

MERNA NESIGURNOST

SY300 • 13. novembar 2017.

Goran Kostić

1 Rezultat merenja i njegova merna nesigurnost

Merna nesigurnost (nesigurnost) je parametar rezultata merenja koji opisuje njegovu tačnost pokazateljem međusobnih odstupanja vrednosti koje se opravdano mogu uzeti za rezultat tog merenja. [GUM] 2.2.3; [Rečnik] 3.9; [VIM] 2.26

Rezultat merenja omogućava izračunavanje nivoa poverenja i intervala poverenja, kada je taj rezultat dobra procena vrednosti merene veličine, i kada je tom rezultatu pridružena, merna nesigurnost koja je standardna devijacija te dobre procene, kao i stepen slobode te devijacije [GUM] 0.4, 0.5; [Kostić] 9.1, 6.23. **NIVO I INTERVAL POVERENJA REZULTATA MERENJA, MOGU SE SMATRATI SVRHOM SVIH ODREĐIVANJA GREŠAKA MERENJA** [Kostić] 6.23.

Dobra procena vrednosti merene veličine, merna nesigurnost te procene, i stepen slobode te nesigurnosti, mogu se koristiti kao **komponentne vrednosti** za procenjivanje druge vrednosti za koju takođe može da se odredi merna nesigurnost i stepen slobode te nesigurnosti, a to omogućava sledivost. **KOMBINOVANA NESIGURNOST SLEDIVE VREDNOSTI JE NAJBOLJA PROCENA TAČNOSTI VREDNOSTI. TA NESIGURNOST OMOGUĆAVA NAJBOLJU PROCENU NIVOVA I INTERVALA POVERENJA.** [GUM] 0.4, 0.5; [Kostić] 9.1, 9.15

Zbog ujednačavanja obrade rezultata merenja i izražavanja merne nesigurnosti, ISO je 1993. objavio prvo izdanje **Uputstva za izražavanje nesigurnosti merenja, GUM**. UPUTSTVO JE PRIMENLJIVO PRI RAZLIČITIM NIVOIMA TAČNOSTI, OD POGONA DO FUNDAMENTALNIH NAUKA [GUM] 0.3. Osnova uputstva je međunarodno prihvaćena Preporuka CIPM (1981.) kojom se usvaja Preporuku Radne grupe BIPM za izražavanje merne nesigurnosti (1980.) [GUM] PP v, *Foreword, Annex A*. Sada je izdavanje i revidiranje tog Uputstva u nadležnosti JCGM. Članice JCGM su: BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP i OIML.

Primena merne nesigurnosti i sledivost, su obavezne za akreditovane laboratorije [IEC 17025] 5.4.6.1, 5.4.6.2, 5.10.4.1; [ILAC] 4.8; [ILAC, OIML] 1., 2.; [NVLAP] 5.4.6, *Annex B.1*, kao i za organizacije koje imaju sistem upravljanja kvalitetom prema ISO 9001:2008 [ISO 10012] 7.3; [ISO 9001] 7.6.

Sažet pregled postupka, datog u GUM, za procenjivanja rezultata merenja i njegove merne nesigurnosti, je sledeći.

- **REZULTAT MERENJA SE DOBIJA ODREĐIVANJEM DOBRE PROCENE VREDNOSTI MERENE VELIČINE.** [GUM] 2.2.3 *Note* 3, 3.2.3, 3.2.4, 4.1.4; [Kostić] 9.1
- **ZA TU PROCENU SE ODREĐUJE STANDARDNA DEVIJACIJA, KOJA SE NAZIVA STANDARDNA MERNA NESIGURNOST.** [GUM] 0.7 2) 3) 4), 2.3.1, 4.2.3; [Kostić] 9.1
- **ZA TU STANDARDNU NESIGURNOST SE ODREĐUJE STEPEN SLOBODE.** [GUM] 0.7 2), 4.2.6, 7.2.1 d); [Kostić] 9.1

