

INDEKSI ZA OCENU SPOSOBNOSTI PROCESA

Milan Kolarevi ¹⁾, Branko Radi evi ¹⁾, Bratislav Premovi ¹⁾, Oliver Živkovi ¹⁾Kategorija rada:
PREGLEDNI RADAFILIJACIJA/ADRESA:
1) Mašinski fakultet Kraljevo

Rezime: U radu su obrađeni osnovni indeksi sposobnosti procesa koji se koriste u industriji. Ovi indeksi mere odnos između u tekućih performansi procesa i zadatih performansi. Apsolutni minimum zahteva, da bi se proces smatrao sposobnim, je da se prirodna tolerancija procesa $T_p = \bar{X} \pm 3\sigma$ sadrži unutar zadatih tolerancija. Strožiji zahtev je da se obezbedi proizvodnja odgovarajuće kvaliteta u dužem vremenskom periodu.

Ključne reči: Sposobnost procesa, Indeksi, Karakteristika kvaliteta

1. UVOD

Osim visoke produktivnosti kojoj se neprekidno teži u savremenoj proizvodnji, posebni napor se usmeravaju na obezbeđenje stvaranja proizvoda višunskih performansi. Kvalitet proizvoda se ostvaruje geometrijskim, mehaničkim, hemijskim i drugim osobinama koje se propisuju tehničkom dokumentacijom, pri čemu se ove elementarne karakteristike, kao što je poznato, definišu nominalnom vrednošću i tolerancijom.

Sa stanovišta obezbeđenja zahtevanih vrednosti karakteristike kvaliteta, suština upravljanja kvalitetom proizvoda sastoji se u tome da se uspostavi skladan odnos između u propisane (zahtevane) tolerancije T i prirodne tolerancije procesa T_p , tj. polja disperzije stvarnih vrednosti date karakteristike kvaliteta unutar serije proizvoda.

Da bi se objektivno merio stepen u kom proces ili sredstvo za rad zadovoljava ili ne zadovoljava određene zahteve razvijene su studije sposobnosti procesa. One su zasnovane na kvantitativnim pokazateljima performansi procesa tzv. *indeksima sposobnosti procesa* i grafičkom predstavljanju zadovoljenja ovih zahteva.

2. STATISTIČKA (PRIRODNA) TOLERANCIJA PROCESA

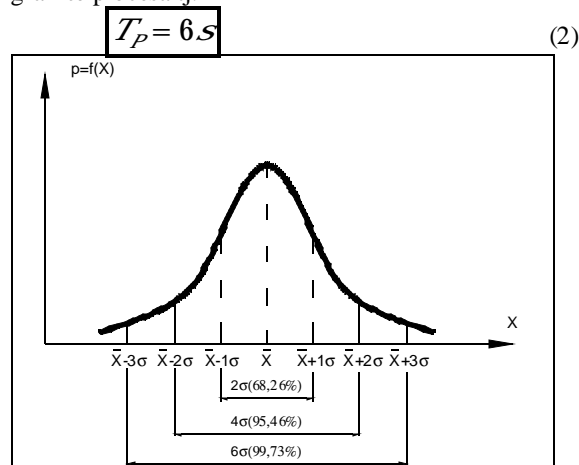
Procesom konstruisanja se definiše nazivna mera karakteristike kvaliteta (X) i njena tolerancija (T) odnosno, dozvoljeno odstupanje stvarne mere od nazivne mere. Tolerancija, dakle, predstavlja apsolutnu vrednost razlike između u gornje i donje granice mere (najveće i najmanje dozvoljene mere) i piše se bez predznaka tj.

$$T = |X_g - X_d| = |GGT - DGT| \quad (1)$$

Analizom raspodele u estanosti (frekvencija) je ustanovljeno da se u procesu izrade formiraju prirodne granice obradnog procesa, odnosno, obradnog sistema (T_p). U estanosti između u ovih granica se najčešće raspodeljuju u obliku normalnog zakona raspodele i kriva ima oblik preseka zvona i esto je asimetrična. Verovatnoća pojavljivanja slučajne veličine na krivoj normalne raspodele u zavisnosti od standardne devijacije (σ) kada se nanese na apscisu levo i desno od vrednosti \bar{X} koja deli krivu na dve simetrične polovine, je prikazana na slici 1. i u tabeli 1.

Statistička (prirodna) tolerancija, kada se statistički skup pokorava zakonu normalne raspodele, je oblast

ograničena granicom $\bar{X} \pm 3\sigma$ i predstavlja prirodne granice procesa tj.



