

A mérés technika alapjai

<http://www.hit.bme.hu/people/papay/edu/meres.htm>

1. A látszat olykor csal
Emberi érzékelés kontra műszeres mérés
2. „A dolgok természete, lényege: a szám” (Pitagorasz)
A mérés folyamata, a mérőeszköz alapstruktúrája
3. Akt¹ modell (a meztelen igazság?)
A modell mint a mérés feltétele, ill. eredménye
4. „SI? Nem eszi? Nem kap mást!”²
Nemzetközi mértékegység-rendszer (SI)³
5. Szóródás a céltáblán / Kockadobások
Az eredmény minősítése: mérési bizonytalanság, hiba-closzások, hibaterjedés
6. A szinusz örökké szinusz
Jel szintézis (Fourier-sor összeg), spektrum (FFT)⁴
7. A kerék trükkje (avagy miért forog visszafelé?) / Hogyan kerekítsünk?
Mintavételezés, kvantálás
8. A CD⁵ titka / Átjáró a valóságos és a virtuális világ között
Jel digitalizálás és rekonstrukció, A/D⁶ és D/A átalakítás
9. Meleg (Hi), hideg (Lo), (védő) föld
Alapjellemezők mérése
10. A (villamos)mérnök szeme
Hullámforma megjelenítés, jel analizátor
11. Mint reflexvizsgálatnál a térdkalapács
Vizsgálójel forrás, hullámforma szintézis
12. Virtuális műszer
A számítógépes kapcsolat

¹ Alapos, konkrét tudás.

² Vicinális Dugóhúzó, 1968.

³ SI: Système International d'unités

„A bűvös hetes” (alapegységek):

[m] „Minden dolognak mértéke az ember” (Prótagorasz)

[s] kronométer *kontra* GPS (Global Positioning System)

[kg] tömeg *kontra* súly [N = kg · m/s²]

[A] forgó-morgó: háztartási (forgótárcsás) „áram”-mérő (egyfázisú, indukciós fogyasztásmérő [kWh])

[K = °C + 273.16] hőmérséklet

[mol] anyagmennyiség (az anyagban lévő részecskék számát jelzi, az elemi egység fajtáját meg kell adni: atom, molekula...) – különbözik a tömegtől!

[cd] fényerősség (kis térszögben kibocsátott fényáram és a térszög hányadosa)

[1 rad = 360°/2π ≈ 57.3°] „a Föld kerületének mérése” (Eratoszthenész)

⁴ FFT: Fast Fourier Transform (gyors Fourier transzformáció ≈ Fourier-sor felbontás).

⁵ CD: Compact Disc (és *nem* [cd] = kandela, lat. gyertya, ami a fényerősség egysége).

⁶ A = analóg (**jel**: értékben és időben folytonos), D = digitális (**adat**: értékben és időben diszkrét).



Mérés: tárgyak, jelenségek, folyamatok bizonyos sajátságainak nagyság-meghatározása, amelynek során megfelelő mérőmódszerrel megállapítjuk, hányszorosa a vizsgált sajátság az egységül választott mennyiségnek, a mértékegységnek (Kislexikon, Bp. 1968)

méréstechnika: műszaki tudományág, amely a mérés menetével, eszközeivel, valamint a mérés eredményeit befolyásoló tényezőkkel foglalkozik

Mérésügyi Hivatal⁷, Országos: a mérések pontosságának és egységességének országos biztosítására létesített főhatóság (2007. jan.-tól a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal [MKEH] metrológiai főosztálya, <http://www.mkeh.gov.hu/meresugy>)

mértékrendszer: összefüggő és egymásba átszámítható [fizikai] mértékegységek összessége, amelyek néhány alapegységre vezethetők vissza

