



Bevezető a mérési bizonytalansághoz

Részlet a RAKK&AGY konferencián elhangzott előadásból

A JV 14 vizsgálatától kezdve minden számszerű eredményt adó mérésnél újfajta feladatot is meg kell oldani a jártassági vizsgálatok résztvevőinek. Vizsgálni fogjuk a méréseik bizonytalanságát is.

Hétköznapi szóhasználatunkban általában a mérések pontosságát emlegetjük, mint a mérések minőségi jellemzőjét. A pontosság alatt a mérési eredménynek és a mérendő mennyiség valódi értékének a közelségét értjük. A pontosság értéke azonban a valódi érték megismerhetetlensége miatt nem határozható meg. Ezért kell a mérési bizonytalanságot számítani. A feladat megoldásához először ismerjük meg a fogalmat. A Nemzetközi Metrológiai Szótár (VIM:1993) meghatározása szerint [1]:

Mérési bizonytalanság: *a mérési eredményhez társított azon paraméter, amely a mérendő mennyiségnek ésszerűen tulajdonítható értékek szóródását jellemzi.*

A definíció feltételezi, hogy az adott mennyiséget többször megmérjük és a kapott egyedi értékekből számoljuk ki a mérési eredményt, majd az egyedi értékek szóródását. Mérési eredménynek rendszerint a mért egyedi értékek számtani átlagát tekintjük. A szóródást pedig az ún. standard deviációval [1], (más néven standard szórással) jellemezzük. A mérési bizonytalanságot leggyakrabban ezzel a standard szórással azonosítják, de ha nagyobb biztonságra törekszünk, akkor a standard szórás többszörösét kell vennünk.

A mérési bizonytalanság meghatározásához a Nemzetközi Súly- és Mértékügyi Hivatal először 1995-ben külön útmutatót adott ki, amit rövidítve GUM-nak nevezünk (GUM = Guide to the expression of uncertainty in measurement = Útmutató a mérési bizonytalanság kifejezéséhez). Jellemző a probléma sokoldalúságára, hogy az Útmutatót 2008-ban átdolgozták [2] és 2020 -ig hat függelékkel egészítették ki. Ezeknek a kiadványoknak sincs hivatalos magyar fordítása.

A definíció részletét, a „*mérendő mennyiségnek ésszerűen tulajdonítható értékek szóródását*” különböző módon lehet értelmezni. A jártassági vizsgálatunk esetében egyértelmű, hogy a mérési eredmény szórását a mérési módszer és a mért tulajdonság együttesen okozza. Ezeknek az adatoknak a szétválasztását matematikai módszerrel nem lehet korrekten megoldani, erre a GUM-ban sincs ajánlott módszer. Ezért az „*ésszerűen tulajdonítható értékek szóródását*” a vizsgálatot tervezőnek, végrehajtónak és értékelőnek kell meghatároznia. Például egy merőlegesen hajlított cső, vagy belső korrózió miatt károsodott csővezeték falvastagságának mérésénél nincs értelme mérési bizonytalanságot számítani, vagy a mérések helyét pontosan ki kell jelölni. További példákat minden gyakorlati szakember tudna sorolni.

A téma iránt bővebben érdeklődőknek magyar nyelven a „Nemzeti Akkreditálási Rendszer, EA Útmutató mennyiségi vizsgálatok bizonytalanságának kifejezéséhez, NAR-EA-4/16, 1. kiadás, 2004. szeptember” című [3] NAT áttekintő ismertetését ajánljuk.