Slika 1. Površine pod normalnom krivom

Kako je $P(\bar{X} - 3\sigma < x < \bar{X} + 3\sigma) = 0,9973$, to znači da se 99,73% svih vrednosti posmatrane karakteristike kvaliteta nalazi unutar intervala:

$T_p = \bar{X} \pm 3\sigma$ a svega 0,27% se nalazi izvan ovih granica (tabela 1.). U praksi to znači da je od 1000 obradnih delova 997 tačan a samo 3 dela defektna, odnosno, na milion delova je 2700 defektnih delova.

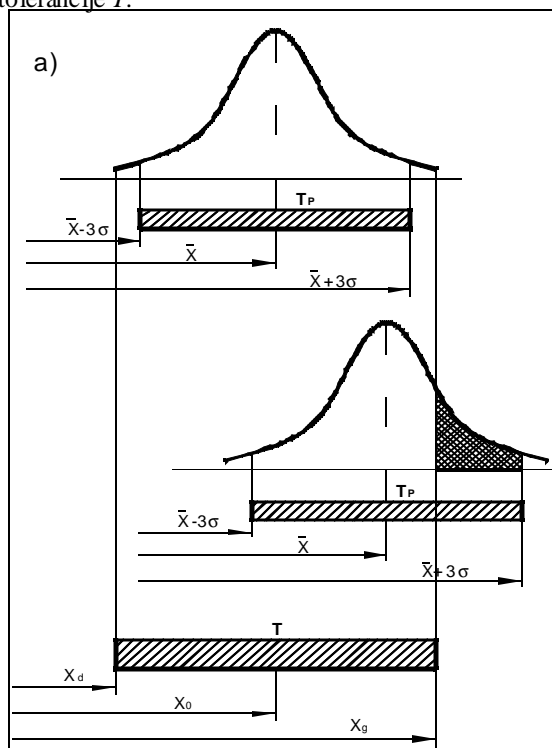
Tabela 1. Prirodne granice procesa

Interval	Šir. int.	Verovatnoća da se x sadrži		
		u granicama intervala (%)	van granica intervala (%)	van granica (br. defek. na milion)
$\bar{x} \pm \sigma$	2σ	68,2600000	31,7400000	317 400,000
$\bar{x} \pm 2\sigma$	4σ	95,4400000	4,5600000	45 600,000
$\bar{x} \pm 3\sigma$	6σ	99,7300000	0,2700000	2 700,000
$\bar{x} \pm 4\sigma$	8σ	99,9936600	0,0063400	63,400
$\bar{x} \pm 5\sigma$	10σ	99,999426	0,000574	0,574
$\bar{x} \pm 6\sigma$	12σ	99,999998	0,000002	0,002

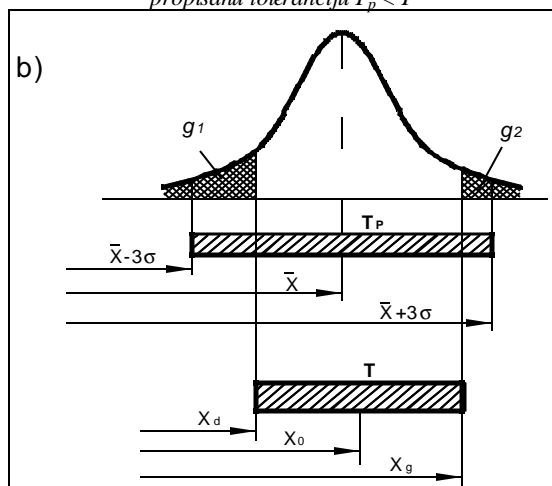
Uobičajeno je da se interval $\bar{X} \pm 3\sigma$ koristi kao reper za merenje sposobnosti procesa [3]. Savremeni trend u mnogim industrijama je da se kao mera sposobnosti procesa koristi interval $\bar{X} \pm 6\sigma$. Ovaj interval širine 12 sadrži 99,999998% vrednosti karakteristike kvaliteta generisane procesom a procenat vrednosti van ovog intervala je 0,000002, ili prevedeno 0,002 na milion (0,002 ppm).

Od me usobnog odnosa prirodne T_p i propisane tolerancije T direktno zavisi i kvalitet kontrolisane veli ine. Da bi se obezbedilo da karakteristika kvaliteta bude unutar propisanih granica tolerancije neophodan uslov je da prirodna tolerancija $T_p=6\sigma$ bude manja od zadate tolerancije $T = |GGT - DGT|$.