Standardna merna nesigurnost (standardna nesigurnost) je standardna devijacija rezultata merenja koji je dobra procena merene veličine [GUM] 4.1.5, 4.1.6, 2.2.3 *Note* 3, 3.2.4, 4.1.4; [Kostić] 9.1. Po metodi za određivanje, nesigurnosti se svrstavaju u dva tipa: standardne nesigurnosti izračunate statističkom obradom rezultata merenja, tip A; i standardne nesigurnosti izračunate statističkom obradom pouzdanih podataka, tip B [GUM] 0.7, 2.3.2, 2.3.3; [Kostić] 9.1.

Standardnu nesigurnost dobre procene merene veličine proizvode jedino slučajne pojave i nesigurnosti korekcija. [GUM] 3.2; [Kostić] 9.1

Komponentne standardne nesigurnosti su standardne nesigurnosti komponentnih vrednosti. [GUM] *Foreword*, 0, 8; [Kostić] 9.1

1.1 Standardna merna nesigurnost tipa A

Standardna merna nesigurnost tipa A (standardna nesigurnost tipa A) je standardna devijacija dobre procene merene veličine izračunata statističkom obradom rezultata merenja. Za ovu nesigurnost se uvek daje njen stepen slobode. Ako nije drugačije navedeno podrazumeva se da je procena merene veličine **najverovatnija vrednost** merene veličine i da ima **normalnu raspodelu**. [GUM] 0.7, 8, 3.1.2, 3.2.4, 4.2.1, 4.2.3, 4.2.6; [Kostić] 9.2

Standardna nesigurnost tipa A se označava sa u_A , a njen stepen slobode sa ν_A . [GUM] 0.7, 4.2.3, 4.2.6; [Kostić] 9.2

Dobra procena merene veličine se izračunava kao normalna aritmetička sredina rezultata ponovljenih merenja [GUM] 4.2.1. Ta sredina mora da bude korigovana za sve značajne sistematske greške [GUM] 3.2.3, 3.2.4, 3.4.4. Za korigovanu sredinu se izračunava standardna merna nesigurnost tipa A, u_A , kao normalna standardna devijacija aritmetičke sredine, $s_{\bar{x}}$ [GUM] 3.3.5, 4.2.3.

$$u_A = s_{\bar{x}}.$$

Ova standardna nesigurnost, ima stepen slobode, ν_A , jednak normalnom stepenu slobode standardne devijacije aritmetičke sredine [GUM] 4.2.6.

$$\nu_A = n - 1.$$

1.2 Standardna merna nesigurnost tipa B

Standardna merna nesigurnost tipa B (standardna nesigurnost tipa B) je standardna devijacija dobre procene merene veličine procenjena statističkom obradom pouzdanih podataka. Za ovu nesigurnost treba dati stepen slobode ako može biti koristan. Ako nije drugačije navedeno podrazumeva se da je procena merene veličine najverovatnija vrednost merene veličine i da ima normalnu raspodelu. [GUM] 0.7, 3.1.2, 4.3.1

Standardna nesigurnost tipa B se označava sa u_B , a njen stepen slobode sa ν_B . [GUM] 0.7, G.4.2; [Kostić] 9.3

STANDARDNA NESIGURNOST TIP A SE ODREĐUJE KADA NEMA DOVOLJNO MERNIH PODATAKA ZA IZRAČUNAVANJE STANDARDNE NESIGURNOSTI TIP A.

Dobra procena merene veličine za koju se daje standardna nesigurnost tipa B, je često dobijena uzimanjem rezultata pojedinačnog merenja, ili procenivanjem na osnovu malo podataka. [Kostić] 9.3; [GUM] 4.3

Standardna nesigurnost tipa B se određuje iz parametara funkcije raspodele dobijenih na osnovu sveobuhvatne procene verovatnoće ostvarivanja događaja [GUM] 3.3.5. Procene: raspodele, devijacije i stepena slobode devijacije; moraju da budu izvedene na osnovu naučno zasnovanih podataka [GUM] 4.3.1. Podaci pored ostalog mogu da budu iz sledećih izvora [GUM] 4.3.1:

- ranijih rezultata merenja
- iskustva ili opšteg znanja o svojstvima materijala i instrumenata
- podataka proizvođača materijala i instrumenata
- izveštaja o etaloniranju, ili drugih uverenja
- priručnika sa navedenim mernim nesigurnostima datih vrednosti.

