

Trasformazione digitale: il prossimo obiettivo fondamentale della metrologia fondamentale?

Luca Mari

Tutto_Misure, 1, 2023

[14.2.23]

Prima puntata: passato e presente

Come sappiamo, dal 1875 la Convenzione del Metro è uno dei fondamenti della metrologia internazionale, aggiornato attraverso la periodica Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure (CGPM), con la supervisione scientifica e organizzativa del Comitato Internazionale dei Pesi e delle Misure (CIPM) e le attività realizzate con il coordinamento dell'Ufficio Internazionale dei Pesi e delle Misure (BIPM) (una breve presentazione di questa organizzazione è qui: <https://www.bipm.org/en/governance>). L'obiettivo principale di questo sistema è di garantire la possibilità che i risultati di misura siano intersoggettivi: concretamente, che se due misurazioni, anche realizzate in luoghi e momenti diversi, hanno prodotto lo stesso valore misurato è perché i due misurandi erano compatibili. L'importanza sociale di questa condizione, chiamata di "riferibilità metrologica" ("metrological traceability" in inglese), è evidente: è grazie a essa che possiamo inferire che un valore di grandezza sia la stessa grandezza ovunque (0,1234 m la stessa lunghezza, 1,2345 kg la stessa massa, 2,3456 s la stessa durata, e così via). Ma perché ciò accada non è sufficiente concordare la definizione delle unità di misura: occorre anche che le grandezze dei campioni di misura che realizzano tali definizioni siano compatibili (insomma, che il metro in Italia e il metro in Francia siano la stessa lunghezza, e così via).

Nel passato le unità erano definite come le grandezze di artefatti, come è stato fino al 2019 per il chilogrammo, definito come la massa di un certo oggetto, il Prototipo Internazionale del Chilogrammo (IPK), conservato con cura dal BIPM. Questo rendeva evidentemente conto del ruolo della struttura organizzata intorno al CIPM e al BIPM stesso: nell'esempio, per assicurare la riferibilità metrologica internazionale delle misure di massa occorre che i propri strumenti di misura fossero stati tarati in accordo al campione primario del chilogrammo. Il laboratorio di taratura a cui ci si affida doveva ritarare i suoi propri campioni di lavoro in accordo a un campione nazionale, e l'Istituto Metrologico Nazionale (NMI, in Italia l'INRIM) doveva periodicamente ritarare i campioni nazionali portandoli a Sèvres al BIPM.

A partire dal 1960, con l'introduzione del Sistema Internazionale (SI) le unità sono state progressivamente definite in riferimento non più ad artefatti, ma a fenomeni fisici conosciuti come perfettamente stabili e quindi caratterizzati da grandezze costanti, per esempio la lunghezza che la luce percorre nel vuoto in una certa frazione di secondo. In questo modo di principio chiunque può realizzare la definizione di un'unità, e si elimina la necessità di un singolo elemento iniziale per le catene di riferibilità metrologica. Certo, al CIPM rimane la responsabilità della definizione delle unità – compito che, come sappiamo, ha esercitato esplicitamente anche di recente con la ridefinizione di tutte e sette le unità di base nel cosiddetto "SI revisionato" – ma la conseguenza di tutto ciò è l'eliminazione del ruolo di coordinamento e organizzazione richiesto al BIPM?

Ormai cinquant'anni fa questa domanda si pose, e possiamo supporre che le vicende avrebbero potuto svilupparsi anche diversamente da come poi sono effettivamente andate (vorrei chiarire che quanto segue è una mia interpretazione, che cerca di cogliere gli aspetti sostanziali e non anche le questioni di equilibri di potere ecc., e non la "versione ufficiale" della storia). Il nuovo assetto scientifico, in cui le unità sono definite

in funzione di costanti, avrebbe consentito di cambiare anche radicalmente la struttura della metrologia internazionale, al limite consentendo a ciascuno di realizzare da sé le definizioni delle unità ed eliminando così ogni delega di responsabilità, con un'organizzazione completamente decentrata analoga a quello che oggi si propone di fare – se sensatamente o no è un altro discorso – con le blockchain. Quello che invece effettivamente si realizzò fu un cambiamento assai meno drammatico, e molto più in continuità con l'idea che l'intersoggettività delle misure (ciò che in metrologia legale si chiama la “fede pubblica”, “public trust” in inglese) è un bene che la società come tale, e non solo qualche individuo, ha interesse a proteggere.

