



## **Sposobnost procesa**

**Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2004.**

Copyright © 2004 mr Nedeljko živković FON. All rights reserved.

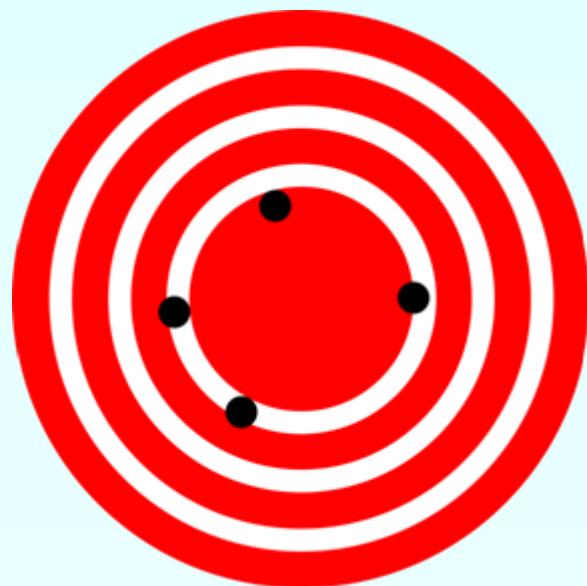
## Podela uticajnih faktora na proces

- **sistematske (utvrđive)** - neodgovarajući alat, promene u tvrdoći materijala koji se obrađuje, neodgovarajuće podešen alat itd.
- **slučajne** (vibracije, pohabanost pojedinih delova prenosnog mehanizma i vodiča)

Ako se proces nalazi samo pod dejstvom slučajnih uzoraka on će se odvijati unutar svojih prirodnih tolerancija i biće **statistički ovladan**.

Uticaj sistematskog uzroka se može zapaziti u toku praćenja preko kontrolnih granica kada prelaz ovih granica ukazuje na **delovanje utvrdivog uzroka**.

# Sistematski i slučajni faktori uticaja na proces



# Ponašanje karakteristika kvaliteta tehnoloških procesa

- ako na neku veličinu deluje veliki broj slučajnih faktora međusobno nezavisnih tada se ta veličina raspoređuje prema **zakonu normalnog rasporeda**.
- u većini tehnoloških procesa prethodni uslov je zadovoljen i raspodela izmerenih vrednosti neke karakteristike kvaliteta se mogu predstaviti **zakonom normalnog rasporeda**.

# Funkcija zakona normalne raspodele frekvencija (Gausova kriva)

Parametarski oblik:

$$y = f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}$$

gde je  $t=(x-\bar{X})/\sigma$

Površine ispod krive između granica  $t_1$  i  $t_2$  su date integralom prethodne funkcije:

$$P(t_1 < t < t_2) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{t_2} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

ili jednostavnijom upotrebom Laplasove funkcije i korišćenjem tablica dobijaju se približne vrednosti:

$$P(t_1 < t < t_2) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1) \quad , \text{ gde za potrebe proračuna važi } \Phi(-t) = -\Phi(t)$$

# Vrednosti površina ispod krive normalnog rasporeda

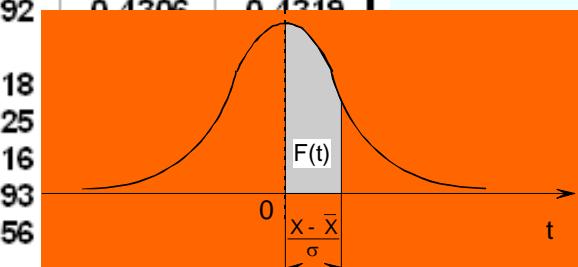
## Vrednosti Laplasove funkcije

t = 1,16

Tabela 3-7

t	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,0121	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2704	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3819	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418		
1,6	0,4452	0,4436	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525		
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616		
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4661	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693		
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756		
2,0	0,4772	0,4778	0,4783	0,4788	0,4793	0,4798	0,4803	0,4808	0,4812	0,4817
2,1	0,4821	0,4826	0,4830	0,4834	0,4838	0,4842	0,4846	0,4850	0,4854	0,4857
2,2	0,4861	0,4864	0,4868	0,4871	0,4875	0,4878	0,4881	0,4884	0,4887	0,4890
2,3	0,4893	0,4896	0,4898	0,4901	0,4904	0,4906	0,4909	0,4911	0,4913	0,4916
2,4	0,4918	0,4920	0,4922	0,4925	0,4927	0,4929	0,4931	0,4932	0,4934	0,4936

