



UNIVERZITET U NIŠU
EKONOMSKI FAKULTET
Časopis „EKONOMSKE TEME”
Godina izlaza XLIX, br. 4, 2011, str. 695-711
Adresa: Trg kralja Aleksandra Ujedinitelja 11, 18000 Niš
Tel: +381 18 528 624 Fax: +381 18 4523 268

ULOGA MREŽNOG DIJAGRAMA U ANALIZI KAPACITETA I EFIKASNOSTI PROCESA

Dr Marija Andelković-Pešić*

Dr Radenko Milojević*

Dr Vesna Janković-Milić*

Rezime: U radu se razmatraju pitanja kapaciteta procesa i promene strukture procesa. Cilj rada jeste da ukaže na efekte unapređenja procesa putem povećanja njihovog kapaciteta. Zadatak je razmotriti mogućnosti i sugerisati ideje za unapređenje procesa putem eliminisanja ograničenja, bilo da ona dolaze od nedovoljnog kapaciteta, bilo od neodgovarajuće strukture procesa. Realizacija ovog zadatka može se olakšati konstruisanjem mrežnog dijagrama, kao alata metoda mrežnog planiranja. Mrežni dijagram smatra se adekvatnim alatom za realizaciju ovog zadatka, jer pruža mogućnost analize strukture i vremena trajanja procesa.

Ključne reči: proces, kapacitet, usko grlo, efikasnost, mrežni dijagram.

Uvod

Savremeni pristup upravljanju preduzećem sugerise da se uspešnim smatra ono preduzeće koje može da generise dovoljnu sumu novca da zadovolji potrebe svih stejkholdera, što podrazumeva da je prethodno obezbeđena satisfakcija potrošača. Potrošači se mogu posmatrati kao prvi među jednakim stejkholderima, s obzirom da je uslov generisanja novca kontinuirano ispunjenje njihovih zahteva. Ako se ima u vidu filozofija modela balansna karta tada se može reći da je uslov ispunjenja zahteva potrošača i obezbeđenja njihovog zadovoljstva (perspektiva potrošača) efikasnost poslovnih procesa (perspektiva internih procesa). Ova činjenica govori u prilog usvajanja procesne orijentacije, kao osnove savremenog pristupa upravljanju preduzećem.

* Univerzitet u Nišu, Ekonomski fakultet, e-mail: marija.andjelkovic@eknfak.ni.ac.rs, radenko.milojevic@eknfak.ni.ac.rs, vesna.jankovic@eknfak.ni.ac.rs

Rad je rezultat rada na projektu broj 179066, koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije

UDK 005.6, pregledni rad

Primljeno: 03.06.2011. Prihvaćeno: 14.11.2011.

Perspektiva procesa, u modelu usklađena lista, ključna je za ispunjenje zahteva potrošača, u smislu obezbeđenja proizvoda i usluga očekivanih karakteristika i kvaliteta. Na taj način, indirektno, perspektiva procesa uslov je ostvarenja željenog nivoa finansijskih performansi. Pri tome, uticaj perspektive procesa na finansijski rezultat može se posmatrati dvojako, preko povećanja prihoda i smanjenja troškova. Povećanje prihoda javlja se kao posledica obezbeđenja zadovoljstva postojećih potrošača i privlačenja novih, a kao posledica povećanja kvaliteta proizvoda i brzine isporuke, dakle preko perspektive potrošača i perspektive internih procesa. Smanjenje troškova javlja se po osnovu produktivne upotrebe resursa, što podrazumeva da se svaka aktivnost uspešno realizuje prvi put, te da nema potrebe za ispravljanjem grešaka i defekata i korišćenjem resursa u te svrhe.

Premda procesni pristup dobija na značaju tek poslednjih decenija prošlog veka, ideje o procesnoj orijentaciji javljaju se još u delima Adama Smita. U savremenim uslovima, procesni pristup smatra se relevantnim odgovorom na izazove sa kojima se preduzeća suočavaju, a koji se, pre svega, odnose na dinamično okruženje i potrebu unapređenja poslovanja sa aspekta kvaliteta, vremena i troškova, paralelno.

1. Značaj procesne orijentacije preduzeća

Svakom zaposlenom u preduzeću povereni su izvesni zadaci koje treba da obavi i na taj način da određeni doprinos ostvarenju definisanih ciljeva. Znanja i sposobnosti zaposlenih predstavljaju značajan faktor uspešnosti izvršenja zadataka. Međutim, znanja zaposlenih moraju biti adekvatno usmerena i umrežena. Ovo umrežavanje može se značajno lakše ostvariti primenom procesne orijentacije. Podsticanjem komunikacije i saradnje, procesna orijentacija doprinosi uspostavljanju veza između zaposlenih, kao pojedinaca, ali i između organizacionih jedinica (Sommer 2003). Iz tog razloga, značajnom karakteristikom procesne orijentacije smatra se identifikovanje vlasnika procesa.

U dvadesetprvom veku nužno je zameniti tradicionalni pristup upravljanju, koji polazi od strategijskih poslovnih jedinica i funkcija preduzeća, savremenim pristupom, koji polazi od portfolia resursa i sposobnosti preduzeća (Anđelković-Pešić 2007). Ovaj drugi pristup upravo počiva na procesnoj orijentaciji. Procesna orijentacija obezbeđuje brojne koristi. Jedna od njih odnosi se upravo na najznačajniju karakteristiku procesne orijentacije, a podrazumeva da se identifikovanjem „vlasnika procesa“, koji je odgovoran za proces od početka do kraja, izbegava tradicionalna fragmentacija odgovornosti, te posledično i „prenošenje“ odgovornosti. S obzirom na to da se granice procesa precizno definišu, postiže se bolja komunikacija i bolje razumevanje zahteva krajnjih korisnika rezultata procesa. Uspostavljanjem veze između aktivnosti, koje pripadaju istom procesu, bez obzira na njihovu organizacionu podeljenost, procesna orijentacija smanjuje rizik suboptimizacije (Harrington 1997). Sve

Uloga mrežnog dijagrama u analizi kapaciteta i efikasnosti procesa

prethodno navedeno ukazuje na značajno veće mogućnosti za obezbeđenje nižih troškova i kraćeg vremena realizacije procesa, u odnosu na tradicionalni način upravljanja poslovanjem preduzeća (www.netmba.com). U konačnom, shodno ideji procesne orijentacije, za svaki proces mogu se identifikovati ključni pokazatelji performansi, pri čemu njihovo praćenje predstavlja uslov kontinuiranog unapređenja procesa (Harmon 2008).

