

C'è ancora una differenza tra misurare e calcolare? - Prima parte
Luca Mari, Alessandro Giordani, Dario Petri

Tutto_Misure, 1, 2018

[6.2.18]

E' noto e non problematico che il valore di una grandezza G può essere generalmente ottenuto sia misurando direttamente G , dunque applicando all'oggetto sotto misurazione uno strumento sensibile a G , sia calcolando il valore a partire da valori noti di grandezze connesse a G attraverso un'equazione. Per esempio un'accelerazione può essere misurata direttamente con un accelerometro, oppure può essere calcolata dai valori di una forza e di una massa attraverso il secondo principio della dinamica. Meno ovvio è che anche questa seconda modalità sia considerabile un caso di misurazione, indiretta secondo la terminologia tradizionale, in cui il valore del misurando è ottenuto da un calcolo. D'altra parte, non ogni forma di computazione è, o è parte di, una misurazione indiretta. La distinzione tra misurazione indiretta e computazione potrebbe apparire una questione solo semantica, di interesse solo per chi scrive vocabolari, ma non è così.

Il punto è che viviamo in un contesto in cui molto è stato, come si dice, smaterializzato, e molto si sta smaterializzando: volumi cartacei e dischi di vinile sono diventati file pdf e mp3. Al di là di questioni di attaccamento a tradizioni ("il fascino del profumo della carta") e di efficacia ed efficienza degli strumenti di accesso all'informazione ("non c'è come leggere sulla carta"), testi e musica sono informazione, che richiede un supporto fisico per essere trattata ma è pienamente distinta dal supporto fisico su cui è mantenuta: un romanzo smaterializzato rimane comunque lo stesso romanzo. Al contrario, la misurazione è misurazione di proprietà di oggetti e fenomeni del mondo empirico, e per questo smaterializzandola le si fa perdere una caratteristica essenziale. In altri termini, la simulazione di un calcolo (e di un romanzo, e di una sinfonia) non è diversa dal calcolo (e dal romanzo, e dalla sinfonia), e perciò, più pragmaticamente, i calcoli (e i romanzi, e le sinfonie) sono entità che non ha senso simulare; una misurazione può essere invece simulata, e la simulazione di una misurazione è diversa dalla misurazione. Insomma: la simulazione di una misurazione non è una misurazione.

D'altra parte, metodi computazionali implementati in sistemi software sono sempre più diffusi e sempre più importanti, anche nella misurazione, come ottimamente esemplificato dal Supplemento 1 della *Guida all'espressione dell'incertezza di misura* (GUM), "Propagation of distributions using a Monte Carlo method", JCGM 101:2008, scaricabile liberamente da www.bipm.org/en/publications/guides/#gum. Anche la misurazione sta contribuendo allo sviluppo del mondo dei "big data", come abbiamo anche discusso recentemente in questa rubrica ("Quale ruolo per la metrologia nel mondo dei big data?", Tutto_Misure, 4, 2017, issuu.com/tutto_misure/docs/2017_04). In precedenza, ancora in questa rubrica ("Cos'è la metrologia, insomma?", Tutto_Misure, 1, 2017, issuu.com/tutto_misure/docs/2017_01) abbiamo suggerito che in questo contesto di "dataficazione" che si sta formando la metrologia potrà avere un ruolo strategico in quanto scienza della qualità dei dati. Ma in un mondo di dati, se non appropriatamente caratterizzata, la distinzione tra misurazione e computazione rischia di sfumare, e la scienza della misurazione rischia di perdere progressivamente la sua stessa ragione di essere.

Dunque non ci pare troppo enfatico sostenere che un'appropriata risposta al nostro problema avrebbe un valore strategico per stabilire un ruolo alla misurazione nel contesto culturale che si sta delineando. Per

questo, offriamo qui qualche considerazione preliminare, invitando chi è interessato a proporre il suo punto di vista sulla questione: *che differenza c'è tra misurazione (indiretta) e computazione?*

Al solito, i casi estremi sono facili da caratterizzare. Raddoppiare un numero letto su un pezzo di carta è un calcolo e non una misurazione. Valutare il volume di un oggetto fisico modellizzato come cubico dapprima misurando la lunghezza del lato insieme con la sua incertezza tipo e quindi elevando il valore della lunghezza alla terza potenza e propagandone opportunamente l'incertezza è una misurazione indiretta, e non solo un calcolo. Le condizioni che in questo secondo esempio congiuntamente caratterizzano una misurazione indiretta, in quanto distinta da un calcolo, sono dunque che:

C1. si parte da una o più grandezze empiriche note X_1, \dots, X_n (nell'esempio la lunghezza del lato di un oggetto),

C2. di ognuna si ottiene un valore mediante misurazione,

C3. e a ogni valore si associa un'incertezza tipo fornendo gli elementi per giustificare tale incertezza;

C4. è data una grandezza empirica nota Y (nell'esempio il volume di un oggetto),

C5. ed è data una legge empirica nota che connette le grandezze X_1, \dots, X_n con Y e tale legge è usata per calcolare un valore per Y a partire dai valori di X_1, \dots, X_n ;

C6. al valore di Y è associata un'incertezza tipo, calcolata propagando le incertezze tipo dei valori delle grandezze X_1, \dots, X_n

(in una versione più generale, in linea con il citato Supplemento 1 della GUM, le condizioni C2 e C3 sono integrate: di ogni grandezza X_i si ottiene una distribuzione di probabilità sull'insieme dei valori possibili; in questo modo anche C5 e C6 diventano una sola condizione: la legge è usata per calcolare la distribuzione per Y a partire dalle distribuzioni per X_1, \dots, X_n).

