

Modelli della misurazione, modelli nella misurazione

Luca Mari

lmari@liuc.it

<http://research.liuc.it/luca.mari>

11 novembre 2019

Sommario

La misurazione ha un importante e riconosciuto ruolo di connessione tra mondo empirico e mondo dell'informazione.

Riflettendo sensibilità filosofiche diverse in tempi diversi, la natura e la giustificazione di questa connessione

sono state però interpretate diversamente:

da scoperta del valor vero del misurando,

ad assegnazione di simboli rappresentativi del misurando.

Una riflessione sull'inevitabile presenza di modelli nella misurazione fornisce qualche prospettiva sull'epistemologia della misurazione,

e quindi sui modelli della misurazione.

Micro-bio

M.Sc. in physics; Ph.D. in measurement science

Full professor of measurement science at Università Cattaneo – LIUC, Castellanza (VA), Italy, where teaches courses on measurement science, statistical data analysis, system theory

Currently chair of TC 1 (Terminology) and secretary of TC 25 (Quantities and Units) of the International Electrotechnical Commission (IEC), and an IEC expert in the WG 2 (VIM) of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM)

Former chair of TC 7 (Measurement Science) of the International Measurement Confederation (IMEKO)

Alcune mie pubblicazioni recenti

- LM, J.Goodwin, E.Jacobson, L.Pendrill, **The definitions of the base units in the revised SI: a terminological analysis**, *Measurement*, 2020
- A.Giordani, LM, **A structural model of direct measurement**, *Measurement*, 2019
- A.Maul, LM, M.Wilson, **Intersubjectivity of measurement across the sciences**, *Measurement*, 2019
- LM, C.D.Ehrlich, L.R.Pendrill, **Measurement units as quantities of objects or values of quantities: a discussion**, *Metrologia*, 2018
- A.Maul, LM, D.Torres Iribarra, M.Wilson, **The quality of measurement results in terms of the structural features of the measurement process**, *Measurement*, 2018
- LM, P.Carbone, A.Giordani, D.Petri, **A structural interpretation of measurement and some related epistemological issues**, *Studies in History and Philosophy of Science*, 2017
- LM, **Toward a harmonized treatment of nominal properties in metrology**, *Metrologia*, 2017
- LM, D.Petri, **The metrological culture in the context of Big Data: Managing data-driven decision confidence**, *IEEE Instr. Meas. Magazine*, 2017
- LM, P.Blattner, F.Pavese, **Improving the understandability of the next edition of the International System of Units (SI) by focusing on its conceptual structure**, *Measurement*, 2017
- LM, A.Maul, D.Torres Iribarra, M.Wilson, **Quantities, quantification, and the necessary and sufficient conditions for measurement**, *Measurement*, 2017
- D.Petri, LM, P.Carbone, **A structured methodology for measurement development**, *IEEE Trans. Instr. Meas.*, 2015
- A.Mencattini, LM, **A conceptual framework for concept definition in measurement: the case of 'sensitivity'**, *Measurement*, 2015
- LM, **Evolution of 30 years of the International Vocabulary of Metrology (VIM)**, *Metrologia*, 2015

Ringraziamenti, in apertura

In particolare:

Alessandro Giordani, *Università Cattolica*

Chuck Ehrlich, NIST

Andy Maul, *University of California, Santa Barbara*

Pietro Micheli, *Warwick Business School*

Dario Petri, *Università di Trento*

Mark Wilson, *University of California at Berkeley*

Data science

Un'epoca di datificazione (en.m.wikipedia.org/wiki/Datafication),
e forse di dataismo (en.m.wikipedia.org/wiki/Dataism)

Più attenzione all'elaborazione che all'acquisizione dei dati
(www.cun.it/uploads/7003/Data_Science-LM.pdf)

Sottovalutazione del ruolo dei processi empirici
e forse della rilevanza del principio garbage in, garbage out
(en.m.wikipedia.org/wiki/Garbage_in,_garbage_out)

Misurazione e datificazione

Misurazione:

da processo empirico, *protocollo di verità* (Margenau, 1958)

a calcolo / inferenza, *funzione consistente* (Krantz et al, 1971, 1989, 1990)

Margenau, H. (1958). Philosophical problems concerning the meaning of measurement in physics. *Philosophy of Science*, 25, 23–33

Krantz, D.H., Luce, R.D., Suppes, P., & Tverski, A. (1971, 1989, 1990). *Foundations of measurement*, vol I, II, & III. New York: Academic Press

L'esito, paradossale

“The theory of measurement is difficult enough without bringing in the theory of making measurements” (Kyburg, 1984)

“We are not interested in a measuring apparatus and in the interaction between the apparatus and the objects being measured; rather, we attempt to describe how to put measurement on a firm, well-defined foundation” (Roberts, 1979)

Kyburg H.E. Jr (1984). *Theory and Measurement*. Cambridge: Cambridge University Press

Roberts, F.S. (1979). *Measurement theory with applications to decision-making, utility and the social sciences*. Reading, MA: Addison-Wesley

All'origine...

Dal Libro V degli Elementi di Euclide, interpretato come “the earliest contribution to the philosophy of measurement available in the historical record” (Michell, 2005):

α'. Μέρος ἐστὶ μέγεθος μεγέθους τὸ ἔλασσον τοῦ
μείζονος, ὅταν καταμετρῆ τὸ μείζον.

