KATEDRA ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO **NOVEMBAR 2001. god.**
UPRAVLJANJE KVALITETOM PROIZVODA (0109)
UPRAVLJANJE KVALITETOM PROIZVODA I (0117) **I grupa**

PISMENI ISPIT

1. Na CNC strugu se obrađuje puni cilindrični deo, na kome se, pored ostalih, kontroliše i dimenzija ∅50 mm. Planom inspekcije izvučeno je 50 uzoraka, a merenjem su dobijene sledeće vrednosti, prikazane tabelom 1 po redosledu merenja:

Tabela 1.

N_i	x_i	N_i	x_i	N_i	x_i	N_i	x_i	N_i	x_i
1.	50.12	11.	50.11	21.	50.14	31.	50.12	41.	50.12
2.	50.13	12.	50.10	22.	50.10	32.	50.13	42.	50.09
3.	50.11	13.	50.08	23.	50.13	33.	50.10	43.	50.12
4.	50.10	14.	50.12	24.	50.11	34.	50.11	44.	50.11
5.	50.13	15.	50.11	25.	50.08	35.	50.12	45.	50.11
6.	50.11	16.	50.12	26.	50.09	36.	50.09	46.	50.10
7.	50.10	17.	50.09	27.	50.12	37.	50.11	47.	50.12
8.	50.14	18.	50.15	28.	50.10	28.	50.14	48.	50.11
9.	50.12	19.	50.10	29.	50.11	39.	50.10	49.	50.07
10.	50.09	20.	50.12	30.	50.10	40.	50.11	50.	50.11

Potrebno je, uz davanje odgovarajućih komentara, proveriti hipotezu o slučajnosti uzorka metodom uzastopnih razlika, za nivo značajnosti 1%.

2. Na automatu se struganjem izrađuje cilindrična površina ∅48±0.05 mm. Tehnolog je propisao dva alternativna režima obrade koji obezbeđuju potrebni nivo kvaliteta obrade. Na oba režima odnose se sledeći podaci:

- otpor prodiranju računa se prema obrascu: $F_2 = 200 \cdot a^{0.9} \cdot s^{0.7}$,
- krutost obradnog sistema je konstantna duž ose obratka i iznosi 10000 N/mm,
- suma svih nesistematskih grešaka iznosi 30 μm, i
- brzina rezanja je jednaka za oba režima, kao i geometrija alata.

Specifični podaci za prvi režim obrade su:

- dubina rezanja iznosi 1.5 mm, a korak 0.2 mm.

Specifični podaci za drugi režim obrade su:

- dubina rezanja iznosi 1.4 mm, a korak 0.3 mm.

Napravljen je sledeći eksperiment: vršena je obrada prvim režimom do trenutka zatupljenja alata, a zatim je to ponovljeno i drugim režimom. Napravljeno je ukupno 96 komada. Tokom eksperimenta je primećeno:

- temperaturska dilatacija u blažem od dva pomenuta režima obrade iznosi 15 μm, a leđni parametar habanja se menja u vremenu po sledećem zakonu: $B_L = A \cdot t^{1.5}$ [mm]
- u robusnijem režimu alat se greje 50% više i haba 35% više nego u blažem režimu obrade.

Izračunati koliko je komada napravljeno pri prvom režimu obrade, a koliko pri drugom, uz dozvoljenu grešku ±1 komad.

PRVA GRUPA - REŠENJA

1. ZADATAK

Najpre vršimo proračun matematičkog očekivanja i disperzije, pomoću tabele 2.

Tabela 2.

x_i	f_i	$x_i - a$	$(x_i - a)^2$	$(x_i - a)\cdot f_i$	$(x_i - a)^2\cdot f_i$
50.07	1	-0.04	0.0016	-0.04	0.0016
50.08	2	-0.03	0.0009	-0.06	0.0018
50.09	5	-0.02	0.0004	-0.10	0.0020
50.10	10	-0.01	0.0001	-0.10	0.0010
50.11	13	0	0	0	0
50.12	11	0.01	0.0001	0.11	0.0011
50.13	4	0.02	0.0004	0.08	0.0016
50.14	3	0.03	0.0009	0.09	0.0027
50.15	1	0.04	0.0016	0.04	0.0016
Σ	**50**			**0.02**	**0.0134**

Veličina $\mathbf{f_i}$ u tabeli 1 predstavlja empirijske frekvencije dobijene na osnovu tabele u postavci zadatka, a veličina **a** predstavlja karakteristiku sa najvećom frekvencijom.