Zahteva se sveobuhvatna procena standardne nesigurnosti tipa B, sa ciljem da ta procena bude tačna približno kao standardna nesigurnost tipa A. Taj cilj se lako postiže kada je mali broj usrednjavanih rezultata za koje se daje standardna nesigurnost tipa A. **Devijacija standardne devijacije** aritmetičke sredine nije zanemarljiva u praktičnim slučajevima. [GUM] 4.3.1, 4.3.2, E.4.3

Ako se smatra da standardna nesigurnost tipa B ima značajnu nesigurnost, pripisuje joj se stepen slobode koji se može izračunati na način dat u [GUM] G.6.4 i G.4.2, ili [Kostić] 6.24, 9.3.1 i 9.3.2. Ako se smatra da standardna nesigurnost tipa B ima zanemarljivu nesigurnost, pripisuje joj se beskonačan stepen slobode. [GUM] G.6.4

1.3 Kombinovana standardna merna nesigurnost

Kombinovana standardna merna nesigurnost (kombinovana standardna nesigurnost) je kombinovana standardna devijacija dobre procene merene veličine. Kombinovanu standardnu devijaciju proizvode nesigurnosti komponentnih vrednosti. [GUM] 0.7, 8, 5.1.2, 5.2.2

Kombinovana standardna nesigurnost se označava sa u_c , a njen stepen slobode sa ν_c . [GUM] 5.1.2; [Kostić] 9.4

Kombinovana standardna nesigurnost se računa kao kvadratni koren kombinovane standardne varijanse dobre procene merene veličine [GUM] 0.7, 8, 5.1.2, 5.2.2. Izračunavanje kombinovane standardne varijanse je dato u [GUM] 5.1 za nekorelisane komponentne vrednosti, i 5.2 za korelisane komponentne vrednosti, i takođe u [Kostić] 7.5.

KOMBINOVANA STANDARDNA NESIGURNOST MORA DA OBUHVATA SVE NESIGURNOSTI KOJE JE ZNAČAJNO POVEĆAVAJU. [GUM] 8 1), 3.2.4, 3.4.4

Značajne nesigurnosti često potiču od: ● principa merenja, ● metode merenja, ● etalona, ● merne sprave, ● posmatrača, ● mesta, ● uslova i ● vremena. [GUM] 3.3.2; [Handbook] 2.5.3.1.; [Kostić] 9.1

Stepen slobode kombinovane standardne nesigurnosti se normalno računa kao efektivni stepen slobode, **Velš - Satterthwaiteovom formulom** (eng. *Welch - Satterthwaite formula*) prema opisu u [GUM] G.4.1, ili u [Kostić] 6.25. [GUM] G.4.1; [Handbook] 2.5.7.1., 2.5.3.1.; [Kostić] 6.25

1.4 Proširena merna nesigurnost

Proširena merna nesigurnost (proširena nesigurnost) je jednaka kombinovanoj standardnoj nesigurnosti pomnoženoj koeficijentom obuhvata. [GUM] 6.2.1

Proširena nesigurnost se označava sa U , a koeficijent obuhvata sa k . [GUM] 6.2.1

Kombinovana standardna nesigurnost se množi koeficijentom obuhvata, kako bi merena veličina bila sa potrebnom verovatnoćom u intervalu:

REZULTAT_MERENJA $\pm U$.

