

Definizione del misurando e incertezza di definizione: un'introduzione
Luca Mari

Tutto_Misure, 2, 2016

[3.5.16]

Ai fondamenti della misurazione sta un numero relativamente limitato di entità interdefinite, così da costituire un cluster in cui ogni componente dipende più o meno direttamente da ogni altra. Si spiegano così i diversi “punti di vista” sulla misurazione (così li chiama il *Vocabolario Internazionale di Metrologia* (VIM), ben traducendo l'inglese “*approaches*”: con un po' di enfasi li si potrebbe considerare paradigmi nel senso di T.S. Kuhn), la cui compresenza rende a volte difficile la comunicazione appunto sulle questioni metrologiche di fondo: cos'è un valore di grandezza? ha senso parlare di valor vero, e nel caso cos'è un valor vero? errore e incertezza sono compatibili e possibilmente compresenti, o alternativi? l'accuratezza è una caratteristica puramente qualitativa o può essere valutata numericamente? e così via.

Negli ultimi decenni intorno all'incertezza di misura si è costituito un cluster, che il VIM chiama “punto di vista basato sull'incertezza” (*uncertainty approach*), “che ha reso necessario riconsiderare alcuni dei concetti” per come intesi in precedenza, e tra questi in particolare quello di valor vero di una grandezza (citazioni dall'Introduzione del VIM). Schematicamente, secondo il punto di vista tradizionale ogni grandezza individuale (come la lunghezza della penna che è sul mio tavolo in questo momento) ha un valore numerico -- il rapporto tra la grandezza individuale stessa e l'unità di misura scelta -- che solo a causa di errori la misurazione non riesce a determinare. Il fatto che la media campionaria sia uno stimatore non distorto del valore atteso della distribuzione da cui si suppone che il campione sia stato ottenuto fornisce una giustificazione matematica di questo “punto di vista basato sull'errore” (*error approach*): in assenza di errori sistematici, la media delle misure converge al valore della grandezza misurata, che in questa prospettiva ha dunque senso chiamare “valor vero”.

Questo punto di vista ha il merito di assumere una metafisica forte e semplice, e perciò rassicurante, secondo cui le grandezze individuali e quindi i loro rapporti numerici sono dati (“i numeri sono nel mondo”), e scopo della misurazione è di scoprire i secondi interagendo con le prime. Il fatto poi che tali valori veri e le loro stime siano rapporti numerici, e dunque numeri razionali, è un ulteriore elemento che rende attraente questo punto di vista, dato che rende applicabili alle misure i modelli matematici usuali, che operano su numeri e non su intervalli, distribuzioni di probabilità o sottoinsiemi sfumati, il cui trattamento analitico non è sempre banale e perciò sempre più frequentemente sostituito da uno numerico (Montecarlo ecc: anche questo potrebbe essere considerato un cambiamento paradigmatico “alla Kuhn”).

Non è questo il contesto per discutere le ragioni che hanno portato a mettere in discussione il “punto di vista basato sull'errore”, ma è un fatto che ormai da un po' di anni anche documenti ufficiali come il citato VIM e la *Guida all'Espressione dell'Incertezza di Misura* (GUM) ammettono che tale punto di vista potrebbe essere da ripensare e aggiornare, se non proprio da sostituire.

Ma qual è l'elemento fondamentale di discriminazione tra i due “punti di vista”? E' proprio la distinzione tra errore e incertezza, come sembra suggerire la scelta terminologica (*error approach*, *uncertainty approach*) del VIM? E quindi errore e incertezza sono incompatibili, così che descrivendo risultati di misura in termini di errore l'incertezza non può avere alcun ruolo, e viceversa? O almeno in qualche situazione il concetto di errore di misura rimane sensato anche in un contesto orientato a valutare incertezze, e in particolare errori di misura possono essere cause di incertezza di misura?

