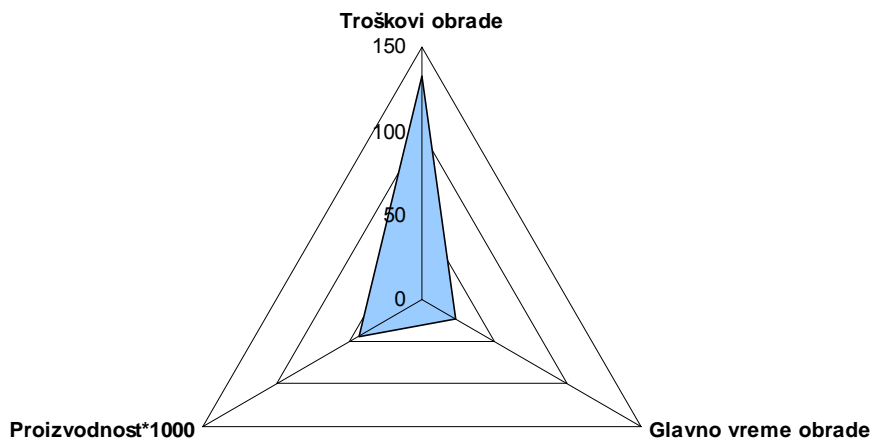
Kao i kod izbora najuticajnijih parametara na formiranje varijanti za konkretan tehnološki proces, i za izlazne parametre mogu da se koriste Işikava i Pareto dijagram. Na slici 4 prikazan je Işikava dijagram troškova obrade, kao posledice, i elmenata od kojih zavise troškovi obrade, kao uzroka.



Slika 4 Işikava dijagram troškova obrade

Provera metodologije, modela i prikazanog koncepta primene alata kvaliteta reinženjeringa tehnoloških procesa izvršena je na realnom primeru postojećeg tehnološkog procesa izrade rukavca homo-kinetičkog zgloba.

Na osnovu unetih vrednosti parametara i popunjenih tehnoloških baza podataka, proračuna glavnog vremena obrade, proizvodnosti i troškova obrade na osnovu matematičkih modela ugrađenih u metodologiju reinženjeringa tehnoloških procesa, iste su sačuvane u analitičkim bazama podataka. Izvršena je analiza podataka (slika 5) organizovanih u OLAP kocke.



Slika 5 Radar čart izlaznih parametara modela Varijante 1 tehnološkog procesa

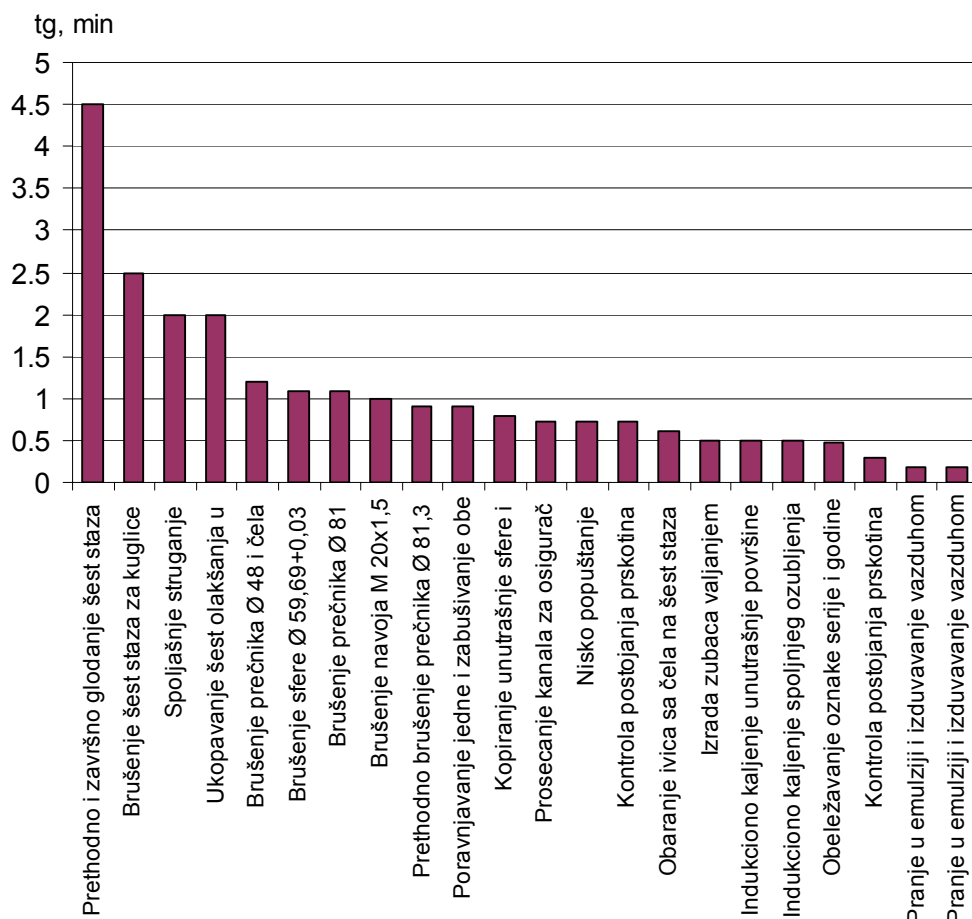
Sledeća aktivnost predložene metodologije je analiza tehnološkog postupka i rezultata proračuna. U tu svrhu predviđeno je korišćenje Işikava i Pareto dijagrama. Za ostvarivanje ciljeva reinženjeringa tehnoloških procesa treba pravilno