L'esito fu lo sviluppo del Mutual Recognition Arrangement (MRA), firmato nel 1999, “the framework through which National Metrology Institutes demonstrate the international equivalence of their measurement standards and the calibration and measurement certificates they issue” (<https://www.bipm.org/en/cipm-mra>). In questo modo, da “custode dei campioni primari” il BIPM diventava il contesto neutrale in cui si coordinano e realizzano le attività inter-nazionali di accertamento della compatibilità dei campioni nazionali, attraverso i cosiddetti “confronti chiave” (“key comparisons” in inglese). Non incidentalmente, perciò, il risultato principale del MRA è il Key Comparisons DataBase (KCDB), che organizza e mantiene i risultati dei confronti realizzati dagli Istituti Metrologici Nazionali.

La scelta di rendere accessibile via web (<https://www.bipm.org/en/cipm-mra/kcdb>) il contenuto del KCDB ha aperto la metrologia fondamentale all'online. Nei vent'anni successivi all'attivazione del MRA il CIPM e il BIPM hanno avuto come obiettivo centrale la revisione del Sistema Internazionale di unità. Da quando, nel 2019, anche questo risultato è stato ottenuto, diventava possibile progettare l'obiettivo fondamentale successivo per la metrologia fondamentale: data la sempre maggiore importanza attribuita socialmente all'offerta di servizi online, non è sorprendente che la scelta sia stata orientata alla *trasformazione digitale*.

Interludio: *machine readability* / *actionability*

Per come lo usiamo abitualmente, il web è un sistema orientato all'interazione con esseri umani: l'informazione è resa accessibile in pagine in formato HTML / CSS, finalizzati a presentare le pagine in modo leggibile per esseri umani (con istruzioni del tipo “vai a capo qui”, “metti questo in grassetto”, ecc.), ma non adatti a strutturare l'informazione come invece sappiamo si fa abitualmente per esempio nei database relazionali, in cui si possono ottenere risposte a richieste come “restituiscimi l'elenco dei misurandi in questa pagina” oppure “restituiscimi l'elenco dei valori di grandezza in metri in questa pagina”. Certo, benché in modo non così efficiente, un essere umano può ricavare da sé questa informazione leggendo la pagina. Ma se lo scopo fosse di consentire a un sistema tecnologico di ottenere questa informazione, per poi elaborarla in accordo agli scopi specifici per cui è impiegato, la presentazione in formato HTML / CSS non sarebbe certamente la più adatta.

Per riferirsi all'obiettivo di rendere l'informazione disponibile appropriatamente accessibile via software, si è cominciato a usare recentemente i termini *machine readability* e *machine actionability*, a proposito della possibilità rispettivamente di un'appropriata lettura e di un'appropriata elaborazione. A questo scopo l'attuale strategia tipica è di introdurre due cambiamenti, complementari, rispetto alla situazione delle pagine web a cui siamo abituati.

Il primo cambiamento prevede di strutturare l'informazione impiegando non un linguaggio orientato alla presentazione visuale, come HTML / CSS, ma un metalinguaggio che consente di descrivere il significato dei dati, dunque in modo analogo a, e solo più sofisticato di, quello che si fa per esempio quando si organizza

una tabella mettendo nella prima riga i titoli delle colonne. Le opzioni per questo sono varie, e le più diffuse sono XML e JSON. Per esempio, una voce *human readable* del Vocabolario Interazionale di Metrologia potrebbe avere questa struttura (presa in effetti, con qualche semplificazione, da <https://jcgim.bipm.org/vim/en>):

```
<h1>2.16 measurement error</h1> <h2>error of measurement, error</h2>
<p>measured quantity value minus a reference quantity value</p>
```

in cui si dichiara che il primo termine deve essere presentato come un titolo principale (h1, per “heading 1”), gli altri termini ammessi come un titolo secondario (h2, per “heading 2”) e la definizione come un paragrafo (p, per “paragraph”).

La stessa voce scritta in JSON potrebbe essere:

```
{ "id": "2.16", "term": "measurement error", "admitted_terms": ["error of
measurement", "error"], "definition": "measured quantity value minus a
reference quantity value" }
```

dunque una successione di coppie chiave: valore in cui le chiavi sono i metadati che in modo efficiente rendono *machine readable* l’accesso a questa informazione (ovviamente questo è un esempio molto semplificato: più realisticamente si potrebbero aggiungere altre informazioni, per esempio a proposito di termini e definizioni in lingue diverse dall’inglese).