Prvi korak ka procesnoj orijentaciji jeste identifikovanje poslovnih procesa, a pre svega ključnih poslovnih procesa. Pri tome, ključni su oni procesi kojima se obezbeđuje ispunjenje kritičnih zahteva potrošača (Chang 2005). Kritični zahtevi potrošača mogu se odrediti jedino putem uspostavljanja i održavanja komunikacije sa potrošačima, a to su zahtevi koji se moraju ispuniti da bi potrošači uopšte uzeli u razmatranje proizvode i usluge konkretnog preduzeća kao jednu od ponuđenih alternativa.

Kada se identifikuju kritični zahtevi potrošača i odgovarajući ključni procesi sledeći korak jeste proveriti da li postoji jaz između onoga što potrošači zahtevaju i očekuju i rezultata procesa koji to treba da obezbede. Postojanje jaza upućuje na to da konkretan proces ima izvesna slaba mesta ili ograničenja, koja onemogućavaju ispunjenje kritičnih zahteva i obezbeđenje zadovoljstva potrošača. Problem slabih mesta ili ograničenja može se rešiti na različite načine, a jedan od njih podrazumeva povećanje kapaciteta procesa, upravo putem povećanja kapaciteta resursa koji predstavlja ograničenje procesa. Nekada realizacija ovog načina eliminisanja ograničenja zahteva promenu strukture procesa, odnosno restrukturiranje procesa. U oba slučaja zadatak je povećati efikasnost procesa, a cilj obezbediti zadovoljstvo potrošača, a zatim i ostalih stejkholdera.

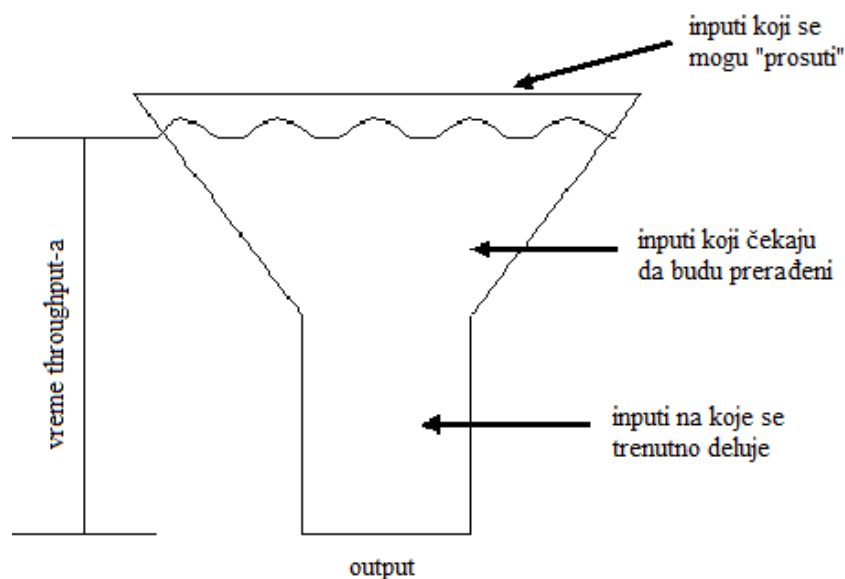
Da bi se prethodno istaknuto obezbedilo elementi i granice procesa moraju biti precizno definisane. Definisane procesa počinje identifikacijom outputa procesa, koji za krajnjeg potrošača ili neki drugi proces u preduzeću ima određenu vrednost (Harrington 1991). Nakon identifikacije outputa primenjuje se retrogradni postupak. U toku ovog postupka identifikuju se i analiziraju sve aktivnosti koje treba obaviti da bi se dobio output procesa, kao i sami inputi procesa. Na taj način se zapravo vrši razlaganje procesa. U ovom smislu zadatak vlasnika procesa je da obezbedi adekvatnu strukturu procesa, ali i uspešnu realizaciju aktivnosti. Ovo je moguće ostvariti povećanjem efikasnosti realizacije aktivnosti, između ostalog, i putem povećanja stepena korišćenja kapaciteta resursa putem kojih se date aktivnosti realizuju.

2. Kapacitet procesa i usko grlo

Pri analizi procesa mora se imati u vidu da ono što uđe u proces u vidu inputa, nakon određenih transformacionih i transakcionih aktivnosti izlazi iz procesa u vidu outputa. U tom smislu, proces se može posmatrati kao levak (slika 1). Neke aktivnosti ili resursi procesa ograničavaju količinu inputa koja može biti

prerađena, te predstavljaju limitirajuće faktore. Ako se u proces unese više inputa, oni čekaju da budu prerađeni, a ako se unese mnogo više inputa, oni mogu biti zauvek izgubljeni (Chase, Jacobs, Aquilano 2004, 128).

Slika 1: Struktura jedinica u procesu



Izvor: Chase, Jacobs, Aquilano 2004, 128

Kapacitet procesa predstavlja jedan od faktora efikasnosti procesa, a određen je kapacitetom aktivnosti, odnosno resursa, kojima se aktivnosti realizuju. Aktivnost ili resurs sa najmanjim kapacitetom je onaj koji determiniše kapacitet čitavog procesa. On ima najnižu stopu throughputa ili najveće negativno odstupanje od standardnog trajanja (Chen, Li 2009). Takva aktivnost ili resurs predstavlja usko grlo procesa.

