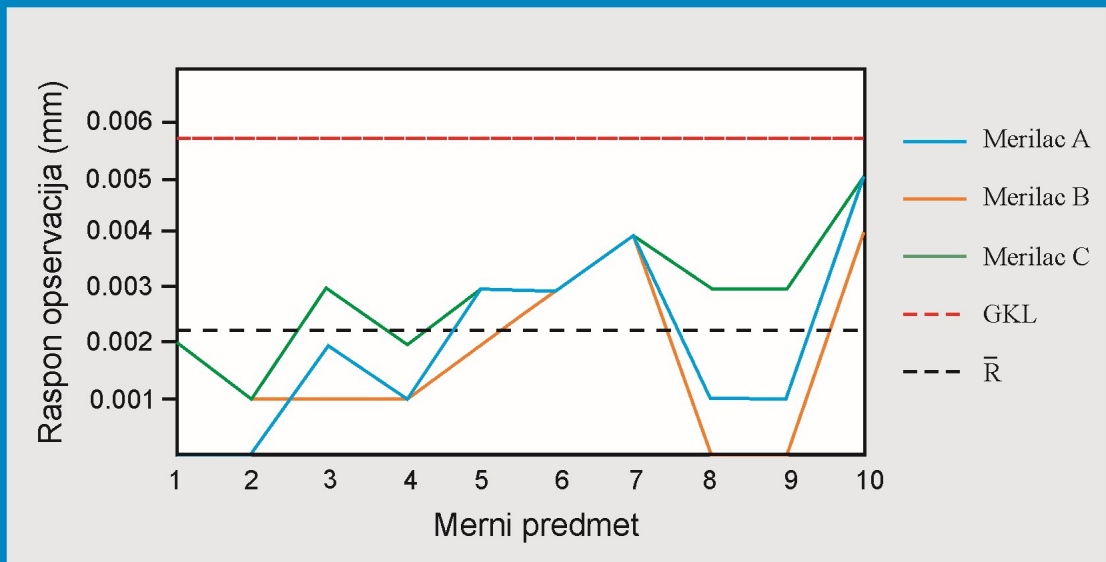


OSNOVE METROLOGIJE I ANALIZA MERNIH SISTEMA

Predrag Janković
Miloš Madić



UNIVERZITET U NIŠU
MAŠINSKI FAKULTET U NIŠU

Predrag Janković
Miloš Madić

OSNOVE METROLOGIJE I
ANALIZA MERNIH SISTEMA

Niš, 2020.

Naziv udžbenika Osnove metrologije i analiza mernih sistema

Autori: dr Predrag Janković
Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet u Nišu

 dr Miloš Madić
Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet u Nišu

Recenzenti: dr Miodrag Hadžistević, redovni profesor
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

 dr Dragan Živanović, vanredni profesor
Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u Nišu

Izdavač: Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu
ul. Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš

Nastavno-naučno veće Mašinskog fakulteta u Nišu odobrilo je izdavanje i štampanje ove knjige kao univerzitetskog udžbenika svojom odlukom br. 612-579-11-1/2019

Štampa: „Grafika Galeb“ Niš

Tiraž: 150 primeraka

ISBN 978-86-6055-129-2

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

006.91(075.8)

ЈАНКОВИЋ, Предраг, 1965-

Osnove metrologije i analiza mernih sistema / Predrag Janković, Miloš Madić. - Niš : Mašinski fakultet Univerziteta, 2020 (Niš : Grafika Galeb). - 148 str. : ilustr. ; 25 cm

Tiraž 150. - Statističke tabele: str. 142-146. - Bibliografija: str. 137-139.

ISBN 978-86-6055-129-2

1. Мадих, Милош, 1981- [аутор]
а) Метрологија

COBISS.SR-ID 283938828

PREDGOVOR

Merenjima se čovek bavi gotovo svakog dana, često nesvesno, obavljajući svoje svakodnevne obaveze. Posebno, merenja su blisko povezana sa svim aktivnostima koja se odnose na nauku, industriju, ekonomiju i društvene aspekte. Njihova uloga je sve veća i obuhvata različita polja kao što su: komunikacije, energetika, medicinske nauke, nauke o hrani, životna sredina, trgovina, transport i vojna istraživanja.

Merenja su od suštinskog značaja za delatnost ljudi, od trgovine do fundamentalnih nauka. Dobro je poznato da je "svaka stvar poznata u stepenu u kom može da se izmeri" (Lord Kelvin) ili da znanje o nečemu nije potpuno sve dok ne bude izraženo brojevima.