La domanda non ha una risposta ovvia, anche perché il concetto stesso di incertezza di misura ha avuto (e sta tuttora avendo?) un'evoluzione. Nella prima edizione del VIM (pubblicata nel 1984) era definito come “una stima che caratterizza l'ampiezza dell'intervallo dei valori che include il valor vero del misurando” (*an estimate characterizing the range of values within which the true value of a measurand lies*), mentre ora, nell'attuale, terza, edizione (pubblicata nel 2007) è definito come “parametro non negativo che caratterizza la dispersione dei valori che sono attribuiti a un misurando, sulla base delle informazioni utilizzate” (*non-negative parameter characterizing the dispersion of the quantity values being attributed to a measurand, based on the information used*). Come si vede, nel frattempo il riferimento al valor vero del misurando è scomparso...

Ne dovremmo concludere che il cambiamento tra i “punti di vista” passa per una nuova interpretazione sul

concetto di valor vero, o perfino per il passaggio da accettazione a rifiuto dell'esistenza dei valori veri (non della loro conoscibilità, su cui pare esserci una certa convergenza: se anche i valori veri esistono non sarebbero comunque conoscibili, come argomenta nel VIM la Nota 1 alla definizione di valor vero di una grandezza)? Anche questa è un'ipotesi interessante, e che meriterebbe un'analisi approfondita.

Propongo però un'altra posizione qui: i due "punti di vista" si distinguono fondamentalmente per il diverso modo che hanno di interpretare l'attività di descrizione della grandezza individuale a cui si attribuisce il risultato di misura.

Non è una novità, naturalmente, che si riconosca che ci può essere una differenza tra la grandezza individuale che è stata effettivamente misurata e quella a cui si attribuisce il risultato di misura: tale differenza può dipendere in particolare da una differenza tra la grandezza individuale con cui lo strumento di misura ha interagito e quella con cui si supposeva che avrebbe interagito.

Riprendendo e adattando un esempio della GUM (D.3.2 e seguenti), si potrebbe essere interessati a misurare lo spessore di un certo foglio metallico. Riconoscendo la dipendenza dello spessore dalla temperatura, si decide che il misurando è lo spessore del foglio a 20 °C. Potrebbe però poi accadere che per qualche motivo la misurazione si realizzi applicando al foglio un micrometro quando la temperatura è diversa. In questo modo, anche se l'informazione prodotta nella realizzazione empirica della misurazione fosse perfettamente corretta, rimarrebbe comunque nel risultato quello che tradizionalmente si chiamerebbe un errore sistematico, che infatti sarebbe riducibile non ripetendo la misurazione ma solo introducendo una correzione nel calcolo nel caso in cui la differenza di temperature fosse nota.

Non pare davvero così importante se in questa situazione ciò che si corregge sia un errore o -- come lo chiama il VIM -- un effetto sistematico: sia la GUM sia il VIM trattano di correzioni, e non sono proprio gli errori che si correggono? In questo caso la distinzione tra effetto ed errore potrebbe essere solo lessicale. Piuttosto, la questione interessante che emerge da questo semplice esempio è che non necessariamente il misurando è la grandezza individuale con cui lo strumento di misura interagisce, e ciò dunque non solo nel caso dei metodi di misura cosiddetti "indiretti" (concetto definito dalla norma IEC 60050, 311-02-02, consultabile da www.electropedia.org): lo strumento di misura non determina il misurando, o per lo meno in generale non lo determina completamente, perché anche una volta che lo strumento di misura è stato scelto, il misurando è deciso, non è dato.

Potrebbe essere un'ovvietà, considerando che la misurazione è un processo di produzione che si progetta e realizza con una finalità, ma se confrontiamo le definizioni di 'misurando' proposte nel corso del tempo dal VIM:

-- VIM1 e VIM2: "grandezza individuale soggetta a misurazione" (VIM1: *a quantity subjected to measurement*; VIM2: *particular quantity subject to measurement*);

-- VIM3: "grandezza individuale che si intende misurare" (*quantity intended to be measured*),

possiamo constatare come la nuova definizione rimuova l'ambiguità: il misurando, cioè la grandezza individuale a cui si attribuisce il risultato di misura, è la grandezza che si intende misurare.

A mio parere, questo riferimento esplicito alle intenzioni è un elemento fondamentale nel percorso di evoluzione, o rivoluzione che sia, dei "punti di vista" sulla misurazione: secondo l'interpretazione attuale, il misurando è descritto a partire dalle intenzioni del soggetto che misura.