Kapacitet procesa može se povećati povećanjem kapaciteta resursa koji predstavlja usko grlo ili smanjenjem obima posla koji se realizuje pomoću resursa koji predstavlja usko grlo. U prvom slučaju obično je reč o investicijama u proširenje kapaciteta ili dodatnom angažovanju zaposlenih. U drugom slučaju, reč je o transferisanju zadataka na aktivnosti koje se realizuju pomoću drugih, nedovoljno iskorišćenih resursa. Pri transferisanju zadataka mora se obratiti pažnja na to gde se transferišu zadaci, odnosno na koje aktivnosti, jer je potrebno transferisati zadatke sa aktivnosti koje se realizuju pomoću resursa koji predstavljaju usko grlo na aktivnosti koje se realizuju pomoću resursa koji imaju neiskorišćeni kapacitet (Harrington 1999). Ako se o ovome ne vodi računa može se desiti da transfer zadataka još više smanji kapacitet procesa, odnosno da izazove efekat suprotan željenom.

Uloga mrežnog dijagrama u analizi kapaciteta i efikasnosti procesa

Identifikovanje uskog grla procesa predstavlja kritični segment analize procesa, jer usko grlo, ne samo da determiniše kapacitet procesa, već i predstavlja mogućnost povećanja tog kapaciteta. Naime, prema Goldrattu (Goldratt, Cox 1993) ušteda vremena resursa koji predstavlja usko grlo predstavlja uštedu za čitav proces, dok ušteda vremena resursa koji nije usko grlo ne doprinosi povećanju efikasnosti procesa, jer je stopa throughputa svakako određena uskim grlom. Identifikovanje i eliminisanje uskog grla predstavlja trajni zadatak menadžera ili vlasnika procesa (Dowdle, Stevens, Mc Carty, Daly 2003). Naime, kada se eliminiše jedno usko grlo automatski neki drugi resurs postaje onaj koji ima najmanji kapacitet i izvor novih mogućnosti za povećanje efikasnosti procesa. Što je veća razlika između kapaciteta resursa koji je pretpostlednji po veličini kapaciteta i kapaciteta resursa koji predstavlja usko grlo to je uticaj uskog grla na efikasnost procesa značajniji i obratno.

Usko grlo izaziva dve prateće pojave: glad i blokadu (www.goldratt.com). *Glad* se javlja kada je kapacitet određenog resursa neiskorišćen, jer nema inputa koje bi obrađivao zato što resurs koji bi trebalo da isporuči te inpute predstavlja usko grlo. *Blokada* se javlja kada je kapacitet određenog resursa neiskorišćen, jer resurs koji bi trebalo da preuzme njegove autpute nije u mogućnosti da to učini, odnosno predstavlja usko grlo.

3. Mrežni dijagram – alat za analizu kapaciteta procesa

Veza između kapaciteta preduzeća, odnosno njegovih procesa, i tražnje svakako mora da postoji. Međutim, preduzeće ne treba da usklađuje kapacitete sa tražnjom, već tok proizvodnje u toku, koja se javlja u poslovnim procesima, sa tražnjom, odnosno, prema Goldrattu treba uskladiti tok, a ne kapacitete (Goldratt, Cox 1993).

Ovakav pristup poljuljava dugo važeću ideju o usklađenosti kapaciteta i tražnje. Ovo zbog toga što potpuno usklađivanje svih kapaciteta nema uvek željeni efekat. Naime, takva usklađenost bila bi moguća jedino kada bi vreme procesiranja u svim fazama procesa bilo konstantno, odnosno ako ne bi bilo varijacija. Varijacije u vremenu procesiranja, odnosno promena dužine procesiranja, prouzrokuju neiskorišćeni kapacitet u narednim fazama procesa, odnosno na narednim stanicama procesa, s jedne strane, ili gomilanje proizvodnje u toku, s druge strane (Chang 2005). Na taj način resurs, koji prema veličini kapaciteta ne predstavlja usko grlo, usled varijacija u vremenu procesiranja može da postane usko grlo. Upravo iz tog razloga ne treba usklađivati kapacitet, već tok procesa.

Značajnu ulogu u analizi kapaciteta procesa i povećanju efikasnosti procesa može imati mrežni dijagram, pod uslovom da se njegova primena prilagodi potrebama analize procesa. Mrežni dijagram predstavlja alat metoda mrežnog planiranja. Primena metoda mrežnog planiranja u analizi kapaciteta i efikasnosti procesa smatra se poželjnom, jer ove metode omogućavaju (www.sfsb.hr):

- proračun trajanja procesa,
- optimalnu raspodelu resursa,
- pronalaženje najboljeg rešenja strukture procesa itd.

Mrežni dijagram predstavlja grafički prikaz strukture procesa. On omogućava analizu strukture i vremena realizacije procesa, uz analizu troškova realizacije. Analiza strukture odnosi se na utvrđivanje redosleda i međusobnog odnosa aktivnosti, kao delova procesa. S druge strane, pod analizom vremena podrazumeva se identifikovanje vremena početka i završetka svake aktivnosti procesa, a zatim i izračunavanje eventualnih vremenskih rezervi. Ovo dalje omogućava identifikovanje kritičnih događaja i kritičnih aktivnosti procesa, a to su one kod kojih kašnjenje nije dozvoljeno, jer se odražava na trajanje procesa kao celine. Resursi pomoću kojih se realizuju kritične aktivnosti obično su „kandidati“ za dobijanje epiteta usko grlo.

Neki od načina za obezbeđenje povećanja kapaciteta, a posledično i efikasnosti procesa jesu sledeći (Sommer 2003):

- dodati nove jedinice resursa radi povećanja kapaciteta resursa koji predstavlja usko grlo (npr. dodatna mašina),
- produžiti vreme eksploatacije resursa koji predstavlja usko grlo (npr. produženo radno vreme ili uvođenje nove smene),
- povećati efikasnost aktivnosti koja se realizuje pomoću resursa koji predstavlja usko grlo,
- preneti deo aktivnosti sa resursa koji predstavlja usko grlo na resurse čiji kapacitet nije dovoljno iskorišćen (u slučaju kada je to moguće),
- redizajnirati proizvod tako da se omogući bolje korišćenje resursa,
- izabrati *outsourcing* kao alternativu za povećanje fleksibilnosti i eliminisanje negativnih efekata uskog grla itd.

