



**Upravljanje kvalitetom proizvoda I – četvrta
nastavna jedinica – statistički metodi
upravljanja kvalitetom / Kontrolne karte**

**Prof. dr Vidosav D. Majstorović,
dipl.maš.inž.**

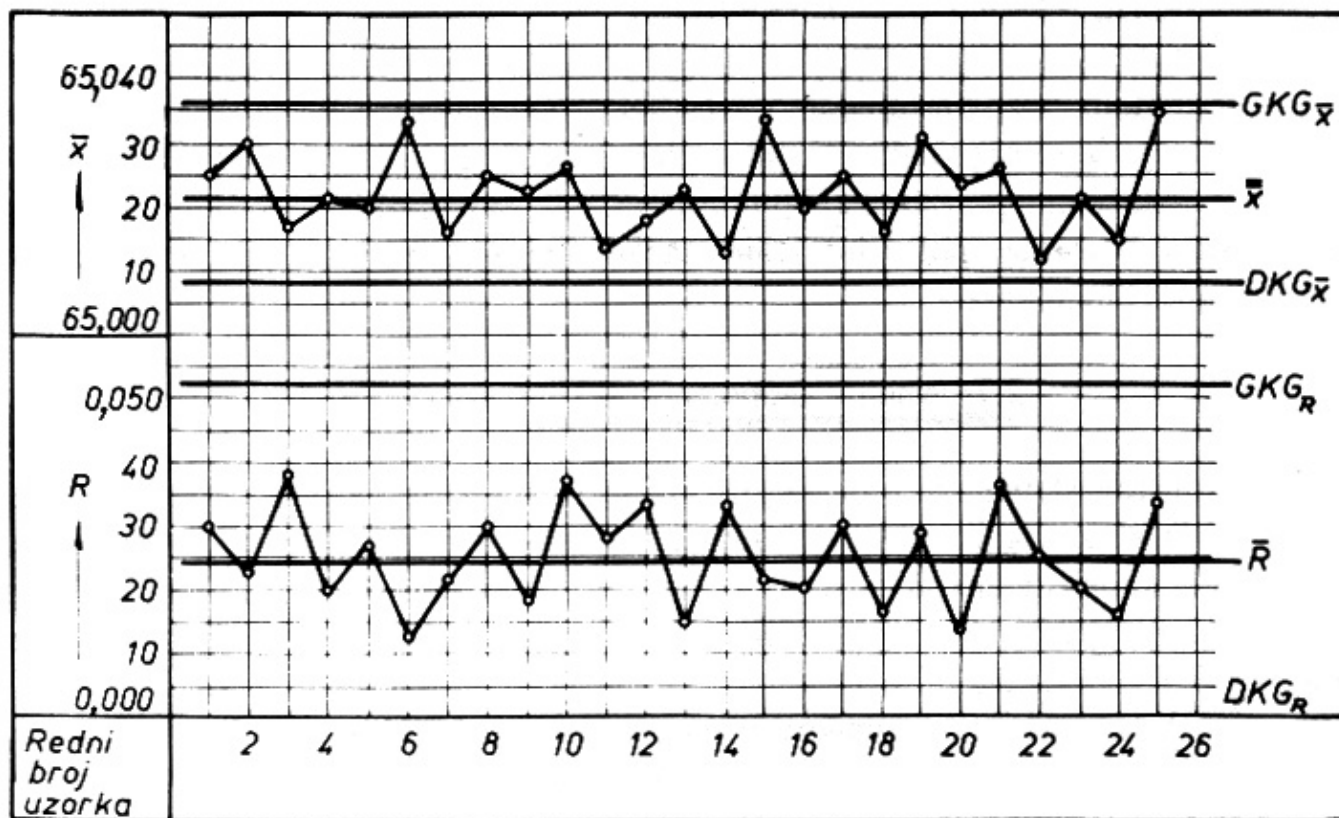
Mašinski fakultet u Beogradu

METOD KONTROLNIH KARATA

Definicija, oblik i zadatak kontrolne karte

- Savremeni metod regulisanja i upravljanja kvalitetom konformnosti proizvoda i procesa u proizvodnim linijama industrije prerade metala
- Kontrolne karte su specijalne dijagramske forme u obliku mreže, gde se na apcisi nanosi vreme odvijanja obradnog procesa ili redni broj uzorka, a na ordinati, karakteristika kvaliteta ili statističke karakteristike uzoraka
- U mrežu kontrolne karte se unose tačke rezultata merenja ili nivoa kvaliteta u vremenskoj dimenziji procesa
- Kada se u ovako formirane dijagrame unesu i *kontrolne granice* ili *granice regulisanja*, dobija se kompletna kontrolna karta
- Primer xR kontrolne karte, slika 7.22

