

Misurare il software

Misurare

?

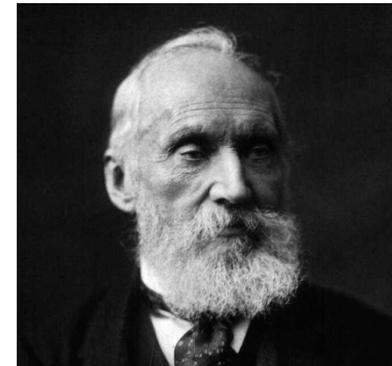
Perché misurare?

Citazioni

- *If you can not measure it, you can not improve it.*

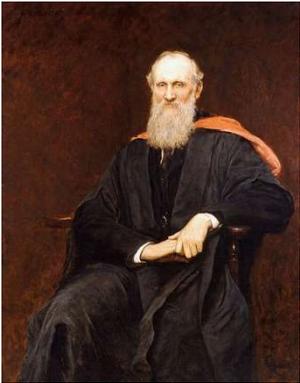
(William Thomson,) Lord Kelvin

Belfast, 26.06.1824 – Largs, 17.12.1907



Perché misurare? Citazioni: Lord Kelvin

- [...] *when you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind; it may be the beginning of knowledge, but you have scarcely in your thoughts advanced to the state of Science, whatever the matter may be.*

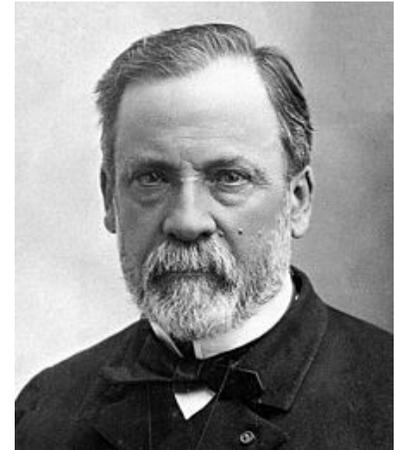


Perché misurare? Citazioni:

- ***A science is as mature as its measurement tools.***

Louis Pasteur

Dole, 27.12.1822 – Marnes-la-Coquette, 28.09.1895



Perché misurare

«Conoscere tecnico-scientificamente »,
«migliorare» ciò che si misura, «maturare»
un settore a mezzo del:

- Comparare
- Controllare
- Monitorare
- Pianificare
- ...

Che cosa misurare come ingegneri?

Misuriamo <<*entità*>> quali:

- Processi

- Prodotti

- Strumenti

e ulteriori risorse

(metodi, tecniche e altro).

Misura?

Dal vocabolario Treccani Online

□ **Misura** s. f. [lat. *mensūra*, der. di *mensus* part. pass. di *metiri* «misurare»]. –

a. Il valore numerico attribuito a una grandezza, ottenuto ed espresso come rapporto tra la grandezza data e un'altra della stessa specie, assunta come unità (*unità di misura*), e determinato con opportuni metodi o strumenti di misurazione.

...

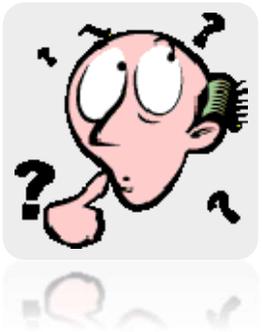
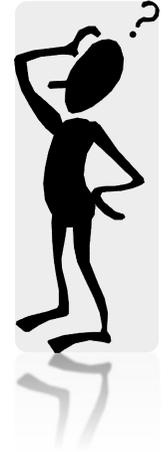
...E allora cosa sono **S** o **XXL** per una maglietta se non sono delle misure?



Parole del misurare

Che cosa vuole dire per noi

Misurare?



È il caso di guardare anche a ciò che dicono oggi persone di scienza, ingegneri e ... persone dell'industria?

Misurazione (*Measurement*)

Def. ISO 9126 (2001)

“Measurement is the process by which numbers or symbols are mapped to attributes of entities in the real world in such a way as to describe them according to clearly defined rules.”



Underlining the ISO 9126 (2001) Measurement Def.'s Keywords

“Measurement is the process by which numbers or symbols are mapped to attributes of entities in the real world in such a way as to describe them according to clearly defined rules.”*

* Solo?

Glossario dei termini *.

Entità

Una *entità*:

- è dotata di realtà oggettiva o concettuale
- ha esistenza distinta e separata; è indipendente, auto contenuta
- è di un certo tipo
- ha caratteri propri
- è d'interesse nella sua integrità.

* Trattasi di glossario NON standard.

Glossario dei termini. Entità.

Modello di Entità

Come ingegneri e, a maggior ragione, come informatici lavoriamo su modelli.

- Modelliamo una entità in relazione a:
 - grado di conoscenza che si ha dei suoi caratteri
 - strumenti di modellazione (linguaggi, metodi) – più o meno adeguati agli scopi – di cui si dispone e che si utilizzano
 - scopi.
- Una entità può essere composta da entità più semplici.