Na osnovu tabele 1 dobijamo sledeće vrednosti aritmetičke sredine i disperzije:

$$\overline{x} = a + \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - a)\cdot f_i = 50.11 + \frac{1}{50}\cdot 0.02 = 50.1104 \text{ mm}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - a)^2\cdot f_i - (\overline{x} - a)^2} = \sqrt{\frac{1}{50}\cdot 0.0134 - (50.1104 - 50.11)^2} = 0.0164 \text{ mm}$$

Postavljamo hipotezu da je uzorak slučajan (nulta hipoteza). Za proveru hipoteze o slučajnosti uzoraka koristimo metodu uzastopnih razlika.

Potrebno je najpre formirati niz razlika aritmetičkih sredina uzastopnih uzoraka (d_i – tabela 3).

Tabela 3.

N_i	x_i	$d_i = \lvert x_{i+1} - x_i \rvert$	N_i	x_i	$d_i = \lvert x_{i+1} - x_i \rvert$	N_i	x_i	$d_i = \lvert x_{i+1} - x_i \rvert$
1.	50.12	0.01	18.	50.15	0.05	35.	50.12	0.03
2.	50.13	0.02	19.	50.10	0.02	36.	50.09	0.02
3.	50.11	0.01	20.	50.12	0.02	37.	50.11	0.03
4.	50.10	0.03	21.	50.14	0.04	38.	50.14	0.04
5.	50.13	0.02	22.	50.10	0.03	39.	50.10	0.01
6.	50.11	0.01	23.	50.13	0.02	40.	50.11	0.01
7.	50.10	0.04	24.	50.11	0.03	41.	50.12	0.03
8.	50.14	0.02	25.	50.08	0.01	42.	50.09	0.03
9.	50.12	0.03	26.	50.09	0.03	43.	50.12	0.01
10.	50.09	0.02	27.	50.12	0.02	44.	50.11	0.00
11.	50.11	0.01	28.	50.10	0.01	45.	50.11	0.01
12.	50.10	0.02	29.	50.11	0.01	46.	50.10	0.02
13.	50.08	0.04	30.	50.10	0.02	47.	50.12	0.01
14.	50.12	0.01	31.	50.12	0.01	48.	50.11	0.04
15.	50.11	0.01	32.	50.13	0.03	49.	50.07	0.04
16.	50.12	0.03	33.	50.10	0.01	50.	50.11	
17.	50.09	0.06	34.	50.11	0.01			

Zatim se formira tabela učestanosti uzastopnih razlika (d_j – tabela 4):

Tabela 4.

razlika d_j	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
učestanost f_j	1	17	12	11	6	1	1

Na osnovu tabele 3 izračunavamo sumu kvadrata uzastopnih razlika:

$$\sum_{i=1}^{n-1} d_i^2 = \sum_{j=1}^{k} d_j^2 = 0.0321 \text{ mm}$$

gde je k = 7 ≡ broj grupnih intervala uzastopnih razlika.

Ukoliko je uzorak izvučen iz osnovnog skupa sa parametrima $\overline{x}$ i σ_o, dokazuje se u matematičkoj statistici da važi relacija:

$$c^2 = \frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} d_i^2 = \frac{1}{2 \cdot (50-1)} \cdot 0.0321 = 0.000328 \text{ mm}^2,$$

gde je sa **c** označena procena disperzije osnovnog skupa preko uzastopnih razlika.

Disperzija osnov. skupa se može oceniti i na osnovu disperzije uzorka (σ):

$$s^2 = \sigma^2 = 0.000269 \text{ mm}^2.$$

Provera hipoteze o slučajnosti uzorka (pri nepromenjenoj disperziji osnovnog skupa σ_o^2) izvodi se pomoću kriterijuma da veličina:

$$\delta = \frac{c^2}{s^2} = \frac{0.000328}{0.000269} = 1.219 .$$

mora biti veća od granične veličine δ_q, za n > 20.

Da bismo odredili δ_q potrebno je da prvo proračunamo izraz:

$$\Phi(t_q) = 0.5 - \frac{q}{100} = 0.5 - \frac{1}{100} = 0.49$$

odakle, prema UKP M2, tab.2, interpolacijom određujemo parametar t_q = 2.3263.