Slika 7.22 $\bar{x}R$ kontrolna karta



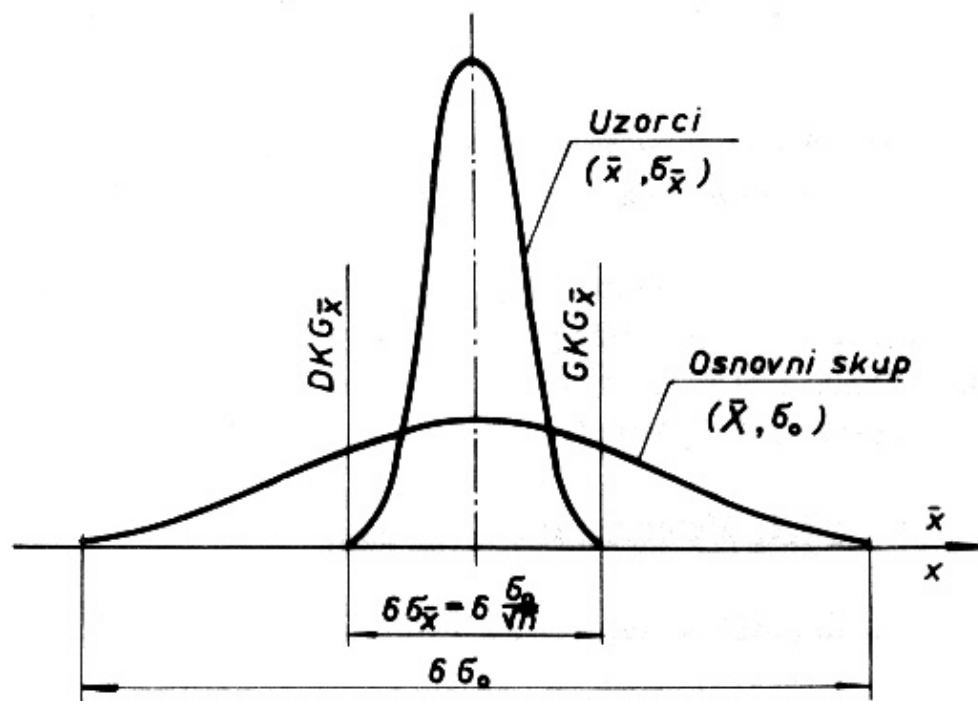
Sl. 7.22. $\bar{x}R$ – kontrolna karta iz primera

Definicija granice regulisanja

- ✦ Granica regulisanja predstavlja najvažniji element svake kontrolne karte
- ✦ Posmatraju se paramometri osnovnog skupa i uzorka, slika 7.14
- ✦ Definišu se granice intervala poverenja – kontrolne granice

$$GKG_x = \bar{X} + 3\sigma_x = \bar{X} + \frac{3\sigma_o}{\sqrt{n}} = \bar{x} + A_2 \bar{R}$$

Slika 7.14 Veličina intervala poverenja ...



Sl. 7.14. Veličina intervala poverenja ($6\sigma_{\bar{x}} = 6 \frac{\sigma_0}{\sqrt{n}}$ u kojem se nalazi aritmetička sredina \bar{X} osnovnog skupa

Definicija granice regulisanja

$$DKG_x = \bar{X} - 3\sigma_x = \bar{X} - \frac{3\sigma_o}{\sqrt{n}} = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$

$$\sigma_o = \frac{1}{d_2} \bar{R}$$

$$3\sigma_x = \frac{3\sigma_o}{\sqrt{n}} = \frac{3}{\sqrt{n}} \frac{\bar{R}}{d_2} = A_2 \bar{R}$$

$$\bar{X} = E(\bar{x}) = \bar{x}$$

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i$$

Definicija granice regulisanja

- ✿ **Ove granice se u teoriji kontrolnih karata nazivaju:**
 - Kontrolne granice, ili
 - Granice regulisanja
- ✿ **One dele kontrolnu kartu na dve zone:**
 - Zonu neizbežne disperzije (proces je stabilan i statistički ovladan i pod dejstvom sistema dozvoljenih faktora)
 - Zonu nedozvoljenih disperzija, posmatrane karakteristike kvaliteta (pod dejstvom nedozvoljenih faktora, proces je nestabilan)

Definicija granice regulisanja

☀ Pokatkad se u kontrolnu kartu unose i *granice upozorenja*, koje glase:

$$GGU = \bar{x} + \frac{2\sigma_o}{\sqrt{n}}$$


$$DGU = \bar{x} - \frac{2\sigma_o}{\sqrt{n}}$$



Primena metoda kontrolnih karata

- ✦ **Upravljanje kvalitetom obradnih i tehnoloških procesa na bazi prostorne slike stanja, promena i tendencija kvaliteta**
- ✦ **Kontrola kvaliteta proizvoda u pojedinim fazama pripreme, proizvodnje i završetka proizvodnje**
- ✦ **Stabilizacija procesa kroz otkrivanje i isključivanje sistema nedopuštenih faktora**
- ✦ **Identifikacija stanja (nivoa) kvaliteta konformnosti proizvoda**
- ✦ **Analiza tačnosti i stabilnosti obradnih i tehnoloških procesa**
- ✦ **Inoviranje i usavršavanje obradnih i tehnoloških procesa**
- ✦ **Analiza sistema grešaka obrade**
- ✦ **Primena u svim fazama nekog procesa za upravljanje kvalitetom proizvoda**

Podela kontrolnih karata

 **Koriste se više kriterijuma za podelu kontrolnih karata, a ovde se navode četiri najvažnija:**

- **Vrsta karakteristike kvaliteta**
- **Karakter objekta kontrole**
- **Statistički tretman ili vreme odvijanja proizvodnog procesa**
- **Složenost kontrolne karte**

Podela kontrolnih karata – vrsta karakteristike kvaliteta

- ✦ Karakteristika kvaliteta se utvrđuje merenjem – *numerička* karakteristika
- ✦ Ocenjivanje karakteristike kvaliteta se vrši *atributivno*, dihotomnom podelom: dobro-loše, valja-ne valja, ide-ne ide, tačno-ne tačno, bez defekata-sa defektima, kvalitetno-nekvalitetno, ... i ovo su *atributivne* karakteristike kvaliteta. Informacija kvaliteta o njima su jako oskudne

Podela kontrolnih karata – vrsta karakteristike kvaliteta

✦ U kontrolne karte za *numeričke* karakteristike kvaliteta spadaju:

- \bar{x} karte
- x karte
- R karte
- σ karte

✦ Sve karakteristike se odnose na uzorak

Podela kontrolnih karata – vrsta karakteristike kvaliteta

- ✦ **U kontrolne karte za *atributivne* karakteristike kvaliteta spadaju:**
 - **m – karte**
 - **p – karte**
 - **c – karte**
 - **u – karte, gde su:**
 - ***m*-broj defektnih primeraka u uzorku, *p*-procenat defektnih primeraka u uzorku, *c*-ukupan broj defekata u uzorku, i *u*-količnik između ukupnog broja defekata u uzorku i ukupnog broja primeraka u uzorku**

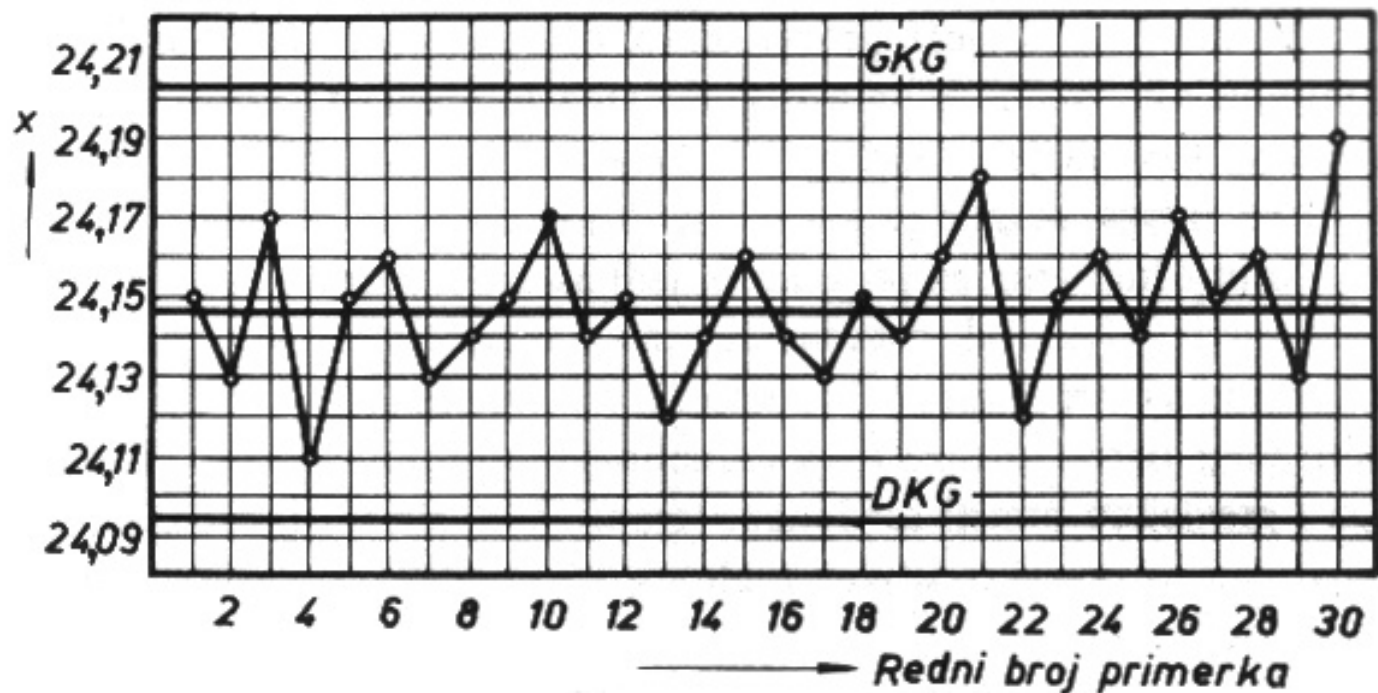
Podela kontrolnih karata – karakter objekta kontrole

- ✦ Ovaj kriterijum razmatra prilaz da li se u kontrolnu kartu unose podaci o:
 - Karakteristikama kvaliteta svakog primerka
 - Statističkim karakteristikama kvaliteta uzoraka
- ✦ Prema ovom kriterijumu kontrolne karte se dele na:
 - KK za karakteristike kvaliteta primeraka (\bar{x} -karte)
 - KK za statističke mere uzorka (\bar{x} -karte)

Podela kontrolnih karata – karakter objekta kontrole

- ✦ **x-karte su jednostavne za konstruisanje i primenu, ali daju dosta grubu predstavu o tačnosti datog procesa, slika 7.16**
- ✦ **\bar{x} -karte su redovni model statističke kontrole kvaliteta, gde se aritmetička sredina uzorka raspoređuje u uskom području oko aritmetičke sredine osnovnog skupa, slika 7.15. Ova karta je osetljiva na promene u toku procesa i na njoj se lako otkriva mesto i trenutak ovih promena**

Slika 7.16 x - karta



Sl. 7.16. Izgled \bar{x} - karte sa krivom rasporeda frekvencija

Slika 7.15 \bar{x} - karta



Sl. 7.15. Izgled kontrolne karte za aritmetičku sredinu (\bar{x} - karte)

Podela kontrolnih karata – statistički tretman ili vreme odvijanja tehnološkog procesa