Ukoliko je $T_p < T$ (slika 2-a) obradni proces je *precizan* i samo je *potencijalno sposoban* da ostvari propisanu toleranciju. To zna i da je u slu aju kada su polja prirodne i propisane tolerancije me usobno pomerena (slu aj kada proces nije ta an) naj eš e mogu e obezbediti sposobnost obradnog procesa jer je centriranjem (regulisanjem) procesa mogu e dovesti polje prirodne tolerancije T_p u granice polja propisane tolerancije T .



Slika 2.a Obradni proces je potencijalno sposoban da ostvari propisanu toleranciju $T_p < T$



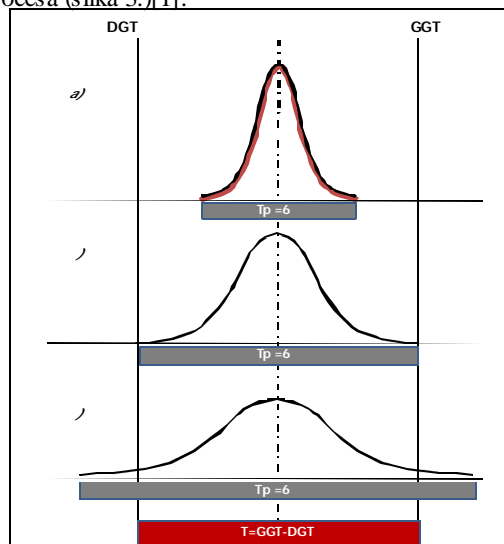
Slika 2.b Obradni proces nije sposoban da ostvari propisanu toleranciju $T_p > T$

Obradni proces nije sposoban da ostvari propisanu toleranciju $T_p > T$

Ukoliko je $T_p > T$ (slika 2-b) dati proces je *neprecizan* i nije sposoban da ostvari propisanu toleranciju.

Zahtevani kvalitet se u ovom slu aju postiže promenom datog obradnog procesa (obradnog sistema) ili pak odre enim intervencijama u okviru datog procesa (obradnog sistema).

Na osnovu odnosa izme u $T = |GGT - DGT|$ i $T_p = 6\sigma$ se mogu definisati tri nivoa preciznosti procesa (slika 3.)[1].



Slika 3. Tri nivoa preciznosti procesa

- *visoka preciznost*, kada je tolerancijsko polje znatno ve e od 6σ ($T \gg 6\sigma$) (slika 3-a);
- *srednja preciznost*, kada je tolempijsko polje ve e od 6σ ($T > 6\sigma$) (slika 3-b);
- *niska preciznost*, kada je tolerancijsko polje manje od 6σ ($T < 6\sigma$) (slika 3-v);

3. TIPOVI KARAKTERISTIKA KVALITETA

Radi jasnijeg predstavljanja indikatora za ocenu sposobnosti procesa neophodno je definisati osnovne tipove karakteristika kvaliteta u zavisnosti od na ina definisanja tolerancije nazivne mere.

3.1 Nominal-the-Best Type (N tip)

Tolerancija nazivnih mera za ovaj tip karakteristike kvaliteta može biti definisana na dva na ina:

a/ Jednaka vrednost grani nog odstupanja sa obe strane nazivne veli ine tj. tolerancija je definisana slede im izrazom: $X \pm g\delta$ gde je:

- X – nazivna vrednost karakteristike kvaliteta,
- g – dozvoljeno jednostrano grani no odstupanje od nazivne vrednosti (ukupna tolerancija je $T=2g\delta$)

Donja granica tolerancije (DGT) je $X - \Delta$ a gornja granica tolerancije (GGT) je $X + \Delta$ tj.

$$DGT = X - \Delta \tag{3}$$

$$GGT = X + \Delta$$

b/ Razli ite vrednosti grani nog odstupanja nazivne mere karakteristike kvaliteta kada je tolerancija definisana slede im izrazom: $X \begin{smallmatrix} +\Delta_2 \\ +\Delta_1 \end{smallmatrix}$ pri emu grani na odstupanja Δ_1 i Δ_2 mogu biti sa pozitivnim ili negativnim znakom.

Donja granica tolerancije (DGT) je $X + \Delta_1$ a gornja granica tolerancije (GGT) je $X + \Delta_2$ tj.

$$\begin{aligned} DGT &= X + \Delta_1 \\ GGT &= X + \Delta_2 \end{aligned} \quad (4)$$

3.2 Larger-the-Better Type (L tip)

Kod ovog tipa karakteristike kvaliteta tolerancija je definisana izrazom $X \geq \Delta$, pri emu gornja granica tolerancije nije definisana a donja iznosi (DGT=). Podrazumevana tražena vrednost karakteristike kvaliteta je ∞ odnosno, što veća vrednost, to bolje. Primeri ovog tipa karakteristike kvaliteta su: zatezna vristo a, pritisak, broj pre nih kilometara po litru itd.

