

Un'esplorazione sui risultati di misura

Luca Mari

Tutto_Misure, 4, 2016

[24.10.16]

Tra i suoi, pochi o tanti, meriti, il Vocabolario Internazionale di Metrologia (VIM) ha contribuito a fare un po' di ordine nella terminologia della misurazione, a partire dal significato di "misura". In alcune occasioni le lingue storico-naturali come l'italiano e l'inglese tendono a non distinguere l'azione dal suo risultato, come nel caso di "decisione": è sia l'azione del decidere sia ciò che è deciso, così che ci si affida al contesto per eliminare l'ambiguità. Questa situazione si presenta anche per "misura", e per l'inglese "measure", che nel suo uso abituale denota sia il processo del misurare ("in laboratorio è in corso una misura") sia il risultato che si ottiene da tale processo ("questa misura è maggiore di quella").

Il VIM ha scelto di mantenere lessicalmente distinti l'azione dal suo risultato. Nella versione inglese si è addirittura deciso di non usare il sostantivo "measure" (cosa che tra l'altro mette ulteriormente in evidenza, se ce ne fosse ancora bisogno, che il termine "weights and measures" – come nella traduzione ufficiale di "Bureau international des poids et mesures" (BIPM): "International Bureau of Weights and Measures" – è un residuo di un passato in cui il misurare aveva a che vedere principalmente con grandezze geometriche – dimensionali e quindi i pesi non erano misure). L'unica eccezione a questa regola è per il termine "material measure", reso in italiano con "campione materiale", con "misura materiale" come termine ammesso.

Nella traduzione italiana del VIM si è riconosciuta l'ampia diffusione del termine "misura" e si è quindi deciso per esempio di tradurre "measuring instrument" e "measurement unit" con "strumento di misura" e "unità di misura" rispettivamente. Il principio rimane – si riconosce che il termine "misura" è troppo ambiguo per essere usato come tale – ma lo si è interpretato in modo flessibile, impiegando "misura" ma solo con una specificazione: "strumento di -", "unità di -", e così via. La distinzione fondamentale tra l'azione del misurare e il suo risultato è stata resa nella stessa logica: il processo si chiama "misurazione" e l'esito che se ne ottiene "risultato di misura", traducendo in questo modo gli originali inglesi "measurement" e "measurement result".

(Una nota che è in effetti un'opinione personale. Come dichiara il JCGM Charter, il VIM è un "guidance document", non una norma tecnica: dunque questa flessibilità adottata nel tradurre il VIM in italiano è coerente con lo spirito del VIM stesso. Per la stessa ragione ritengo che termini non problematici nel loro significato come "processo di misura", invece di "misurazione", e "risultato di una misurazione", invece di "risultato di misura", siano perfettamente accettabili.)

Su questa base terminologica possiamo cominciare la nostra esplorazione a proposito di cosa sia un risultato di misura. Facciamoci aiutare ancora una volta dal VIM: vedremo che ne emerge un quadro forse non del tutto ovvio.

La misurazione è un "processo volto a ottenere sperimentalmente uno o più valori che possono essere ragionevolmente attribuiti a una grandezza" (definizione 2.1 del VIM): una misurazione ha dunque lo scopo di produrre informazione nella forma di valori, dove un valore (di grandezza) è un "numero e riferimento che congiuntamente costituiscono l'espressione quantitativa di una grandezza" (def. 1.19). Sono plausibilmente utili qui due precisazioni. La prima. "Numero e riferimento" è un'espressione non così esplicita, introdotta per tener conto del caso di grandezze / proprietà solo ordinali, ma per la gran parte delle grandezze fisiche può essere intesa nel senso usuale di prodotto di un numero e di un'unità di misura (si veda al proposito anche la Nota 1 alla def. 1.19): è dunque un valore di lunghezza per esempio 0,123 m. La seconda precisazione. Il termine "valore" ha significati molteplici e complessi (una persona di valore; un'azienda ha lo scopo di generare valore; la giustizia è un valore irrinunciabile; ...), ma in questo si rimanda all'uso

specifico della matematica: data una funzione f tale che $y=f(x)$, y è il valore che si ottiene per l'argomento x dalla funzione f (per esempio 9 è il valore della funzione x^2 per l'argomento $x=3$, e così via). La misurazione è perciò una particolare forma di valutazione – cioè appunto di attribuzione di valore – che ha come argomento il misurando, la “grandezza che si intende misurare” (def. 2.3).