- ✦ Tehnološki proces na osnovu ovog kriterijuma može se tretirati na dva načina:
- sukcesivno uzimanje uzoraka, snimanje njegovih karakteristika i izračunavanje statističkih parametara kontrolne karte, za *kontrolu stabilnosti i tačnosti protekle proizvodnje*
 - iz analize podataka ranijeg procesa izračunaju se kontrolne granice, pa se zatim vrši snimanje procesa preko uzastopnih uzoraka, čime se dobijaju kontrolne karte za *kontrolu stabilnosti i tačnosti tekuće proizvodnje*



Podela kontrolnih karata – složenost kontrolne karte

- ☼ Prema ovom kriterijumu dele se na:
 - **Proste kontrolne karte**
 - **Dvojne kontrolne karte (par prostih karata)**

x - karte

- ✦ Iz tehnološkog procesa se uzima u određenim vremenskim razmacima po *jedan primerak* koji se po redu uzimanja numeriše
- ✦ Izmerena karakteristika kvaliteta x_i se unosi u x-kartu , slika 7.16
- ✦ U kontrolnu kartu se unose granične linije u okviru kojih se sa verovatnoćom od 99.73% nalaze vrednosti karakteristika kvaliteta:

x - karte

$$IP = \bar{X} \pm 3\sigma_o$$

- ✦ Ovo znači da će se izvan granica naći manje od 3 od 1000 primeraka, što u praksi predstavlja metod za upravljanje kvalitetom – šest sigma - 6σ
- ✦ Kada su vrednosti parametra osnovnog skupa najčešće nepoznate, to se njihove vrednosti prema ranijem, procenjuju parametrima ... dovoljno velikog uzorka, sa

$$s = \sigma \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$

x - karte

- ✦ **Uslov tačnosti kod ove karte mora biti zadovoljen kroz jednačinu**

$$T \geq 6\sigma_o$$

U slučaju $T = 6\sigma_o$, oscilovaće unete tačke u x-karti oko centralne linije, pri čemu će biti svega 0.27% tačaka izvan tolerancijskih kontrolnih granica

- ✦ **U slučaju kada je $T \leq 6\sigma_o$, obrada radnih predmeta je netačna, pa se preuzimaju intervencije u dva pravca:**

x - karte

- ✦ 1. Koriguje se ili menja postojeći proces kako bi se karakteristike kvaliteta dovele u granice tolerancija
- ✦ 2. Ispitati mogućnost povećanja tolerancije sa projektantom proizvoda, ako nije moguće primeniti korak 1

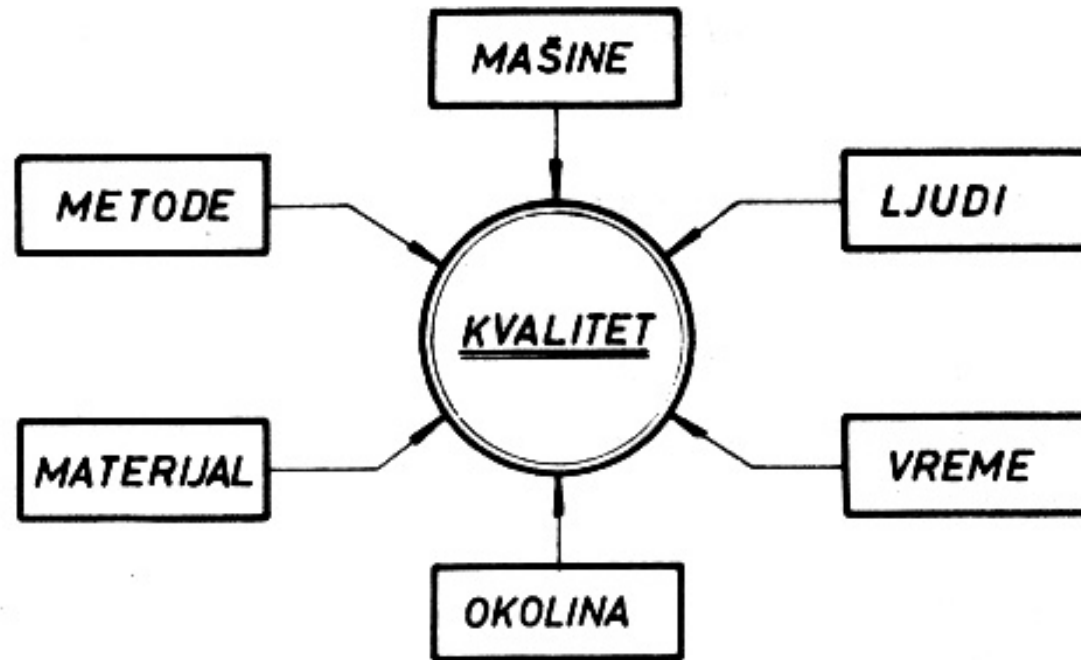


Kontrolne karte za analizu stabilnosti proteklog procesa

Definicija stabilnosti procesa

- **Stabilnost i tačnost procesa izrade proizvoda (sposobnost procesa) predstavlja ključne pojmove u metodu kontrolnih karata**
- **Opšti sistem faktora, koji uslovljavaju varijabilnost neke karakteristike kvaliteta, mogu se prikazati šemom na slici 7.20**

Slika 7.20 Klasifikacija uticajnih faktora na kvalitet



Sl. 7.20. Klasifikacija uticajnih faktora na kvalitet (karakteristike kvaliteta)



Kontrolne karte za analizu stabilnosti proteklog procesa

☀ **Neki proces može biti:**

- **Stabilan i tačan**
- **Stabilan i netačan**
- **Nestabilan i tačan**
- **Nestabilan i netačan**