Ovaj interval je interval poverenja, a pomenuta verovatnoća je nivo poverenja. [GUM] 6.2.1, 6.2.2

Proširena nesigurnost se daje u nekim komercijalnim, industrijskim i zakonskim dokumentima [GUM] 6.1.2. Tu se uz rezultat merenja daju: proširena nesigurnost i koeficijent obuhvata, eventualno, nivo poverenja, i tip raspodele rezultata [GUM] 0.7 5), 6.2.3, 7.2.3, 7.2.4.

Koeficijent obuhvata je najčešće u opsegu 2 do 3, što u slučaju normalne raspodele daje nivo poverenja od 95,5 % do 99,7 %. [GUM] 6.3.1

U slučaju raspodele koja nije normalna, za određivanje koeficijenta obuhvata treba koristiti stvarnu raspodelu kako bi se dobio tačan interval poverenja sa potrebnim nivoom poverenja. [GUM] 6.6.5, 6.3.2; [Kostić] 9.5

U slučaju **t-raspodele** koeficijent obuhvata se može odrediti iz odgovarajuće veze između nivoa poverenja, stepena slobode i koeficijenta obuhvata. Videti [GUM] G.6.4, ili [Kostić] 9.5 [GUM] G.6.4 3); [Kostić] 9.5, 6.29. Preporuka [GUM] je da se u slučaju kada stepen slobode nije ceo broj, izvrši ili interpolacija, ili odsecanje decimala [GUM] G.6.4 3).

1.5 Relativne standardne merne nesigurnosti

Relativna standardna merna nesigurnost (relativna standardna nesigurnost) $u_R(y)$, je jednaka količniku merne nesigurnosti rezultata merenja, $u(y)$, i modula rezultata merenja, $|y|$ [GUM] J; [Kostić] 9.6.

$$u_R(y) = \frac{u(y)}{|y|}.$$

Oznake relativnih standardnih nesigurnosti su [Kostić] 9.6.

- u_R , relativna standardna nesigurnost
- u_{AR} , relativna standardna nesigurnost tipa A
- u_{BR} , relativna standardna nesigurnost tipa B
- u_{CR} , relativna kombinovana standardna nesigurnost
- U_R , relativna proširena nesigurnost.

2 Procene iz rezultata čija raspodela nije normalna

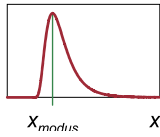
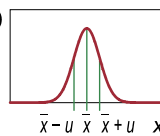
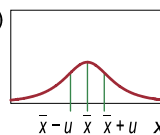
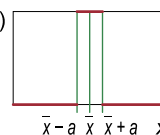
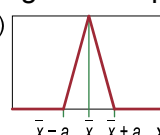
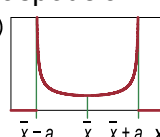
U donjoj tabeli je pregled čestih raspodela rezultata merenja i odgovarajućih dobrih procena najverovatnije vrednosti merene veličine, kao i standardnih nesigurnosti tih procena. Rezultati moraju da budu korigovani za sistematske greške.

U slučaju ravnomerne raspodele niza rezultata, dobra procena najverovatnije vrednosti veličine je aritmetička sredina niza rezultata korigovanih za sistematske greške. Standardna nesigurnost i njen stepen slobode, se računju kao normalna standardna devijacija aritmetičke sredine i njen stepen slobode. Razlog je što zbir tri, ili više, vrednosti sa ravnomernom raspodelom, koje su približno istih širina, ima približno normalnu raspodelu sa standardnom devijacijom koja je jednaka kombinovanoj standardnoj devijaciji komponentnih ravnomernih raspodela. [GUM] 4.3.7, 4.4.5, C.3.2, G.2.2; [Kostić] 9.7, 6.30

U slučaju trougaone raspodele niza rezultata, dobra procena najverovatnije vrednosti veličine je takođe aritmetička sredina niza rezultata korigovanih za sistematske greške. Standardna nesigurnost i njen stepen slobode, se računaju kao normalna standardna devijacija aritmetičke sredine i njen stepen slobode. [GUM] 4.4.6, C.3.2; [Kostić] 9.7, 6.31

