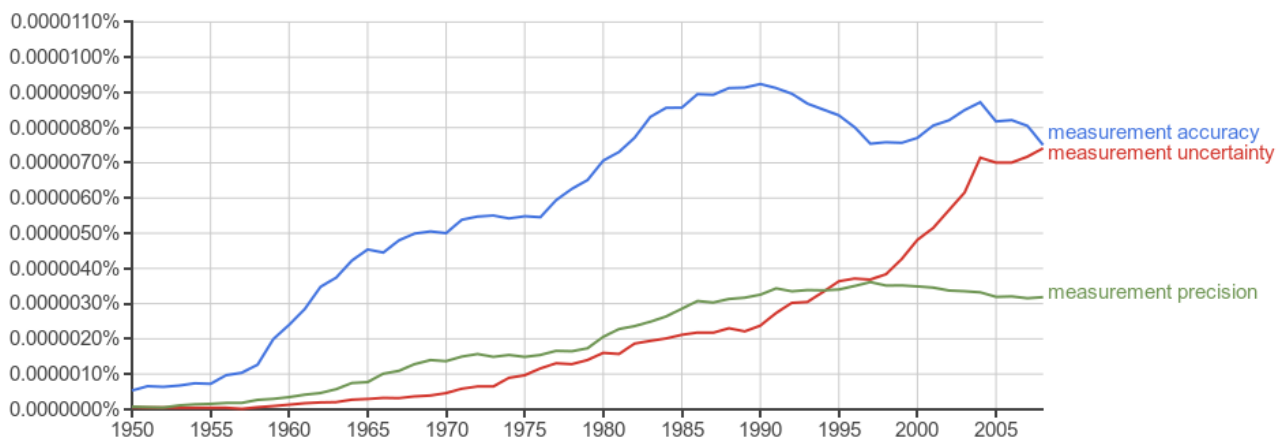


[26.7.16]

Se ci affidiamo al numero di occorrenze del termine “measurement accuracy” registrate da Google Books (elaborate e presentate dall’ottimo strumento <https://books.google.com/ngrams>, purtroppo a oggi aggiornato solo fino al 2008):



possiamo concluderne che il concetto di *accuratezza di misura* sia tuttora fondamentale per la metrologia, la “scienza della misurazione e delle sue applicazioni”. Nondimeno intorno a esso ci sono varie ambiguità, che ne rendono il significato e l’uso problematici. Con questo breve articolo non ho certo l’ambizione di chiarire alcunché: vorrei piuttosto riuscire a mettere in evidenza l’esistenza del problema, e accennare a una direzione che potrebbe essere seguita per la sua soluzione.

Anche solo una rapida ricognizione della letteratura scientifica e tecnica mette in evidenza che intorno all’accuratezza di misura c’è qualche difficoltà. Consideriamo per esempio le seguenti tre affermazioni:

1. “The accuracy of a measurement of a variable is the closeness of the measurement to the true value of the variable. It is quantified in terms of measurement error, i.e., the difference between the measured value and the true value.” [Bentley 2005]: *l’accuratezza di una misurazione è quantificata in termini di errore di misura*;
2. “Since the error for any particular error source is unknown and unknowable, its limits, at a given confidence, must be estimated. This estimate is called the uncertainty. Sometimes, the term “accuracy” is used to describe the quality of test data.” [Dieck 1999]: *l’accuratezza di dati di misura, come l’incertezza di misura, è una stima della loro qualità*.
3. “The accuracy of an instrument is a measure of how close the output reading of the instrument is to the correct value. [...] The term “measurement uncertainty” is frequently used in place of inaccuracy.” [Morris 2001]: *l’accuratezza di uno strumento è la caratteristica inversa dell’incertezza di misura*;

Il tratto comune a queste definizioni è l’idea che l’accuratezza ha a che vedere con la distanza dal valore vero / corretto. Questo ci dà un indizio per ricostruire almeno qualche aspetto della situazione, dato che il concetto di valore vero di una grandezza è controverso, e divisivo: per qualcuno è un inutile residuo metafisico di un’epoca passata in cui si pensava che “i numeri sono nel mondo”; per altri è l’indispensabile fondamento per rendere comprensibile l’idea stessa di misurazione. In più, anche chi sostiene la necessità di mantenere un riferimento ai valori veri ne ammette l’inconoscibilità di principio (si veda al proposito l’esplicativa Nota

1 alla definizione 2.11 nel *Vocabolario Internazionale di Metrologia (VIM)* [JCGM 200]), cosa che rende problematico un uso operativo dell'accuratezza di misura, e più specificamente la sua quantificazione. Si può spiegare così l'opzione di correlare l'accuratezza all'errore o all'incertezza di misura, considerando errore o incertezza strumenti per quantificare l'accuratezza.