Kontrolni karton

- ☀ **Karton za kontrolu (merenje i analizu) kvaliteta konformnosti proizvoda ima dvojak zadatak:**
 - kontrola određene karakteristike kvaliteta na radnom mestu putem uzoraka
 - kontrolni karton se koristi kao osnovni statistički dokument, za konstruisanje kontrolnih karata

Kontrolni karton

- ✦ Kontrolni karton ima oblik formulara, slika 7.21
- ✦ Za prvi zadatak – kontrolni karton služi za praćenje kvaliteta pri maloserijskoj i srednjoserijskoj proizvodnji (radnik, regler i poslovođa se upozoravaju da preuzmu aktivnosti za vraćanje procesa u normalni tok)
- ✦ Za drugi zadatak – kontrolni karton služi za prikupljanje podataka za dalje analize i konstruisanje kontrolnih karata

Slika 7.21 Primer kontrolnog kartona

Radna organizacija	Deo: Donja ploča					Nalog: 182.043
	Br. crt: 43 052					
	Mašina: B-214					Operacija: Bušenje
Radnik:						
Kontrolor:	Karak. kval.: # 8H8 (+0,020) 0,000					Komada: 1500
Red. br. uzorka	1	2	3	4	5	Napomena
Datum i čas uzimanja						
Odstupanja karakteristike od nominalnih vrednosti [μm]	14	12	13	6	14	
	(23)	4	16	12	6	
	10	14	10	9	(-2)	
	15	5	(21)	13	12	
	3	8	15	10	8	
Zbir	65	43	75	50	40	
Pros. vrednost (\bar{x})	13	8,6	15	10	5	
Najveća vred. (x_{max})	23	14	21	13	14	
Najmanja vred. (x_{min})	3	4	10	6	-2	
Raspon (R)	20	10	11	7	16	

Sl. 7.21. Primer oblika i strukture kontrolnog kartona



Procedura formiranja kontrolnih karata

 **Tok kontrole stabilnosti protekle proizvodnje definiše se procedurom koja ima sledeće etape:**

- **postavljanje plana karakteristika kvaliteta koje treba da se kontrolišu**
- **definisanje načina biranja, veličine, vremena, mesta i učestalosti uzimanja uzoraka**
- **formiranje kontrolnog kartona**
- **izbor tipa kontrolne karte**

Procedura formiranja kontrolnih karata - nastavak

- snimanje numeričkih, odnosno atributivnih karakteristika kvaliteta pojedinih primeraka u uzorcima i izračunavanje statističkih mera uzoraka (rezultati se upisuju u kontrolni karton)
- postepeno unošenje izračunatih podataka u izabrani tip kontrolne karte
- izračunavanje položaja centralnih linija i kontrolnih granica i njihovo ucrtavanje na kartu
- analiza i ocena stabilnosti protekle proizvodnje na osnovu kontrolne karte

● Procedura formiranja kontrolnih karata - nastavak

- ☀ Pored ovoga, kada je reč o metodologiji uzimanja uzoraka, treba voditi računa i o:
 - Primerci jednog uzorka ne izvlače se na slučajan već na sistematski način (primerci obrađeni pod istim uslovima)
 - Uzorci sadrže isti broj primeraka (ne manje od 4 i ne više od 25)
 - Za \bar{X} kontrolne karte broj elemenata u uzorku je do 10
 - Za σ kontrolne karte broj elemenata je veći od 10
 - Vreme uzimanja uzoraka se definiše vremenskom šemom, za koju ne treba da zna radnik za mašinom
 - Za ocenu stabilnosti procesa treba izvući najmanje 25 uzoraka

Izračunavanje centralnih linija i kontrolnih granica

- ✱ **Centralne linije (CL) i kontrolne granice (GKG, DKG) izračunavaju se i ucrtavaju tek po definitivnoj obradi snimljenih podataka**
- ✱ **U slučaju da se menja veličina uzorka, menja se stalno i položaj kontrolnih granica**
- ✱ **Kada se ne menja broj primeraka u uzorku, kontrolne granice zadržavaju nepromenjen položaj, pa se preporučuje da uzorci budu sa istim brojem primeraka**
- ✱ **Neka je izvučeno po planu kontrole k (više od 25 uzoraka), onda je položaj centralnih linija i kontrolnih granica za protekli proces, definisan j -nama:**

Izračunavanje centralnih linija i kontrolnih granica

$$\bar{x}R \left\{ \begin{array}{l} CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{x}_i \\ CL_R = \bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} DKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R}, \quad GKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \\ DKG_R = D_3 \bar{R}, \quad GKG_R = D_4 \bar{R} \end{array}$$

$$\bar{x}\sigma \left\{ \begin{array}{l} CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{x}_i \\ CL_{\sigma} = \bar{\sigma} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sigma_i \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} DKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_1 \bar{\sigma}, \quad GKG_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_1 \bar{\sigma} \\ DKG_{\sigma} = B_3 \bar{\sigma}, \quad GKG_{\sigma} = B_4 \bar{\sigma} \end{array}$$

$$m \left\{ \begin{array}{l} CL_m = \bar{m} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k m_i \end{array} \right. \quad DKG_m = \bar{m} - 3\sqrt{\bar{m}\left(1 - \frac{\bar{m}}{n}\right)}, \quad GKG_m = \bar{m} + 3\sqrt{\bar{m}\left(1 - \frac{\bar{m}}{n}\right)}$$

$$c \left\{ \begin{array}{l} CL_c = \bar{c} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k c_i \end{array} \right. \quad DKG_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}, \quad GKG_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$$