“Vna quantità minore è parte d'una quantità maggiore quando che la minore numera, ouer misura la maggiore” (nella traduzione di Niccolò Tartaglia, 1565)

... il problema (misura e misurazione)

“In the geometrical constructions employed in the Elements [...] empirical proofs by means of measurement are strictly forbidden” (Fitzpatrick, 2008)

E poi confronta:

Libro V α'. Μέρος ἐστὶ μέγεθος μεγέθους τὸ ἔλασσον τοῦ μείζονος, ὅταν καταμετρηῇ τὸ μείζον.

Libro VII γ'. Μέρος ἐστὶν ἀριθμὸς ἀριθμοῦ ὁ ἐλάσσων τοῦ μείζονος, ὅταν καταμετρηῇ τὸν μείζονα.

Un caso

“Nella maggior parte dei casi il misurando Y non viene misurato direttamente, ma determinato mediante altre N grandezze X_1, X_2, \dots, X_N attraverso una relazione funzionale f :

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$$

[Per esempio] se ai terminali di un resistore avente resistenza R_0 alla temperatura t_0 e dipendente linearmente dalla temperatura secondo un coefficiente α si applica una differenza di potenziale V , la potenza P (il misurando) dissipata dal resistore alla temperatura t dipende da V, R_0, α e t secondo l'equazione

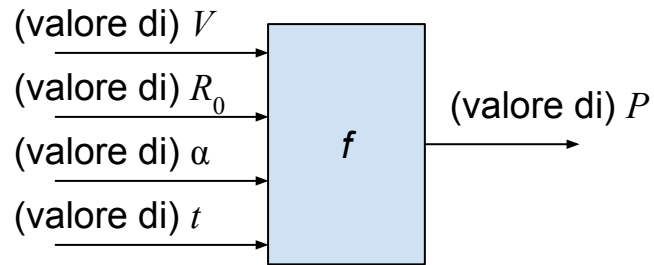
$$P = f(V, R_0, \alpha, t) = V^2 / \{R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]\} \quad (\text{JCGM, 2008})$$

La GUM presenta questo come un esempio di un modello della misurazione

Modello di X

“modello” è polisemico: supponiamo che un modello di X sia una descrizione di X

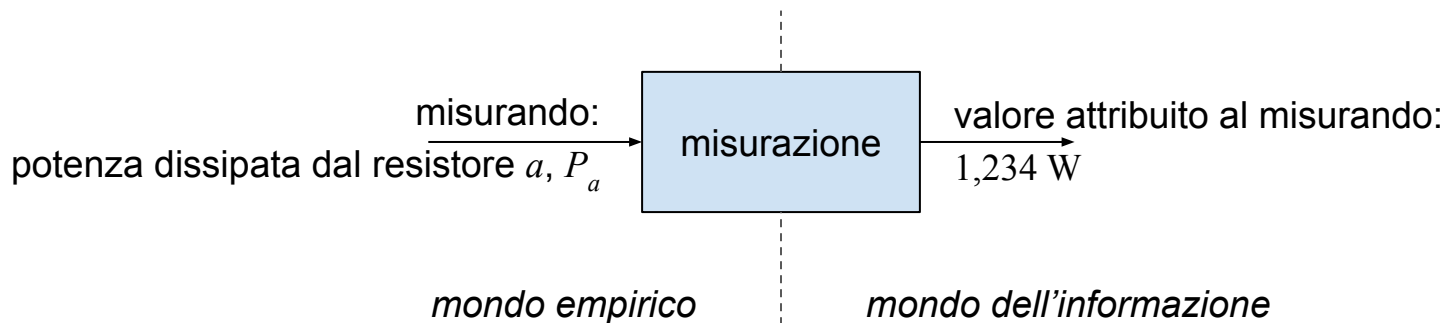
L'equazione $P = V^2 / \{R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]\}$ è la descrizione di una misurazione?



(o non piuttosto del comportamento del resistore?)

Modello black box di una misurazione

Volevo conoscere la potenza dissipata dal resistore,
e misurando ho ottenuto quello che cercavo, cioè il valore della potenza (*)

