ANYAGTECHNOLÓGIA

Kalibrálási idő meghatározása kontrollkártyás módszerrel I.

Szemán József

jszeman@freemail.hu

Determination of calibration intervals using control chart method I.

The MSZ EN ISO 9001: 2001 ordains the authentication, or

calibration of instruments. The calibration method and prevalence is made reference to the proprietor. The item scanned one control chart way application, using different statistical plans ISHIKAWA chart Pareto analysis PDCA cycle.

A mérésről

A mérés mindennapjaink része, és tudomást sem veszünk róla, hogy mértünk, mert:

- csak a naptárra, illetve óránkra pillantottunk és nem „az adott évből, napból eltelt időt határoztuk meg”,
- csak az autónk kilométer-számlálóját néztük meg, hogy hány km-t tettünk meg az utolsó tankolás óta és nem „2 pont távolságát határoztuk meg”,
- csak a mérleget figyeltük, hogy a kért kb. fél kiló hús hány deka és nem „egy test tömegét ellenőriztük”,
- csak a vércukor szintünkre voltunk kíváncsiak és piciny szűrással pár csepp vért tettünk az indikátorra és nem „egy összetett biokémiai analízist hajtottunk végre”.

Mi a közös ezekben a látszólag különböző eseményekben? a **MÉRÉS**; az **összehasonlítás**, azaz egy korábban kiválasztott egység hányszorosa a megfigyelt, vizsgált jelenség, objektum.

Pontosabban fogalmazva valamely mennyiség (mérendő mennyiség) mérőszámának meghatározása mértékegységgel való közvetlen vagy közvetett összehasonlítás alapján. A mérés alapja a skála, a mérőeszköz létrehozása. A mérés számok hozzárendelése objektumokhoz, azok tulajdonságaihoz, eseményekhez meghatározott szabályok szerint. A mérés első fázisa a hozzárendelési szabályoknak, vagyis a mérési skálának a megalkotása. A mérendő objektumhoz vagy jellemzőhöz tartozó skálaérték meghatározása (a közvetlen vagy közvetett összehasonlítás) csak ez után következhet. A mérés alkalmas törvények, törvényszerűségek feltárására, hipotézisek, elméletek ellenőrzésére, különböző minőségek mennyiségi kapcsola-

latának meghatározására. A mérésekre vonatkozó általános ismeretek összessége a metrológia.

A továbbiakhoz szükséges néhány metrológiai fogalom pontosítása, az OMH Metrológiai kiosztár segítségével.

Mérési eredmény: a mérendő mennyiségnek tulajdonított, méréssel kapott érték.

Mérési pontosság: a mérési eredménynek és a mérendő mennyiség valódi értékének a közelsége.

Korrigált eredmény: a mérési eredmény a rendszeres hiba korrekcióba vétele után.

Megismételhetőség (mérési eredményeké): azonos mérendő mennyiség azonos feltételek között megismételt mérései során kapott eredmények közelsége. A megismételhetőségi feltételek: azonos mérési módszert, azonos mérőszemélyt, azonos feltételek mellett használt azonos mérőeszközt, azonos mérési helyet és rövid időtartamon belüli ismétlés(ek)e)t jelentenek. A mérési eredmények megismételhetősége az eredmények szóródásának valamelyik jellemzőjével fejezhető ki.

Reprodukálhatóság (mérési eredményeké): azonos mérendő mennyiség megváltoztatott feltételek mellett megismételt mérései során kapott eredmények közelsége. A megváltozott feltételek: a mérési elv, a mérési módszer, a mérőszemély, a mérőeszköz, az alkalmazott etalon, a mérési helyszín, a használati feltételek, vagy az idő megváltozását. A mérési eredmények reprodukálhatósága mennyiségileg az eredmények szóródásának valamelyik jellemzőjével fejezhető ki. A mérési eredmények itt rendszerint korrigált eredményt jelentenek.

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

Hiba (mérési hiba): a mérési eredmény mínusz a mérendő mennyiség valódi értéke. Ha a (mérési) hibát meg kell különböztetni a relatív hibától, akkor az előbbi gyakran abszolút mérési hibának nevezik. Az abszolút mérési hiba nem azonos a mérési hiba abszolút értékével.