Izračunavanje centralnih linija i kontrolnih granica

- ✦ Jednačine 7.42 – 7.47 odnose se za kontrolne karte za protekli proces, za koji nisu poznati statistički parametri osnovnog skupa, već se njihove vrednosti procenjuju na osnovu uzoraka
- ✦ Kada su ove karakteristike (osnovnog skupa) poznate, tada se CL, DKG i GKG izračunavaju primenom J-na 7.48 do 7.51 :

Izračunavanje centralnih linija i kontrolnih granica

$$\bar{x}_R \begin{cases} CL_{\bar{x}} = \bar{X}_o, & DKG_{\bar{x}} = \bar{X}_o - A\sigma_o, & GKG_{\bar{x}} = \bar{X}_o + A\sigma_o \\ CL_R = \bar{R} = d_2\sigma_o, & DKG_R = D_1\sigma_o, & GKG_R = D_2\sigma_o \end{cases}$$

$$\bar{x}_\sigma \begin{cases} CL_{\bar{x}} = \bar{X}_o, & DKG_{\bar{x}} = \bar{X}_o - A\sigma_o, & GKG_{\bar{x}} = \bar{X}_o + A\sigma_o \\ CL_\sigma = \bar{\sigma} = c_2\sigma_o, & DKG_\sigma = B_1\sigma_o, & GKG_\sigma = B_2\sigma_o \end{cases}$$

Izračunavanje centralnih linija i kontrolnih granica

- ✦ Kontrolne karte ovog tipa pripadaju sistemu kontrolnih karata za tekuće procese, jer se centralne linije i kontrolne granice ucrtavaju u kontrolne karte pre nego što se pristupi kontroli stabilnosti i tačnosti (sposobnosti) nekog procesa na osnovu uzoraka

Izračunavanje centralnih linija i kontrolnih granica

☛ Moguć je i treći slučaj – karakteristika kvaliteta se pokorava zakonu normalnog rasporeda a poklapaju se i tolerancije $T = T_p = 6 \sigma_o$

$$\begin{array}{l} \bar{x}_R \left\{ \begin{array}{l} CL_x = \bar{X}_o = x_{sr} = \frac{x_g + x_d}{2} \\ CL_R = \bar{R} = d_2' T \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} DKG_x = \bar{X}_o - A'T, \quad GKG_x = \bar{X}_o + A'T \\ DKG_R = D_1' T, \quad GKG_R = D_2' T \end{array} \\ \\ \bar{x}_\sigma \left\{ \begin{array}{l} CL_x = \bar{X}_o = x_{sr} = \frac{x_d + x_g}{2} \\ CL_\sigma = \bar{\sigma} = c_2' T \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} DKG_x = \bar{X}_o - A'T, \quad GKG_x = \bar{X}_o + A'T \\ DKG_\sigma = B_1' T, \quad GKG_\sigma = B_2' T \end{array} \end{array}$$

Izračunavanje centralnih linija i kontrolnih granica

- ✦ U ovom slučaju, kontrolne granice se izračunavaju i ucrtavaju na osnovu date tolerancije
- ✦ Ovaj tip kontrolnih karata pripada sistemu kontrolnih karata za tekući proces

Ocena stabilnosti proteklog procesa

- ✿ Kada se izračunaju položaji CL, DGK i GKG, tada se na osnovu odnosa granica i unetih tačaka, može oceniti stabilnost *protekle* proizvodnje
- ✿ Ova ocena proizilazi iz broja tačaka koje se nalaze van kontrolnih granica
- ✿ Protekli proces je **stabilan**, ako je:
 - Od poslednjih 25 tačaka, svaka je u kontrolnim granicama
 - Od poslednjih 35 tačaka, samo 1 je van kontrolnih granica
 - Od poslednjih 100 (više od 50), 2 se nalaze van kontrolnih granica

Izračunavanje centralnih linija i kontrolnih granica

- ✚ Ovi uslovi stabilnosti važe za bilo koji tip *pojedinačne* kontrolne karte
- ✚ Kada je reč o dvojnim kartama, kao što je na primer \bar{x} R karta, tada je protekli proces nestabilan ukoliko jedan od navedenih uslova nije zadovoljen na bilo kojoj od dotičnih pojedinih karata
- ✚ Kod nestabilnih procesa tačke izvan kontrolnih granica ukazuju na delovanje nedozvoljenih faktora u toku obrade



Analiza tačnosti proteklog procesa

- ✦ Nakon kontrole stabilnosti procesa, pristupa se kontroli njegove tačnosti
- ✦ Suština kontrole tačnosti sastoji se u upoređivanju (po veličini i položaju) propisanog tolerancijskog polja i područja prirodne disperzije (rasipanja) vrednosti date karakteristike kvaliteta
- ✦ Kod kontrole tačnosti procesa treba razlikovati proces bez i sa trendom

Analiza tačnosti proteklog procesa

- ✦ Kod procesa bez trenda, linija centralne tendencije, odnosno statsitičke mere, paralelna je sa apcisom kontrolne karte (osa x)
- ✦ Kada je proces stabilan, njegova prirodna tolerancija je

$$T_p = 6 \sigma_0$$

Analiza tačnosti proteklog procesa

- ✦ Teorija uzoraka kaže: ako osnovni skup ima normalni raspored, tada će se i rasponi (R_i) uzoraka, uzeti iz osnovnog skupa, takođe normalno raspoređeni oko centralne linije R
- ✦ Isto važi i za statističku meru x
- ✦ Tada se parametri rasporeda OS i uzorka određuju:

Analiza tačnosti proteklog procesa

$$\sigma_o = \frac{1}{d_2} \bar{R}$$

$$\sigma_o = \frac{1}{c_2} \bar{\sigma}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sigma_i$$