4. Konstruisanje mrežnog dijagrama i određivanje efikasnosti procesa

Mrežni dijagram konstruiše se na osnovu podataka o međuzavisnosti aktivnosti i vizuelno pokazuje sekvencijalnu zavisnost aktivnosti, kao delova procesa (Gliviak, Sakál 2005). U nastavku je dat pregled aktivnosti (tabela 1) sa vremenom trajanja i međuzavisnošću aktivnosti, kao i mrežni dijagram procesa (slika 2).

Efikasnost procesa može se odrediti na različite načine. Ipak, s obzirom da je u ovom radu reč o analizi kapaciteta i efikasnosti procesa polazeći od ograničenja ili uskih grla, efikasnost procesa biće određena na bazi metodologije koju sugerise Goldratt, kao tvorac teorije ograničenja.

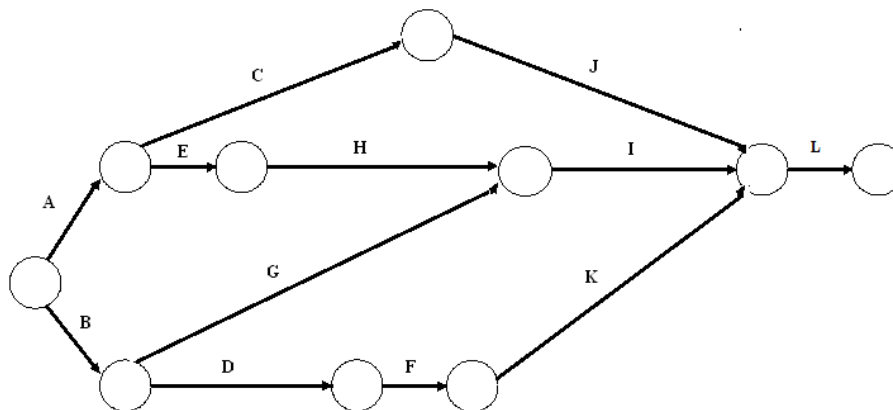
Uloga mrežnog dijagrama u analizi kapaciteta i efikasnosti procesa

Tabela 1: Tabelarni prikaz aktivnosti hipotetičkog procesa, njihovog trajanja i međuzavisnosti (prerađeno prema: Laguna, Marklund 2005)

naziv aktivnosti	vreme trajanja u min	zavisnost
A	4	-
B	9	-
C	7	A
D	5	B
E	6	A
F	3	D
G	10	A, D
H	5	F
I	6	G, H
J	8	C
K	4	E
L	5	I, J, K
Σ	72	

Goldratt predlaže sledeći način za određivanje, odnosno povećanje efikasnosti procesa. Po njemu, najpre treba odrediti maksimalno vreme koje jedinica u procesu može provesti u jednoj fazi procesa. Za određivanje ovog vremena potrebno je raspolagati podatkom o tražnji za autputima procesa. Ovo vreme označava se kao VM. Pod pretpostavkom da se dnevno radi 8 sati, u toku radnog dana zaposlenima je za realizaciju procesa na raspolaganju 480 minuta (60 min * 8 sati).

Slika 2: Mrežni dijagram hipotetičkog procesa



Ako je, pri tome, dnevna tražnja za autputima procesa 30 jedinica, maksimalno vreme koje jedinica može provesti u procesu iznosi 16 minuta, odnosno:

$$VM = \frac{\text{vreme trajanja procesa u toku dana}}{\text{dnevna tražnja u jedinicama}} = \frac{60 * 8}{30} = 16 \text{ min/jed.} \quad (1)$$

U sledećem koraku treba odrediti teorijski (minimalni) broj faza procesa (BF), potrebnih da se zadovolji ograničenje vezano za maksimalno vreme koje jedinica može provesti u jednoj fazi, i to na sledeći način:

$$BF = \frac{\text{zbir trajanja svih aktivnosti}}{VM} = \frac{72}{16} = 4,5 \approx 5 \text{ faza} \quad (2)$$

U nastavku sledi formulisanje pravila po kome će aktivnosti biti raspoređene, odnosno grupisane u faze. Strukturnih pravila nema, s tim što se međuzavisnost mora uvažavati, a najčešće se aktivnosti grupišu u faze prema broju aktivnosti koje od njih zavise. Dakle, pri rangiranju prvo će mesto zauzeti aktivnost od koje zavisi najveći broj drugih aktivnosti (Kaufman, Sato 2005). Ukoliko ima više aktivnosti sa istim brojem zavisnih, potrebno je formulisati dodatno pravilo, na primer, prednost treba dati aktivnosti koja ima duže trajanje. Rangirane aktivnosti, polazeći od dva navedena kriterijuma, prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2: Rangiranje aktivnosti radi grupisanja u faze

naziv aktivnosti	broj zavisnih aktivnosti
B, A	6
D	4
E	3
G, C, H, F	2
J, I, K	1
L	0

Kada je izvršeno rangiranje aktivnosti, sledi njihovo grupisanje u faze. Pošto je određeno da faza može trajati 16 minuta, ako je u prvoj fazi samo aktivnost B, ostaje neiskorišćen „kapacitet“ faze od 7 minuta ($16 - 9 = 7$). Zato prvoj fazi može biti dodeljena još neka aktivnost, a jednak broj zavisnih aktivnosti (kao i aktivnost B) ima aktivnost A, s tim što je prednost data aktivnosti B, zato što duže traje u odnosu na aktivnost A. Prema tome, prvoj fazi dodeljuje se i aktivnost A, koja traje 4 minuta. Nakon toga, neiskorišćen „kapacitet“ prve faze iznosi 3

Uloga mrežnog dijagrama u analizi kapaciteta i efikasnosti procesa

minuta ($9 - 4 = 3$). Kada se proces dodeljivanja aktivnosti faze završi dobija se raspored aktivnosti po fazama, prikazan u Tabeli 3.