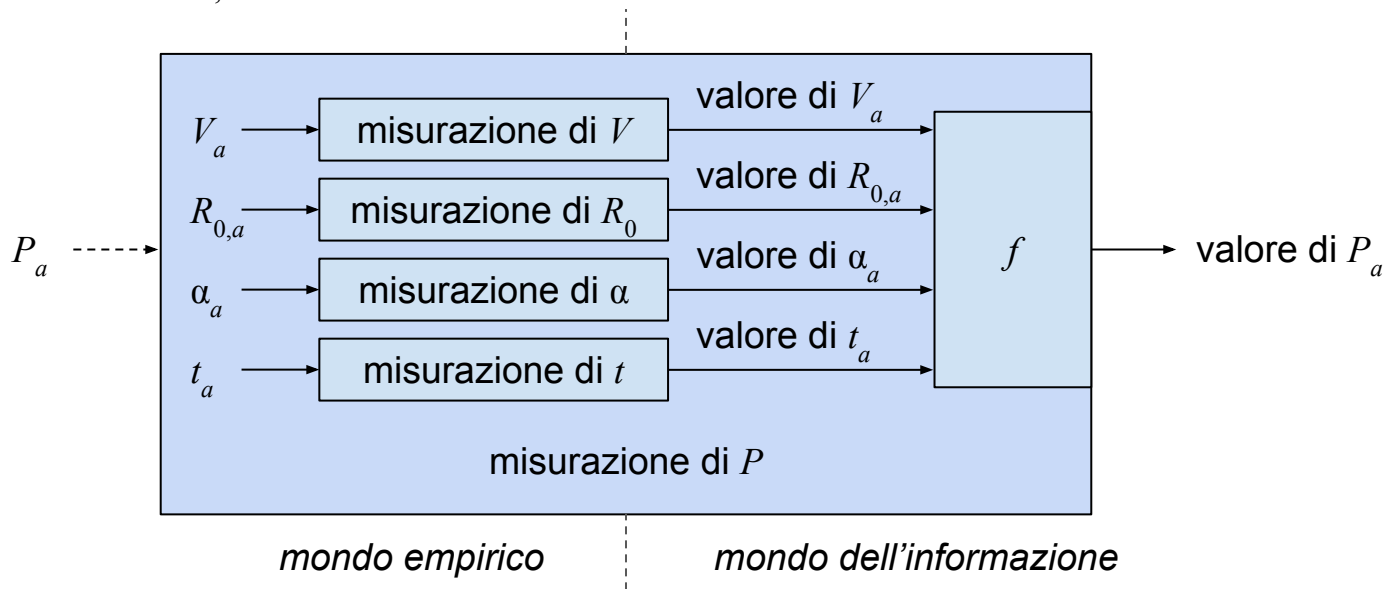


$$P_a = 1,234 \text{ W..}$$

(*) E avrei dovuto aggiungere informazione sull'incertezza di misura!

Possibile modello grey box di una misurazione

Non potendo misurare direttamente la potenza dissipata dal resistore, ho misurato V_a , $R_{0,a}$, α_a , t_a e poi ho calcolato con f il valore di P_a dai valori misurati (*)



(*) E avrei dovuto propagare l'incertezza di misura!

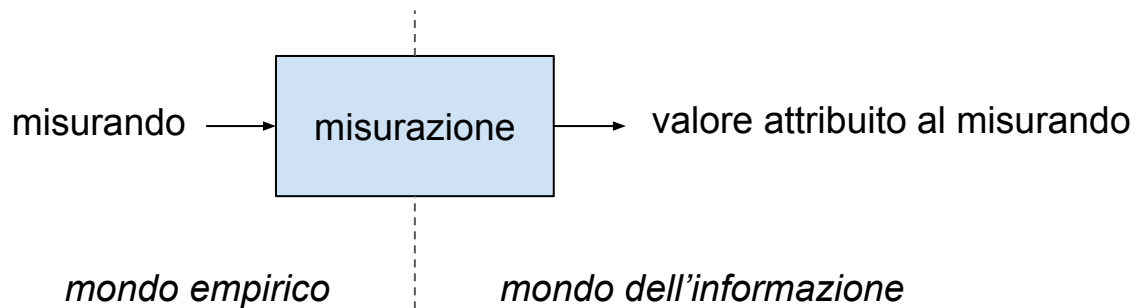
In sintesi

La misurazione non è (solo) calcolo

E perciò è necessario mantenere la distinzione tra misurazione diretta e indiretta (in cui misurazione indiretta = una o più misurazioni dirette + calcolo)

E perciò $P = V^2 / \{R_0 [1 + \alpha(t - t_0)]\}$ è non un modello di una misurazione, ma la componente computazionale di una misurazione

Verso un modello della misurazione (diretta)

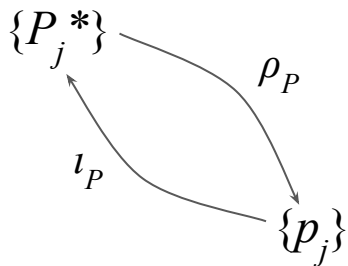


Occorre dunque aprire la scatola nera:
proviamo con l'esempio di un termometro (*) (**)

(*) Non sfrutteremo la struttura algebrica della temperatura

(**) Non introdurremo incertezze di misura

Un modello della misurazione diretta: costruzione della scala privata / dello strumento

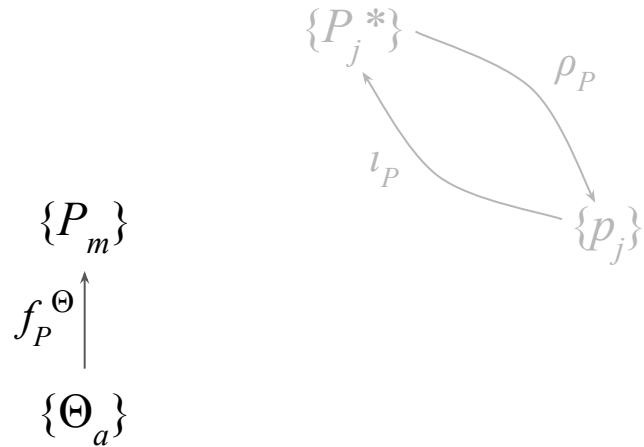


Insieme di posizioni distinguibili dell'estremità del mercurio nel capillare, $\{P_j^*\}$

Insieme di valori di posizione, $\{p_j\}$

Funzione 1-1 di identificazione, l_P ,
e sua inversa, funzione di riconoscimento, ρ_P