mérték: (1) meghatározott méret

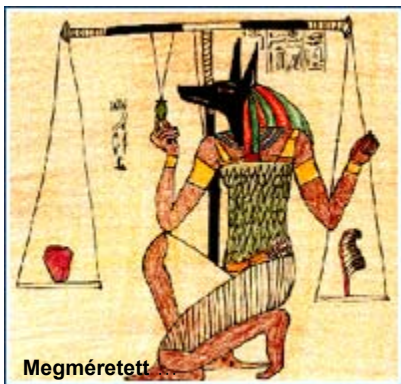
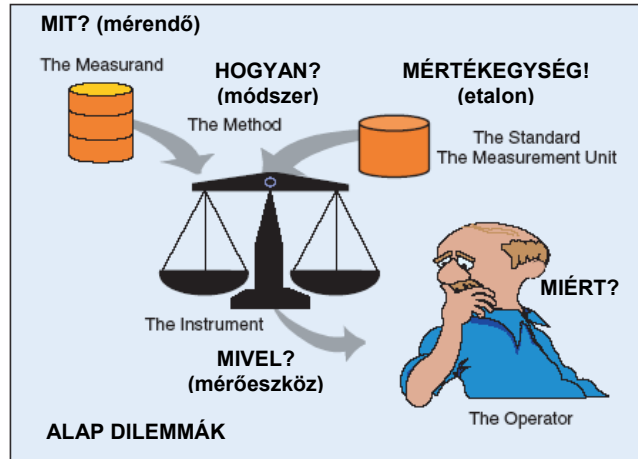
(2) valamely [fizikai] mennyiség

meghatározott értékét képviselő hiteles mérőeszköz, az etalon hitelesített másolata

(3) a józanság, szerénység v. ízlés megszabta határ

/ **mértékarány** (= **méretarány**): a térkép és a terep arányát megadó kifejezés /

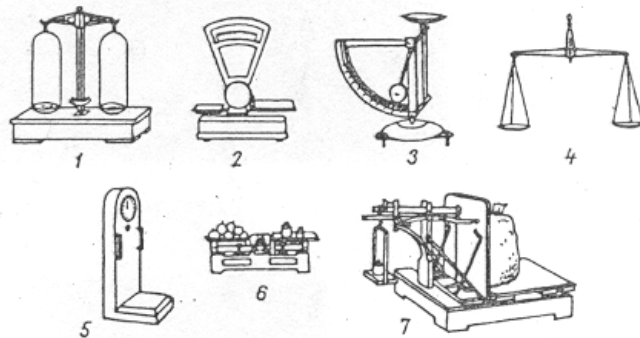
/ **metrika:** a verstannak a versemértékkel foglalkozó része, a zenében az ütemek elmélete /



Megmértett

(Negatív konfesszió ...)

Hamis súlyokat nem használtam,
A mérésnél nem csaltam soha.)



Mérleg

1. patikamérleg, 2. gyorsmérleg, 3. levélmérleg, 4. kofa- v. kalmár-mérleg, 5. személymérleg, 6. konyhai mérleg, 7. tízedes mérleg v. mázsa (nem természetes arányokban)

⁷ A mérést szabályozó törvények először a csalások megakadályozását szolgálták.

Már a Bibliában is olvasható (Mózes III. [Leviták] könyve 19):

„35 Ne kövessetek el igazságtalanságot az ítéletben, a hosszértékben, súlymértékben és úrmértékben.

36 Igaz mérték, igaz font, igaz efa, és igaz hin legyen közöttetek.”

(mai egységekben: font $\approx 0,5$ kg, efa ≈ 22 l [szárazúrmérték], hin $\approx 3,7$ l [folyadékúrmérték])

Egyiptomban halálbüntetésre számíthatott az a felelős udvari építész, aki elfelejtette, hogy minden teliholdkor kalibrálja hosszértékét.

Középkori piaci trükk volt, hogy a gabonát „halmosan” vették és „csappanósan” (csapófával lesimítva a szemeket) adták el. Visszaélésre adott alkalmat a „rázott” mérsmód is (mert tömörültek a szemek): tilos volt a mérőeszközt (edényt) rázni, ütögetni, rugdosni, az ilyet keményen büntették.

Nem nélkülözheti az egységesen szabályozott méréseket sem a köznapi élet, sem a nemzetközi termelés, kereskedelem, tudomány.

