

La scienza della misurazione è una scienza? di che genere?

Alessandro Giordani, Luca Mari, Dario Petri

Tutto_Misure, 3, 2021

[23.7.21]

La metrologia, la “scienza della misurazione e delle sue applicazioni” in accordo al *Vocabolario Internazionale di Metrologia* (VIM, www.ceinorme.it/it/normazione-it/vim.html), è una disciplina viva, che cambia nel corso del tempo – si pensi, per esempio, al lavoro che ha portato alla recente revisione del Sistema Internazionale delle unità – e per questo ha senso chiedersi: ma come cambia? E poi, più specificamente: come si decide se accettare un cambiamento candidato in metrologia? È una questione di verità? di adeguatezza? di coerenza? di consenso? di potere e capacità di influenza? di uso invalso? In definitiva: che tipo di conoscenza è e produce la scienza della misurazione? E perciò, e più fondamentalmente: la scienza della misurazione è una scienza?

In particolare questa ultima domanda potrebbe apparire paradossale – come può qualcosa che si chiama “la scienza di X” non essere una scienza? – o semplicemente oziosa – qual è l’interesse a investigare se esiste una scienza di X? – soprattutto in una situazione come l’attuale in cui, a meno di negazionismi vari, l’aggettivo “scientifico” è di moda e, almeno nelle comunicazioni sociali, pare accettabile che si attribuisca praticamente a qualsiasi cosa. Sugeriamo però che nel caso della metrologia la questione non sia né paradossale né oziosa. Riteniamo anzi che, nella sua complessità, questo genere di domande contribuisca a fare un po’ luce sulle dinamiche che attraversano i cambiamenti della metrologia. Anche in riferimento ai lavori in corso su una nuova edizione del VIM (di cui si è riportato in T_M, 2021, 1, “Verso una nuova edizione del Vocabolario Internazionale di Metrologia (VIM)?”, e che sollecitano qualche considerazione appunto sui criteri di accettazione dei commenti proposti sulla bozza), proviamo ad accennare a una possibile risposta.

Torniamo quindi alla domanda iniziale – se la scienza della misurazione sia una scienza – e cerchiamo di capire che tipo di scienza sia. In premessa, occorre riconoscere che esistono generi diversi di scienza, e diversi modi per classificare la conoscenza in termini del suo essere scientifica. Inoltre, allo stato attuale della conoscenza, non disponiamo ancora di un criterio universalmente accettato per distinguere le scienze tra loro e demarcarle dalle non-scienze. Tuttavia, due criteri possono esserci di aiuto per chiarire le caratteristiche di una scienza, il primo basato sul tipo di cose che costituiscono il suo oggetto di studio, il secondo sul tipo di procedure che sono utilizzate per acquisire informazione su queste cose e giustificare le informazioni che sono acquisite.

I due criteri ci consentono di introdurre una prima distinzione fondamentale tra *scienze empiriche* e *scienze matematiche*, chiamate a volte anche *scienze formali*. Il dominio delle scienze empiriche è costituito da entità concrete, tipicamente localizzate nello spazio ed esistenti per un certo tempo, mentre il dominio delle scienze matematiche è costituito da entità astratte, non localizzate in regioni di spazio o di tempo. Inoltre, le procedure con cui acquisiamo e giustificiamo informazione su entità empiriche sono ultimamente basate sull’esperienza e dipendono dalla possibilità di interagire concretamente con tali entità, mentre le procedure con cui acquisiamo e giustificiamo informazione su entità matematiche sono indipendenti da interazioni empiriche: per intenderci, possiamo costruire una dimostrazione stando comodamente seduti nel nostro studio servendoci di carta e penna, senza alcun bisogno di andare a osservare come stanno le cose nel mondo. In questo senso, mentre il criterio fondamentale di accettazione per le ipotesi delle scienze empiriche è la corrispondenza con quello che

è possibile osservare, il criterio delle scienze matematiche è primariamente la consistenza dei sistemi di assiomi che si costruiscono, essendo gli assiomi le ipotesi da cui si parte nelle dimostrazioni matematiche.