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i$$

Analiza tačnosti proteklog procesa

✦ Tačnost posmatranog metoda obrade izražava se *koeficijentima tačnosti*

$$\mu_1 = \frac{T_p}{T} = \frac{6\sigma_o}{T} \leq 1$$

$$\mu_2 = \frac{E}{T} = \frac{\left| \bar{x} - x_s \right|}{T}$$

Analiza tačnosti proteklog procesa

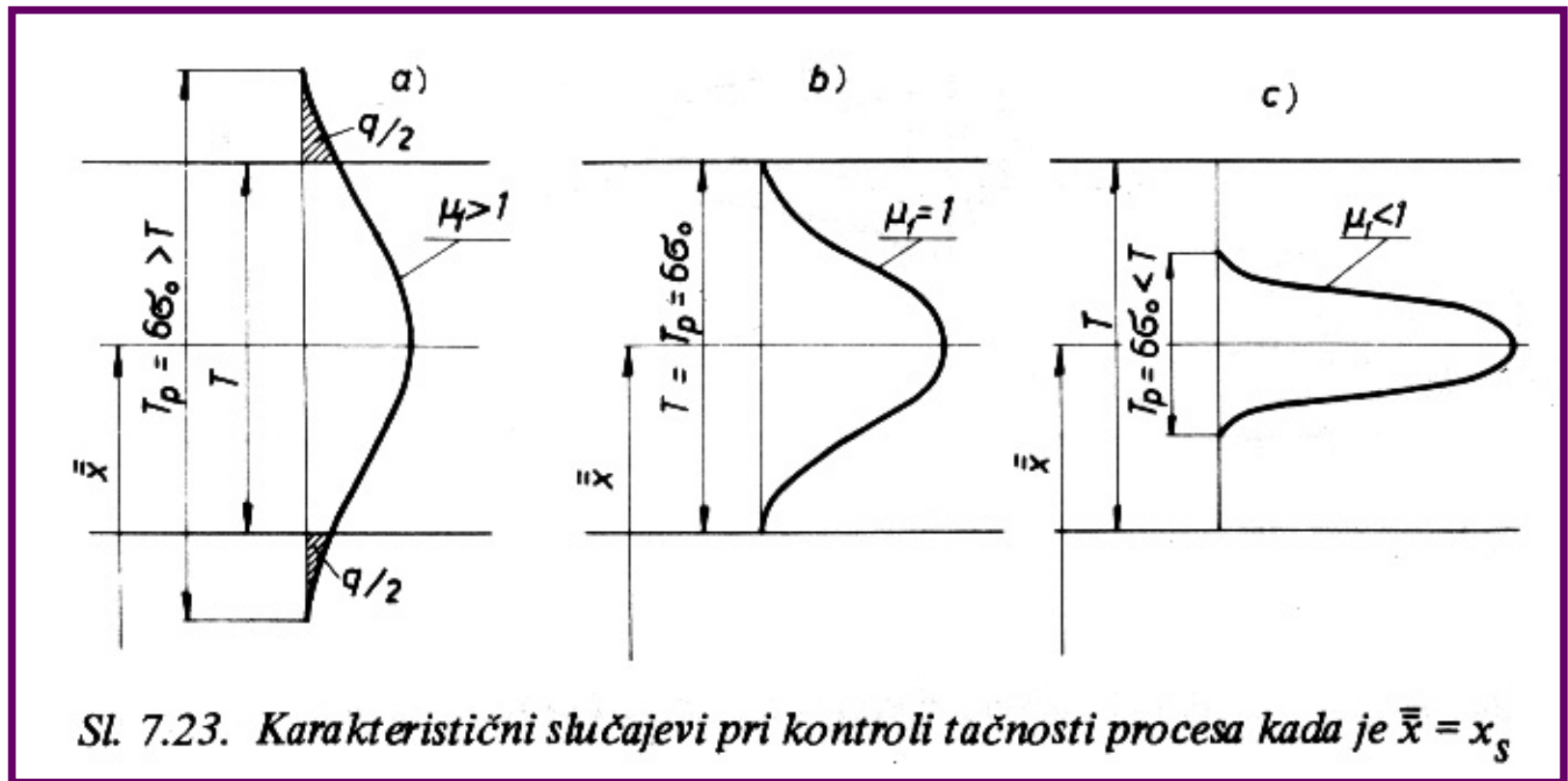
☀ U zavisnosti od odnosa T_p i T , moguće su tri vrednosti koeficijenta μ_1 :

☀ $\mu_1 > 1$

☀ $\mu_1 = 1$

☀ $\mu_1 < 1$, slika 7.23

Slika 7.23 Karakteristični slučajevi ...



Analiza tačnosti proteklog procesa

✦ Za netačne procese pojavljuje se škart, koji se izračunava:

$$q = \left[1 - 2\phi\left(\frac{T}{2\sigma_o}\right) \right] 100\%$$

$$t = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} = \frac{\bar{x} - \bar{x}}{\sigma_o} = \frac{\bar{x} - \frac{T}{2} - \bar{x}}{\sigma_o} = \frac{T}{2\sigma_o}$$

$$q = [1 - 2\phi(3)]100\% = 0.27\%$$

Analiza tačnosti proteklog procesa

- ✦ Međutim, uslov $\mu_1 < 1$ nije dovoljan da bi u svim prilikama bila obezbeđena tačna obrada
- ✦ Potrebno je da bude ispunjen i dopunski uslov, odnosno ...