A mérés szerepe. A valós világ megértésének, leírásának lényeges eszköze és tudásunk biztos alapja a „mérés”. Lehetővé teszi az objektív megismerést, beavatkozást és az előrelátást. Talán nem túlzás, ha a „mérési képességet” a civilizáció kulcs-elemének tekintjük. A társadalom és a gazdaság a tevékenységek és döntések szinte minden szintjén támaszkodik mérési eredményekre. A mérés mindennapi életünk szerves részévé vált, beépül a termékekbe (fényképezőgép, gépkocsi), a szolgáltatások (víz, gáz, villany) nem nélkülözhetik. Manapság a „mérőeszközök forradalma” zajlik (és ez már negyedik⁸ a sorban), köszönhetően az elektronikus jelfeldolgozás, a digitális-, számítás- és kommunikációs-technika (összefoglalóan: az információs technológiai eszközök) hathatós alkalmazásának. Ezek beágyazódása eredményezi az „okos műszereket”, amelyek a közvetlen mérési adat (a mérőszám) megszerzésén túl annak célorientált feldolgozását, tárolását, megjelenítését és átvitelét is lehetővé teszik. A távmérés például (akár a műholdas távérzékelésre, a bolygóközi szondákra, az ipari folyamatirányításra vagy az interneten is elérhető – számítógép perifériaként működő – eszközökre gondolunk) ma már napi gyakorlat.



konyhai mérleg

Miért „nehéz”⁹ a mérés technikai stúdium? Először is igen szerteágazó, sokrétű és egyre bővülő az alkalmazási terület (*mit* mérünk), az eszköz-park (*mivel* mérünk), az eljárás (*hogyan* mérünk), a cél (*miért* mérünk) és persze az elvárt pontosság (más terep a laboratórium, egy kohászati gyártósor vagy egy konyha), a tudás-bázis (amire építhetünk), a környezet (ami, mint „zavaró tényező” nehezíti a megbízható mérés kivitelezését), a felhasználható erőforrások (gondoljuk pl. a járművekre vagy a mobil eszközökre), a pénzügyi feltételek, az időkorlátok, az emberi „hozzáállás” (orvosdiagnosztikai eszközök): sokféle szempontot kell tehát egyidejűleg mérlegelni. Szerencsére megragadhatók olyan alapelvek, közös vonások és struktúrák, amelyek segítik az áttekintést (hogyan lássuk az erdőtől a fát is).



repülőtéri csomagmérleg

Gyakran mély matematikai, fizikai és egyéb tudás-háttér (pl. technológia), vagyis átfogó természettudományos ismeret szükséges egy-egy mérési eljárás megértéséhez. Szerencsére a mai intelligens műszerek ezt elfedve „barátságos” kezelőfelületen kínálják a sokrétű szolgáltatást. (Analogiaként: a gépkocsi akkor lett általános közlekedési eszköz, amikor használatához már elegendő volt a „vezetni tudás”, és nem volt szükség autószerelési szakismeretekre.)

Különbözők a szereplők is: (mérő)eszköz-tervezők, felhasználók (mint kutatók, mérnökök, eladók, háziasszonyok), termelők és forgalmazók, szerviz- és vizsgálóállomás-technikusok, igénybejelentők¹⁰ (menedzserek), a mérés hitelességéért felelős kalibrálók (etalon-őrzők), akiknek igen eltérő nemcsak az igénye, de a tapasztalata is.



Hídmérleg

Kiemelt acélhidás mérleg

A legnagyobb „falat” mégis a mérési bizonytalanság becslése, ami a mérés minőségét (ismételhetőségét) jellemzi, a mért adat hihetőségét szabja meg. A mérés hibájának több

⁸ A tudományban az első nagy változás a *kísérlet* kulcsszerepének felismerése volt (Galilei, XVII. sz.), aztán a *mérés* jelentőségének megerősödése (XIX. sz. eleje), majd a *kutatóműhelyek* és a szervezett képzés kialakulása, valamint a statisztika és *valószínűség-számítás* kifejlődése (XIX. sz. vége).

⁹ Ez nem az „elriasztás” szándéka, hanem a **szépség** dicsérete.

¹⁰ Amit mérni szeretnénk és amit mérni tudunk, az nem mindig esik egybe!

– nem egyformán lényeges – összetevője van (az elv, az eszköz, a módszer, a környezet), specifikálásához a statisztika, a valószínűségszámítás fegyvertára is szükséges, és esete válogatja a szigorúsági igényt.¹¹ Mentálisan az a tény is gondot okoz(hat), hogy mérési hiba mindig fellép, és annak tartományát csak becsülni tudjuk! De „hibabecslés teszi a mérés technikust”. A hiba helyett gyakran a pontosságot hangsúlyozzuk (mert az pozitív fogalom).