Un modello della misurazione diretta: costruzione del trasduttore

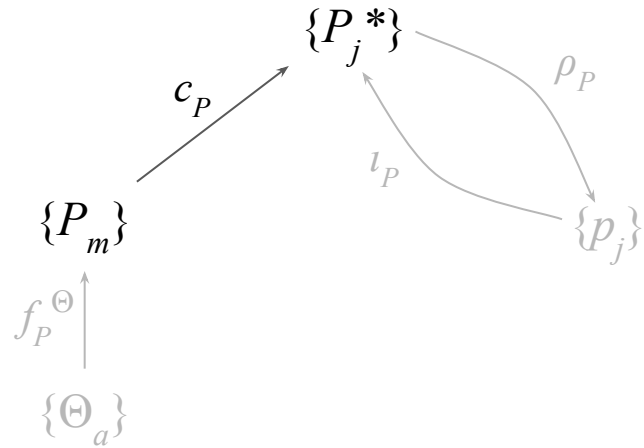


Insieme di temperature misurabili dallo strumento,
 $\{\Theta_a\}$

Insieme di posizioni possibili dell'estremità del
mercurio nel capillare, $\{P_m\}$

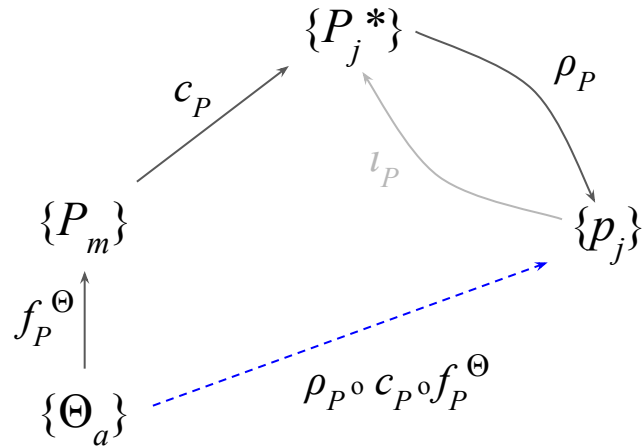
Funzione di trasduzione, f_P^Θ

Un modello della misurazione diretta: classificatore / quantizzatore dello strumento



Funzione di classificazione / quantizzazione, c_P

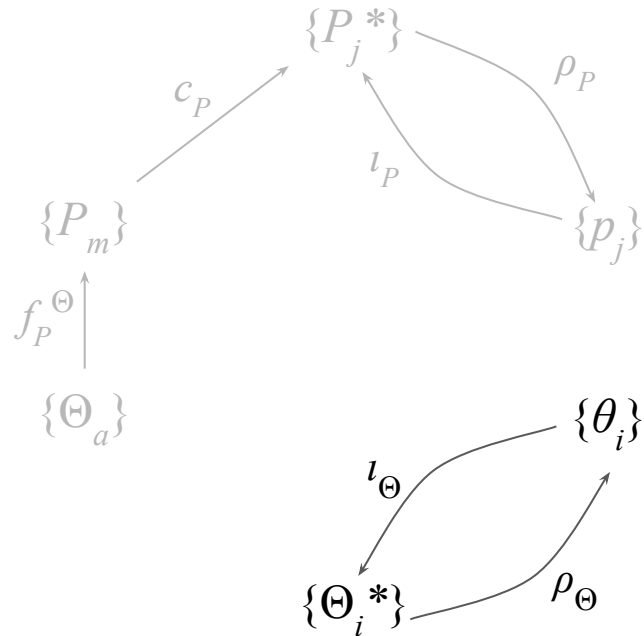
Un modello della misurazione diretta: misurazione privata / pre-misurazione



Se una misurazione privata / con risultati relativi allo strumento (“pre-misurazione”) fosse sufficiente:

pre-misurazione = trasduzione & classificazione nella scala & riconoscimento del valore

Un modello della misurazione diretta: costruzione della scala pubblica / dei campioni

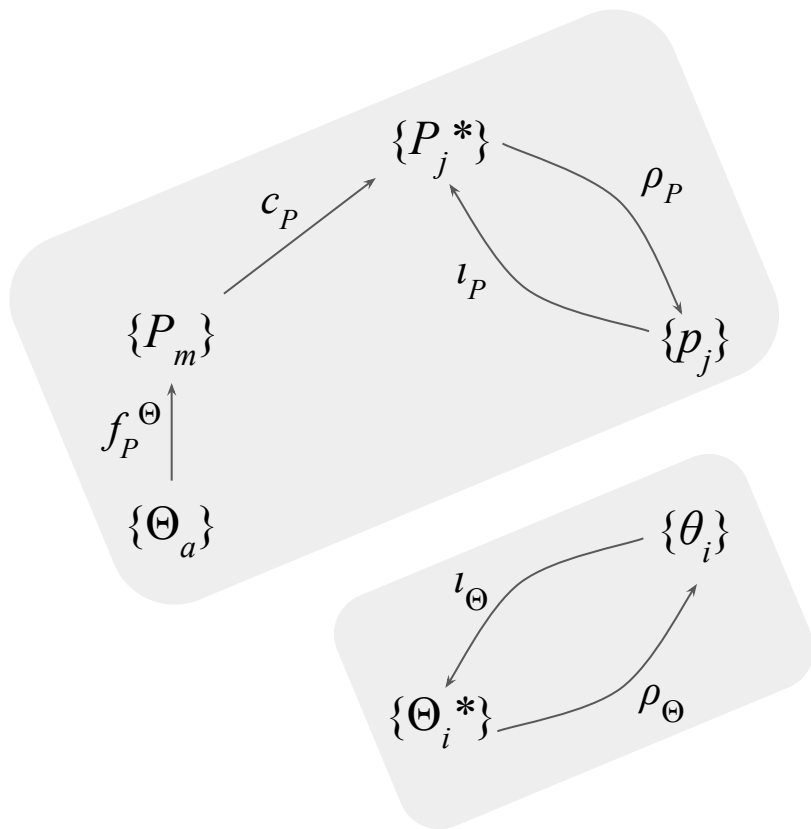


Insieme di temperature distinguibili, realizzate da campioni di misura, $\{\Theta_i^*\}$