odrediti težinske koeficijente za sve uticajne elemente i parametre u konkretnim tehnološkom procesu. Težinske koeficijente odrediti prema problemima koji utiču na vreme obrade, troškove obrade, kvalitet obrade, fleksibilnost i druge parametre tehnološkog procesa. Nakon toga,

prema ukupnim uticajnim elementima i njihovoj značajnosti, prema Pareto metodi, odabirati i ugraditi elemente i promene parametara tehnološkog procesa. Odnosno analizom Ishikava dijagrama (slike 3 i 4) uticajnih parametara na tehnološki proces i dobijenih rezultata za normative vremena i troškove obrade, kako po

pojednim operacijama tako i za kompletan deo, identifikovati i izdvojiti najuticajnije parametre i za njih uraditi Pareto dijagram.

Za tehnološki postupak izrade rukavca homokinetičkog zgloba Pareto dijagram glavnog vremena izrade prikazan je na slici 6.



Slika 6 Pareto dijagram glavnog vremena izrade operacija tehnološkog procesa izrade rukavca homokinetičkog zgloba

Na osnovu Pareto dijagrama za anilzu su izdvojene prve četiri operacije sa najdužim glavnim vremenom izrade i to:

Broj operacije	Naziv	Vreme Izrade, h/kom	Vreme Izrade, min/kom
90	Prethodno i završno glodanje šest staza za kuglice	0.0750	4.500
210	Brušenje šest staza za kuglice	0.0416	2.496
20	Spoljašnje struganje	0.0333	1.998
80	Ukopavanje šest olakšanja u unutrašnjem delu radi olakšanja izlaza glodala	0.0333	1.998

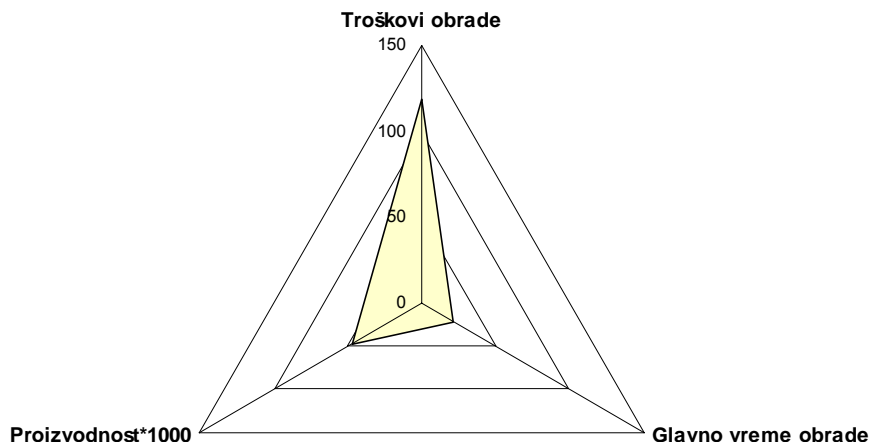
Prva iteracija i generisanje varijante tehnološkog postupka izrade rukavca za izabrane alate i režime obrade. Za predložene promene potrebno je generisati novu varijantu tehnološkog postupka izrade rukavca homokinetičkog zgloba (Varijanta 2) i izračunati

homokinetičkog zgloba kroz meki reinženjering obuhvata analizu i moguće pretpostavke vezane parametre vezane za normativ vremena, troškove obrade i proizvodnost.

