

ALLEGATO 1

ASPETTI METROLOGICI DELLA QUALITÀ DEI DATI

Cenni di metrologia

La misura è il risultato numerico di una misurazione e rappresenta il **rapporto** tra la grandezza fisica oggetto di misura e l'unità di riferimento. Suo obiettivo è quello di raggiungere il valore vero, valore ideale assunto a caratterizzare una variabile fisica al momento in cui è osservata e che potrebbe essere noto solo se riuscissimo a eliminare tutte le fonti - sistematiche e casuali - di errore.

I termini metrologici sono concetti che esprimono le caratteristiche di una misura e che sono oggetto di standard internazionali specifici (es: glossario ISO raccomandato dal BIPM nella pubblicazione *Guide to the expression of uncertainty in measurement*).

Termini metrologici

UNITÀ DI MISURA: grandezza fisica cui si attribuisce convenzionalmente il valore di 1 ed alla quale si riferiscono tutte le altre grandezze dello stesso tipo.

UNITÀ DI MISURA FONDAMENTALI: unità scelte arbitrariamente e da cui sono ricavate tutte le altre. Ad esempio il mm (unità fondamentale del Sistema Internazionale) è definito come $1.55316413 \cdot 10^3 \cdot n$ ove n è la lunghezza d'onda della banda rossa dello spettro del Cadmio.

UNITÀ DI MISURA E COSTANTI DA USARE IN METEOROLOGIA le seguenti unità devono essere usate per le osservazioni meteorologiche (OMM n.8):

- pressione atmosferica: hPa;
- temperatura: °C;
- velocità del vento: $m s^{-1}$ o nodi;
- direzione del vento: gradi da nord oppure scala 0-36 ove 36 è il vento da N e 09 quello da E;
- umidità relativa: %;
- precipitazioni: mm;
- evaporazione: mm;

- visibilità: m oppure km;
- irradianza $W m^{-2}$;
- durata del soleggiamento: ore;
- nuvolosità: ottavi o decimi di cielo coperto;
- geopotenziale (per osservazioni in quota) in metri standard geopotenziali.

Sono inoltre indicate le seguenti costanti:

- temperatura assoluta del punto di congelamento normale: 273.15 K;
- Gravità standard normale (g_n): $9.8066 \mu m s^{-2}$;
- densità del mercurio a 0 °C: $1.3595 * 10^4 kg m^{-3}$.

MISURA: risultato numerico di una misurazione, rappresentante il rapporto tra la grandezza fisica in misura e l'unità di riferimento.

MISURA DI RIFERIMENTO: misura svolta utilizzando la più avanzata tecnologia disponibile. Il suo risultato è considerato la migliore approssimazione del valore vero.

VALORE VERO: valore ideale che è assunto a caratterizzare una variabile fisica al momento in cui è osservata. Potrebbe essere noto solo allorché si fosse in grado di eliminare tutte le fonti di errore.

CONFIDENZA: misura della fiducia che si ha nella stima del valore vero ottenuta con la misurazione. Si esprime come probabilità che un'ulteriore misura ricada nell'intervallo indicato.

ERRORE: differenza fra la misura ed il valore vero. Fra gli errori rientrano anzitutto gli errori di sistema (o errori sistematici) e cioè quelli che si ripresentano sistematicamente. Una riduzione di tali errori è ottenibile solo con il miglioramento del livello di conoscenza del sistema e dunque a nulla serve ripetere molte volte le misure elaborando statisticamente i risultati (a ogni ripetizione della misura nelle stesse condizioni gli errori sistematici si riproducono uguali).

Abbiamo poi gli errori casuali e cioè errori che non si riproducono nello stesso modo ad ogni ripetizione della misura. Per tale tipo di errori le incertezze di misura possono essere ridotte ripetendo più volte le misure ed elaborando i risultati con metodi statistici.

INCERTEZZA: ciò che rimane incerto riguardo al misurando anche dopo la misurazione, per effetto di errori casuali o sistematici. Gli organismi internazionali suggeriscono di indicare come **incertezze di**

tipo A quelle dovute a errori casuali e dunque riducibili con metodi statistici e con **incertezze di tipo B** le rimanenti.

ACCURATEZZA (=ESATTEZZA o TOLLERANZA): deviazione della lettura ottenuta da un livello noto. In pratica essa ingloba le incertezze di tipo B (derivanti dall'imperfetta conoscenza degli errori sistematici). Può essere espressa come percentuale sull'intera scala per cui per un termometro con scala da -5° a $+5^{\circ}$ un'accuratezza dello 0.1% equivale ad un'accuratezza di $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ sull'intera scala. E' traducibile con accuracy (Inglese) o exactitude (Francese).

PRECISIONE: termine non metrologico usato per indicare in senso cumulativo l'incertezza di misura, senza distinguere fra incertezze di diversa origine. Da non confondere con l'accuratezza, viene a volte usata dai metrologi come sinonimo di risoluzione, mentre nel mondo anglosassone assume spesso un significato molto simile a ripetibilità.

RIPETIBILITÁ: misura dell'accordo fra misure successive dello stesso misurando ottenute dallo stesso sperimentatore, con gli stessi strumenti, nelle stesse condizioni e con lo stesso procedimento, nello stesso luogo e a breve distanza di tempo (tutto ciò per escludere variazioni negli effetti sistematici evidenziando dunque solo le incertezze di origine casuale). Si può esprimere in valore assoluto, con dimensioni o in valore relativo adimensionale.