Insieme di valori di temperatura, $\{\theta_i\}$

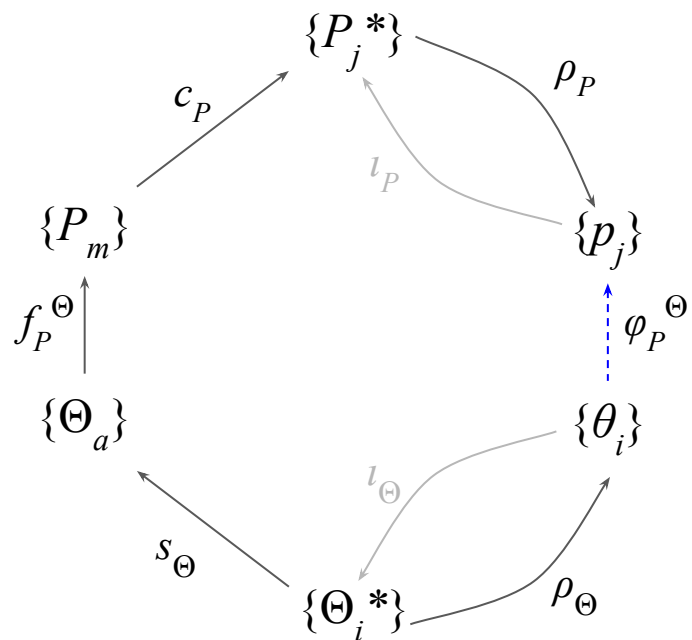
Funzione 1-1 di identificazione, l_Θ ,
e sua inversa, funzione di riconoscimento, ρ_Θ

Problema



Come rendere pubblica la misurazione,
cioè come connettere lo strumento
con la sua scala privata
e la scala pubblica dei campioni?

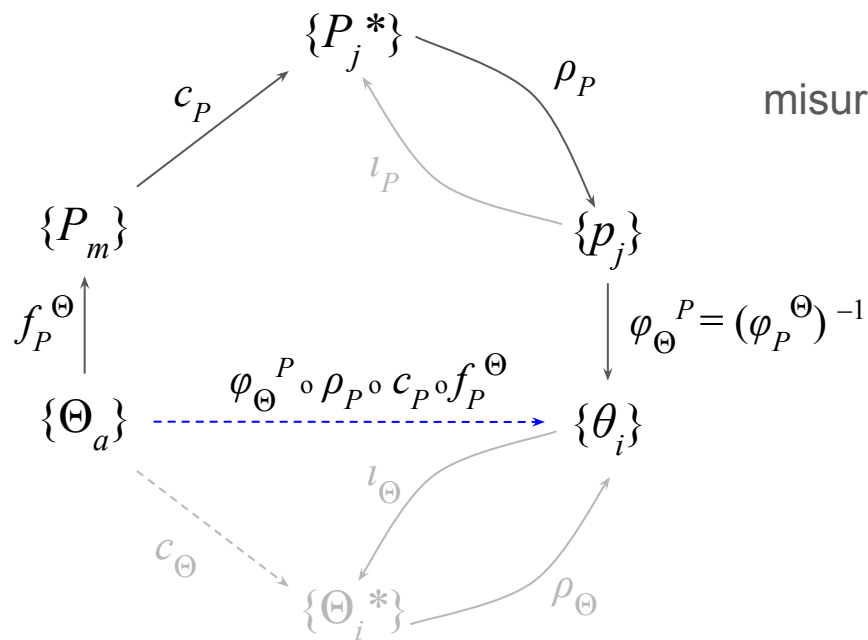
Un modello della misurazione diretta: taratura dello strumento



Si trasduce la temperatura dei campioni, $\{\Theta_i^*\}$ (s_Θ è l'iniezione canonica) e si costruisce la funzione di taratura, ϕ_P^Θ , in modo estensionale come un insieme di coppie (θ_i, p_j) , (valore di temperatura / del campione / pubblico, valore di posizione / dello strumento / privato):