Eltérés: az érték mínusz a referenciaértéke.

Relatív hiba: a mérési hiba osztva a mérendő mennyiség valódi értékével.

Véletlen hiba: a mérési eredmény mínusz az az átlagérték, amely ugyanazon mérendő mennyiség megismételhetőségi feltételek között végzett végtelen sok mérésének eredményeül adódna. A véletlen hiba = a hiba mínusz a rendszeres hiba. Mivel csak véges számú mérést lehet elvégezni, a véletlen hibára csak becslés adható.

Rendszeres hiba: az az átlagérték, amely ugyanazon mérendő mennyiség megismételhetőségi feltételek között végzett végtelen sok mérésének eredményeül adódna, mínusz a mérendő mennyiség valódi értéke. A rendszeres hiba = a hiba mínusz a véletlen hiba. A valódi értékhez hasonlóan a rendszeres hiba és annak okai sem lehetnek teljesen ismertek.

Mérések hibái

A mérések során eltérés keletkezik a helyes (tényleges) érték és a mért érték között. Lényegében ezt tekinthetjük a mérési hibának. A különféle elvek, módszerek, mért jellemzők, modellválasztás, stb. függvényében sokféle mérési hibatípus sorolható fel.

a.) A mérések tökéletlensége miatti hibák

Modellezési hiba, mely nem megfelelően megválasztott mérési modellből ered (például elhanyagoltuk az ellenállás frekvenciafüggőségét), *átviteli hibát* okozhat, pl. a mért objektum és a mérőműszer közötti információátvitel torzítása, *műszerhibát* okozhat maga a mérőeszköz.

b.) Rendszeres és véletlen hibák

Mint említettük, a mérési hiba a mért érték eltérése a helyes értéktől. Ennek megfelelően $H = x_m - x_h$, ahol x_m a mért érték, x_h a helyes érték a H az abszolút mérési hiba. Bár az összefüggés rendkívül egyszerűnek tűnik, elvi gondot jelent az a körülmény, hogy sem a hiba, sem pedig a helyes érték nem ismert. A hiba valójában egy idealizált

fogalom és nem ismerhető meg pontosan. A gyakorlatban legtöbbször nem az abszolút, hanem a relatív mérési hibát használjuk, mivel az több információt nyújt számunkra. A relatív mérési hiba a következőképpen definiálható:

$$h = \frac{x_m - x_h}{x_h}$$

A mérési hibának két összetevője van, a rendszeres és a véletlen hiba.

Rendszeres hiba: a rendszeres hibaszámítással vagy a mérési módszer, elrendezés ügyes módosításával korrigálható, mint az a következő példában látható: súlymérés esetén például rendszeres hibát okoz az áru csomagolásának súlya. A hiba korrekciója azonban igen egyszerű, csak meg kell mérni a csomagolás súlyát és a kapott értéket le kell vonni a mért összsúlyból. Általában a mérési elrendezés módosításával, korrekciós számításokkal a rendszeres mérési hiba kiküszöbölhető.

Véletlen hiba: a véletlen hiba a befolyásoló mennyiségek előre nem számítható vagy sztochasztikus időbeli és térbeli változásaiból adódik. Az ilyen jellegű változások hatásai a mérendő mennyiség ismételt észleléseiben változásokat idéznek elő. Ugyan a véletlen hiba nem kompenzálható, de az észlelések számának növelésével általában csökkenthető. Véletlen hiba jelenléte esetén, azonos körülmények között ismételt méréseket végezve, kiszámítjuk az átlagértéket és a tapasztalati szórást. Az átlagértékkel a várható értéket, a tapasztalati szórásnégyzettel, pedig a varianciát tudjuk becsülni.

Tapasztalati szórás: ugyanazon mérendő mennyiség meghatározása céljából végzett n számú mérésekből álló sorozat esetében az eredmények szóródását jellemző s mennyiség, melyet a következő képlet ad meg:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

ahol x_i az i -edik mérés eredménye, $\bar{x}$ pedig az n eredmény számtani középértéke.

Mérési hibák terjedése: a mérések során – a mintavételt, a mérés-előkészítést, a mérést és az eredmény számítását is beleértve – a mérési hibák tovább terjedhetnek, kombinálódhatnak.