$\Phi(t)$   
ili  
 $F(t)$



# Vrednosti površina ispod krive normalnog rasporeda

## Vrednosti Laplasove funkcije

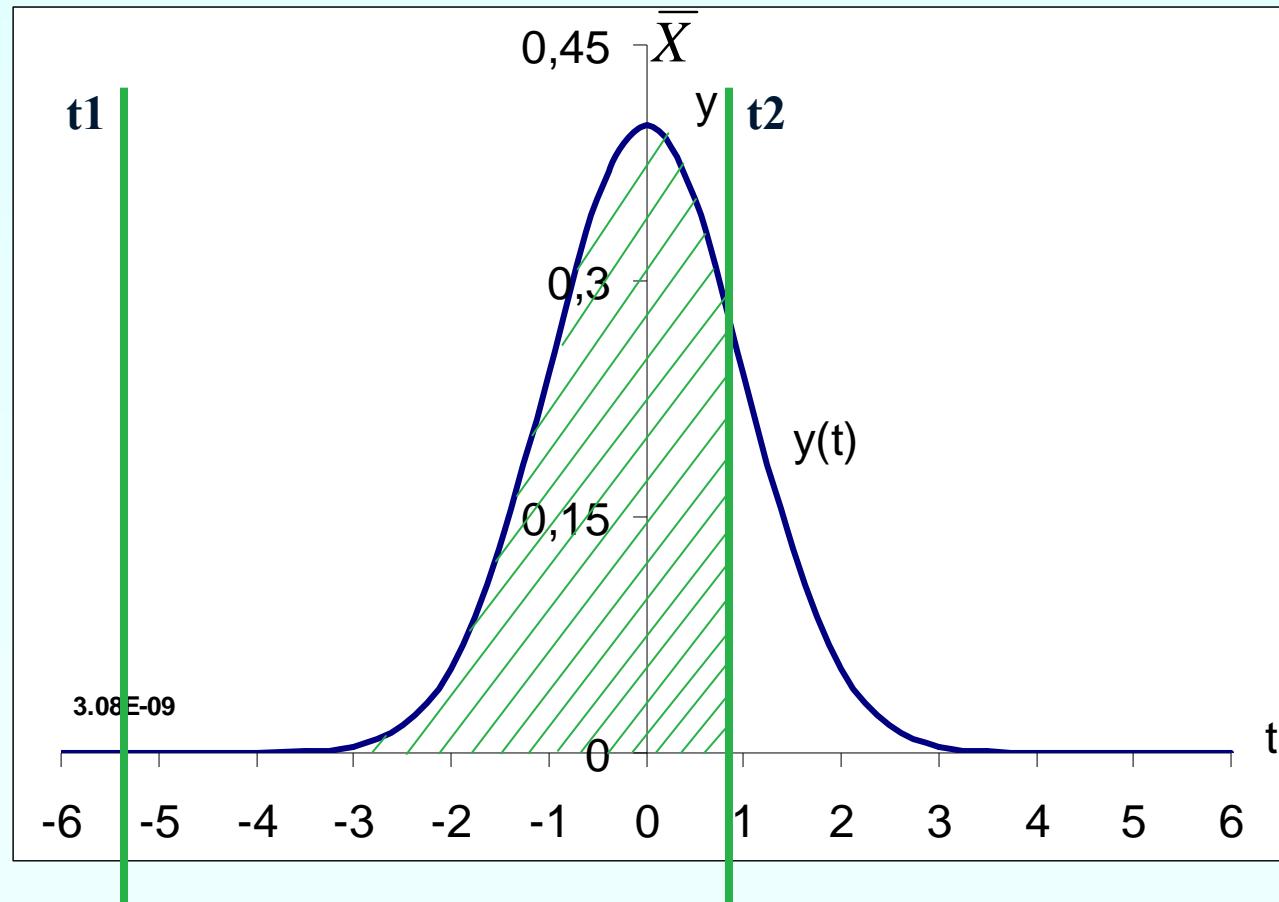
Tabela 3-7

t	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,5	0,4838	0,4990	0,4941	0,4943	0,4945	0,4946	0,4948	0,4949	0,4951	0,4952
2,6	0,4953	0,4955	0,4956	0,4957	0,4950	0,4960	0,4961	0,4962	0,4963	0,4964
2,7	0,4965	0,4966	0,4967	0,4968	0,4969	0,4970	0,4971	0,4972	0,4973	0,4974
2,8	0,4974	0,4975	0,4976	0,4977	0,4977	0,4978	0,4979	0,4979	0,4980	0,4981
2,9	0,4981	0,4982	0,4982	0,4983	0,4984	0,4984	0,4985	0,4985	0,4986	0,4986
3,0	0,4987	0,4987	0,4987	0,4988	0,4988	0,4989	0,4989	0,4989	0,4990	0,4990
3,1	0,4990	0,4991	0,4991	0,4991	0,4992	0,4992	0,4992	0,4992	0,4993	0,4993
3,2	0,4993	0,4993	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4994	0,4995	0,4995	0,4995
3,3	0,4995	0,4995	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4996	0,4997
3,4	0,4979	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4997	0,4998
3,5	0,4998									
4,0	0,49997									
4,5	0,499997									
5,0	0,4999997									
$\infty$	0,5000000									

# Funkcija zakona normalnog raspodela frekvencija (Gausova kriva)

Površine ispod krive između granica  $X_g$  i  $X_d$  se proračunavaju kao:

$$P(X_d < x < X_g) = P(t_1 < t < t_2) = \Phi(t_2) - \Phi(t_1)$$



Gde su:

$$t_2 = \frac{X_g - \bar{X}}{\sigma}$$

$$t_1 = \frac{X_d - \bar{X}}{\sigma}$$

# Funkcija zakona normalne raspodele frekvencija (Gausova kriva)

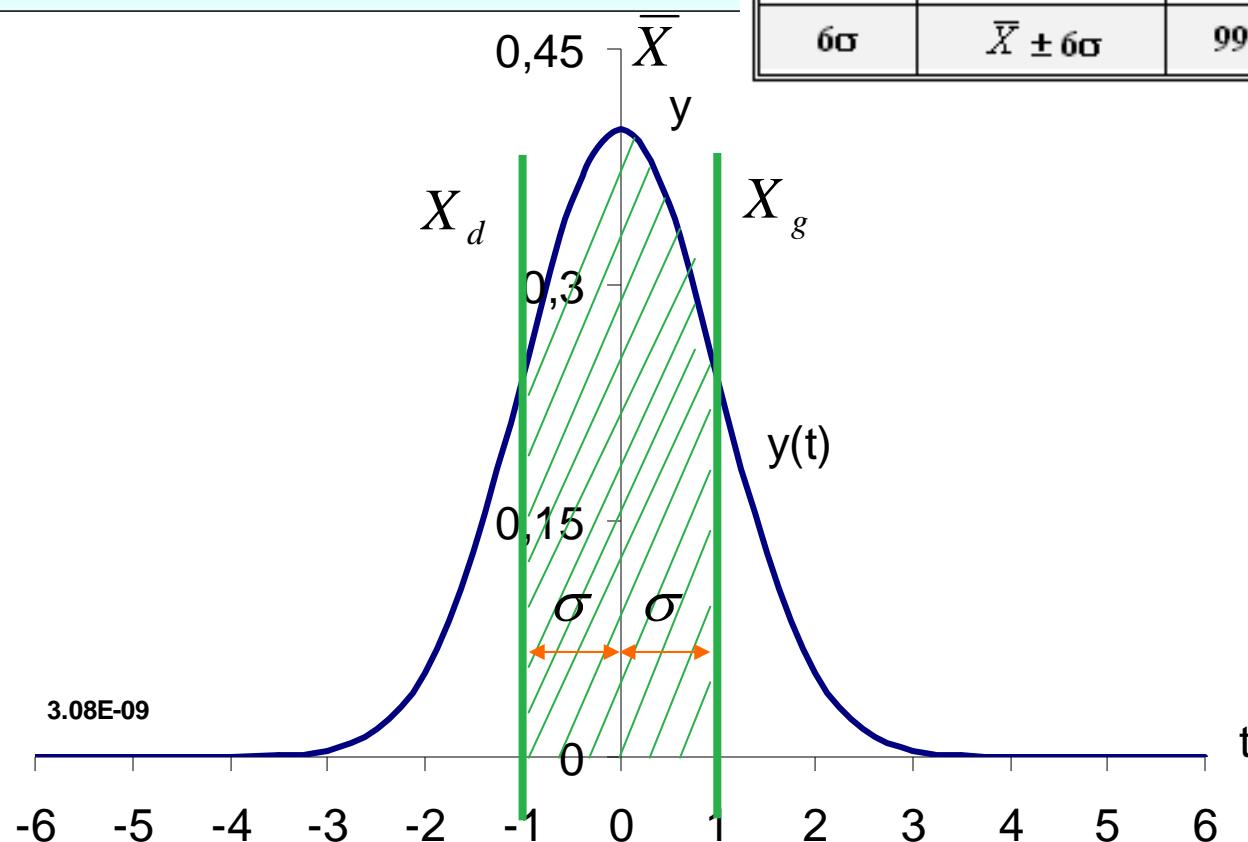
za  $t_2=1$   $X_g = \bar{X} + \sigma$

za  $t_1=-1$   $X_d = \bar{X} - \sigma$

za  $t_2=2$   $X_g = \bar{X} + 2\sigma$

Itd.

Granica	Položaj granice	Verovatnoća da se $X$ nalazi		Loših na milion (PPM)
		u granicama %	izvan granica %	
$\sigma$	$\bar{X} \pm \sigma$	68.26	31.74	317,400
$2\sigma$	$\bar{X} \pm 2\sigma$	95.44	4.56	45,600
$3\sigma$	$\bar{X} \pm 3\sigma$	99.73	0.27	2,700
$4\sigma$	$\bar{X} \pm 4\sigma$	99.9937	0.0063	63
$5\sigma$	$\bar{X} \pm 5\sigma$	99.999943	0.000057	0.57
$6\sigma$	$\bar{X} \pm 6\sigma$	99.9999998	0.0000002	0.002



Uobičajeno  
dovoljno za  
najveći broj  
procesa!!!!

# Sposobnost procesa - Process Capability

- Karakteristika procesa koja ukazuje na njegovu **sposobnost da ostvari specifikaciju**, projektovani kvalitet karakteristike kvaliteta (konstrukcionalna tolerancija  $T=X_g-X_d$ ).
- Predstavlja odnos konstrukcione  $T$  i prirodne tolerancije procesa  $T_p$ .

Mogućnost ili prirodna tolerancija procesa  $T_p$  je:

- Interval granica rasipanja vrednosti karakteristike kvaliteta koju stvara, a koje su rezultat **slučajnih uticajnih faktora procesa**.
- Mera prihvatljive promenljivosti neke izlazne vrednosti iz procesa

# Tačnost procesa - Process Accuracy

---

- Karakteristika procesa koja ukazuje na **stepen slaganja vrednosti izlaznih veličina iz procesa sa specifikacijom, projektovnim kvalitetom karakteristike kvaliteta.**
- Ukazuje na **pomerenost prosečne vrednosti izlazne karakteristike kvaliteta u odnosu na centralnu liniju specifikacije, projektovanih (dozvoljenih) granica rasipanja karakteristike kvaliteta.**

## PRIKAZI KARAKTERISTIČNIH SLUČAJEVA

- 1. Sposoban i tačan proces**
- 2. Sposoban i netačan proces (2.1 sposoban i 100% netačan i 2.2 sposoban i 50% tačan)**
- 3. Nesposoban proces (ujedno i netačan)**