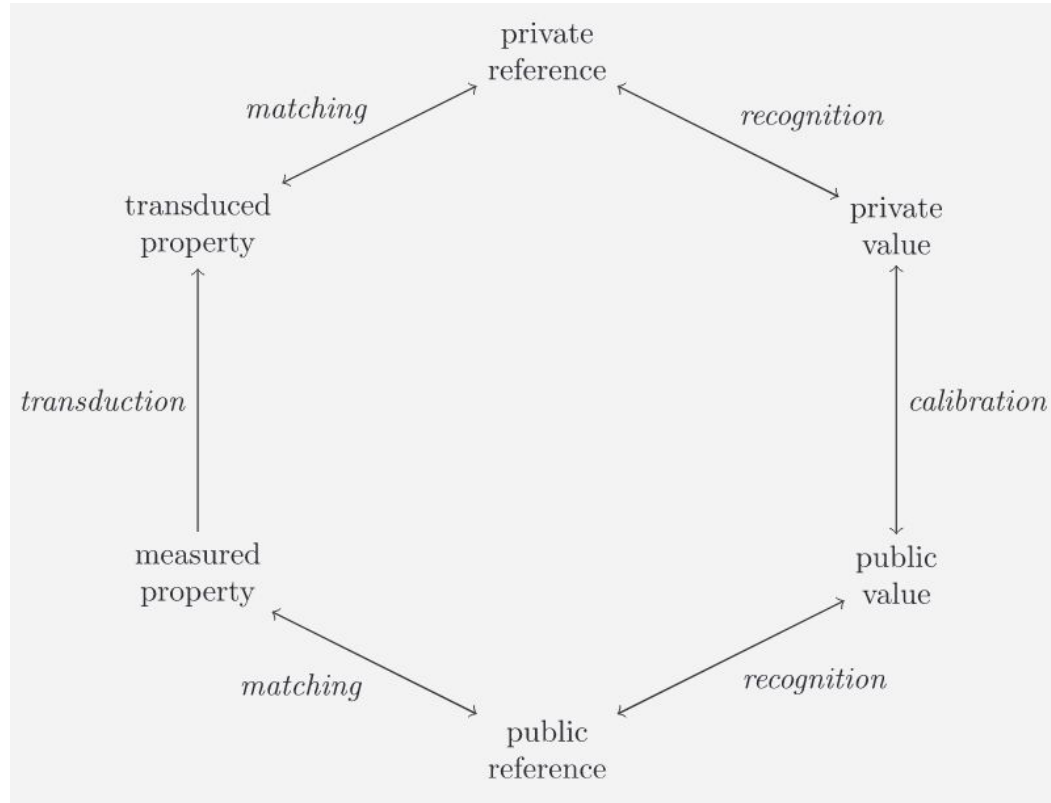
$$(\theta_i, p_j) = (\rho_\Theta(\Theta_i^*), \rho_P(c_P(f_P^\Theta(s_\Theta(\Theta_i^*))))))$$

Un modello della misurazione diretta: misurazione



misurazione = pre-misurazione &
inversione della taratura

In sintesi

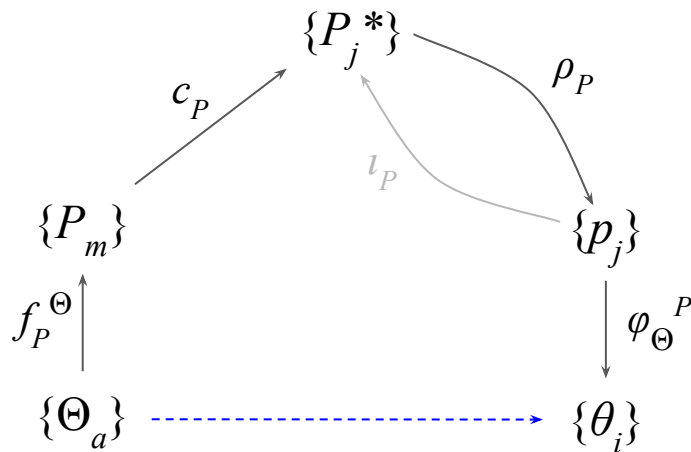


Considerazioni₁

Questo modello è compatibile con il modello black box / rappresentazionalista:

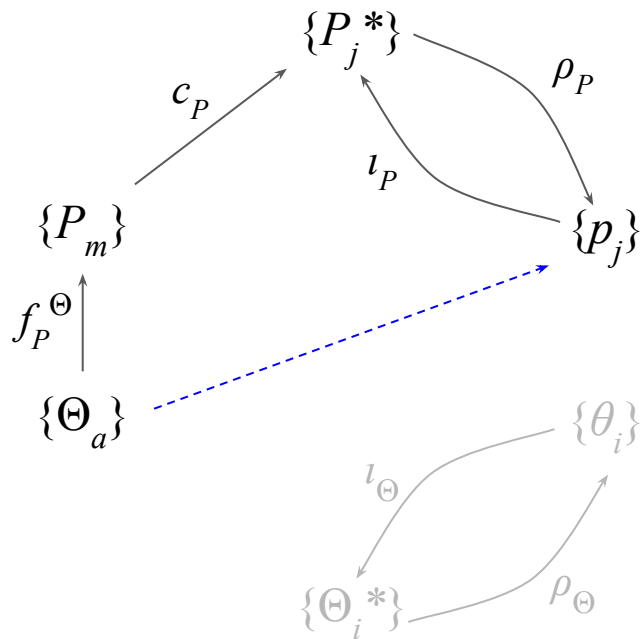
$$\{\Theta_a\} \dashrightarrow \{\theta_i\}$$

e mostra la struttura funzionale di “quello che c'è dentro la scatola”:



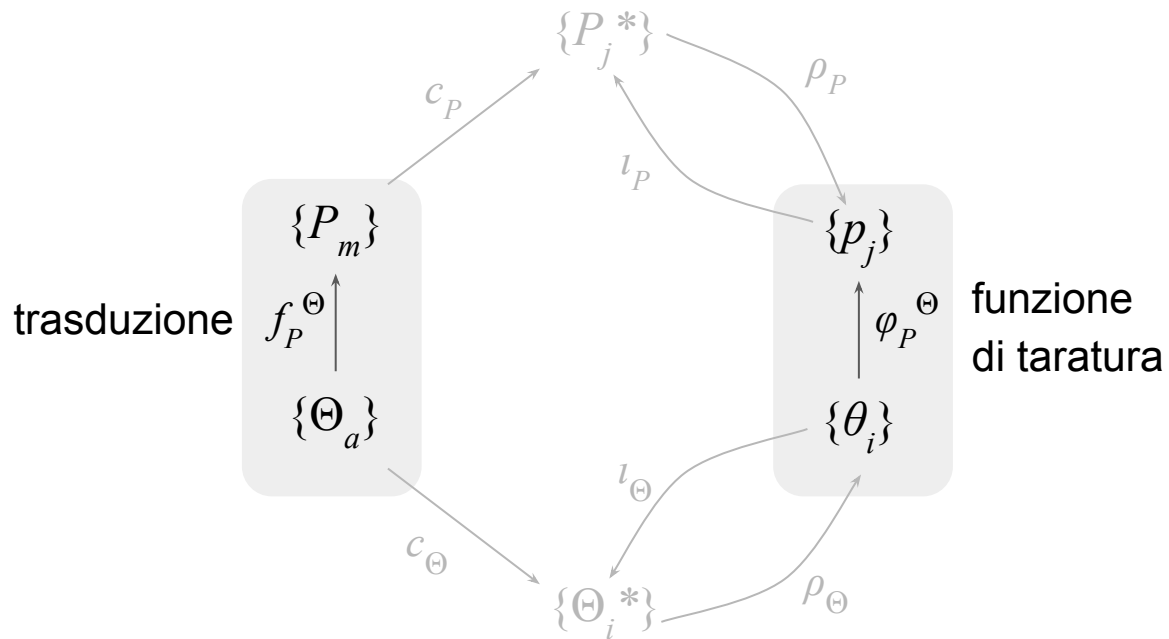
Considerazioni₂

Questo modello rende evidenti le ragioni per cui uno strumento non tarato è solo in grado di realizzare pre-misurazioni:



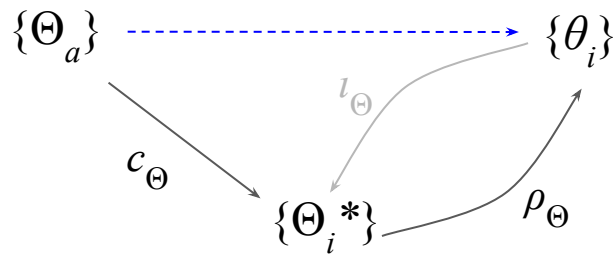
Considerazioni₃

Questo modello mostra che la funzione di taratura di uno strumento è il modello matematico della trasduzione effettuata dallo strumento



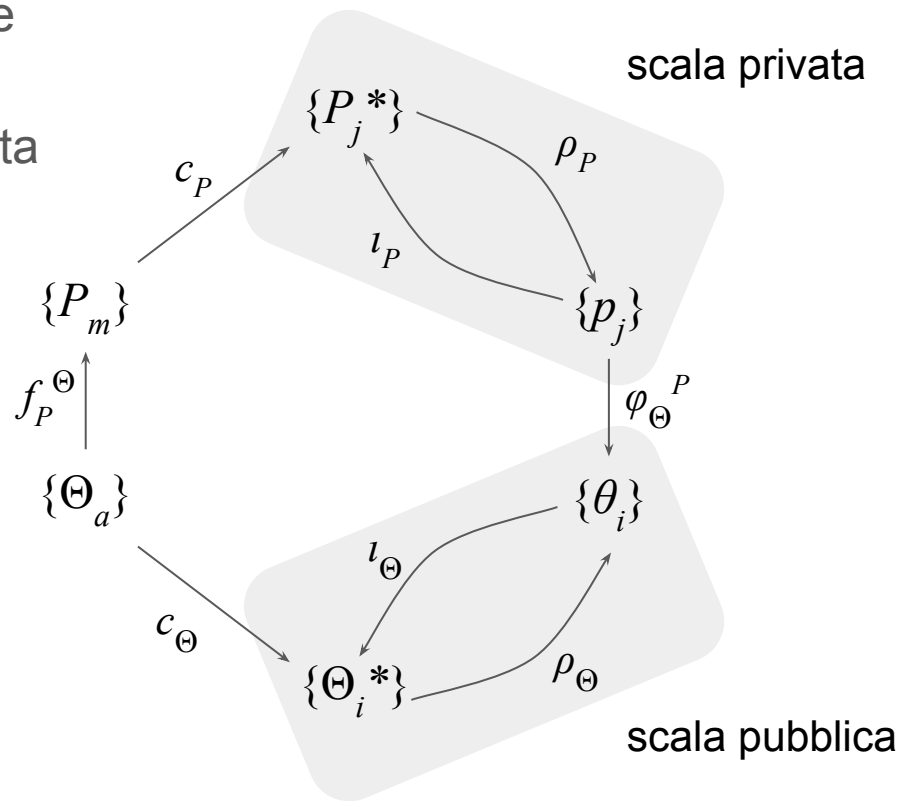
Considerazioni₄

Questo modello include come caso particolare i metodi di misurazione per confronto diretto:



Considerazioni₅

Questo modello presenta la misurazione come un connettore tra una scala pubblica e una scala privata