3.3 Smaller –the-Better Type (S tip)

Kod ovog tipa karakteristike kvaliteta tolerancija je definisana izrazom $X \leq \Delta$, pri emu donja granica tolerancije nije definisana a gornja iznosi tj. (GGT=). Podrazumevana tražena vrednost karakteristike kvaliteta je 0 odnosno, što manja vrednost, to bolje. Primeri ovog tipa karakteristike kvaliteta su: nivo buke, hrpavost površine, kružnost, ravnost, habanje itd.

Podrazumeva se da karakteristika kvaliteta nije negativna.

4. INDEKSI SPOSOBNOSTI PROCESA

4.1 Indeks sposobnosti procesa C_p (PRC - Proces Capability Ratio)

Indeks sposobnosti procesa C_p (PRC-Proces Capability Ratio) predstavlja odnos zadate tolerancije i statističke tolerancije tj. prirodne tolerancije procesa. Za N-tip karakteristike kvaliteta ovaj indeks je:

$$C_p = \frac{T}{T_p} = \frac{GGT - DGT}{6 \cdot \sigma} \quad (5)$$

Kada je proces centriran tj. kada je srednja vrednost raspodele karakteristike kvaliteta jednaka željenoj vrednosti ($\bar{X} = X_0$) i kada je karakteristika kvaliteta

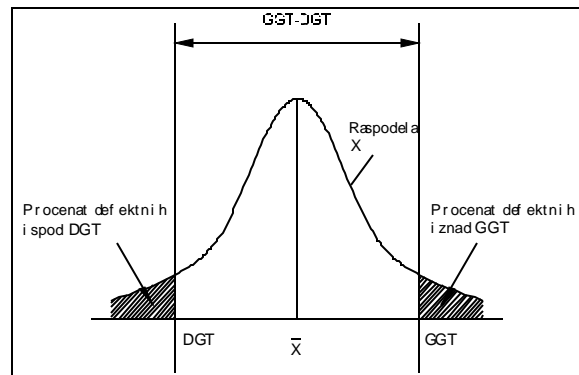
stvorena procesom normalno raspoređena, vrednost indeksa $C_p=1$ znači da je sposobnost procesa takva da 99,73% vrednosti karakteristike kvaliteta pripada granici intervala tolerancije dok je 0,27% van ovih granica. Ukoliko je $C_p=2$ to znači da 99,9999998% vrednosti pripada intervalu zadate tolerancije (zato što je $GGT - DGT = 12\sigma$) i u ovom slučaju procenat defektnih je 0,0000002% tj. na milion delova biće samo 0,002 defektnih.

Pod uslovom da je raspodela verovatnoće karakteristike kvaliteta normalna, može se dobiti formula za izražavanje procenta defektnih delova stvorenih procesom koristeći C_p vrednost. Prema slici 4. na kojoj su označene gornje i donje granice dvostranog intervala tolerancije, veličina defektnih je suma šrafiраног područja ispod krive raspodele levo od donje granice i desno od gornje granice mere.

Verovatnoća je jednaka:

$$p = P(X < DGT) + P(X > GGT)$$

$$p = P\left\{ \frac{\bar{X} - DGT}{s} < -\frac{\bar{X} - DGT}{s} \right\} + P\left\{ \frac{\bar{X} - GGT}{s} > \frac{\bar{X} - GGT}{s} \right\} \quad (6)$$



Slika 4. Procenat defektnih

Ako se srednja vrednost raspodele \bar{X} poklapa sa željenom vrednošću u X_0 tolerancijskog intervala onda su dve šrafiране oblasti jednake i procenat defektnih p , može biti predstavljen kao:

$$p = 2 \cdot P\left[t < \frac{DGT - \bar{X}}{\sigma} \right] \text{ ili}$$

$$p = 2 \cdot P\left[t > \frac{GGT - \bar{X}}{\sigma} \right] \quad (7)$$

Kako je za centriran proces: $\bar{X} = \frac{DGT + GGT}{2}$ to sledi:

$$p = 2 \cdot P\left[t < \frac{DGT - \frac{DGT + GGT}{2}}{\sigma} \right]$$

$$p = 2 \cdot P\left[t < \frac{2DGT - DGT - GGT}{2\sigma} \right]$$

$$p = 2 \cdot P\left[t < \frac{DGT - GGT}{2 \cdot \sigma} \right]$$

Izjednačine (5) je:

$$GGT - DGT = 6 \cdot \sigma \cdot C_p$$

tako da je:

$$p = 2 \cdot P\left[t < \frac{-6 \cdot \sigma \cdot C_p}{2 \cdot \sigma} \right]$$

$$p = 2 \cdot P\left[t < -3 \cdot C_p \right] \quad (8)$$

Sli no:

$$p = 2 \cdot P\left[t > \frac{GGT - \bar{X}}{\sigma} \right]$$

$$p = 2 \cdot P\left[t > \frac{GGT - \frac{DGT + GGT}{2}}{\sigma} \right]$$

$$p = 2 \cdot P\left[t > \frac{GGT - DGT}{2 \cdot \sigma} \right]$$

$$p = 2 \cdot P\left[t > 3 \cdot C_p \right] \quad (9)$$

Sada sledi da je procenat defektnih komada:

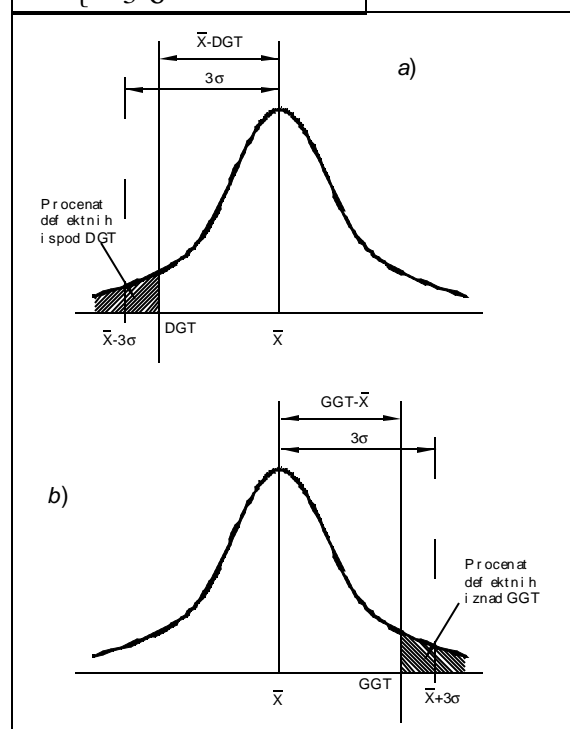
$$p = 2 \cdot P[t < -3 \cdot C_p]$$

ili

$$p = 2 \cdot P[t > 3 \cdot C_p] \quad (10)$$

Indeks sposobnosti procesa C_p ne daje informaciju o centriranju procesa nego jednostavno upore uje prirodnu toleranciju sa zadatom tolerancijom i kao takav meri *preciznost* (ponovljivost) procesa te se može re i da on predstavlja „*potencijal sposobnosti*“ procesa. U slu aju karakteristike kvaliteta sa samo jednom granicom, interval tolerancije koji je bitan za izra unavanje indeksa C_p je rastojanje od granice tolerancije do sredine raspodele \bar{X} . U slu aju samo donje granice (*L-tip* karakteristike kvaliteta) ovo rastojanje je $(\bar{X} - DGT)$ a u slu aju samo gomje gra-nice (*S-tip* karakteristike kvaliteta) ovo rastojanje je $(GGT - \bar{X})$. Ova rastojanja se upore uju sa jednom polovinom statisti ke tolerancije 3 kao na slici 5-a i 5-b. Indeks C_p je:

$$C_p = \begin{cases} \frac{\bar{X} - DGT}{3 \cdot \sigma} & L- \\ \frac{GGT - \bar{X}}{3 \cdot \sigma} & S- \end{cases} \quad (11)$$



Slika 5.

a) C_p indeks za L-tip karakteristike kvaliteta

b) C_p indeks za S-tip karakteristike kvaliteta

Vidi se da je osnovna razlika izme u vrednosti indeksa C_p za karakteristike sa jednom i dve zadate granice tolerancije prisustvo \bar{X} za izražavanje C_p za karakteristike sa jednom granicom. Ovo eliminiše potrebu stvaranja bilo kakve pretpostavke o položaju srednje vrednosti, pri odre ivanju procenta defektnih pomo u indeksa C_p za karakteristike sa samo jednom granicom. Procenat defektnih se može izra unati:

$$p = P[X < DGT]$$

$$p = P\left[t < \frac{DGT - \bar{X}}{\sigma}\right]$$

$$p = P\left[t < \frac{-3 \cdot \sigma \cdot C_p}{\sigma}\right]$$

$$p = P[t < -3 \cdot C_p] \quad \text{za L} \quad (12)$$

odnosno:

$$p = P[X > DGT]$$

$$p = P\left[t > \frac{GGT - \bar{X}}{\sigma}\right]$$

$$p = P\left[t > \frac{3 \cdot \sigma \cdot C_p}{\sigma}\right]$$

$$p = P[t > 3 \cdot C_p] \quad \text{za S} \quad (13)$$

Jedina pretpostavka koja je neophodna za ovu jedna inu je normalnost raspodele karakteristike kvaliteta.