In aggiunta, il primo criterio ci consente di introdurre una seconda distinzione, nell'ambito delle scienze empiriche, tra *scienze naturali*, come la fisica, la chimica o la biologia, e *scienze psicosociali*, come la psicologia, la sociologia o l'economia. Infatti, mentre ciò che è studiato da una scienza naturale esiste a prescindere dalle istituzioni umane, tanto che possiamo legittimamente pensare che l'universo sarebbe potuto esistere anche se l'uomo non fosse mai apparso, le cose studiate da una scienza psicosociale, come i sistemi economici, sistemi sociali, il denaro o una certa competenza, non potrebbero esistere se non esistessero gli uomini.

Introdotte queste distinzioni, possiamo procedere a proporre una risposta alla nostra domanda. L'ipotesi che suggeriamo è che la metrologia sia una scienza complessa, con aspetti caratteristici delle scienze empiriche, sia naturali sia psicosociali, ma anche delle scienze formali.

1. La metrologia come scienza naturale. La scienza della misurazione opera come una scienza naturale in particolare quando sviluppa modelli matematici per caratterizzare un certo effetto di trasduzione da impiegare come principio di misurazione per una grandezza fisica (per esempio, l'effetto termoelettrico per misurare temperature mediante termocoppie) oppure quando identifica il tipo di una certa proprietà fisica (per esempio la temperatura come grandezza a intervalli attraverso le scale termometriche e la temperatura termodinamica come grandezza a rapporti). Infatti, le ipotesi alla base della costruzione dei modelli o dell'identificazione dei tipi di scala sono falsificabili, o almeno criticamente controllabili.

2. La metrologia come scienza psicosociale. La scienza della misurazione opera come una scienza psicosociale nell'ambito della misurabilità di proprietà psicosociali (per esempio il grado di capacità di leggere – “reading comprehension ability” in inglese – che dipende dal contesto sociale e prima ancora dalle convenzioni relative ai sistemi di scrittura), ma anche in particolare quando stabilisce e poi giustifica la struttura di un sistema metrologico (per esempio nella definizione di scale e unità di misura e poi nella taratura di campioni e strumenti di misura: si tratta di attività i cui risultati sono anch'essi falsificabili, ma solo condizionatamente a convenzioni).

3. La metrologia come scienza formale. Infine, la scienza della misurazione opera come una scienza formale in particolare quando stabilisce le modalità di valutazione della qualità dei processi, degli strumenti, e dei risultati di misura (per esempio in riferimento ai criteri di propagazione dell'incertezza di misura).

Secondo questa prospettiva, possiamo concludere innanzitutto che la metrologia è una disciplina scientifica multiforme, che si sviluppa in accordo a molteplici criteri di accettazione, e bilanciando verità e consistenza. Tuttavia, è interessante notare come essa sia impegnata anche ad affrontare questioni sulla definizione dei concetti che impiega e sui fondamenti della misurazione, ossia questioni inevitabilmente filosofiche. In particolare: che cosa sono le entità che si misurano? che relazione c'è tra entità come la massa e la temperatura (le entità che la bozza del VIM4 chiama “grandezze generali”) ed entità come la massa di un certo oggetto e la temperatura di un certo oggetto (chiamate “grandezze individuali” nella stessa bozza)? che cosa significa che le grandezze di due oggetti sono uguali? che cosa è un valore di grandezza? le grandezze di oggetti hanno un valore

proprio (o valor “vero”)? che cosa significa che la grandezza di un oggetto è uguale a un certo valore di grandezza in una certa scala?

Pur rimanendo dichiaratamente filosofica, quest’ultima domanda non è così lontana da questioni operative e merita un cenno qui, dato che ben esemplifica la grande diversità di posizioni che si possono assumere a proposito dei fondamenti della misurazione.