Tabela 3: Dodeljivanje aktivnosti fazama procesa – princip najdužeg trajanja

r.br. faze	naziv aktivnosti	vreme trajanja u min	neiskorišeno vreme po fazama	aktivnosti sa najvećim brojem zavisnih	aktivnosti sa najdužim trajanjem
1	B	9	7	A	A
	A	4	3	-	-
2	D	5	11	E	E
	E	6	5	G, C, H, F	G
3	G	10	6	C, H, F	C
4	C	7	9	H, F	H
	H	5	4	F	F
	F	3	1	J, I, K	J
5	J	8	8	I, K	I
	I	6	2	K	K
6	K	4	12	L	L
	L	5	7	-	-

Kada se izvrši grupisanje aktivnosti po fazama treba utvrditi efikasnost procesa. Efikasnost procesa (EP) može se odrediti na sledeći način:

$$EP = \frac{\text{zbir vremena trajanja aktivnosti}}{VM * BFr} = \frac{72}{16 * 6} = 0,75 = 75\%, \quad (3)$$

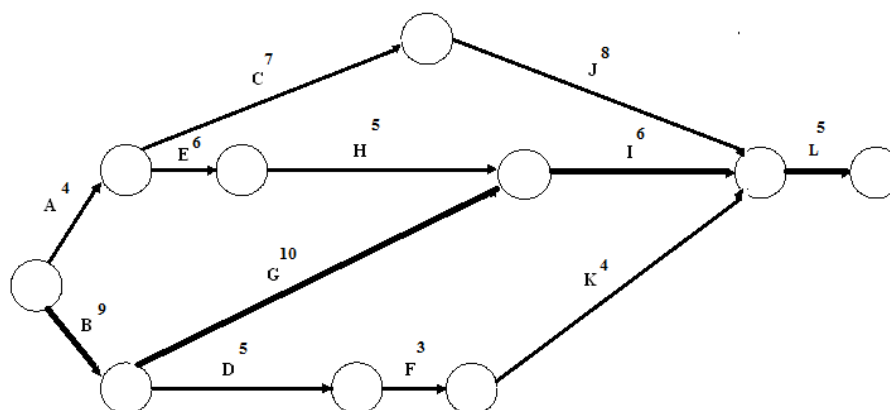
pri čemu je BFr realan broj faza, koji, kao što se može videti iz tabele 3, iznosi 6.

Efikasnost procesa od 75% pokazuje da tokom procesa postoji 25% neiskorišćenog vremena. Povećanje efikasnosti može se obezbediti drugačijom raspodelom, odnosno drugačijim grupisanjem aktivnosti po fazama.

Ovako prikazana efikasnost procesa, određena metodologijom koju sugeriše Goldratt, uvažava trajanje aktivnosti, ali ne i njihovu međuzavisnost. Naime, u konkretnom primeru postoje aktivnosti koje se paralelno realizuju, što doprinosi da proces realno traje kraće, nego što je prikazano.

Preciznije, u prethodnoj analizi polazi se od toga da proces traje 72 minuta, a realno on traje znatno kraće, tačnije 30 minuta (što je moguće utvrditi analizom vremena pomoću mrežnog dijagrama, prikazanog na slici 3).

Slika 3: Mrežni dijagram – kritični put B-G-I-L



Kritični put, kao najduži put od početne do završne aktivnosti dijagrama, predstavlja najkraće moguće vreme realizacije procesa. U konkretnom slučaju, kritični put obuhvata aktivnosti B-G-I-L i traje 30 minuta. Posmatrano na ovaj način, realna efikasnost procesa (EPr) je značajno manja, odnosno iznosi:

$$EPr = \frac{\text{vreme realizacije procesa}}{VM * BFr} = \frac{30}{16 * 6} = 0,3125 = 31,25\% \quad (4)$$

Ovako izračunata efikasnost procesa, u poređenju sa efikasnošću određenom po osnovu metodologije koju sugerise Goldratt, oslikava realno stanje procesa. Ipak, Goldrattov pristup ne može se zanemariti, jer je njegova namera da ukaže na potrebu kombinovanja aktivnosti procesa tako da se poveća njegova efikasnost. U osnovi Goldrattove ideje jeste upravo procesna orijentacija. Stoga on sugerise da se aktivnosti ne kombinuju u faze prema organizacionim jedinicama kojima pripadaju, kako bi se izbegli negativni efekti funkcionalne podeljenosti, već da se kombinuju na način koji omogućava maksimalno moguću usklađenost trajanja faza (Yahya, Goh 2002), odnosno povećanje efikasnosti procesa kao celine.

5. Mrežni dijagram u funkciji povećanja efikasnosti procesa

Kada se preduzimaju akcije na polju povećanja efikasnosti, mora se voditi računa o zavisnosti između aktivnosti, tako da, kao što je već istaknuto, u prvoj fazi ne može biti aktivnost koja zavisi od aktivnosti koje pripadaju drugoj ili trećoj fazi. Takođe, vrlo često je moguće izvršiti podelu jedne aktivnosti na dve ili više aktivnosti sa kraćim vremenom trajanja. Dakle, povećanje efikasnosti procesa moguće je obezbediti na neki od sledećih načina (Ash, Pittman 2008):

Uloga mrežnog dijagrama u analizi kapaciteta i efikasnosti procesa

- podelom aktivnosti na više aktivnosti sa kraćim trajanjem,
- korišćenjem paralelnih faza, na primer, formiranjem dve faze koje su sastavljene od istih aktivnosti, tako da se proizvodnja u toku iz prethodne faze može preneti u bilo koju od dve paralelne faze,
- obučavanjem radnika kako bi za kraće vreme obavljali određene aktivnosti (ako se aktivnost ne može dodeliti nekoj fazi zbog toga što traje malo duže nego što u okviru te faze postoji neiskorišćeno vreme),
- uvođenjem prekovremenog rada za obavljanje aktivnosti koje nije moguće skratiti itd.