4.2 Indeks C_{pk}

Indeks C_{pk} je uveden zbog ograni enja C_p indeksa, koji pretpostavlja da je srednja vrednost procesa \bar{X} jednaka željenoj vrednosti karakteristike kvaliteta pri odre ivanju procenta defektnih u slu aju *N-tipa* karakteristike kvaliteta. Razlog zbog koga se koristi C_{pk} indeks se najbolje vidi iz nedostataka kojih ima C_p indeks. Procenat defektnih za *N-tip* karakteristike kvaliteta zavisi od rastojanja srednje vrednosti raspodele od obe granice. Idealni indeks koji predstavlja sposobnost procesa i može biti upotrebljen za utvr ivanje procenta defektnih treba da sadrži informacije o oba ova rastojanja. Ako je potrebno izabrati jedno od ova dva rastojanja, onda e to biti manje, zato što minimalno rastojanje predstavlja lošiji slu aj procenta defektnih. Za proces a) na slici 5. ovo rastojanje e biti $(\bar{X} - DGT)$, jer je srednja vrednost

bliža donjoj granici. Za proces b) se uzima rastojanje izme u gomje granice i srednje vrednosti $(GGT - \bar{X})$ zato što je kod ovog procesa \bar{X} bliže

gomjoj granici. Logi no, delilac je 3, jer se kod ovog indeksa razmatra deo opsega tolerancije $(GGT - DGT)$, suprotno celom opsegu koji se razmatra u slu aju C_p indeksa kod koga je delilac 6. Za indeks C_{pk} se može napisati izraz:

$$C_{pk} = \frac{\min\left[(\bar{X} - DGT), (GGT - \bar{X})\right]}{3 \cdot \sigma} \quad (14)$$

Indeks C_{pk} za karakteristiku sa samo jednom zadatom granicom je:

$$C_{pk} = \begin{cases} \frac{\bar{X} - DGT}{3 \cdot \sigma} & L- \\ \frac{GGT - \bar{X}}{3 \cdot \sigma} & S- \end{cases} \quad (15)$$

Kada proces nije centriran ($\bar{X} \neq X_0$) procenat defektnih komada se može izra unati pomo u C_{pk} indeksa preko gornje ili preko donje granice tolerancije. Indeksi C_{pk} i C_p su isti za karakteristike sa jednom zadatom granicom te se procenat defektnih ovde ra una na isti na in:

$$p = P\left\{ \bar{Y} < -3 \times C_{pk} \right\} \text{ za } L\text{-tip}$$

$$p = P\left\{ \bar{Y} > 3 \times C_{pk} \right\} \text{ za } S\text{-tip} \quad (16)$$

Tabela 2.

Procenti defektnih za razli ite vrednosti C_{pk} i C_p indeksa za *N-tip* karakteristika kvaliteta

$C_p = C_{pk}$	gornja granica / ta no	
	% defektnih	delovana milion
0,500	13,3600000	136 600,000
0,700	3,5800000	35 800,000
0,900	0,7000000	7 000,000
1,000	0,2700000	2 700,000
1,100	0,0967000	967,000
1,200	0,0318200	318,200
1,300	0,0096200	96,200
1,330	0,0063400	63,400
1,400	0,0026700	26,700
1,500	0,0006800	6,800
1,667	0,0000574	0,574
2,000	0,0000002	0,002

Procena ukupnog procenta defektnih (i delova na milion) za razli ite vrste karakteristika kvaliteta iz C_{pk} i C_p indeksa su dati u tabelama 2. i 3. Kada je npr. C_p indeks za *N-tip* karakteristike 0,90, procena procenta defektnih je 0,7. Neophodno je da sredina raspodele bude jednaka željenoj vrednosti i da je ispunjena normalnost raspodele. Ako je C_{pk} indeks 0,90 onda je gomja granica ukupnog procenta defektnih tako e 0,7 pod uslovom da je ispunjena normalnost raspodele. Ako se razmotri karakteristika kvaliteta sa jednom zadatom granicom (gomja ili donja) i vrednost C_p indeksa od npr. 1,1 procena procenta defektnih je 0,04835 (tabela 3). Kao i u prethodnoj diskusiji ista je vrednost i C_{pk} indeksa. Glavno ograni enje koje mora biti ispunjeno je normalnost raspodele karakteristike kvaliteta. Pri tom, treba imati u vidu da za *N-tip* karakteristike kvaliteta C_{pk} indeks daje samo gornju granicu za ukupnu procenu defektnih.