U slučaju nesimetrične raspodele niza rezultata, dobra procena najverovatnije vrednosti veličine je vrednost pri kojoj raspodela rezultata, korigovanih za sistematske greške, ima maksimum (tj. najčešća vrednost, ili **modus**). Standardna nesigurnost i njen stepen slobode, se računaju kao normalna standardna devijacija aritmetičke sredine i njen stepen slobode. [Kostić] 9.7, 6.18; [GUM] F.2.4.4, G.5.3

Tabela Česte raspodele n rezultata i procene iz tih rezultata [Kostić] 9.7, 6.30, 6.31; [GUM] 4.2.3, 4.4.5, 4.4.6, F.2.4.4

Raspodela rezultata merenja	Dobra procena najverovatnije vrednosti	Standardna nesigurnost dobre procene
Lognormalna raspodela $L(x)$ 	$x_{modus} =$ $= \text{najčešća_vrednost} =$ $= x \Big _{\max L(x)}$	
Normalna raspodela $N(x)$ 		$u = \frac{s_x}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n - 1)}}$
T-raspodela $T(x)$ 	$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$	
Ravnomerna raspodela $\Pi(x)$ 	Napomena: za U-raspodelu \bar{x} je dobra procena po kritrijumu da je najmanji moduo najveće moguće greške.	$u = \frac{a}{\sqrt{3 \cdot n}}$
Trougaona raspodela $\Delta(x)$ 		$u = \frac{a}{\sqrt{6 \cdot n}}$
U-raspodela $U(x)$ 		$u = \frac{a}{\sqrt{2 \cdot n}}$

3 Izražavanje standardne nesigurnosti

Da bi se izbegla pogrešna tumačenja, brojčanu vrednost standardne nesigurnosti treba izraziti na jedan od tri dole navedena načina. Dati su primeri za etalon nominalne mase $m_E = 100$ g i kombinovane standardne nesigurnosti $u_C = 0,35$ mg. Radi skraćivanja se mogu izostaviti objašnjenja u vitičastim zagradama ako su ona već navedena u dotičnom dokumentu. [GUM] 7.2.2; [Kostić] 9.8

- a) „ $m_E = 100,019\ 47$ g {kombinovane standardne nesigurnosti} $u_C = 0,35$ mg“ [GUM] 7.2.2
- b) „ $m_E = 100,019\ 47$ (35) g {U zagradi je data kombinovana standardna nesigurnost vrednosti veličine. Težina poslednje cifre nesigurnosti je jednaka težini poslednje cifre vrednosti veličine.}“ [GUM] 7.2.2; [SI] 5.3.5
- c) „ $m_E = 100,019\ 47$ (0,000 35) g {U zagradi je data kombinovana standardna nesigurnost vrednosti veličine. Nesigurnost i vrednost veličine su u istim jedinicama.}“ [GUM] 7.2.2

Kada se navodi proširena nesigurnost U , zapis treba da bude poput prethodno navedenog. Pored toga na odgovarajućem mestu u dokumentu, ili uz svako navođenje proširene nesigurnosti, treba navesti i sledeće dato primerom [Kostić] 9.8; [GUM] 7.2.4.

„ ... {Proširena nesigurnost} $U = k \cdot u_C$, {koeficijent obuhvata} $k = 2$ za {nivo poverenja} $P = 95$ % {zasnovano na normalnoj raspodeli.}“.

Ako se u dokumentu uz vrednosti veličina daju različiti koeficijenti obuhvata (npr. da bi se obezbedio potreban nivo poverenja) zapis treba da sadrži i sledeće dato primerom [Kostić] 9.8; [GUM] 7.2.4.

„ ... {koeficijent obuhvata} $k = 2,26$ za {nivo poverenja} $P = 95$ % zasnovano na t-raspodeli sa {stepenom slobode} $\nu = 9$ “.