Na određenoj etapi svog razvoja, merenja su dovela do nastajanja metrologije. Nastala kao opisna nauka, metrologija (od grčkih reči "*metron*" - mera, "*logos*" - učenje) se dugo, ako tako može da se kaže, nalazila u mladalačkom uzrastu. Razvoj nauke i tehnike, uslovio je i potrebu za stvaranjem novih sredstava za merenje i za povećanjem tačnosti merenja. Značajan podstrek i neophodnost daljem razvoju merenja kao naučne discipline odigrao se tokom Industrijske revolucije kada su postavljeni novi zadaci i izazovi za metrologiju.

Nacionalna i međunarodna trgovina sve više zahteva dokazanu usklađenost sa pisanim standardima, kao i međusobno prepoznavanje merenja i ispitivanja. U savremenoj proizvodnji potreba za što delotvornijom kontrolom procesa postaje neophodna zbog neprestanog rasta složenosti tehničkih sistema u industriji. U skladu s time raste upotreba statističkih metoda i alata koji između ostalog uključuju alate za procenu kvaliteta mernog sistema. Ukoliko se želi doći do saznanja o stvarnoj sposobnosti procesa, merni sistem mora biti u mogućnosti da pouzdano i pravovremeno registruje odstupanja u procesu proizvodnje koji se prati.

Univerzitetski udžbenik "Osnove metrologije i analiza mernih sistema" napisan je sa ciljem sagledavanja osnovnih principa metrologije i analize mernih sistema, kao i da prikaže primenu jednog dela značajnih studija za analizu mernih sistema kroz rešavanje realnih problema iz svakodnevne proizvodne prakse. Materija udžbenika prati programe predmeta Analiza mernih sistema na Master akademskim studijama studijskog programa Proizvodno-informacione tehnologije na Mašinskom fakultetu u Nišu i Inženjerska metrologija na osnovnim akademskim studijama na Mašinskom fakultetu u Nišu.

Materija knjige je podeljena u pet poglavlja: Metrologija – nauka o merenju, Proces merenja, Pouzdanost procesa merenja, Teorijske osnove analize mernih sistema i Studije za analizu mernih sistema. Svako poglavlje prati i spisak

pitanja i zadataka za vežbu i proveru znanja. U Prilogu, na kraju knjige, date su statističke tablice koje su neophodne za rešavanje studija za analizu mernih sistema.

Autori knjige se duboko zahvaljuju recenzentima Miodragu Hadžisteviću, redovnom profesoru Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu i Draganu Živanoviću, vanrednom profesoru Elektronskog fakulteta Univerziteta u Nišu, koji su se prihvatili odgovornog posla recenziranja rukopisa i korisnim sugestijama i komentarima doprineli njegovom kvalitetu.

Pored toga, autori žele da iskažu posebnu zahvalnost Predragu Mladenoviću, menadžeru kvaliteta kompanije “GRUNER Serbian d.o.o.” Vlasotince, koji je pružio veliku pomoć u pripremi, realizaciji i analizi realnih studija za analizu mernih sistema.

U Nišu, februara 2020. godine

A u t o r i

SADRŽAJ

1. Metrologija – nauka o merenju	1
1.1. Značaj i ciljevi metrologije	1
1.2. Osnovni pojmovi u metrologiji	3
1.3. Podjela metrologije	7
1.4. Trendovi u metrologiji	9
2. Proces merenja	11
2.1. Proizvodna merenja	12
2.2. Istorijski razvoj proizvodnih merenja	14
2.3. Sistem mernih jedinica	15
2.3.1. Razvoj mera kroz istoriju	17
2.3.2. SI sistem mernih jedinica	21
2.3.3. Međunarodni sistem jedinica danas	26
2.3.4. Razvoj mera na području Srbije	28
2.4. Etaloni mernih jedinica	31
3. Pouzdanost procesa merenja	35
3.1. Rezultat merenja	36
3.2. Greške merenja	38
3.3. Uzroci pojave greške	40
3.4. Merna nesigurnost	47
4. Teorijske osnove analize mernih sistema	53
4.1. Osnove mernih sistema	54

4.2. Komponente varijacije mernog sistema	59
4.3. Vrste podataka za analizu mernih sistema	64
4.4. Procedura za poboljšanje mernih sistema	66
5. Studije za analizu mernih sistema	69
5.1. Primena kontrolnih karti za analizu mernih sistema	70
5.2. Studija za procenu sposobnosti mernog uređaja	77
5.3. Studija za procenu sposobnosti mernog sistema	85
5.4. Studija za procenu sposobnosti mernog sistema gde je uticaj merioca zanemarljiv	97
5.5. Studija za procenu linearnosti mernog sistema	105
5.6. Studija za procenu stabilnosti mernog sistema	115
5.7. Kriva performansi mernog sistema	121
6. Pitanja i zadaci za proveru znanja	127
7. Literatura	137
8. Prilog	141
9. Odgovori i rešenja zadataka	147