Tabela 3.

Procenti defektnih za razli ite vrednosti C_{pk} i C_p indeksa za *S i L tip* karakteristike kvaliteta

$C_p = C_{pk}$	% defektnih	delovana milion
0,500	6,6800000	66 800,000
0,700	1,7900000	17 900,000
0,900	0,3500000	3 500,000
1,000	0,1350000	1 350,000
1,100	0,0483500	483,500
1,200	0,0159100	159,100
1,300	0,0048100	48,100
1,330	0,0031700	31,700
1,400	0,0013350	13,350
1,500	0,0003400	3,400
1,667	0,0000287	0,287
2,000	0,0000001	0,001

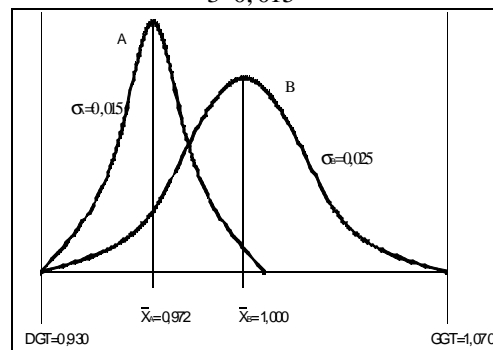
Postoji još jedan problem kod ovog indeksa. On je najbolje prikazan primerom na slici 6. koja sadri raspodele karakteristika kvaliteta stvorenih procesima A i V. Donja i gornja granica su 0,930 i 1,070 a nazivna mera 1,00. Raspodela karakteristike u oba slu aja je normalna. Raspodela procesa A ima srednju vrednost 0,972 i standardnu devijaciju 0,015, dok raspodela

procesu V ima srednju vrednost 1,00 (koja je jednaka nazivnoj vrednosti) i standardnu devijaciju 0,025. Indeksi C_{pk} i C_p ovih procesa su:

Proces A

$$C_{pA} = \frac{(1,07 - 0,93)}{6 \cdot 0,015} = 1,556$$

$$C_{pkA} = \frac{\min[(0,972 - 0,93), (1,07 - 0,972)]}{3 \cdot 0,015} = 0,933$$



Slika 6. Procesi sa istim C_{pk} ali razli itim C_p indeksom

Proces B

$$C_{pB} = \frac{(1,07 - 0,93)}{6 \cdot 0,025} = 0,933$$

$$C_{pkB} = \frac{\min[(1,00 - 0,93), (1,07 - 1,00)]}{3 \cdot 0,025} = 0,933$$

Iz primera se vidi da proces A ima ve u vrednost indeksa C_p od procesa V jer je njegova standardna devijacija manja. Me utim indeks C_{pk} je isti za oba procesa ($C_{pkA} = C_{pkB} = 0,933$) jer srednja vrednost procesa A odstupa od željene vrednosti X_0 . Zato je bolje imati indeks koji eliminiše ovaj problem jer uzima u razmatranje i standardnu devijaciju i odstupanje sredine raspodele od željene vrednosti.

S obzirom da je proces relativno stabilan samo u kratkom vremenskom intervalu to je u dužem periodu potrebno imati u vidu slede e:

- izvesno pomeranje \bar{X} ,
- mogu u promenu standardne devijacije i
- mogu e odstupanje od normalnosti raspodele.

Na osnovu vrednosti C_{pk} indeksa se mogu definisati slede i nivoi poverenja sposobnosti procesa [1]:

- $C_{pk} < 1$ Stanje kada *proizvo a nije sposoban* - neizbežna je pojava defektnih delova iz procesa;
- $C_{pk} = 1$ Stanje kada *proizvo a nije realno sposoban*, svaka promena u procesu e dati nedetektovane defektne komade na izlazu;
- $C_{pk} = 1,33$ Još uvek *daleko od prihvatljivog stanja* jer je malo verovatno da se detektuje pojava neuskla enosti pomo u kontrolnih dijagrama procesa;
- $C_{pk} = 1,5$ Još uvek *ne zadovoljava* jer se javljaju neuskla eni izlazi, a šanse za njihovo detektovanje su još uvek male;
- $C_{pk} = 1,67$ *Proces koji obe ava (povoljan proces)* - neuskla eni izlazi e se dešavati, ali postoji velika šansa da oni budu detektovani;
- $C_{pk} = 2$ *Visoki nivo poverenja proizvo a a*, pod uslovom da se kontrolni dijagrami regulamo koriste.