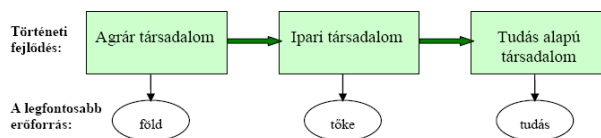
Ezeket túl alapvető a hitelesség megőrzése, az eszköz megbízható mérési képességének fenntartása, ami időszakos ellenőrzést, dokumentumban rögzített kalibrálást (műszaki és jogi ismerteket) igényel.

A mérés nem „varázsvessző”. Sőt ennek a fordítottja is igaz: a varázsvessző¹² nem mérőeszköz!

Kivéve, ha igazi szakértő veszi kézbe, mint pl. Eötvös Loránd: „A középkor előítéleteinek és csodaszereinek lomtarából előkerestem a varázsvesszőt, s azt nem imádsággal, nem is ördögösséggel, hanem a vesszőhöz, melyről a varázs az idők folyamán amúgy is lekopott, jobban illő mechanikai érvelésekkel arra bírtam, hogy feleletet adjon... Egyszerű egyenes vessző az az eszköz, melyet én használtam, végein különösen megterhelve és fémtokba zárva, hogy ne zavarja se a levegő háborgása, se a hideg és meleg váltakozása. E vesszőre minden tömeg a közelben és a távolban kifejti irányító hatását, de a drót, melyre fel van függesztve, e hatásnak ellenáll és ellenállva megcsavarodik, e csavarodásával a reá ható erőknek biztos mértéket adván.” (Természettudományi Közlöny, 1901. jún.)

Kellő mértéktartással kell fogadni minden olyan, az objektivitás mezében feltűnő „mérés”-nek nevezett eljárást, amely valójában pusztán sorrendet („rang-skálát”) próbál megállapítani szubjektív értékítélettel. Sokan ugyanis mindenféle felmérést (vizsgálódást, adatgyűjtést) is mérésnek igyekeznek feltüntetni. Főként akkor kell az „eredmények” értelmezését igen körültekintően végezni, ha – ilyen háttérrel – az objektív mérést valóban jellemző magyarázó és jósló erőt is megpróbálják kihasználni (némi haszon reményében).

Kell-e azt tudni, „hogyan működik”? Egyrészt az ember természetes kíváncsisága igényli a háttér feltárását. Ennél fontosabb, hogy a – különböző szintű – megértés nemcsak az eligazodást és választást¹³ segíti, de az optimális eszközhasználat záloga is: hogyan lehet a képességeket igazán kihasználni. A tudás-bázis pedig akkor igazi erő, ha nem rutin feladatmegoldás kerül szóba.



¹¹ Napi életünknek *nem* igazán része a hibabecslés. A korszerű számjegyes értékmegadás ugyanis azt sugallja, hogy az adat „pontos”, és csak kirívó esetben (gyanítható „átverésnél”) foglalkozunk a mérés hibájával. A mindennapi kereskedelem a megbízhatóságot (a jó ismétlésképeséget) várja el, és nem igényli a lehető legkisebb mérési bizonytalanságot (kivéve az idő mérése esetén, mint pl. a GPS), amit viszont megkövetel a fizika, különösen a kvantumfizika.

Megjegyzés: csak a **makroszkopikus világ** mérés technikájának alapjait tekintjük át.

¹² “A geofizikai *mágia* kézi készüléke” (gyakran, lazítva a trükköt, azt állítják, hogy a különleges érzékelés nem a pálcában történik, hanem a “mérést” végző személyben...).

¹³ A technológia fejlődése ugyan egyre gyorsuló ütemben cseréli le a régi eszközöket (gondoljunk pl. a vérnyomás mérés hagyományos és mai eszközeire), de az egymás mellett élő eszköz-generációk hosszú ideig piacképesek (lehetnek). Az igen eltérő alkalmazási feltételek is „kitermelik” a sokféleséget (lásd pl. mérleg).