Il VIM, che definisce 'accuratezza di misura' come "grado di concordanza tra un valore misurato e un valor vero di un misurando" (def. 2.13) ("closeness of agreement between a measured quantity value and a true quantity value of a measurand"), conferma annotando che "l'accuratezza di misura non è una grandezza e a essa non si assegna un valore numerico. Una misurazione è ritenuta tanto più accurata quanto minori sono gli errori di misura che la caratterizzano." (Nota 1 alla def. 2.13). Di per sé il VIM ammette che l'errore di misura – "valore misurato di una grandezza meno un valore di riferimento di una grandezza" – possa essere noto, ma non quando il valore di riferimento è un valore vero (si veda la Nota 1 alla def. 2.16). Ecco dunque spiegata l'impossibilità di quantificare l'accuratezza secondo il VIM. D'altra parte, non è chiaro se, e nel caso in quali condizioni, il VIM ammetterebbe che il valore vero ignoto possa essere sostituito da un valore di riferimento noto, così che l'errore sia calcolabile e operi come quantificatore dell'(in)accuratezza.

Non è però inusuale che per l'accuratezza di misura siano riportati valori numerici, nell'unità del misurando o come valori relativi percentuali: come li si dovrebbe interpretare alla luce del VIM?

Uno sguardo a due altri documenti normativi, più o meno esplicitamente connessi al VIM stesso, non chiarisce la questione, e anzi aggiunge un'ulteriore ragione di complessità. Si tratta delle norme [ISO 3534] e [ISO 5725]. La ISO 3534-2 definisce 'accuratezza' come "closeness of agreement between a test result or measurement result and the true value" (def. 3.3.1), mentre secondo la ISO 5725, che pure fa esplicito riferimento alla ISO 3534-2, l'accuratezza è "the closeness of agreement between a test result and the accepted reference value" (def. 3.6). La giustificazione del passaggio dalla prima definizione, basata sull'ideale del valore vero, alla seconda, più operativa, è in una peculiare nota nella ISO 3534-2 stessa: "In practice, the accepted reference value is substituted for the true value." (Nota 1 alla def. 3.3.1) (la peculiarità sta nel fatto che mentre si può supporre, come fa il VIM, che un valore vero sia un particolare valore di riferimento, se quindi si possa passare in una definizione dal secondo al primo per specializzazione, il percorso inverso – da valore vero a valore di riferimento – generalizza la definizione rendendola invalida). Fino a qui nulla di nuovo, comunque: l'ambiguità circa la possibilità di quantificare l'accuratezza permane anche qui.

La novità, fonte di ulteriori dubbi, sta nel contenuto di due altre note nella ISO 3534-2: "The term "accuracy", when applied to a set of test or measurement results, involves a combination of random components and a common systematic error or bias component."; "Accuracy refers to a combination of trueness and precision." (Note 2 e 3 alla def. 3.3.1). L'accuratezza è dunque una caratteristica primitiva, o deriva dalla composizione di precisione e giustezza? combina cioè "errori casuali" ed "errori sistematici" (chiamati variamente anche bias, offset, ...), analogamente all'incertezza tipo composta che combina le "incertezze tipo associate alle grandezze d'ingresso del modello di misura"? (def. 2.31 del VIM) E poi anche: per stimare l'accuratezza (sempre che la si possa quantificare, naturalmente) è sufficiente una singola prova o sono necessarie tante prove ripetute, come tipicamente richiesto per precisione e giustezza? E infine: una volta che fossero disponibili stime di precisione e giustezza (dunque stime per parametri di scala e posizione: si veda la Nota 2 alla def. 2.9 in [ISO 3534-1]), come combinarle per ottenere una stima di accuratezza?

Mi pare che un tentativo di risposta a questi problemi debba essere preceduto da un chiarimento sul concetto stesso: non ha molto senso discutere, per esempio, della relazione tra accuratezza e precisione, se non si concorda preliminarmente su cosa si intende con "accuratezza di misura", e quindi operativamente su che tipo di informazione l'accuratezza di misura porta.