Treba napomenuti da predmet promena i očekivanih poboljšanja mogu biti svi parametri

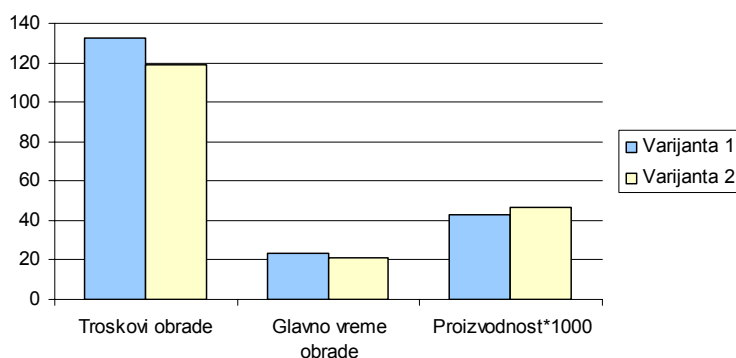
koji utiču na tehnološki proces i koji uzrokuju merljive promene na izlazu a koji su vezani za troškove, vreme, kvalitet i proizvodnost.

Na osnovu generisane nove varijante tehnološkog procesa, kao i za prvu varijantu izvršena je analiza podataka koji su grafički prikazani na slici 7.



Slika 7 Radar čart izlaznih parametara modela Varijante 2 tehnološkog procesa

Na osnovu dobijenih rezultata izvršeno je analiza istih. uporedno prikazivanje podatka varijanti (slika 8) i



Slika 8 Uporedni prikaz izlaznih parametara modela varijanti TP-a

Na osnovu vrednosne analize izlaznih parametara za obe varijante tehnološkog procesa izrade rukavca homokinetičkog zgloba dolazi se do sledećeg zaključka: primenom mekog reinženjeringa u tehnološkom postupku varijante 1 i dobijene varijante 2 došlo je do smanjenja troškova obrade za 11.70 %, glavnog vremena obrade za 10.70 % a proizvodnost se povećala za 9.30 %. Nakon ove analize sledi odluka o implementaciji mekog reinženjeringa.

ZAKLJUČAK

Prikazani koncept primene metoda i alata kvaliteta je deo metodologije reinženjeringa tehnoloških procesa. Osnovna ideja primene je u smanjenju mogućeg velikog broja kombinacija ulaznih parametara, od značajnog uticaja na karakteristike izlaza tehnološkog procesa, na racionalnu meru čime bi se smanjio broj varijanti tehnološkog procesa. Prikazani koncept, treba da omogući pronalaženje i uvođenje novih, boljih rešenja koja će obezbediti efektivnije i efikasnije tehnološke procese, proizvodnju i poslovanje.

REFERENCES

- [1] Arsovski S, "Menadžment procesima", Centar za kvalitet, Mašinski fakultet Kragujevac, Kragujevac, 2006.
- [2] Burke G., Peppard J., "Examining Process Reengineering", Kogan Page, 1995.
- [3] Erić M., Model reinženjeringa tehnoloških procesa malih preduzeća, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Kragujevac, 2007.
- [4] Perović M., "Menadžment informatika kvalitet", CIM centar - Mašinski fakultet, Kragujevac, 1999.
- [5] Stein R., "Re-engineering the manufacturing system – Applying the theory of constraints", Marcel Dekker, Inc., New York, 1996.
- [6] Todić V., "Projektovanje tehnoloških procesa", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.
- [7] Lazić M., "Alati, metode i tehnike unapređenja kvaliteta", Centar za kvalitet, Mašinski fakultet Kragujevac, Kragujevac, 2006.