4 Izražavanje standardne nesigurnosti nekorigovanog rezultata merenja

U [GUM] se preporučuje da rezultat merenja bude korigovana za sve značajne sistematske greške [GUM] 3.2.3, 3.2.4, 3.4.4. Međutim, ima slučajeva kada može biti neekonomično, ili neizvodljivo, da se koriguje svaki rezultat merenja [GUM] F.2.4.5; [Handbook] 2.5.8. Primer su merenja u proizvodnim procesima [Handbook] 2.5.8.

U slučajevima kada je neopravdano vršiti korekciju svakog rezultata merenja, preporuka [GUM] je da se navode [GUM] F.2.4.5:

- 1) nekorigovan rezultat merenja, y
- 2) aritmetička sredina sabiraka korekcija za rezultate iz opsega od interesa, \bar{a}
- 3) kombinovana standardna merna nesigurnost u_C , koja obuhvata sve standardne devijacije:
 - standardnu devijaciju koja potiče od usvajanja konstantne vrednosti sabirka korekcije \bar{a} ,
 - standardnu devijaciju polaznog sabirka korekcije i
 - standardnu devijaciju nekorigovanog rezultata merenja.

Kada je potrebno, iz takvog zapisa se može odrediti dobra procena najverovatnije vrednosti merene veličine koja je jednaka $y + \bar{a}$. Takođe, u zavisnosti od potrebnog nivoa poverenja, P , se može izračunati koeficijent obuhvata k , i zatim interval poverenja [Kostić] 9.9:

$$[(y + \bar{a}) - (k \cdot u_C), (y + \bar{a}) + (k \cdot u_C)].$$

Rezultat merenja izražen u skladu sa prethodnim, omogućava korekciju, posle čega korigovana vrednost sa svojom standardnom nesigurnošću može da bude komponentna vrednost pri određivanju druge vrednosti i njene standardne nesigurnosti. [Kostić] 9.9

5 Važni termini

Tačnost vrednosti je KVALITATIVNI pojam koji znači bliskost vrednosti i referentne vrednosti. [Kostić] 4.2; [Rečnik] 3.5; [VIM] 2.13

Tačnost rezultata merenja (tačnost) je KVALITATIVNI pojam koji znači bliskost rezultata merenja i stvarne vrednosti merene veličine. [Rečnik] 3.5; [VIM] 2.13

Sistematska greška rezultata merenja je rezultat merenja koji bi se dobio iz beskonačno puta ponovljenih merenja iste veličine, obavljenih u uslovima dobre ponovljivosti, minus, stvarna vrednost merene veličine. [Rečnik] 3.14; [GUM] 3.2

Dve promenljive su **korelisane** kada njihova međusobna veza može da se približno opiše izvesnom funkcijom vezom. [Kostić] 6.6

Prost slučajan uzorak (slučajan uzorak, uzorak) je podskup populacije koga čine elementi slučajno izabrani iz populacije. [Kostić] 6.7

Obim uzorka (obim) je broj elemenata u uzorku. [Kostić] 6.7

Eksperimentalna aritmetička sredina (aritmetička sredina, ili prosek) \bar{x} , je zbir n rezultata ponovljenih merenja veličine, x_i , $i = 1, 2, \dots, n$, podeljen brojem tih rezultata [GUM] C.2.19, 4.2.1; [Kostić] 6.17.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}.$$

Eksperimentalna standardna devijacija (standardna devijacija) s_x , je data donjim obrascem za n rezultata ponovljenih merenja veličine, x_i , $i = 1, 2, \dots, n$, sa aritmetičkom sredinom \bar{x} [Rečnik] 3.8; [Kostić] 6.20.

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \text{i} \quad s_x \geq 0.$$

Eksperimentalna standardna devijacija aritmetičke sredine (standardna devijacija aritmetičke sredine) $s_{\bar{x}}$, je data donjim obrascem za n rezultata ponovljenih merenja sa aritmetičkom sredinom \bar{x} i standardnom devijacijom s_x [Kostić] 6.21; [GUM] 4.2.3; [Rečnik] 3.8 2.