# Sposobnost procesa – tumačenje oblika histograma



Normal distribution



Right-skewed distribution



Bimodal (double-peaked) distribution



Plateau distribution



Edge peak distribution

## Normalna raspodela

- karakteristika kvaliteta definisane sa gornjom i donjom granicom
- odstupanja od iste mogu biti deo same prirode procesa (videti raspodele u nastavku) ili posledica nekog značajnog uticaja
- druge teorijske raspodele mogu biti slične ovoj

## Iskrivljena raspodela

- čistoća (ne može biti preko 100%)
- vreme obrade zahteva (ne može biti ispod 0)
- prečnik rupe dobijen bušenjem npr. (ne može biti manji od prečnika burgije)

## Dvostruka ili bimodalna raspodela

- ishodi dva procesa sa različitim distribucijama
- proizvodnja iz dve smene sa različitim distribucijama
- potrebna stratifikacija

## Plato ili višemodalna raspodela

- više procesa sa normalnom raspodelom
- frekvencije pojedinih vrednosti se sabiraju
- nedefinisani procesi ili neiskusni operativci

## Edge peak

- moguće neispravno prikupljanje podataka i konstrukcija histograma
- npr. vrednosti blizu gornje/donje granice su prihvaćeni kao tek malo defektni

# Sposobnost procesa – tumačenje oblika histograma



## Raspodela oblika češlja

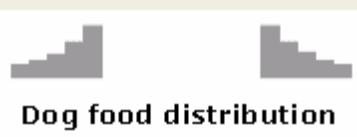
- greške merenja, zaokruženi podaci ili pogrešna konstrukcija histograma



Truncated or heart-cut distribution

## Odsečena raspodela ili “izdvojeno srce”

- nakon upotrebe završne kontrole kvaliteta proizvoda kupcu mogu doći delovi sa datim oblicima raspodele
- iz proizvedene serije izdvojeni su loši



## Dog food raspodela

- obično kao ostaci prethodno izdvojenog “srca”
- neko za sebe izdvoji bolje proizvode, a kupcu pošalje ostatke (“dog food”)



Isolated-Peaked

## Raspodela sa izolovanim vrhom

- pokušati izolovati podatke: vreme, mašine, ulazi u proces, tehnologija, operater ...
- neodgovarajuća obuka jednog od kontrolora
- greške prilikom merenja ili kontrole

# **Sposobnost procesa - Process Capability**

## **Zašto analiza sposobnosti procesa**

- da bi se znalo da li proces može zadovoljiti specifikaciju
- da bi se znalo, zašto proces, ako može, ne zadovoljava specifikaciju
- da bi se proces optimalno regulisao u cilju tačnosti

## **Gde se koristi analiza sposobnosti procesa?**

- kod nabavke novih mašina (koju specifikaciju treba da ostvare)
- kod određivanja plana uzorkovanja (ritma uzorkovanja i veličine)
- kod konstruisanja novih proizvoda
- kod planiranja korišćenja mašina
- kod izbora radnika za rad na pojedinim mašinama
- kod podešavanje mašina
- kod određivanja kontrolnih granica
- kod izbora alternativnih procesa

# **Sposobnost procesa - Process Capability**

## **Greške koje se najčešće prave prilikom ocene sposobnosti procesa**

- mali uzorak
- kratak period snimanja
- proces nije pod kontrolom (uticaj sistematskih faktora)
- nepouzdanost mernih rezultata (merilo, metoda, radnik)