Non pare problematico che se tutte e sei queste condizioni sono soddisfatte il processo sia una misurazione. Sono infatti garantiti:

– *il riferimento empirico dell'informazione trattata* (attraverso C1 e C4): i valori sono intesi come valori di grandezze empiriche note, e non come valori di variabili matematiche;

– *la significatività empirica dell'informazione acquisita* (attraverso C2): i valori delle grandezze X_1, \dots, X_n sono ottenuti mediante misurazione, e non, per esempio, da specifiche o convenzioni;

– *la significatività empirica dell'informazione calcolata* (attraverso C5): la computazione è basata su una legge empirica nota, e non su una qualsiasi equazione matematica;

– *la valutazione della qualità dell'informazione trattata* (attraverso C3 e C6): al valore di ogni grandezza è associata un'incertezza tipo, e non si trattano solo numeri, pur eventualmente con unità di misura.

Le condizioni C1-C6 caratterizzano in modo non controverso una struttura di misurazione indiretta, e possono perciò essere considerate condizioni *sufficienti* di misurazione. Il punto è: si può eliminare una o più di queste condizioni, e nondimeno continuare ad accettare che il processo così ottenuto sia una misurazione indiretta? O al contrario si tratta di condizioni anche *necessarie*, così che anche solo eliminandone una si ottiene un processo che non può essere considerato una misurazione?

Il termine “misurazione” non è un marchio registrato, e quindi non è a un riferimento di natura giuridica a cui possiamo rivolgerci per rispondere a questa domanda. D'altra parte il prestigio sociale di cui la misurazione gode ha un fondamento, e quindi la domanda ha un senso e una rilevanza. Se ci rivolgiamo al *Vocabolario Internazionale di Metrologia* (VIM) (www.bipm.org/en/publications/guides/#vim), otteniamo

questa definizione di <misurazione>: “processo volto a ottenere sperimentalmente uno o più valori che possono essere ragionevolmente attribuiti a una grandezza”. Forse inevitabilmente, si tratta di una definizione piuttosto generica, che dopo aver collocato la misurazione in un contesto (misurazione come processo di attribuzione di valori a grandezze) riconosce la necessità di una specificazione, per evitare che ogni processo di attribuzione di valori a grandezze sia considerabile una misurazione. Tale specificazione è data dai due avverbi, “sperimentalmente” e “ragionevolmente”, che sono soprattutto allusivi. Sostenendo che le condizioni C1-C6 siano anche necessarie per la misurazione indiretta staremmo dunque rendendo esplicito e concreto il significato dei due avverbi in termini di queste condizioni.

Si può mettere alla prova questa posizione in modo semplice attraverso dei controesempi, casi di processi di attribuzione di valori a grandezze che non soddisfano anche solo una delle condizioni C1-C6: saremmo comunque disposti a riconoscerli come misurazioni?

Traiamo un esempio da uno dei libri storici che, cinquant’anni fa, contribuì alla rinascita dell’interesse verso i fondamenti della misurazione, *Basic concepts of measurement*, di Brian Ellis (Cambridge University Press, 1968). Per discutere in modo concreto un problema non così diverso dal nostro, a pagina 31 l’autore introduce una grandezza, la hage Y , definendola come il prodotto dell’altezza X_1 e dell’età X_2 di una persona (“hage” come contrazione di “height” e “age”, dunque). A partire da valori misurati per l’altezza e l’età di una persona, moltiplicare i due valori non è problematico, e soddisfa le condizioni metrologiche di base (in particolare, dimensionalmente la hage è una lunghezza per una durata, e la sua unità di misura nel SI è dunque metri per secondi). In più, incertezze tipo associate ai valori di X_1 e X_2 potrebbero essere facilmente propagate, per ottenere un’incertezza tipo per il valore calcolato di Y . Ciò significa che abbiamo misurato indirettamente la hage della persona?

La difficoltà a rispondere in modo affermativo deriva, plausibilmente, dall’evidente convenzionalità della definizione. Se moltiplicare altezza ed età potrebbe sembrare ancora “ragionevole”, che dire di una grandezza definita, supponiamo, come il prodotto della radice terza dell’altezza e della quarta potenza dell’età, $Y := X_1^{1/3} X_2^4$? Nel pieno rispetto delle regole del calcolo dimensionale, potremmo definire sempre nuove grandezze $X_1^m X_2^n$, con m e n numeri razionali scelti a piacere. Questa “creatività definizionale” non è problematica fintanto che la si riconosce come una “creatività computazionale”: la variabile matematica $Y := X_1^m X_2^n$ esiste non appena qualcuno la definisce. Ma ciò non pare sufficiente per considerare che Y sia una grandezza empirica, e dunque in questo caso la proprietà di persone. Dunque l’esempio di Ellis è in violazione della condizione C4, e in conseguenza della condizione C5.

Chi concorda che non si sta davvero misurando la hage di una persona moltiplicando la sua altezza e la sua età potrebbe ammettere che ciò è dovuto al fatto che non abbiamo per ora prove che la hage abbia un’esistenza empirica, cioè sia davvero (in un senso da specificare meglio) una proprietà delle persone. Questa conclusione preliminare – solo le proprietà che in un certo senso esistono possono essere misurate – non è proprio ovvia. Prendiamo il caso del Prodotto Interno Lordo (PIL) di una nazione: è una proprietà della nazione o solo una variabile matematica definita in modo più o meno arbitrario a partire da altre variabili? Il PIL si misura o si calcola?

Nella prossima puntata continueremo a esplorare questo tema, ma già ora invitiamo gli interessati a proporre considerazioni al proposito.