A Gauss féle megközelítés szerint a mérés során elkövetett hibák négyzetesen összegződnek, azaz $s_0^2 = s^2 \text{mintavétel} + s^2 \text{mintaelőkészítés} + s^2 \text{mérés} + s^2 \text{eredményszámítás}$

összefüggés szerint halmozódnak. A hiba minimalizálásához a legnagyobb szórással rendelkező folyamatrészt kell javítani, annak szórását csökkenteni.

A mérés szerepe a termelési folyamatban

Az MSZ EN ISO 9001:2001 megfogalmazása szerint „a szervezetnek meg kell terveznie, és be kell vezetnie azokat a figyelemmel kíséresi, mérési, elemzési és fejlesztési folyamatokat, amelyek ahhoz szükségesek, hogy

- bizonyítani tudja a termék megfelelőségét,
- gondoskodni tudjon a minőségirányítási rendszer megfelelőségéről, valamint
- folyamatosan fejleszteni tudja a minőségirányítási rendszer eredményességét.

Ennek fel kell ölelnie az alkalmazandó módszerek meghatározását, beleértve a statisztikai módszereket és ezek alkalmazásának mértékét.

A szervezetnek olyan folyamatokat kell bevezetnie, amelyekkel biztosítja, hogy a figyelemmel kísérés és a mérés elvégezhető legyen és úgy is történjen, hogy összhangban legyen a figyelemmel kísérés és a mérés követelményeivel.

Ha gondoskodni kell az eredmények érvényességéről, a mérőeszközöket:

- meghatározott időszakonként vagy használat előtt kalibrálni vagy hitelesíteni kell olyan mérési etalonokkal való összehasonlítás útján, amelyek visszavezethetők nemzetközi vagy nemzeti mérési etalonokra; ha ilyen etalonok nincsenek, akkor a kalibrálás vagy a hitelesítés alapját fel kell jegyezni;
- be kell szabályozni, vagy a szükséghez képest újra be kell szabályozni;
- azonosítani kell, hogy kalibrált/hitelesített állapotot meg lehessen állapítani;
- meg kell védeni olyan beállításoktól, amelyek érvényteleníthetik a mérési eredményt;
- meg kell védeni károsodástól és állaguk romlásától a kezelést, a karbantartást és a tárolást.

Ezeket túlmenően a szervezetnek ki kell értékelnie, és fel kell jegyeznie az előző mérési eredmények érvényességét, ha úgy találta, hogy a berendezés nem felel meg a követelményeknek. A szervezetnek meg kell tennie a megfelelő intézkedéseket a berendezésekre és az érintett termékekre. A kalibrálás és a hitelesítés eredményeiről készült feljegyzéseket meg kell őrizni.

A továbbiakhoz pontosítani kell a gyakorlatban sokszor elhangzó kalibrálás és hitelesítés fogalmát.

Kalibrálás: Azoknak a műveleteknek összessége, amelyekkel meghatározott feltételek mellett megállapítható az összefüggés egy mérőeszköz vagy egy mérőrendszer értékmutatása illetve egy mértéknek vagy anyagmintának tulajdonított érték és a mérendő mennyiség etalonnal reprodukált megfelelő értéke között. A kalibrálás eredménye

lehetővé teszi mind a mérendő mennyiség megfelelő értékeinek hozzárendelését a mérőeszköz értékmutatásaihoz, mind az értékmutatásokhoz tartozó korrekciók meghatározását. Kalibrálással egyéb metrológiai jellemzők is meghatározhatók, például a befolyásoló mennyiségek hatása. A kalibrálás eredménye egy dokumentumban rögzíthető, amelyet gyakran kalibrálási bizonyítványnak vagy kalibrálási jegyzőkönyvnek neveznek.

Mi a különbség a hitelesítés és a kalibrálás között?