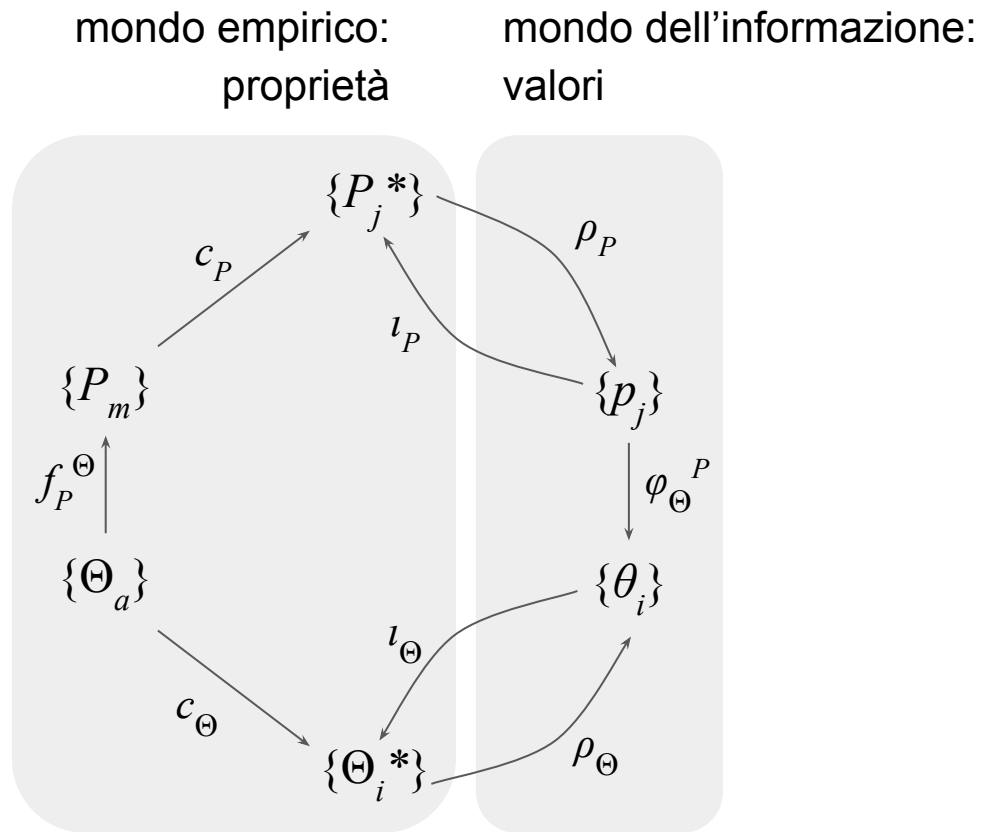


Considerazioni₆

Questo modello rende conto della natura della misurazione di connettore

* *ontico*: empirico - informazionale

* *epistemico*: proprietà - valori

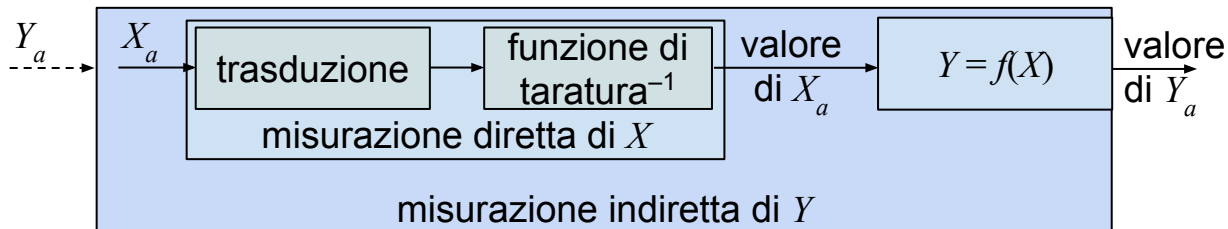


Considerazioni₇

Questo modello può essere esteso per:

- * presentare la misurazione diretta come componente della misurazione indiretta
- * distinguere tra proprietà trasdotta e proprietà che si intende misurare
- * includere la catena di riferibilità metrologica
- * includere gli oggetti insieme con le loro proprietà
- * includere l'incertezza di misura

In sintesi



<i>La funzione di taratura di una misurazione diretta</i>	<i>La funzione f di una misurazione indiretta</i>
ricostruisce il comportamento di uno strumento di misura, essendo l'inversa della funzione di trasduzione;	descrive la relazione tra grandezze dell'oggetto in considerazione, e non il comportamento di uno strumento;
la sua inversa (cioè la funzione di trasduzione) descrive la relazione causa-effetto realizzata dallo strumento,	non coinvolge necessariamente relazioni causa-effetto,
e infatti l'uscita della sua inversa è l'indicazione dello strumento.	e non ha a che vedere con indicazioni di strumenti.
Il fatto che lo strumento debba essere tarato corrisponde al fatto che la funzione non è completamente nota.	Dato che la funzione non ha a che vedere con strumenti, è nota indipendentemente dal fatto che ci siano strumenti da tarare.
Grazie alla taratura dello strumento, dal valore dell'indicazione la funzione consente di calcolare un valore per il misurando.	Dal valore di "grandezze di ingresso", caratteristiche dell'oggetto in considerazione e non dello strumento, la funzione consente di calcolare un valore per il misurando.

Grazie per l'attenzione

Qualche riferimento:

A.Giordani, L.Mari, A structural model of direct measurement, *Measurement*, 145, 535-550, 2019

A.Maul, L.Mari, D.Torres Iribarra, M.Wilson, The quality of measurement results in terms of the structural features of the measurement process, *Measurement*, 116, 611-620, 2018

L.Mari, P.Carbone, A.Giordani, D.Petri, A structural interpretation of measurement and some related epistemological issues, *Studies in History and Philosophy of Science*, 65-66, 46-56, 2017

L.Mari, A.Maul, D.Torres Iribarra, M.Wilson, Quantities, quantification, and the necessary and sufficient conditions for measurement, *Measurement*, 100, 115-121, 2017

L.Mari, A.Giordani, Quantity and quantity value, *Metrologia*, 49, 756–764, 2012

A.Frigerio, A.Giordani, L.Mari, Outline of a general model of measurement, *Synthese*, 175, 123-149, 2010

Luca Mari (lmari@liuc.it <http://research.liuc.it/luca.mari>)