A questo proposito propongo una semplice riflessione, ripartendo dalle tre affermazioni citate sopra, che trattano l'accuratezza come una caratteristica delle misurazioni (1), oppure dei risultati di misura (2), oppure

degli strumenti di misura (3): ma è possibile che una stessa proprietà sia attribuita a entità che, pure con relazioni concettuali e operative, sono così diverse tra loro? o non è piuttosto un caso di polisemia, in cui uno stesso termine, “accuratezza di misura”, ha significati diversi, benché correlati etimologicamente e semanticamente? (così che per esempio potremmo disambiguare chiamando “accuratezza₁”, “accuratezza₂”, e così via, senza più stupirci di definizioni diverse per i diversi concetti specifici)

Purtroppo il VIM non contribuisce a chiarire questo problema, che si pone anche per altre caratteristiche. Per esempio, la precisione di misura è una proprietà dei metodi di misura? delle misurazioni? dei risultati di misura? degli strumenti di misura? ... (e, sempre per esempio, ho letto recentemente “the uncertainty of the measuring instrument”: addirittura uno strumento incerto!) Ma se il caso della precisione non è particolarmente controverso, e le sue ambiguità possono essere facilmente risolte, quello dell’accuratezza è ben più delicato: davvero dall’inconoscibilità del valore vero del misurando segue che l’accuratezza non è mai quantificabile?

La citata norma ISO 5725 mostra costruttivamente come valutare l’accuratezza *di un metodo di misura*, attraverso un “accuracy experiment” che richiede fra l’altro un’analisi statistica dei risultati di confronti inter-laboratori. Per avvicinarci ancora più alla pratica, riconosciamo in questa prospettiva la fondatezza di quantificare l’accuratezza di *strumenti di misura*. I costruttori di strumenti riportano infatti l’accuratezza dei loro strumenti in termini quantitativi, e non solo di classi (si veda la def. 4.25 del VIM). Ispirandoci alle considerazioni proposte al riguardo da [Doebelin 2008], possiamo identificare almeno tre versioni dell’accuratezza di uno strumento di misura:

- l’accuratezza nominale, valutata dal costruttore per la caratterizzazione metrologica dello strumento;
- l’accuratezza della taratura, valutata dal laboratorio di taratura nel contesto di uso;
- l’accuratezza in uso, valutata ancora nel contesto di uso per esempio per stabilire se è necessaria una ritaratura dello strumento ed eventualmente per aggiornare la valutazione dell’incertezza di misura strumentale (si veda la def. 4.24 del VIM)

(i termini “accuratezza della taratura” (calibration accuracy) e “accuratezza in uso” (installed accuracy) sono di Doebelin).

Questi tre casi richiedono campioni di misura che realizzano valori di riferimento che nel contesto sono trattati operativamente come valori veri, e che perciò potremmo chiamare “valori operativamente veri” (un termine ben migliore di “valore convenzionalmente vero”: il concetto di “verità convenzionale” è davvero opinabile). La disponibilità di valori operativamente veri giustifica dunque la pratica di quantificare l’accuratezza degli strumenti di misura. Viceversa, durante una misurazione il valore vero del misurando (seppure questo concetto è ammesso, tema non ovvio per esempio in presenza di rilevante incertezza di definizione) non è noto, e quindi effettivamente l’accuratezza *del risultato di misura* non è valutabile quantitativamente (d’altra parte, non c’è già l’incertezza per valutare la qualità delle misure?).

Come già per articoli precedenti, sarò grato ai lettori che vorranno proporre la loro opinione su questa interpretazione: sarebbe utile, in particolare, che la prossima edizione del VIM chiarisse meglio di quale/i entità è proprietà per esempio l’accuratezza di misura, specificando dunque che l’accuratezza degli strumenti è valutabile in forma quantitativa?

Riferimenti

J.P. Bentley, Principles of measurement systems, Pearson, 2005⁴

R.H. Dieck, Measurement accuracy, in: J.G. Webster (ed), Measurement, instrumentation, and sensors handbook, CRC, 1999

E.O. Doebelin, Strumenti e metodi di misura, McGraw-Hill, 2008²

ISO 3534-1:2006, Statistics - Vocabulary and symbols - Part 1: General statistical terms and terms used in probability

ISO 3534-2:2006, Statistics - Vocabulary and symbols - Part 2: Applied statistics

ISO 5725-1:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 1: General principles and definitions

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://jcgm.bipm.org/vim>

A.S. Morris, Measurement and instrumentation principles, Butterworth, 2001