Napomena: veličina q predstavlja zadati nivo pouzdanosti, u procentima.

Sada možemo odrediti i samu graničnu veličinu δ_q, prema izrazu:

$$\delta_q = 1 - \frac{t_q}{\sqrt{n+1}} = 1 - \frac{2.3263}{\sqrt{50+1}} = 0.674 .$$

Pošto je: **$\delta > \delta_q$**, zaključujemo da se **hipoteza o slučajnosti uzorka može prihvatiti**.

Komentar: do trenutka izvlačenja uzorka nije došlo do pomeranja centra grupisanja mera, odnosno regulisani položaj alata u odnosu na radni predmet se nije promenio tokom obrade.

2. ZADATAK

Tekstom zadatka dati su sledeći podaci:

- krutost obradnog sistema:

$$K_S = 10000 \text{ N/mm};$$

- suma svih nesistematskih grešaka za oba režima:

$$\Delta_{II} = \sqrt{\Delta_{sl.}^2 + \Delta_p^2 + \Delta_m^2 + \Delta_n^2} = 0.03 \text{ mm};$$

- brzine rezanja su jednake za oba režima:

$$v_1 = v_2 = v;$$

- kao i geometrija alata (za nas je interesantan samo leđni ugao noža):

$$tg\alpha_{(1)} = tg\alpha_{(2)} = tg\alpha;$$

- pošto se radi o obradi iste karakteristike kvaliteta moraju biti jednake i dužine obrade za oba režima:

$$L_1 = L_2 = L;$$

- korak i dubina rezanja su:
  - za prvi režim:

$$a_1 = 1.5 \text{ mm}, \; s_1 = 0.2 \text{ mm},$$

  - za drugi režim:

$$a_2 = 1.4 \text{ mm}, \; s_2 = 0.3 \text{ mm};$$

- na osnovu čega dobijamo otpore prodiranja:
  - za prvi režim:

$$F_{2(1)} = 200 \cdot 1.5^{0.9} \cdot 0.2^{0.7} = 93.376 \text{ N},$$

  - za drugi režim:

$$F_{2(2)} = 200 \cdot 1.4^{0.9} \cdot 0.3^{0.7} = 116.555 \text{ N}.$$

Zaključujemo da je drugi režim robusniji od prvog (veći otpor prodiranju), pa na osnovu teksta zadatka dalje sledi:

- termičke dilatacije iznose:
  - za prvi (blaži) režim:

$$\Delta_{L(1)} = 0.015 \text{ mm},$$

  - za drugi (robusniji) režim:

$$\Delta_{L(2)} = 1.5 \cdot 0.015 = 0.0225 \text{ mm};$$

- greške usled habanja alata:
  - za prvi (blaži) režim:

$$\Delta_{h(1)} = 2 \cdot B_{r(1)} = 2 \cdot B_{L(1)} \cdot tg\alpha_{(1)} = 2 \cdot A \cdot t_{rez(1)}^{1.5} \cdot tg\alpha = k \cdot t_{rez(1)}^{1.5} \; [\text{mm}],$$

  - za drugi (robusniji) režim:

$$\Delta_{h(2)} = 2 \cdot B_{r(2)} = 2 \cdot B_{L(2)} \cdot tg\alpha_{(2)} = 2 \cdot (1.35 \cdot A) \cdot t_{rez(2)}^{1.5} \cdot tg\alpha = 1.35 \cdot k \cdot t_{rez(2)}^{1.5} \; [\text{mm}],$$

  - pri čemu je:

$$k = 2 \cdot A \cdot tg\alpha = \text{const}.$$

Ukupne greške u oba režima moraju biti međusobno jednake i istovremeno jednake polovini širine tolerancijskog polja, jer nam radna mera nije zadata.