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_x}{\sqrt{n}}.$$

Stepen slobode, ν , procene populacije određene na osnovu uzorka obima n , daje donji obrazac. Sa R je označen broj procena populacije određenih iz ovog uzorka i ISKORIŠĆENIH ZA ODREĐIVANJE OVE PROCENE. [Kostić] 6.24; [Njegić] 5.6.

$$\nu = n - R$$

Nivo poverenja je verovatnoća da vrednost slučajne promenljive bude iz određenog intervala. **Interval poverenja** je interval za koji postoji određena verovatnoća da je vrednost slučajne promenljive iz njega. [Ivković] str. 79; [Kostić] 6.23

Dobra procena je vrednost promenljive procenjena po određenim zahtevima i na osnovu raspoloživih podataka. [Kostić] 6.11

Metrološka sledivost (sledivost) je odlika rezultata merenja koja znači da njegova kombinovana standardna nesigurnost obuhvata nesigurnosti svih komponentnih vrednosti počevši od izvora sledivosti. [Kostić] 9.15; [VIM] 2.41

6 Reference

[GUM] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML; *Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (JCGM 100:2008) (GUM 1995 with minor corrections)*; Joint Committee for Guides in Metrology, 2008. (Downloadable via Internet site of the BIPM: <http://www.bipm.org/>.)

[Handbook] NIST, Sematech; *NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods*; USA National Institute of Standards and Technology, 2012. (The latest version downloadable via Internet site of the NIST: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>)

[IEC 17025] SZS; Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i laboratorija za etaloniranje (JUS ISO IEC 17025:2001); Savezni zavod za standardizaciju, Beograd, 2001.

[ILAC] ILAC; *Guidance for the Implementation of a Medical Laboratory Accreditation System (ILAC-G26:07/2012)*; International laboratory accreditation co-operation, 2012.

[ILAC, OIML] ILAC, OIML; *Guidelines for the determination of calibration intervals of measuring instruments (ILAC-G24:2007)*; International laboratory accreditation co-operation, International organization of legal metrology, 2007.

[ISO 9001] ISO; *Quality management systems – Requirements (ISO 9001:2008(E))*; the International Organization for Standardization, 2008.

[ISO 10012] ISO; *Measurement management systems – Requirements for measurement processes and measuring equipment (ISO 10012:2003)*; 2003.

[Ivković] Zoran A. Ivković; *Matematička statistika (4. izdanje)*; „Naučna knjiga“, Beograd, 1980.

[Kostić] Goran Kostić; *Metrološki priručnik (2. e-izdanje)*; u pripremi, Leskovac, 2017. (Može se naručiti sa Internet strane laboratorije *Symmetry*: http://www.symmetry.rs/html/publikacije_i_napisi.html.)

[Njegić] Radmila Njegić, Mileva Žižić; *Osnovi statističke analize*; „Savremena administracija“, Beograd, 1981.

[NVLAP] V. R. White, D. F. Alderman, C. D. Faison, ed.; *National voluntary laboratory accreditation program - Procedures and general requirements (NIST handbook 150)*; National Institute of Standards and Technology, USA, 2001. (Downloadable via Internet site of the NIST: <http://www.nist.gov/>.)

[Rečnik] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML; *Međunarodni rečnik osnovnih i opštih termina u metrologiji*; Savezni zavod za mere i dragocene metale, Beograd, 1996.

[SI] BIPM; *The International System of Units (SI) (8th edition)*; International Committee for Weights and Measures, 2006. (Downloadable via Internet site of the BIPM: <http://www.bipm.org/>.)

[VIM] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML; *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) (JCGM 200:2012)*; Joint Committee for Guides in Metrology, 2012. (Downloadable via Internet site of the BIPM: <http://www.bipm.org/>.)