Come devono essere dunque interpretate relazioni come

$$\text{massa del corpo } a = 1,234 \text{ kg}$$

oppure

$$\text{temperatura del corpo } b = 23,45 \text{ }^\circ\text{C}$$

e quindi che informazione portano i risultati di misura, a meno dell’incertezza? Come accade tipicamente per i temi di carattere filosofico, la risposta non è univoca. Da un lato, infatti, la misurazione può essere intesa come un processo di rappresentazione simbolica e null’altro, formalizzato in queste relazioni dal segno “=”, così che i valori di grandezza sono considerati entità linguistiche, introdotte appunto per rappresentare le grandezze degli oggetti, e perciò semplicemente analoghe a nomi adottati con scopi di identificazione, benché con una struttura, che la rappresentazione deve conservare (una condizione formalizzata matematicamente in termini di morfismi). In questa prospettiva è in gioco non la verità – chiedersi se una rappresentazione è vera non ha molto senso – ma solo la consistenza e l’adeguatezza della rappresentazione. Dall’altro, si può adottare anche una visione filosoficamente più esigente, di stampo realistico, in cui relazioni di questo genere sono interpretate come asserzioni di uguaglianza: è un fatto empirico se la massa del corpo a sia uguale a 1,234 kg – in altri termini, che la massa del corpo a sia uguale a 1,234 kg è vero o falso – e se è vero è perché la massa di a e la massa che è 1,234 volte la massa convenzionalmente scelta come il kilogrammo sono la stessa massa.

I valori di grandezza sono dunque entità linguistiche, o sono essi stessi grandezze individuali, identificate in riferimento a una scala? Non pare immaginabile un esperimento in grado di discriminare tra questo genere di alternative: una soluzione a questo problema sembra quindi ancorata a considerazioni filosofiche sul modo d’essere dei valori.

Infine, proprio il VIM, con la sua evoluzione, mette in evidenza ancora un’altra dimensione della metrologia: un’impresa internazionale multiculturale che richiede un sistema di concetti e un lessico (in breve: un sistema terminologico) condivisi, per garantire che i suoi risultati siano interpretati ovunque nello stesso modo. Certo, concetti e termini sono condizionati dai riferimenti scientifici e filosofici della disciplina, ma alcune decisioni, anche strategiche, rimangono con ciò impregiudicate. Un esempio è particolarmente significativo e rilevante, a proposito dell’ambito stesso della misurazione: quali condizioni sono necessarie perché una proprietà sia misurabile?

Persone e organizzazioni diverse hanno sostenuto nel passato e sostengono oggi posizioni diverse, dall’accezione più specifica, secondo cui solo proprietà a rapporti e continue sono misurabili – per costoro il conteggio non è dunque mai una forma di misurazione, né tantomeno lo è la valutazione delle proprietà ordinali e classificatorie – all’accezione più generica, secondo cui non sono posti vincoli sulla struttura algebrica delle proprietà misurabili e quindi la misurazione si applica anche alle proprietà classificatorie.

E’ dubbio che abbia senso cercare qualcosa come il vero significato di un termine come “misurazione” (è almeno dal Cratilo di Platone che si è cominciato a riconoscere che l’attribuzione dei significati alle parole è largamente convenzionale): la diversità di interpretazioni è plausibilmente solo il risultato di una appartenenza a diverse tradizioni e contesti disciplinari, o alla coerenza con norme

esistenti, o al ruolo sociale attribuito alla misurazione. In ogni caso, perfino decisioni relative ai fondamenti della metrologia come cos'è misurabile o cos'è una grandezza (le proprietà ordinali sono da classificare come grandezze? per qualcuno ovviamente sì, per qualcuno ovviamente no) non possono essere che oggetto di accordo sociale.

In sintesi, la metrologia è una disciplina complessa anche perché è un genere di conoscenza molteplice: è (1) scienza, e in questo è in parte (1.1) scienza naturale, in parte (1.2) scienza psicosociale, e in parte (1.3) scienza formale, ma è anche una disciplina che implica (2) posizioni filosofiche e (3) chiarificazioni concettuali. Poiché ognuno di questi ambiti ha criteri di accettazione propri – dalla corrispondenza alle osservazioni al consenso sociale – riconoscere questa diversità è indispensabile per contribuire in modo appropriato allo sviluppo della metrologia.