$$\Delta_{(1)} = \Delta_{(2)} = \frac{T}{2} \Rightarrow$$

$$\Delta_{e(1)} + \Delta_{h(1)} - \Delta_{\theta(1)} + \Delta_{II(1)} = \frac{T}{2},\ \text{odn.}\ \Delta_{e(2)} + \Delta_{h(2)} - \Delta_{\theta(2)} + \Delta_{II(2)} = \frac{T}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{2 \cdot F_{2(1)}}{K_S} + k \cdot t_{rez(1)}^{1.5} - 2 \cdot \Delta_{L(1)} + \Delta_{II(1)} = \frac{T}{2},\ \text{odn.}\ \frac{2 \cdot F_{2(2)}}{K_S} + 1.35 \cdot k \cdot t_{rez(2)}^{1.5} - 2 \cdot \Delta_{L(2)} + \Delta_{II(2)} = \frac{T}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{2 \cdot 93.376}{10000} + k \cdot t_{rez(1)}^{1.5} - 2 \cdot 0.015 + 0.03 = \frac{0.05 - (-0.05)}{2},\ \text{odn.}$$

$$\frac{2 \cdot 116.555}{10000} + 1.35 \cdot k \cdot t_{rez(2)}^{1.5} - 2 \cdot 0.0225 + 0.03 = \frac{0.05 - (-0.05)}{2} \Rightarrow$$

$$0.019 + k \cdot t_{rez(1)}^{1.5} - 0.03 + 0.03 = 0.05,\ \text{odn.}\ 0.023 + 1.35 \cdot k \cdot t_{rez(2)}^{1.5} - 0.045 + 0.03 = 0.05 \Rightarrow$$

$$k \cdot t_{rez(1)}^{1.5} = 0.031,\ \text{odn.}\ 1.35 \cdot k \cdot t_{rez(2)}^{1.5} = 0.042 \Rightarrow$$

$$k = \frac{0.031}{t_{rez(1)}^{1.5}} = \frac{0.042}{1.35 \cdot t_{rez(2)}^{1.5}} \Rightarrow \frac{t_{rez(2)}^{1.5}}{t_{rez(1)}^{1.5}} = 1.004 \Rightarrow \frac{t_{rez(2)}}{t_{rez(1)}} = 1.004^{\frac{1}{1.5}} \Rightarrow$$

$$t_{rez(2)} = 1.003 \cdot t_{rez(1)}.$$

Kada smo odredili odnos između postojanosti alata pri rezanju prvim režimom i drugim režimom, možemo naći i odnos između ukupnog broja izrađenih komada pri prvom i drugom režimu pomoću sledećih jednačina:

$$t_{rez(1)} = \frac{L_1 \cdot \pi \cdot (d + 2 \cdot a_1)}{v_1 \cdot s_1} \cdot N_{max(1)},\ \text{odn.}$$

$$t_{rez(2)} = 1.003 \cdot t_{rez(1)} = \frac{L_2 \cdot \pi \cdot (d + 2 \cdot a_2)}{v_2 \cdot s_2} \cdot N_{max(2)} \Rightarrow$$

$$1.003 \cdot \frac{L_1 \cdot \pi \cdot (d + 2 \cdot a_1)}{v_1 \cdot s_1} \cdot N_{max(1)} = \frac{L_2 \cdot \pi \cdot (d + 2 \cdot a_2)}{v_2 \cdot s_2} \cdot N_{max(2)} \Rightarrow$$

$$1.003 \cdot \frac{L \cdot \pi \cdot (48 + 2 \cdot 1.5)}{v \cdot 0.02} \cdot N_{max(1)} = \frac{L \cdot \pi \cdot (48 + 2 \cdot 1.4)}{v \cdot 0.03} \cdot N_{max(2)} \Rightarrow$$

$$2557.65 \cdot N_{max(1)} = 1693.33 \cdot N_{max(2)} \Rightarrow$$

$$N_{max(1)} = 0.662 \cdot N_{max(2)}.$$

Pošto je poznato da ukupan broj komada izrađenih pri oba režima iznosi 96, sledi:

$$N_{max(1)} + N_{max(2)} = 1.662 \cdot N_{max(2)} = N_{uk.} = 96 \Rightarrow$$

$$N_{max(2)} = 57.76 \approx 58\ \text{komada} \Rightarrow N_{max(1)} \approx 38\ \text{komada}.$$

Možemo, dakle, zaključiti da je, uz dozvoljenu grešku od $\pm$ 1 komad (nastalu usled zaokruživanja na prvi veći ceo broj, umesto na prvi manji, kod maksimalnog broja komada pri drugom režimu), da je drugi, robusniji režim, ekonomski znatno više isplativ od prvog, jer je pri njemu, za približno isto vreme, napravljeno 20 komada više (preko 52% više), nego pri prvom režimu.