1 táblázat

A hitelesítés és a kalibrálás összehasonlítása

Comparison of verification and calibration

hitelesítés	kalibrálás
a jog eszközei által szabályozott (hatósági) tevékenység	nem hatósági tevékenység
mérésügyi hitelesítést csak az OMH végezhet	mérőeszközöket bárki kalibrálhat
hitelesíteni a jogszabály által meghatározott mérőeszközöket kell	kalibrálni bármely eszközt lehet, ha a visszavezetettséget igazolni szükséges
a hitelesítésnek jellemzően előfeltétele a mérőeszköz típusra vonatkozó hitelesítési engedély megléte	a kalibrálásnak nincs engedélyezési előfeltétele
a (sikeres) hitelesítést tanúsító jel (hitelesítési bélyeg, plomba stb.) és/vagy hitelesítési bizonyítvány tanúsítja	a kalibrálás eredményeként kalibrálási bizonyítvány készül
a hitelesítési bizonyítvány hatósági dokumentum és meghatározott időtartamig érvényes	a kalibrálási bizonyítvány nem hatósági dokumentum és nincs érvénytartama
a hitelesítést jogszabályban előírt időközönként meg kell ismételni	a kalibrálás megújításáról a tulajdonos saját hatáskörében és saját felelősségére dönt

A szabvány szabad kezét és felelősséget ad arra, hogy mikor és milyen módszerrel történjen a kalibrálás. A kalibrálás ciklusidejéről különböző szempontok alapján dönthetünk. A mérési illetve egyéb törvény hatálya alatt álló műszerekre a törvényben előírt idők vonatkoznak, azokat nem lehet megváltoztatni. Az ebbe a kategóriába nem tartozó műszereknél a ciklusidőt a következő szempontok alapján jelölhetjük ki:

Kalibrálási ciklusidő meghatározási lehetőségek
Methods for the determination of calibration intervals

No	módszer	megbízhatóság	előnye	hátránya	megjegyzés
1	szabvány előírása	magas	általános	egyedi igényeket nem vesz figyelembe	általában kötelező
2	gyártó javaslata	jó	általános	egyedi igényeket nem vesz figyelembe	nem kötelező
3	kialakult (műszaki) gyakorlat	jó	egyedi igényeket is figyelembe vehet	metrológiailag nincs alátámasztva	szubjektív
4	műszaki becslés	közepes	egyedi igényeket is figyelembe vehet	metrológiailag nincs alátámasztva	szubjektív
5	gazdálkodási, üzemeltetési szempontok	alacsony	gazdaságilag optimális lehet	metrológiailag nincs alátámasztva	műszaki és gazdasági konszenzus eredménye
6	vezetői döntések	közepes	egyedi igényeket is figyelembe vehet	metrológiailag nincs alátámasztva	szubjektív
7	statisztikai módszerek	magas	egyedi igényeket is figyelembe vesz, metrológiailag alátámasztható	esetenként bonyolult méréseket, számítást igényel	egyszerűsíthető

Különböző irodalmi források konkrét időtartamot javasolnak a kalibrálási ciklusidő első meghatározására azzal a megjegyzéssel, hogy az előzetesen felvett kalibrálási időszakkal végzett kalibrálási eredmény alapján később növelik, vagy csökkentik a kalibrálási időszakokat. Például a következő táblázat alapján becsülhetjük a *k* kockázati tényezőt és az 1. sz. diagram alapján meghatározzuk a ciklusidőt.

3 táblázat

A kockázati tényező becslése
Estimate of the k risk factor

Használati jellemzők	Befolyásoló tényező	k
Használatbavétel	ritkán	1
	átlagos	2
	gyakran	3
Alkalmazási hely	laboratórium	1
	műhely	2
	kültér	3
Elhangolódási hajlam	alig	1
	nem jellemző	2
	jelentős	3

1. ábra. Kalibrálási ciklusidő becslés
 Estimate of the calibration time

A következőkben egy már létező, gyakorlatomban jól működő, nem túl bonyolult kalibrálási rendszert, a kialakítás szempontjait és az elért eredményeket mutatom be.

A vizsgált mérésről

A műszer egy légátaramoltatás elven működő, a mérendő minta hatására fellépő légsebesség változást mérő berendezés, melyet porózus anyag részecske méret meghatározására használunk.