Tornando alla definizione di ‘misurazione’ riportata sopra, il tema cruciale è nella precisazione “uno o più valori”: perché quel “uno o più”? Cercando un chiarimento nella definizione di ‘risultato di misura’, “insieme di valori attribuiti a un misurando congiuntamente a ogni altra informazione pertinente disponibile” (def. 2.9), la questione si ribadisce, attraverso la precisazione che un risultato di misura è un insieme di valori, quindi appunto uno o più di essi, e si arricchisce di una specifica che non è presente nella definizione di ‘misurazione’: “congiuntamente a ogni altra informazione pertinente disponibile”.

Parrebbe insomma che quanto a cosa sia un risultato di misura il VIM ammetta tre opzioni, di complessità crescente: (i) è un valore di grandezza (attribuito al misurando); (ii) è un insieme di valori di grandezza; (iii) è un insieme di valori di grandezza congiuntamente ad altra informazione.

Qual è il punto?

La Nota 2 alla def. 2.9 ci fornisce un primo chiarimento: “Qualora l’incertezza di misura sia considerata trascurabile per un determinato scopo, il risultato di misura può essere espresso indicando il solo valore misurato. In molti campi, questo è un modo comune per esprimere il risultato di misura.”. Il riferimento è a un nuovo concetto, quello di ‘valore misurato di una grandezza’, che il VIM definisce come “valore di una grandezza che rappresenta un risultato di misura” (def. 2.10) (con la scelta del termine “valore misurato” il VIM si è distaccato dalla GUM, che, con terminologia statistico-probabilistica, parla invece di “stima” del misurando). In accordo all’opzione (i), un’espressione come:

lunghezza(oggetto A) = 0,123 m

cioè:

misurando = valore misurato

è dunque un corretto risultato di misura, della lunghezza dell’oggetto A, purché l’incertezza di misura possa essere trascurata in relazione agli scopi per cui si sta misurando. In effetti, anche un’informazione di questo genere non assume l’assenza di incertezza e la precisione massima del risultato: un valore misurato come 0,123 m ha un significato operativo ben diverso da 0,1230000000 m (stiamo trattando di questioni sperimentali, non di matematica...), dato che assume un definito numero di “cifre significative” nel valore numerico riportato. Benché in modo implicito, il valore 0,123 m porta un’informazione fino all’ordine di 10^{-3} m ma non oltre, e non dice nulla sui decimi di millimetro, che dunque rientrano in una fascia di incertezza, per esempio strumentale oppure di definizione. In un caso di questo genere un comportamento metrologicamente corretto prevede che nell’uso del valore misurato ci si limiti alla precisione effettivamente disponibile: se per esempio si dovesse stabilire la conformità alla specifica: $0,1230 \text{ m} \leq \text{misurando} \leq 0,1231$, se ne dovrebbe concludere che l’informazione disponibile non è sufficiente per decidere. Detto altrimenti, in questo caso e per questo scopo, l’incertezza di misura pur non essendo riportata esplicitamente non è comunque trascurabile.