Sempre in riferimento a questo primo cambiamento, il passaggio ulteriore potrebbe essere di strutturare l’informazione come un’ontologia formale, in accordo al Resource Description Framework (RDF, <https://www.w3.org/RDF>: eventualmente di questo potremo trattare in un prossimo articolo).

Il secondo cambiamento per abilitare la *machine readability* consiste nel rendere accessibile l’informazione in modo efficiente appunto per sistemi tecnologici, e dunque non via il point and click e la compilazione di moduli a cui siamo abituati nelle pagine web, ma attraverso un sistema di interfaccia di programmazione (“Application Programming Interface”, API, in inglese) esplicitamente documentato, in modo da consentire a chi sviluppa software di produrre sistemi interoperabili con le fonti di informazione accessibili su web.

In riferimento all’esempio precedente, un’API potrebbe specificare che inviando la richiesta:

```
https://www.un\_certo\_sito.it/un\_certo\_servizio?id=2.16&lang=en
```

si ottiene in risposta una stringa JSON come quella indicata sopra. In questo modo, ogni sistema accessibile su web potrebbe essere di principio un fornitore di servizi in interazioni *machine to machine*, e gli utenti finali potrebbero trovarsi a usare in modo trasparente servizi ottenuti dall’aggregazione di informazione resa disponibile da sistemi molteplici.

Uno scenario di questo genere prospetta opportunità, ma anche pericoli di vario genere. Un interessante framework a cui si fa attualmente riferimento al proposito è quello dei Principi FAIR, dove l’acronimo sta per *Findability*, *Accessibility*, *Interoperability*, e *Reuse* di risorse digitali (<https://www.go-fair.org/fair-principles>; l’articolo in cui è stato inizialmente proposto il framework, “The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship” è del 2016: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4792175>).

Evidentemente, tutto ciò non è specifico della metrologia, e anzi altri ambiti disciplinari potrebbero essere più avanti della metrologia nell’implementazione di sistemi *machine readable* e *accessible*. Ma, come si accennava sopra, l’attuale obiettivo fondamentale per la metrologia fondamentale ha a che vedere con tutto ciò, nel più ampio contesto della trasformazione digitale.

Seconda puntata: presente e futuro

Il già menzionato KCDB è già stato sfruttato per cominciare a sperimentare a proposito di *machine readability*, con un'API con risultati in formato sia XML sia JSON (<https://www.bipm.org/en/cipm-mra/kcdb-api>), e il CIPM nel 2021 organizzò un, molto partecipato, workshop online “The International System of Units (SI) in FAIR digital data” (<https://www.bipm.org/en/bipm-workshops/digital-si>), orientato ad affinare quella che era stata proposta come la bozza della “Grand Vision: Transforming the International System of Units for a Digital World” (https://www.bipm.org/documents/20126/46590079/WIP+Grand_Vision_v3.4.pdf/aaeccfe3-0abf-1aaf-ea05-25bf1fb2819f). Ciò ha portato alla ratifica, in marzo 2022, di un “Joint Statement of Intent on the digital transformation in the international scientific and quality infrastructure” (<https://www.bipm.org/en/liaison/digital-transformation>), a cui insieme con il BIPM hanno aderito finora otto organizzazioni internazionali: CIE (International Commission on Illumination), CODATA (Committee on Data of the ISC), IEC (International Electrotechnical Commission), ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation), IMEKO (International Measurement Confederation), ISC (International Science Council), ISO (International Organization for Standardization), e OIML (International Organization of Legal Metrology). Il Joint Statement è dichiaratamente parte delle iniziative del CIPM per sviluppare e consolidare un sistema di scambio di dati internazionale uniforme e sicuro basato sul Sistema Internazionale delle unità, e richiede a ogni organizzazione che aderisce di contribuire, nelle modalità che sono proprie dell'organizzazione, al SI Digital Framework come parte del più ampio processo di trasformazione digitale dell'infrastruttura internazionale per la qualità.

Quali obiettivi concreti si raggiungeranno in questo processo e in quali tempi? Come sarà possibile contribuire? È ancora presto per avere una risposta specifica e affidabile, ma potrebbe essere importante mantenersi informati.