Za isti primer moguće je kreirati proces, čija je efikasnost znatno veća, a samo drugačijom preraspodelom aktivnosti po fazama, uvažavajući prvi i osnovni princip njihovog grupisanja, koji se odnosi na broj zavisnih aktivnosti. Kada bi se umesto drugog principa (najduže trajanje aktivnosti) koristio princip „aktivnost čije je trajanje najbliže, ali manje od neiskorišćenog kapaciteta faze“ povećala bi se efikasnost procesa.

Tabela 4: Dodeljivanje aktivnosti fazama procesa – princip približnog trajanja

r.br. faze	naziv aktivnosti	vreme trajanja u min	neiskorišćeno vreme po fazama	aktivnosti sa najvećim brojem zavisnih	aktivnosti sa približnim trajanjem
1	B	9	7	A	A
	A	4	3	-	-
2	D	5	11	E	E
	E	6	5	G, C, H, F	H
	H	5	-	G, C, F	G
3	G	10	6	C, F	F
	F	3	3	C	C
4	C	7	9	J, I, K	J
	J	8	1	I, K	I
5	I	6	10	K	K
	K	4	6	L	L
	L	5	1	-	-

Sada proces ima pet faza (jednu fazu manje u odnosu na prethodno rešenje), što po definiciji znači povećanje njegove efikasnosti. Pri tome, ispoštovano je da maksimalno vreme koje jedinice mogu provesti u jednoj fazi iznosi 16 minuta ili manje. Efikasnost procesa nakon preraspoređivanja aktivnosti je povećana i sada iznosi:

$$EP = \frac{\text{zbir vremena trajanja aktivnosti}}{VM * BFr} = \frac{72}{16 * 5} = 0,90 = 90\% \quad (5)$$

Kao što je već istaknuto, ovako izračunata efikasnost je nerealno visoka, jer nije uzeto u obzir postojanje paralelnih aktivnosti. Ukoliko se polazi od vremena realizacije procesa, a ne zbira vremena trajanja aktivnosti, kao delova procesa, realna efikasnost će, kao i u prethodnom slučaju, biti značajno manja i iznosiće 37,5%, odnosno:

$$EPr = \frac{\text{vreme realizacije procesa}}{VM * BFr} = \frac{30}{16 * 5} = 0,375 = 37,5\% \quad (6)$$

Ovakav način povećanja efikasnosti procesa retko se može susresti u praksi preduzeća u Srbiji, pre svega zbog toga što se grupisanje aktivnosti u faze najčešće ne vrši na prethodno opisani način, već po principu funkcionalne pripadnosti. Naime, u slučaju kada se proces proteže kroz više funkcija, tada se aktivnosti grupišu u faze u zavisnosti od funkcije ili organizacione u okviru koje se realizuju. Ukoliko je, pak, reč o proizvodnji, faze najčešće predstavljaju skup aktivnosti koje se obavljaju u jednom pogonu ili na jednoj grupi mašina.

Ipak, neke preporuke date u okviru ovog načina poboljšanja procesa, a koje se tiču promene strukture procesa, kao što su podela aktivnosti, paralelno izvođenje aktivnosti, uvođenje prekovremenog rada i slično, mogu se koristiti u cilju povećanja efikasnosti procesa i u preduzećima koja ne primenju istaknuti način za grupisanje aktivnosti u faze.

Shodno prethodno istaknutom, potrebno je praviti razliku između kapaciteta procesa i utilizacije (stepena korišćenja) kapaciteta. Ovo je u skladu sa Goldrattovom tvrdnjom da ne treba usklađivati kapacitete resursa međusobno, već tok proizvodnje u toku. Naime, kapacitet procesa predstavlja određenu (maksimalno moguću) količinu proizvoda u jedinici vremena. Imajući u vidu da proces podrazumeva međuzavisnost većeg broja resursa, to je, kapacitet procesa određen kapacitetom resursa koji je najmanji u poređenju sa ostalima. Ako se dve aktivnosti odvijaju paralelno, tada je kapacitet procesa uslovljen resursom čiji je kapacitet manji. Utilizacija kapaciteta, zapravo, pokazuje u kom procentu se mogući kapacitet procesa zaista koristi. Kada se govori o povećanju kapaciteta, pre svega se misli na povećanje utilizacije kapaciteta.

6. Povećanje kapaciteta procesa

U prethodnom primeru predmet analize bilo je vreme realizacije aktivnosti procesa. Iz narednog primera može se videti da nije dovoljno samo voditi računa o trajanju procesa, već je potrebno uvažiti i kapacitet procesa, odnosno resursa pomoću kojih se realizuje (tabela 4).

Uloga mrežnog dijagrama u analizi kapaciteta i efikasnosti procesa

Ukoliko se ima u vidu međuzavisnost aktivnosti, s jedne strane, i kapacitet resursa kojima se te aktivnosti realizuju, s druge strane, moguće je identifikovati potencijalne načine za povećanje kapaciteta procesa. Analiza vremena realizacije procesa i analiza kapaciteta procesa, odnosno aktivnosti iz kojih se sastoji ukazuju na isti problem, a to je da je usko grlo resurs kojim se realizuje jedna od kritičnih aktivnosti.

Tabela 4: Kapacitet resursa i procesa pre transfera zadataka

resursi	vreme trajanja aktivnosti	kapacitet resursa	raspoložive jedinice resursa	ukupan kapacitet resursa (jedinice po času)
Ra	4	1/4	1	$60 \cdot 1/4 = 15$
Rb	9	1/9	3	$60 \cdot 3/9 = 20$
Rc	7	1/7	2	$60 \cdot 2/7 = 17,14$
Rd	5	1/5	1	$60 \cdot 1/5 = 12$
Re	6	1/6	2	$60 \cdot 2/6 = 20$
Rf	3	1/3	1	$60 \cdot 1/3 = 20$
Rg	10	1/10	2	$60 \cdot 2/10 = 12$
Rh	5	1/5	2	$60 \cdot 2/5 = 24$
Ri	6	1/6	2	$60 \cdot 2/6 = 20$
Rj	8	1/8	3	$60 \cdot 3/8 = 22,50$
Rk	4	1/4	2	$60 \cdot 2/4 = 30$
Rl	5	1/5	2	$60 \cdot 2/5 = 24$