Peculiarmente, solo in una nota (la prima parte della citata Nota 2 alla def. 2.9) il VIM dichiara che “generalmente un risultato di misura è espresso come un unico valore misurato e un’incertezza di misura”. E’ questa la posizione della GUM, che assume appunto che i risultati di misura siano coppie <valore misurato, incertezza tipo> e su questa base sviluppa un contesto concettuale e matematico per la propagazione (dei valori misurati e) delle incertezze di misura. La GUM stessa mostra come da una coppia <valore misurato, incertezza tipo> attraverso l’incertezza estesa si possa ricavare un insieme di valori di grandezza, dunque in accordo all’opzione (ii) indicata sopra, nella forma di un intervallo di copertura, un “intervallo che contiene l’insieme dei valori veri di un misurando con una probabilità stabilita, basata sulle informazioni disponibili”

(def. 2.36) (tralascio in questa sede qualsiasi commento a proposito di questo concetto di ‘insieme di valori veri’...).

In effetti, questa modalità di presentazione di un risultato di misura è già in accordo all’opzione (iii) sopra, data la probabilità di copertura che accompagna l’intervallo di valori, per esempio [0,1225; 0,1235] m, e che fornisce dunque “altra informazione”. L’opzione (ii) – risultato di misura come insieme di valori – si presenta dunque plausibilmente nei casi semplificati in cui l’intervallo di copertura è ampio a sufficienza da rendere la probabilità di copertura praticamente pari a 1, e quindi operativamente trascurabile.

La Nota 1 alla def. 2.9 ci fornisce la chiave di lettura per interpretare in modo generale l’opzione (iii): “Generalmente un risultato di misura contiene informazioni pertinenti circa l’insieme dei valori di una grandezza, per esempio che alcuni di questi possono essere maggiormente rappresentativi del misurando rispetto ad altri. Tale informazione può essere espressa nella forma di una funzione di densità di probabilità.”. L’idea è dunque che un risultato di misura sia direttamente una distribuzione di probabilità, di cui l’insieme dei valori citato costituisce il supporto. Il Supplemento 1 della GUM ha sviluppato questa idea, mostrando in particolare come risolvere il problema della propagazione delle distribuzioni per via numerica, attraverso il metodo Monte Carlo, invece che con complesse e non sempre applicabili tecniche analitiche. Le leggi della fisica si suppongono applicate a valori di grandezze, una condizione che ha giustificato la scelta di adottare valori singoli o al più coppie <valore misurato, incertezza tipo> come risultati di misura. Il metodo Monte Carlo, basato sulla non problematica disponibilità di risorse di calcolo, mostra come calcolare funzioni su distribuzioni di probabilità, e quindi fornisce uno strumento per applicare le leggi della fisica a distribuzioni di probabilità.

Il quadro che emerge da questa molteplicità di opzioni è di notevole flessibilità, concettuale e applicativa. Con generalizzazioni progressive, abbiamo visto che un risultato di misura può essere:

- un singolo valore di grandezza, il cui numero di cifre significative porta l’informazione sull’incertezza di misura;
- una coppia <valore misurato, incertezza tipo>;
- un intervallo di valori, assunto con probabilità praticamente unitaria;
- un intervallo di copertura con la sua probabilità di copertura;
- una distribuzione di probabilità.

La scelta dipende certamente dal contesto e dagli scopi per cui si misura, ma plausibilmente anche dalla cultura e dalla sensibilità metrologica di chi misura. Non c’è ragione per supporre che a priori e in ogni caso un’opzione sia la migliore.

Riferimenti

JCGM 100:2008, Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM, originally published in 1993), Joint Committee for Guides in Metrology, 2008: <http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>

JCGM 101:2008, Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the “Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Propagation of distributions using a Monte Carlo method: <http://www.bipm.org/en/publications/guides/gum.html>

JCGM 200:2012, Vocabolario Internazionale di Metrologia (VIM) - Concetti di base e generali e termini associati, 3a ed (versione 2008 con correzioni minori corrections), Joint Committee for Guides in Metrology, 2012; versione trilingue En, Fr, It: <http://www.ceiweb.it/it/lavori-normativi-it/vim.html>; versione bilingue En, Fr con annotazioni: <http://jcg.m.bipm.org/vim>

JCGM Charter: <http://www.bipm.org/utills/en/pdf/JCGM-charter.pdf>