Si noti bene: si sta sostenendo che ciò che dipende da intenzioni è il misurando, non il suo valore, e quindi la grandezza individuale che si sceglie di misurare, non il risultato che si produce, e quindi la domanda che si pone, non la risposta che si ottiene. Questo potrebbe essere sufficiente per tranquillizzare almeno un poco coloro che starebbero immaginando che tutto ciò è la porta di ingresso dei fantasmi della soggettività nella metrologia. No, non è così: riconoscere un ruolo per le intenzioni nella scelta del misurando non elimina i requisiti di riferimento all'oggetto ("oggettività") e di indipendenza dal soggetto ("intersoggettività"), che sono caratteristici della misurazione.

Qualche conclusione preliminare è ora a portata di mano.

Primo: il misurando è una grandezza individuale che è necessario descrivere, attraverso un'espressione del tipo "spessore del foglio F", oppure "spessore del foglio F a 20 °C", oppure "spessore del foglio F a 20 °C nella posizione P", oppure..., per riportare un risultato di misura, che infatti ha la forma "la grandezza individuale descritta come... ha il valore...".

Secondo: ogni descrizione contiene un numero limitato di dettagli sull'entità descritta, e la descrizione di una grandezza individuale può essere progressivamente estesa introducendo via via nuovi dettagli.

Terzo: i risultati di misura hanno generalmente lo scopo di essere trasferibili, e quindi di essere interpretabili

intersoggettivamente; occorre dunque ammettere che la descrizione di un misurando potrebbe essere mancante di dettagli rilevanti per l'utente del risultato di misura associato a quel misurando.

Questa possibile mancanza è stata caratterizzata nell'ultima versione del VIM come un'incertezza di definizione (del misurando) (la GUM, che ha introdotto il concetto, la chiama "incertezza intrinseca"), "componente dell'incertezza di misura che deriva dalla quantità finita di dettagli nella definizione di un misurando" (*component of measurement uncertainty resulting from the finite amount of detail in the definition of a measurand*).

Ne segue che "l'incertezza di definizione fissa un limite inferiore a qualsiasi incertezza di misura" (ancora dall'Introduzione del VIM), e questo rende conto dell'utilità di base di questo concetto: se si accertasse che l'incertezza di definizione, valutata prima di effettuare la misurazione, è maggiore della massima incertezza accettabile per gli obiettivi della misurazione stessa (la cosiddetta incertezza obiettivo, *target uncertainty*), se ne potrebbe concludere che il costo della misurazione non è giustificato e la misurazione dovrebbe essere evitata.

Per proseguire in questa riflessione, propongo alcuni problemi, che mi paiono non del tutto ovvi.

* Il VIM ha adottato il termine "incertezza di definizione": ma si tratta proprio di un'incertezza relativa alla definizione del misurando? come si definisce una grandezza individuale? il cosiddetto "modello della misurazione", che ha il misurando come variabile di output, ha qualcosa a che vedere con la definizione del misurando? (per non prendere una posizione su questo, sopra ho scritto, in modo non impegnativo, di descrizione del misurando)

* Sempre il VIM scrive (2.11, Nota 3) che "qualora l'incertezza di definizione associata al misurando sia considerata trascurabile rispetto alle altre componenti dell'incertezza di misura, si può ammettere che il misurando abbia un valor vero unico ai fini pratici". E' dunque un'incertezza di definizione non trascurabile quella che impedisce di avere valori "praticamente unici"?

* Ancora il VIM3 nell'Introduzione dichiara che "il punto di vista basato sull'incertezza [...] prevede [...] che l'informazione ottenuta dalla misurazione consenta [...] di individuare un intervallo di valori, che possono essere ragionevolmente attribuiti al misurando, [...] ma neppure le misurazioni più raffinate possono far sì che l'insieme si riduca a un valore unico, a causa della quantità finita di dettagli nella definizione del misurando stesso". Davvero l'incertezza di definizione, per quanto eventualmente trascurabile, a rigore non può mai essere nulla?

* L'incertezza di definizione è solo un valore minimo per l'incertezza di misura, oppure rientra nel bilancio dell'incertezza e si combina perciò con le altre componenti di incertezza? (VIM, 2.26, Nota 1: "L'incertezza di misura [...] comprende anche l'incertezza di definizione.")