## **Kad se vrši analiza sposobnosti procesa?**

- pre isporuke nove opreme
- nakon montiranja nove opreme
- u toku proizvodnje

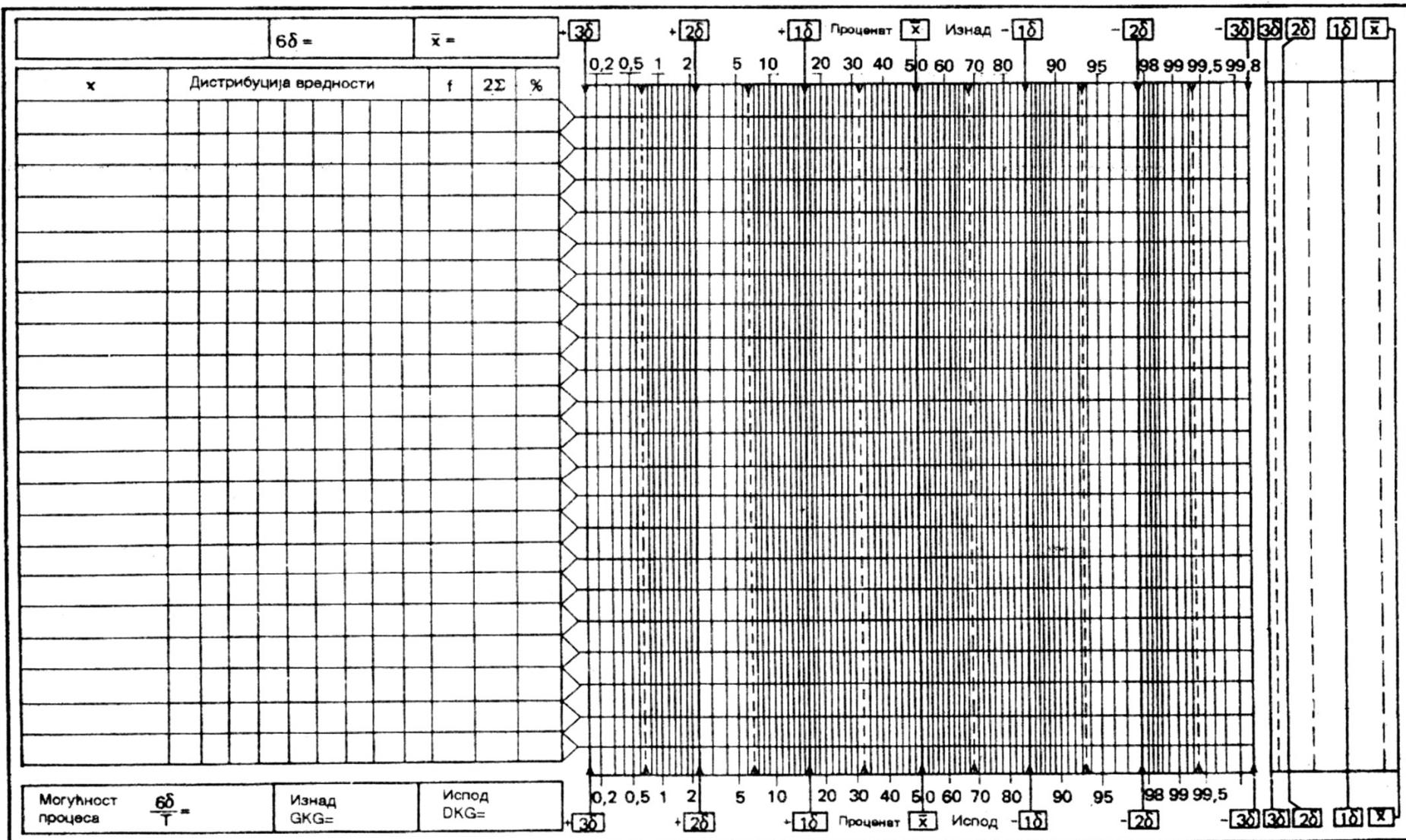
# Sposobnost procesa – analitički metod

Naziv parametra	Oznaka	Formula
Indeks sposobnosti	CR	$6\sigma/T$
Sposobnost procesa	Cp	$T/6\sigma$
Sposobnost u odnosu na specifikaciju - Tačnost procesa	Cpk	$\min(C_{pg}, C_{pd})$
Sposobnost u odnosu na gornju granicu	Cpg	$\frac{X_g - X_0}{3\sigma}$
Sposobnost u odnosu na donju granicu	Cpd	$\frac{X_0 - X_d}{3\sigma}$
Koefficijent poklapanja	K	$\frac{X_0 - X_{sr}}{0,5T}$