2. ábra. A mérőműszer vázlatja
 Scheme of the instrument

A műszer nyomás és légsebesség viszonyait minden mérés megkezdésekor az előírt értékekre állítjuk. A méréshez meghatározott tömegű mintát helyezünk a műszer

mintatartójába és azt mindig azonos térfogatúvá tömörítjük. A mintatartóhoz kapcsolódó üvegcsőben elhelyezkedő légsebesség mérő kúp emelkedési magasságát a mögötte elhelyezett skáláról olvassuk le az egyensúly beállása után. Az emelkedési magasság arányos a légsebességgel, ami viszont jól korreláló összefüggés szerint változik a részecskék átlag méretével. A részecskeméret és a mért úszóállás értékei között másodfokú polinom írja le a kapcsolatot, az $Y = ax^2 + bx + c$ alakú, ahol Y a részecske mérete, x a mért úszóállás (légsebesség).

A leíró összefüggés diszkussziója:

- ha a és $b > 0$, akkor x növelésével Y is emelkedik,
- ha a és $b < 0$, akkor x növelésével Y csökken,
- ha $a > 0$ és $b < 0$, illetve ha $a < 0$ és $b > 0$, akkor a másodfokú összefüggés megoldásával kapott x_0 -nál szélsőértéke, minimuma vagy maximuma van a leíró összefüggésnek.

A vizsgált műszer mérési tartományában, a növekvő x értékekhez mindig növekvő y érték tartozik.

Igény a kalibrálásra

Az ISO 9002-es minőségbiztosítási rendszer bevezetése előtt mi is beleestünk abba a hibába, hogy a műszert nem rendszeresen ellenőriztük, kalibráltuk egy saját etalon anyagminta sorozattal. A minőségbiztosítási rendszer bevezetésekor merült fel az igény egy jól kezelhető, gyors, nem anyagmintát használó kalibráció kidolgozására. Mivel a mérőrendszer az áramlási ellenállás változására bekövetkező légsebességet méri, ezért különböző lyukátmérőjű fojtódugókat (továbbiakban mesterdugók) készítettünk.

3. ábra. A mesterdugós mérés vázlata
Scheme of the modified instrument

Ezekkel már modellezni tudtuk a különböző légsebességeket és hozzájuk tartozó részecske méretet. A mesterdugókat úgy alakítottuk ki, hogy a mérendő tartományt teljesen lefedje, a tartomány első harmadának elején 1, a

középső harmadban 2, a végső harmadban, a tartomány végén, 1 helyen. A leggyakoribb mérési helyen a középső harmadban 2 pontot alakítottunk ki, hogy a mérésünk súlyozottan itt legyen a legmegbízhatóbb. Több anyagminta kalibráció után mértük a különböző mesterdugókhoz tartozó műszerállást, és meghatároztuk az ezekhez tartozó részecske méreteket. Ezzel egy másodlagos belső etalon sorozatot hoztunk létre. A minőségbiztosítási rendszerünk fontos alappillére a PDCA elv, a statisztikai módszerek rendszeres alkalmazása. Ezen előzmények, tapasztalatok alapján döntöttünk a kalibrálási eredmények statisztikai feldolgozása mellett.

A kalibrálásunkról

A műszer előírt nyomás szabályozása után elhelyezzük a mérőcellában a mesterdugókat, majd a mérés indítása után leolvassuk a különböző mesterdugókhoz tartozó úszóállás értékeket. A kalibráló méréseket 2 hetente végeztük és dokumentáljuk.

A kalibrálás során tapasztalt eltérések értékelése után szükséges a kiváltó ok meghatározása, annak elhárítása illetve a műszer újra beállítása, ismételt kalibrálása, azaz a PDCA ciklus hatékony alkalmazása.

A mérőműszerről szerzett korábbi tapasztalatainkat halszájka diagramban foglaltuk össze, így a mérési eltérések okozói jól követhető, logikusan kapcsolódó formában azonosíthatóak lettek. Az egyes okoknál jelöltük a mérési eredményére, a hiba irányára gyakorolt hatás irányát.

4. ábra. A mérési hibát befolyásoló tényezők Ishikawa diagramja
Ishikawa diagram for the influence factors of test

A kalibrálás értékelése

A mesterdugókkal végzett kalibrálás során négy mérési értéket kapunk melyeket a mesterdugó névleges értékéhez viszonyítunk, így négy különbség áll rendelkezésünkre. Az eltérés adatokat az átlag-terjedelem kontrollkártya módszerrel dolgozzuk fel, és határozzuk meg a további tennivalókat.