7 Literatura

BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML; *Evaluation of measurement data - An introduction to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" and related documents* (JCGM 104:2009); Joint Committee for Guides in Metrology, 2009. (Downloadable via Internet site of the BIPM: [http://www.bipm.org/.](http://www.bipm.org/))

BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML; *Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement* (JCGM 100:2008) (GUM 1995 with minor corrections); Joint Committee for Guides in Metrology, 2008. (Downloadable via Internet site of the BIPM: [http://www.bipm.org/.](http://www.bipm.org/))

BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML; *Evaluation of measurement data - Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" - Propagation of distributions using a Monte Carlo method* (JCGM 101:2008); Joint Committee for Guides in Metrology, 2008. (Downloadable via Internet site of the BIPM: [http://www.bipm.org/.](http://www.bipm.org/))

BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML; *Vrednovanje mjernih podataka - Upute za iskazivanje mjerne nesigurnosti* (JCGM 100:2008) (GUM 1995 s manjim ispravicima); Državni zavod za mjeriteljstvo, Zagreb, 2009. (Može se preuzeti sa Internet strane Hrvatskog Državnog zavoda za mjeriteljstvo: [http://www.dzm.hr/.](http://www.dzm.hr/))

Cox, Harris; *Uncertainty evaluation (DEM-ES-011)*; National Physical Laboratory, Teddington, UK, 2006. (Downloadable via Internet site of the UK National Physical Laboratory: [http://www.npl.co.uk/.](http://www.npl.co.uk/))

EA; *Evaluation of the Uncertainty of Measurement in Calibration (EA-4/02 M: 2013)*; European co-operation for Accreditation, 2013. (Downloadable via Internet site of the EA:

[http://www.european-accreditation.org/.](http://www.european-accreditation.org/))

Ferson, Kreinovich, Hajagos, Oberkampf, Ginzbur; *Experimental Uncertainty Estimation and Statistics for Data Having Interval Uncertainty (SAND2007-0939)*; Sandia National Laboratories, Albuquerque and Livermore, USA, 2007. (Downloadable via Internet site of the Sandia National Laboratories: [http://www.sandia.gov/.](http://www.sandia.gov/))

Integrated Sciences Group; *Estimating Type B Degrees of Freedom Equation*; Integrated Sciences Group, Bakersfiel, USA, 2004. (Downloadable via Internet site of the Integrated Sciences Group: [http://www.isgmax.com /.](http://www.isgmax.com/))

Kostić; *Metrološki priručnik* (2. e-izdanje); u pripremi, Leskovac, 2017. (Može se naručiti sa Internet strane laboratorije *Symmetry*: http://www.symmetry.rs/html/publikacije_i_napisi.html.)

NIST, Sematech; *NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods*; USA National Institute of Standards and Technology, 2012. (The latest version downloadable via Internet site of the NIST: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>)

Njegić, Žižić; *Osnovi statističke analize*; „Savremena administracija“, Beograd, 1981.

Perović; *Račun izravnjanja, teorija grešaka merenja*, knjiga 1. (2. izdanje); „Naučna knjiga“ i Građevinski fakultet, Beograd, 1989.

Tasić, Živković; *Osnovi metrologije*; Savezni zavod za mere i dragocene metale, Beograd, 2000.

Taylor, Kuyatt; *Guidlines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results (NIST Technical Note 1297)*; National Institute of Standards and Technology, USA, 1994. (Downloadable via Internet site of the USA National Institute of Standards and Technology: [http://www.nist.gov/.](http://www.nist.gov/))

Wikipedia; *Measurement uncertainty*. (The latest version downloadable via Internet site of the Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page.)

GK 140220, 140222, 140224, 140227, 140303, 140403, 140407, 140724, 141115, 150104, 150131, 161205, 171113

Symmetry, 16000 Leskovac, Jovana Cvijića 5 • tel. (016) 237-340 • symmetry@ptt.rs