Izvor: prerađeno prema: Laguna, Marklund (2005, 157-158)

U konkretnom slučaju, a prema podacima iz tabele 4. reč je o resursima Rd i Rg, odnosno aktivnostima D i G, čiji kapacitet iznosi 12 jedinica. Ove aktivnosti traju 5, odnosno 10 minuta, a za njihovu realizaciju zaposlenima je na raspolaganju jedna, odnosno dve jedinice resursa, respektivno. To znači da je za sat vremena na ovim resursima moguće 12 puta realizovati aktivnost D i G, što bi, s obzirom da je aktivnost G kritična aktivnost, značilo da je kapacitet procesa 12 jedinica za sat. Takođe, kao što je istaknuto, potrebno je obratiti pažnju na kapacitet resursa koji su sledeći na listi potencijalnih uskih grla, a to su u ovom slučaju resursi Ra (15 jedinica na sat) i Rc (17 jedinica na sat). U konkretnom slučaju, zadatak je skratiti aktivnost G ili povećati kapacitet resursa pomoću koga se realizuje ili prebaciti deo posla na resurs koji služi realizaciji neke druge aktivnosti, pri čemu je poželjno da to bude aktivnost koja se odvija paralelno sa odgovarajućom kritičnom aktivnošću.

Ako se ima u vidu slika 2, sa mrežnog dijagrama može se videti da je aktivnost koja se odvija paralelno sa aktivnošću G, aktivnost H. Ova aktivnost traje znatno kraće, a što je važnije, kapacitet resursa pomoću koga se ona realizuje

iznosi 24 jedinice na sat. To praktično znači da je, ukoliko je to tehnički izvodljivo, poželjno deo aktivnosti G transferisati na resurs Rh. Ako je moguće jednu petinu posla transferisati sa resursa Rg na resurs Rh to bi značilo sledeće:

- aktivnost G tada bi trajala 8 minuta ($10-2=8$), što bi značilo da je kapacitet resursa Rg povećan sa 12 na 15 jedinica za sat ($60*2/8=15$),
- aktivnost H tada bi trajala 7 minuta ($5+2=7$), što bi značilo da je kapacitet resursa Rh smanjen sa 24 na 17 jedinica za sat ($60*2/7=17,14$).

Povećanjem kapaciteta resursa Rg transferisanjem dela posla na resurs Rh rešen je samo deo problema. Drugi resurs koji predstavlja usko grlo jeste Rd. Kapacitet ovog resursa takođe iznosi 12 jedinica na sat. Aktivnost koja se odvija paralelno sa aktivnošću D, a koja se realizuje pomoću resursa sa većim kapacitetom jeste aktivnost E. Kapacitet resursa Re iznosi 20 jedinica na sat. U slučaju da se petina posla transferise na aktivnost na aktivnost E, odnosno da se realizuje pomoću resursa Re dogodilo bi se sledeće:

- aktivnost D tada bi trajala 4 minuta ($5-1=4$), što bi značilo da je kapacitet resursa Rd povećan sa 12 na 15 jedinica za sat ($60*1/4=15$),
- aktivnost E tada bi trajala 7 minuta ($6+1=7$), što bi značilo da je kapacitet resursa Re smanjen sa 20 na 17 jedinica za sat ($60*2/7=17,14$).

Tabela 5: Kapacitet resursa i procesa pre transfera zadataka

resursi	vreme trajanja aktivnosti	kapacitet resursa	raspoložive jedinice resursa	ukupan kapacitet resursa (jedinice po času)
Ra	4	1/4	1	60*1/4=15
Rb	9	1/9	3	60*3/9=20
Rc	7	1/7	2	60*2/7=17,14
Rd	4	1/4	1	60*1/4=15
Re	7	1/7	2	60*2/7=17,14
Rf	3	1/3	1	60*1/3=20
Rg	8	1/8	2	60*2/8=15
Rh	7	1/7	2	60*2/7=17,14
Ri	6	1/6	2	60*2/6=20
Rj	8	1/8	3	60*3/8=22,50
Rk	4	1/4	2	60*2/4=30
Rl	5	1/5	2	60*2/5=24

Svakako, još jednom treba ponoviti da je transfer dela poslova moguće izvršiti jedino ukoliko to dopuštaju tehničke mogućnosti, te je ovakav način povećanja kapaciteta lakše ostvariti kod neproizvodnih procesa, gde su tehnička

Uloga mrežnog dijagrama u analizi kapaciteta i efikasnosti procesa

ograničenja značajno manja u poređenju sa proizvodnjom. U tabeli 5 dat je pregled kapaciteta resursa nakon transfera poslova. Iz tabele se može videti da nema prostora za dalje povećanje kapaciteta procesa, jer su kapaciteti ostalih resursa, odnosno resursa kod kojih nije došlo do transferisanja zadataka, približno ujednačeni, odnosno da dalji transfer posla sa jedne aktivnosti na drugu ne bi povećao kapacitet procesa.

Uska grla sada su svi resursi čiji kapacitet po času iznosi 15 jedinica, odnosno Ra, Rd i Rg. Kapacitet resursa Ra mogao bi da se poveća transferom dela posla na aktivnost B, odnosno resurs Rb. Međutim, kada je reč o resursima Rd i Rg dalje povećanje kapaciteta na prikazani način nije moguće jer resursi odgovarajućih paralelnih aktivnosti nemaju dovoljan kapacitet za preuzimanje posla.

Preciznije, ukoliko bi se deo posla transferisao na aktivnosti D i/ili G na aktivnost C, E ili H to bi ponovo dovelo do istog ograničenja u kapacitetu po času. Na primer, transfer posla od 1 sata sa aktivnosti D na aktivnost E, dovela bi do sledećeg:

- aktivnost D tada bi trajala 3 minuta ($4-1=3$), što bi značilo da je kapacitet resursa Rd povećan sa 15 na 20 jedinica za sat ($60 \cdot 1/3=20$),
- aktivnost E tada bi trajala 8 minuta ($7+1=8$), što bi značilo da je kapacitet resursa Fe smanjen sa 17,14 na 15 jedinica za sat ($60 \cdot 2/8=15$).