$$x_s = \frac{x_g + x_d}{2}$$

$$E = \bar{x} - x_s$$

$$\mu_2 = \frac{E}{T} = \frac{|\bar{x} - x_s|}{T}$$

$$\mu_{2d} = \frac{E_d}{T} = \frac{T - 6\sigma_o}{2T} = \frac{1 - \mu_1}{2}$$

Analiza tačnosti proteklog procesa

✦ Ako je $\mu_2 > \mu_{2d}$

$$q = \left[0.5 - \phi \left(\frac{0.5T + x_s - \bar{x}}{\sigma_o} \right) \right] 100$$

$$q = \left[0.5 - \phi \left(\frac{0.5T + \bar{x} - x_s}{\sigma_o} \right) \right] 100$$

Analiza tačnosti proteklog procesa

✦ Zaključak – proces bez trenda, čija je stabilnost prethodno proverena i dokazana, biće tačan samo tada ako ispunjava uslove:

$$\dots \mu_1 < 1$$

$$\dots \mu_2 < \mu_{2d}$$



Analiza tačnosti proteklog procesa

✦ Dopuštena vrednost greške regulisanja ili tolerancije jednaka je:

$$\Delta_r = 2E_\alpha = T - 6\sigma_o$$

● Kontrolne karte za analizu stabilnosti i tačnosti tekućih procesa

- ✦ Model statističke kontrole tekuće kontrole se bitno razlikuje od metoda protekle proizvodnje
- ✦ Suštinu metoda kontrole tekućeg procesa čine kontrolne karte koje se unapred utvrđuju, odnosno pre neposredne kontrole procesa
- ✦ Položaj kontrolnih granica zavisi od reprezentativnih i standardnih vrednosti posmatrane karakteristike kvaliteta

Kontrolne karte za analizu stabilnosti i tačnosti tekućih procesa – utvrđivanje reprezentativnih vrednosti

- ✦ Pre početka kontrole tekućeg procesa potrebno je da se ispita najmanje 25 uzoraka, prema pravilima kako je to ranije objašnjeno
- ✦ Ukoliko se zadovolje napred definisana pravila, a proces je stabilan, reprezentativne vrednosti se određuju iz jednačina:

$$\bar{x}_r = \bar{x} \quad \sigma_r = \frac{1}{d_2} \bar{R} \quad \sigma_r = \frac{1}{c_2} \bar{\sigma} \quad p_r = \bar{p}$$

Kontrolne karte za analizu stabilnosti i tačnosti tekućih procesa – utvrđivanje reprezentativnih vrednosti

- ✦ Posle izračunavanja reprezentativnih vrednosti upoređuje se širina granica specifikacije (tolerancije) sa intervalom

$$\left(\bar{x}_r - 3\sigma_r , \bar{x}_r + 3\sigma_r \right)$$

- ✦ U slučaju kada je asimetričan raspored frekvencija karakteristika kvaliteta, onda je

$$\left(\bar{x}_r - 3\sigma_r , \bar{x}_r + 4\sigma_r \right) \quad \left(\bar{x}_r - 4\sigma_r , \bar{x}_r + 3\sigma_r \right)$$

Kontrolne karte za analizu stabilnosti i tačnosti tekućih procesa – utvrđivanje reprezentativnih vrednosti

- ✦ Kada su zadovoljeni uslovi 7.72 do 7.74 onda je tačnost tehnološkog procesa zadovoljavajuća, što znači da su reprezentativne vrednosti dobre
- ✦ U obrnutom slučaju, mora se procedura ponoviti
- ✦ Proces u napred posmatranim slučajevima može biti statistički ovladan ili neovladan

Kontrolne karte za analizu stabilnosti i tačnosti tekućih procesa – određivanje standardnih vrednosti

- ✦ Standardne vrednosti se utvrđuju na osnovu reprezentativnih vrednosti
- ✦ Kada su zadovoljeni uslovi iz j-na 7.72 – 7.74, onda su *standardne* vrednosti jednake *reprezentativnim*, tj.

$$\bar{x}' = \bar{x}_r = \bar{x} \quad \sigma' = \sigma_r = \frac{1}{d_2} \bar{R} \quad p' = p_r = \bar{p}$$



**Kontrolne karte za analizu stabilnosti i tačnosti tekućih procesa
– utvrđivanje reprezentativnih vrednosti**

✶ Kada to nije slučaj, onda se procedura ponavlja, kako je to već napred objašnjeno

Centralne vrednosti i kontrolne granice tekućeg procesa

✦ Kada se usvoje standardne vrednosti prema prethodnoj proceduri, onda se centralne vrednosti i kontrolne granice za KK za tekući proces izračunavaju:

\bar{x}'	$\bar{R} = d_2 \sigma'$	$c_2 \sigma'$	m'
$\bar{x}' - A \sigma'$	$D_1 \sigma'$	$B_1 \sigma'$	$m' - 3 \sqrt{m' (1 - m' / n)}$
$\bar{x}' + A \sigma'$	$D_2 \sigma'$	$B_2 \sigma'$	$m' + 3 \sqrt{m' (1 - m' / n)}$

Centralne vrednosti i kontrolne granice tekućeg procesa

- ✦ Kada se CL i D/G KG izračunaju, onda se one unose u KK za tekući proces
- ✦ Na ovaj način je završena KK za tekući proces
- ✦ Svrha i metodologija primene KK je *projektovanje KK za tekući proces*

A decorative green line starts from the top right, curves over the top of the yellow box, and ends at a small sphere with green dots on the left side of the yellow box.

Hvala Vam na pažnji !

Vaš
Prof. dr Vidosav D. Majstorović
Mašinski fakultet u Beogradu
PITANJA!