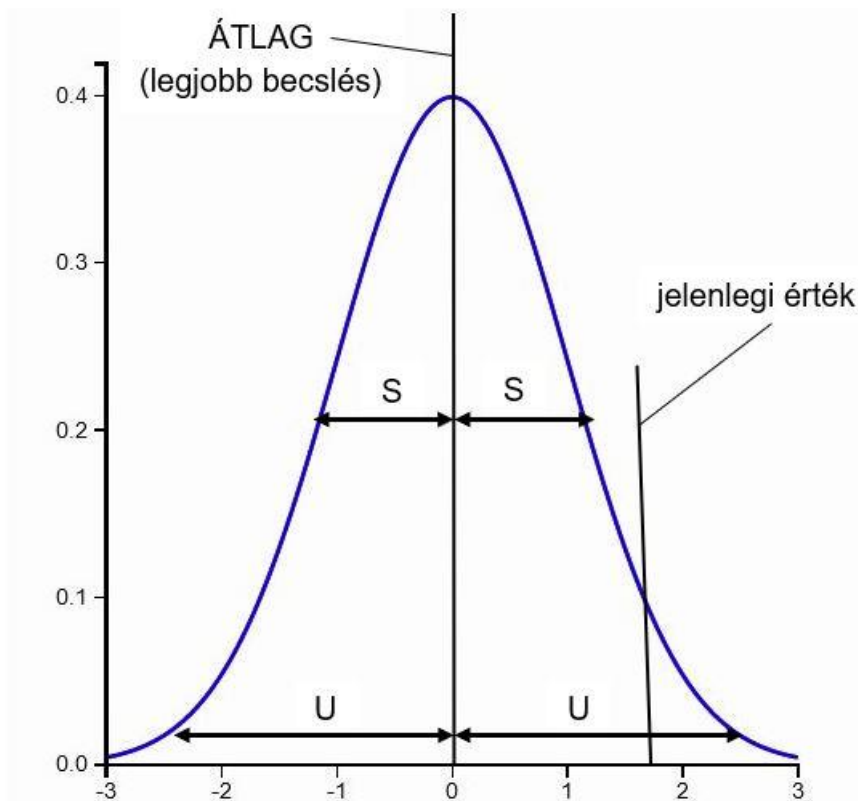
A mérési bizonytalanságot két, alapjaiban különböző módon lehet meghatározni. Az A-típusú értékelés (Type A evaluation of measurement uncertainty): a mérési bizonytalanság egyik összetevőjének meghatározott mérési feltételek mellett elvégzett mérésekből kapott, a mért

mennyiségértékek statisztikai elemzésével nyert értékelése. Az értékelés e típusánál alkalmazható az előbb említett szórásszámítás.

A mérési bizonytalanság B-típusú értékelése (Type B evaluation of measurement uncertainty): a mérési bizonytalanság összetevőjének a mérési bizonytalanság A-típusú értékelésétől eltérő módon nyert értékelése.

A mérési bizonytalanság gyakorlati értelmezése

A tapasztalatok szerint a többször megismételt mérések eredményei általában az 1. ábrán látható Gauss-eloszlást mutatják. Az eloszlást a mért átlagérték (legjobb becslés), valamint a standard deviáció (mért szórás: S) jellemzi. A mérési bizonytalanság U értelmezését az ábrán mutatjuk be.



1. ábra. A szórás, S és a kiterjesztett mérési bizonytalanság, U viszonya

Mivel egy adott mérést nem végezhetünk el végtelen számban, a mért szórásból ki kell számítani az elvégzett mérések számától függő bizonytalanságot (U). Ez a bizonytalanság attól is függ, hogy mekkora megbízhatósági szintet (konfidenciaszint) szeretnénk elérni. A konfidenciaszint annak a valószínűsége, hogy a mérendő érték a bizonytalanság adott tartományán belül helyezkedik el. Általában megelégedünk a 95%-os konfidenciaszinttel.

Az ábrán bemutatott *jelenlegi érték* egy mérés eredményét jelképezi, aminek az értéke az S szóráson kívül esik, de a mérési bizonytalanság mértékét nem haladja meg. Fontos tulajdonsága a mérési bizonytalanságnak, hogy a mérendő mennyiségnek tulajdonított, adott mennyiségértékhez, a legjobb becslésnek nevezett átlaghoz van társítva. Ennek a mennyiségértéknek a módosítása a társított mérési bizonytalanság módosítását is eredményezi.

A VIM3 (Vocabulaire international de métrologie = Nemzetközi mérésügyi szótár) [5] meghatározásai, melyekkel a méréseinkből meghatározhatjuk a mérési bizonytalanságot:

Standard mérési bizonytalanság: *szórás formájában kifejezett mérési bizonytalanság.*

Tehát ha kiszámítjuk a méréseink szórását, akkor már egy bizonytalansági jellemzőt kapunk (S). Ha ennek az adatnak a megbízhatóságát is figyelembe szeretnénk venni, akkor kell a következő definíció a VIM3-ből:

Kiterjesztett mérési bizonytalanság: *az eredő standard mérési bizonytalanság és egy 1-nél nagyobb kiterjesztési tényező szorzata.*

A szórás, S és a kiterjesztett mérési bizonytalanság, U viszonyát egy mérési sorozat eredményeinek Gauss-görbéjén a 1. ábra mutatja be.

A bizonytalanság számítása több mérési sorozat esetén (mint a jártassági vizsgálatok adatainak értékelésénél is):

$$U = \pm k \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_n^2}$$

ahol:

- U = a mérések kiterjesztett bizonytalansága,
- k = kiterjesztési tényező, értéke 2 és 3 között változhat, mely a megbízhatósági (konfidencia) szinttől és a mérési darabszámtól függ,
- $S_1, S_2 \dots S_n$ = a mérési sorozatok szórásai.