RIPRODUCIBILITÁ: misura dell'accordo fra misure dello stesso valore di una certa variabile ottenute al variare delle condizioni poste come costanti alla voce precedente, e dunque con differenti osservatori, differenti strumenti, in differenti località, ecc. e dopo intervalli di tempo sufficienti a far sì che differenze erronee (errori sistematici) possano svilupparsi. Anch'essa si può esprimere in valore assoluto, con dimensioni o in valore relativo adimensionale.

Ovviamente la riproducibilità non può mai essere peggiore dell'accuratezza.

RISOLUZIONE: minima variazione nella variabile fisica che causa una variazione nella risposta del sistema di misura. Pertanto esprime la capacità di uno strumento di distinguere fra due valori vicini ma diversi del misurando.

STABILITÁ: descrive la variabilità degli oggetti coinvolti nella misurazione, dal misurando al campione di riferimento, all'eventuale

trasduttore, allo strumento di misura. In quanto descrizione della capacità del sistema (o del misurando) di non alterarsi, la si può rappresentare con la "sensibilità" alle variazioni di tutto ciò che si ritiene importante.

TEMPO DI RISPOSTA: tempo che occorre dopo una certa variazione nella variabile misurata perché la lettura dello strumento mostri una variazione corrispondente alla variazione occorsa.

Di solito fra le caratteristiche strumentali viene indicato il tempo occorrente perché lo strumento segnali il 90 o il 95% della variazione. In molti semplici sistemi la risposta alla variazione A è del tipo:

$$Y=A(1-e^{-t/\tau})$$

dove Y è il cambiamento nello strumento dopo il tempo t, t è il tempo necessario per la variazione A della variabile considerata, τ è il parametro caratteristico dello strumento, che ha le dimensioni del tempo e viene indicato come "costante di tempo" o "coefficiente di ritardo". È l'intervallo di tempo trascorso dal momento in cui occorre la variazione A perché la differenza fra la variazione A stessa ed il valore strumentale sia ridotta a A/e.

ERRORE DI RITARDO: errore posseduto da una sequenza di misure in virtù del tempo di risposta dello strumento.

LEGGIBILITÀ: indica l'intervallo minimo con cui la scala dello strumento può essere letta. Ad esempio un termometro con scala di 1/10 di °C ha più alta leggibilità di uno con scala di 1/2 °C.

MINIMA DIFFERENZA LEGGIBILE: è la più piccola differenza fra due indicazioni che può essere rilevata sulla scala dello strumento. Sia 17 che 18 sono dipendenti dalla lunghezza, dalla spaziatura e dalla graduazione della scala, dalla dimensione della penna scrivente e dagli errori di parallasse.

SENSIBILITÀ: E' la minima quantità che si riesce a distinguere da 0 con l'apparato in uso. Perché uno strumento sia molto sensibile non occorre che sia né accurato né stabile

ISTERESI: differenza nelle letture dipendente dal fatto che il valore misurato sia raggiunto dal basso o dall'alto. Può essere causata ad esempio da frizione meccanica, effetti magnetici, deformazione

elastica o effetti termici.

LINEARITÁ: in genere nell'intervallo di misura preso in considerazione (es. $-20 \div +50$ °C per la temperatura dell'aria) il segnale U dato in uscita dal sensore meccanico (forza, ecc.) o elettrico (resistenza, tensione, capacità, ecc.) dovrebbe variare linearmente in rapporto alla variabile fisica considerata. Se così non é si deve procedere alla linearizzazione del segnale.

[es.:

- ✓ la termocoppia di tipo T (rame/costantana) usata per la misura delle temperature nei piranometri produce in uscita una differenza di potenziale ddp che viene linearizzata per mezzo della equazione quadratica $ddp = a + b \cdot T + c \cdot T^2$ dove a, b e c sono pari a -0.09, 38.7 e 0.041;
- ✓ la termoresistenza al platino Pt100 usata per la misura delle temperature dell'aria produce in uscita una resistenza che varia in modo pressoché lineare nell'intervallo $-20 \div +50$ °C. La resistenza é infatti di 100 Ohm e cresce di 0.385 Ohm °C⁻¹ per arrivare a 138.5 Ohm a 100°C.

CORREZIONE: valore da aggiungere al risultato di una misura per depurarla da un errore noto ed ottenere una più esatta approssimazione del valore vero.

ERRORE DI PARALLASSE: errore che si produce quando l'indice di uno strumento é distante dalla scala e la linea di visuale dell'osservatore non é perpendicolare alla scala stessa.

PARAMETRO: termine generico con cui si indicano dei valori numerici che appaiono nelle equazioni come coefficienti delle incognite (o delle variabili). In tal senso occorrerebbe scoraggiare l'abuso della parola "parametro", utilizzata al posto di "grandezza" o "variabile": la temperatura non è un parametro, che in sostanza è un numero fisso, bensì una grandezza fisica variabile.

PER SAPERNE DI PIU'

De Marchi A., Lo Presti L., 1993. Incertezze di misura – come quantificare l'incertezza nella conoscenza della realtà, CLUT, Torino.
WMO, 1982. Guide to meteorological instruments and methods of observation (WMO n. 8), Geneva.