Ocena procesa	Sposobnost
NEPRIHVATLJIVO (proces nije sposoban)	$C_p < 1$
NEPOŽELJNO (proces je sposoban ako se prati)	$1 \leq C_p < 1.33$
PRIHVATLJIVO (proces je sposoban)	$1.33 \leq C_p < 2$
POŽELJNO (proces je veoma sposoban)	$C_p \geq 2$

Ocena procesa	Tačnost
TAČAN PROCES	$C_p \geq 1$ i $C_{pk} \geq 1$

# Sposobnost procesa – grafički metod



# Tablice za izbor koeficijenta d<sub>2</sub> prilikom ocene st. devijacije

## 5.1. Koeficijent i relacije $\bar{X}R$ - kontrolne karte

Tabela 5-1

Veli~ina uzorka	Vrednost koeficijenta prilikom izra~unavawa iz											
	pro{lih podataka					tolerancije				prilikom pra}ewa procesa		
ili	A	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	d <sub>2</sub>	$\frac{1}{d_2}$	A'	D' <sub>1</sub>	D' <sub>2</sub>	d' <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
broj opa~awa												
2.	2,121	0,000	3,686	1,128	0,887	0,354	0,000	0,614	0,188	1,880	0,000	3,267
3.	1,732	0,000	4,358	1,693	0,591	0,289	0,000	0,726	0,282	1,023	0,000	2,575
4.	1,500	0,000	4,698	2,059	0,486	0,250	0,000	0,783	0,343	0,729	0,000	2,282
5.	1,342	0,000	4,918	5,326	0,430	0,224	0,000	0,820	0,388	0,577	0,000	2,115
6.	1,225	0,000	5,079	2,534	0,395	0,204	0,000	0,846	0,422	0,483	0,000	2,004
7.	1,134	0,205	5,203	2,704	0,370	0,189	0,034	0,867	0,451	0,419	0,076	1,924
8.	1,061	0,387	5,370	2,847	0,351	0,177	0,065	0,885	0,475	0,373	0,136	1,864
9.	1,000	0,548	5,394	2,970	0,337	0,167	0,091	0,899	0,495	0,337	0,184	1,816
10.	0,949	0,687	5,469	3,078	0,325	0,158	0,115	0,912	0,513	0,308	0,223	1,777
11.	<b>Greška umesto 5 treba 2</b>		4	3,173	0,315	0,151	0,135	0,922	0,529	0,285	0,256	1,744
12.		2	3,258	0,307	0,144	0,154	0,932	0,543	0,266	0,284	1,716	
13.		5	3,336	0,300	0,139	0,171	0,941	0,556	0,249	0,308	1,692	
14.		3	3,407	0,294	0,134	0,187	0,949	0,568	0,235	0,329	1,671	
15.		7	3,472	0,288	0,129	0,201	0,956	0,579	0,223	0,348	1,652	
16.	0,750	1,285	5,779	3,532	0,283	0,125	0,214	0,963	0,589	0,212	0,364	1,636
17.	0,728	1,359	5,817	3,588	0,279	0,121	0,227	0,970	0,598	0,203	0,379	1,621
18.	0,707	1,426	5,854	3,640	0,275	0,118	0,238	0,976	0,607	0,194	0,392	1,608
19.	0,688	1,490	5,888	3,689	0,271	0,115	0,248	0,981	0,615	0,187	0,404	1,596
20.	0,671	1,548	5,922	3,735	0,268	0,112	0,258	0,987	0,623	0,180	0,414	1,586
21.	0,655	1,606	5,960	3,778	0,265	0,109	0,268	0,992	0,630	0,173	0,425	1,575
22.	0,640	1,659	5,979	3,819	0,262	0,107	0,277	0,997	0,637	0,167	0,434	1,566
23.	0,626	1,710	6,006	3,858	0,259	0,104	0,285	1,001	0,643	0,162	0,443	1,557
24.	0,612	1,759	6,013	3,895	0,257	0,102	0,293	1,005	0,649	0,157	0,452	1,548
25.	0,600	1,804	6,058	3,931	0,254	0,100	0,301	1,010	0,655	0,153	0,459	1,541