Zaključak

Upravljanje procesima predstavlja relevantan odgovor preduzeća na dinamično okruženje. Procesni pristup obezbeđuje veću vidljivost procesa, odnosno omogućava sagledavanje toka procesa u celini. Na taj način, uz transparentnost i adekvatnu koordinaciju, izbegava se suboptimizacija procesa, odnosno obezbeđenje lokalnog optimuma na štetu optimizacije toka procesa. Kada se ima u vidu celina procesa, može se uvideti zašto je i kako moguće obezbediti usklađenost kapaciteta resursa ili preciznije usklađenost stepena korišćenja resursa. Ovo usklađivanje podrazumeva pronalaženje načina za unapređenje procesa, što mogu biti minorne izmene u smislu preraspodele posla između delova procesa, ali i značajne promene koje se tiču promene strukture procesa.

Na osnovu pojednostavljenog primera prikaznog u ovom radu može se zaključiti da je unapređenje procesa složen poduhvat, te da pri donošenju odluke o načinu unapređenja treba imati u vidu više parametara. Dakle, ukoliko se uvažava samo vreme trajanja procesa, može se ugroziti njegov kapacitet, što će značiti više jedinica u procesu (ili više proizvodnje u toku), i, u konačnom, vezivanje više sredstva u robnom obliku nego što je to realno potrebno. Ukoliko proces sadrži resurs koji predstavlja usko grlo, potrebno je obezbediti potpuno korišćenje kapaciteta istog, jer jedan sat izgubljen pri korišćenju uskog grla, predstavlja sat izgubljen za čitav proces, odnosno čitavo preduzeće, što zapravo znači da kapacitet

uskog grla određuje kapacitet procesa. Zato je, i pored svih negativnih karakteristika zaliha, potrebno osigurati da ispred resursa koji predstavlja usko grlo uvek postoje zalihe, kako se ne bi desilo da on ima neiskorišćeni kapacitet. Osim toga, poželjno je da između resursa koji predstavlja usko grlo i resursa na kojima se obavljaju operacije koje prethode postoji komunikacija u pogledu potrebne količine proizvodnje u toku, odnosno zaliha, kako ne bi došlo do njihovog nekontrolisanog povećanja.

Literatura

1. Anđelković-Pešić, M. (2007) Six Sigma Philosophy and Resource-Based Theory of Competitiveness: An Integrative Approach. *Facta Universitatis*, 4 (2): 199–209.
2. Ash R., Pittman, P. (2008) Towards holistic project scheduling using critical chain methodology enhanced with PERT buffering. *International Journal of Project Organisation and Management*, 1 (2): 185 -203.
3. Chang , J. F. (2005) *Business Process Management Systems: Strategy and Implementation*. New York: Taylor & Francis Group LLC, Auerbach Publications.
4. Chase, R., Jacobs, R., Aquilano, N. (2004) *Operations Management for Competitive Advantage*. Irwin: McGraw Hill.
5. Chen, L., Li, K. (2009) Resource-Constrained Multi-project Management with Activity Weights in Software Engineering, 2009 *IITA International Conference on Control, Automation and Systems Engineering* (CASE 2009): 458-461, Zhangjiajie, China: Institute of Electrical and Electronics Engineers.
6. Dowdle, P., Stevens, J., Mc Carty, B., Daly, D. (2003) Process-Based Management: The Road to Excellence. *Cost Management*, 17 (4): 12-19.
7. Gliviak, F., Sakál, P. (2005) Network Analysis and Project Management – an Overview. *Journal of the Applied Mathematics, Statistics and Informatics* (JAMSI), 1 (1): 101-113.
8. Goldratt, E. M., Cox, J. (1993) *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*. Hampshire: Gower Publishing.
9. Harrington, J. (1991) *Business process improvement: the breakthrough strategy for total quality, productivity and competitiveness*. New York: McGraw-Hill.
10. Harrington, J. (1997) The new model for improvement – total improvement management. *Business Process Re-engineering & Management Journal*, 1 (1): 32-39.
11. Harrington, J. (1999) Performance improvement: a total poor-quality cost system. *The TQM Magazine*, 11 (4): 221-230.
12. Harmon, P. (2008) Governance and Maturity. *Business Process Trends*, 1 (7): 1-2.
13. Kaufman, J., Sato, Y. (2005) *Value Analysis Tear-Down: A New Process for Product Development and Innovation*. New York: Industrial Press Inc.
14. Laguna, M., Marklund, J. (2005) *Business Process Modeling: Simulation and Design*. New Jersey: Prentice Hall, Pearson Education Inc.
15. Sommer, R. (2003) Business Process Flexibility – A Driver for Outsourcing. *Industrial Management & Data Systems*, 103 (3): 177-183.
16. Yahya, S., Goh, W-K. (2002) Managing human resources toward achieving knowledge management. *Journal of Knowledge Management*, 6 (5): 457-468.
17. www.goldratt.com/agiway.htm, [18.01.2011.]
18. www.netmba.com/operations/process/analysis [02.12.2010.]
19. www.sfsb.hr/~gmatic/mreznici%20uvod%202006.pdf [10.04.2011.]

THE ROLE OF THE NETWORK DIAGRAM IN ANALYSIS OF PROCESS CAPACITY AND EFFICIENCY

Abstract: This paper deals with issues concerning process capacity and process structure changes. The aim of the paper is to point out the effects of process improvement by enhancing its capacity. The task is to explore the possibilities and to suggest ideas for improving the process by eliminating restrictions, whether they come from insufficient capacity, or they come by inappropriate structure of the process. Realization of this task can be facilitated by constructing a network diagram, as a tool of network planning methods. Network diagram is considered to be an adequate tool for the realization of this task, because it offers the possibility of process structure analysis, as well as process duration analysis.

Keywords: process, capacity, bottleneck, efficiency, network diagram.