A képlet szerint, ha egy munkadarabon három kijelölt helyen végzünk öt - öt mérést, és mérési helyenként kiszámítjuk a szórásokat, akkor a gyökös kifejezéssel meghatározhatjuk az eredő szórást, és ezt szorozzuk a k kiterjesztési tényezővel. A tényezőt a GUM 2008 (Table G2; 78. oldal) táblázatából [2] kereshetjük ki. A 95%-os megbízhatósági, konfidenciaszinthez (m),

15 db mérés esetén, a kiterjesztési tényező értéke $k = 2,14$.

Ebben az esetben a teljes mérési eredményt a következő formában kell megadni a kiterjesztett mérési bizonytalanság felhasználásával:

a teljes mérési eredmény: $x \pm U, m\%$ megbízhatósági szinten.

A teljes mérési eredmény, például mm-ben mért hosszúság esetén: $25 \pm 0,06$ mm 95%-os megbízhatósági szinten. Az eredményt úgy kell értelmezni, hogy a következő hosszúságmérések eredményei – ugyanolyan mérési körülmények esetén – 95%-os valószínűséggel a $25 \text{ mm} \pm 0,06 \text{ mm}$ tartományba fognak esni.

Néhány megjegyzés a B-típusú értékeléshez, amit lehet a:

- hatóságilag közzétett mennyiségértékekhez társított,
- hiteles anyagminta mennyiségértékéhez társított,
- kalibrálási bizonyítványból kapott,
- hitelesített mérőműszer pontossági osztályából kapott, vagy a
- személyes tapasztalatok útján nyert határértékekből kapott adatokra alapozni.

A mérési bizonytalanságot úgy is meg lehet határozni, hogy számba vesszük és összegezzük a lehetséges hatásokat. Ez a B-típusú értékelés egyik formája. Az ultrahangos vastagságmérés esetében a vonatkozó szabvány C melléklete [4] összefoglalja azokat a mérési paramétereket,

melyek hatással vannak a mérési bizonytalanságra. Ennek alapján is lehet mérési bizonytalanságot becsülni.

Természetesen ezt a módszert nem lehet a jártassági vizsgálatban használni, mert összehasonlíthatatlan értékeket eredményezne. Ezért a bizonytalanságot a mérési eredmények szórásából számítjuk. Ez nem korlátozza a laboratóriumokat, hogy napi vizsgálataikban a szabvány szerinti módon határozzák meg a méréseik bizonytalanságát.

A bizonytalanság kiértékelésének előnyei a vizsgáló laboratóriumok számára

A mérési bizonytalanság értékelésével kapcsolatban számos előny adódik, bár a feladat időigényes.

- A mérési bizonytalanság számszerű módon nyújt segítséget olyan fontos kérdésekben, mint a vizsgálati eredményekkel kapcsolatos kockázat és megbízhatóság.
- A mérési bizonytalanság megadása az eredmény közlése és értelmezése révén közvetlen versenyelőnyt jelenthet.
- A vizsgálati eredményeket befolyásoló egyes paraméterek hatásának (számszerű) ismerete növeli a vizsgálati eljárás megbízhatóságát.
- Eredményesebben lehet kiigazító intézkedéseket tenni, melyek ezáltal költséghatékonyabbá válnak.
- A mérési bizonytalanság kiértékelése a vizsgálati eljárás jobb megismerése révén kiindulási pontot jelent az eljárás optimalizálására.
- Az előírások teljesítésének megállapításához az ügyfelek és a termékeket minősítő testületek igénylik az eredményhez társított bizonytalanságról szóló információt.
- Csökkenthetők a kalibrációs költségek, ha a kiértékeléssel kimutathatók, hogy egyes befolyásoló mennyiségek a bizonytalanságra nincsenek jelentős hatással.

Hivatkozások:

[1] International vocabulary of basic and general terms in metrology, second edition, 1993, International Organization for Standardization (Geneva, Switzerland)

[2] JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, GUM 2008. Elérhető: <https://www.bipm.org/en/publications/guides>

[3] Nemzeti Akkreditálási Rendszer EA Útmutató mennyiségi vizsgálatok bizonytalanságának kifejezéséhez NAR-EA-4/16 1. kiadás 2004. szeptember Elérhető: <https://docplayer.hu/216016-Nemzeti-testulet-nemzeti-akkreditalasi-rendszer-ea-utmutato-mennyisegi-vizsgalatok-bizonytalansaganak-kifejezeséhez-nar-ea-4-16-1.html>

[4] MSZ EN ISO16809:2019 Roncsolásmentes vizsgálat. Ultrahangos vastagságmérés (ISO 16809:2017)

[5] International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms 3rd edition, VIM3: Elérhető: www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_200_2012.pdf