Indeks C_{pk} pored preciznosti uzima u obzir i ta nost procesa tj. položaj centra prirodne tolerancije procesa u

odnosu na željenu vrednost te kao takav *može meriti sposobnost procesa* jer se proces može smatrati sposobnim samo ako je i precizan i tačan.

4.3 Indeks C_{pm}

Kod ovog indeksa za N -tip karakteristike kvaliteta brojilac je isti kao i kod C_p indeksa, a to je opseg intervala tolerancije ($GGT - DGT$). Imenilac je sjedinjena mera standardne devijacije i odstupanja srednje vrednosti od željene vrednosti. Indeks C_{pm} se računa na sledeći način:

$$C_{pm} = \frac{GGT - DGT}{6 \times \sqrt{s^2 + (\bar{X} - X_0)^2}} \quad (17)$$

gde je:

s^2 - varijansa (disperzija) procesa
 \bar{X} - srednja vrednost
 X_0 - željena vrednost

Može se videti da izraz $s^2 + (\bar{X} - X_0)^2$ u imeniocu predstavlja kvadratno odstupanje srednje vrednosti prema Tagu ijevoj funkciji gubitaka [2]. Ukoliko se izraunaju C_{pm} indeksi za procese A i V sa slike 8 za koje je:

$$DGT = 0,930$$

$$GGT = 1,070$$

$$X_0 = 1,00$$

$$\bar{X}_A = 0,972$$

$$s_A = 0,015$$

$$\bar{X}_B = 1,00$$

$$s_B = 0,025$$

dobija se:

Proces A:

$$C_{pmA} = \frac{1,07 - 0,93}{6 \times \sqrt{0,015^2 + (0,972 - 1,00)^2}} = 0,735$$

Proces B:

$$C_{pmB} = \frac{1,07 - 0,93}{6 \times \sqrt{0,025^2 + (1,00 - 1,00)^2}} = 0,933$$

Indeks C_{pm} za proces A je manji nego za proces V zbog veeg odstupanja sredine procesa A od željene vrednosti. Indeks C_{pm} za proces V je isti kao i C_{pk} vrednost, zato što je sredina raspodele jednaka željenoj vrednosti.

Glavni problem C_{pm} indeksa je što ne može biti upotrebljen za određivanje procenta defektnih kao što može kod C_{pk} i C_p indeksa.

5. ZAKLJUČAK

Studije sposobnosti procesa su vrhunski alat upravljanja kvalitetom. Nijedna aktivnost upravljanja kvalitetom, kao što su projektovanje kvaliteta, planiranje i upravljanje opremom, upravljanje procesom poboljšanja itd. za bilo koji proces u preduzeću, nije moguće bez poznavanja sposobnosti procesa.

Poznavanjem osnovnih indikatora može se oceniti sposobnost procesa radi:

- eliminisanja defektnih proizvoda i
- smanjenja procenta defektnih proizvoda i povećanje konzistentnosti performanse proizvoda oko željene vrednosti njegove karakteristike kvaliteta.

LITERATURA

- [1.] Oakland S. J.: *Statistical Process Control*, Fifth Edition, Butterworth Heinemann, 2003.
- [2.] Chandra J. M.: *Statistical Quality Control*, ©2001 CRC Press LLC
- [3.] Stani J.: *Upravljanje kvalitetom proizvoda, Metodi I*, Mašinski fakultet, Beograd, 1989.
- [4.] Kolarevi M.: *Upravljanje kvalitetom I*, Mašinski fakultet, Kraljevo, 2008.
- [5.] Avakumović, J., Avakumović, J., Vujić, N., Milinković, M., Raunarski softveri i njihova primena u menadžmentu poslovnih proizvodnih sistema građevinarstva, *STUDIJE IZ OBLASTI GRAĐEVINARSTVA I PROMETA NEKRETNIM PRAVNIM PREDMETIMA*, GODINA XVI BROJ (36) 3/2010, UDK/ 621, ISSN 0354 – 6829, str.59-60

PROCESS CAPABILITY INDICES

Summary: This paper presents some of the capability indexes used in industries. These indexes are a measure relating the actual performance of a process to its specified performance. The absolute minimum requirements is that the three process standard deviations each side of the process mean are contained within the specification limits. A more stringent requirements is often stipulated to ensure that produce of the correct quality is consistently obtained over the long term.

Key words: Process Capability, Indexes, Quality Characteristics

Datum prijema rada: 17. 02. 2010. god.