Glossario dei termini. **Attributo.**

Un *attributo* di una entità:

- è una proprietà dell'entità, risultante dall'influenza di una o più caratteristiche della stessa
- concorre a determinare stato e comportamenti dell'entità
- ne definisce una qualità di interesse, una dimensione di esistenza, *pubblica o privata*.



Glossario dei termini. **Attributo.**

Un attributo può essere:

- *interno*, osservabile considerando l'entità isolatamente, non direttamente percepibile esternamente alla stessa, oppure
- *esterno*, osservabile nella relazione che l'entità stabilisce con il suo ambiente, percepibile dall'utilizzatore dell'entità.



Glossario dei termini. **Attributo.**

Anche i modelli degli attributi dipendono da:

- grado di conoscenza che ne si ha
- strumenti di rappresentazione utilizzati
- scopi che si hanno.



Glossario dei termini. **Attributo.**

La comprensione di un attributo esterno migliora attraverso la individuazione, via via più chiara, dei suoi legami con gli attributi interni.

Glossario dei termini. **Misura.**

Una *misura* (“measure”, “measurement data”, “data measure”, “measurement result” etc.) è un valore siccome associato a un’entità al fine di quantificarne la quantità posseduta di un *attributo*.

- Tale valore è tipicamente ma non necessariamente numerico e appartenente a una ben precisata scala (vedere appresso).
- La detta associazione può realizzarsi in vario modo: e.g. funzione, tabellare, operativa, strumentale, secondo i casi e le possibilità che si offrono.

Glossario dei termini. **Misura vs. Entità**

Una misura posiziona e rappresenta l'entità nella dimensione definita dal particolare attributo.

Misura di attributo interno

Per misurare un attributo interno è necessario che la struttura interna dell'entità sia accessibile.

Glossario dei termini.

Modello di misura.

Un *modello di misura* (“measurement model”), MM, è l’insieme delle norme che regolano composizione e struttura di misure. Esso si riferisce a un attributo e include almeno un metodo o tecnica per misurare l’attributo.

- Gli MM sono essi stessi prodotti – teorici e pratici – e, in quanto tali, vanno sottoposti a:
 - validazione (*Misuriamo la cosa giusta?*) e
 - verifica (*Misuriamo “giusto” (bene) la cosa?*) .

Glossario dei termini.

Modello di misura. **Metrica.**

Una *metrica* (“metric”) è lo stesso che modello di misura quando specializzato a un dominio.

Così, ad esempio:

- “Metrica Latina” denota l’insieme delle norme che regolano composizione e struttura della poesia della Roma classica.
- “Software metrics” si riferisce al misurare il software nel suo complesso (e.g., ACM-IEEE “Int. Symposium on Software Metrics”).

Il termine è però anche usato in maniera più vaga o comunque con accezione diversa.

Glossario dei termini.

Misurazione.

Misurazione (“measurement”, “measurement process”) è il **processo** (modello | istanza) che realizza una misura.

Una misurazione riferisce | include un'istanza di un MM.



Misurazione. Influenze

I sistemi, fra cui le entità che si intendono misurare, sono generalmente modificati e influenzati dall'esecuzione di processi di misura.



Misurazione. Ripetibilità

Caratteristica fondamentale di una misurazione è la sua *ripetibilità*, vale a dire che, in analoghe condizioni, il processo dà luogo allo stesso risultato:

- salvo errori occasionali o sistematici, una determinata entità, a parità di contesto, stato e attributo misurato, è caratterizzata dalla stessa misura.

Modelli: di entità, di misura

La misura dà valore a un attributo di un'entità, ma può essere rilevata solo dopo aver opportunamente definito:

- prima un MM per l'attributo,
 - il che richiede la identificazione dei caratteri dell'entità che sono significativi per l'attributo in esame, nonché la definizione di almeno un metodo o tecnica per misurare l'attributo
- poi un corrispondente processo di misurazione, ***completo delle necessarie risorse.***



Modelli: di entità, di misura

Oltre che impiegare processi di misurazione diversi per lo stesso MM, è possibile utilizzare modelli diversi per il medesimo attributo.

La scelta dei modelli è condizionata dal formalismo utilizzato per rappresentare l'entità e, analogamente, il modello scelto per un attributo influisce sull'insieme di astrazioni utilizzabili per rappresentare l'entità.



Modelli: di entità, di misura

In generale, parleremo di *compatibilità fra modelli di misura e modelli di entità*:

- affinché un modello sia adeguatamente definito occorre, rispondere ordinatamente alle domande seguenti.
 - Cosa può fornire un' ***idea dell'attributo?***
 - È tale cosa ***effettivamente misurabile?***

Il problema della misura

- Il problema della misura e sua soluzione in pillole.
- Teoria della misura.

Giovanni Cantone, Paolo Donzelli, Gianfranco Pesce Misure software: teoria, modelli e ciclo di vita.
F. Angeli editore, Collana "Informatica & Organizzazioni" , volume per GUFPI , Cod. 724.36, 512
pp. ISBN 88-464-7139-3, luglio 2008.

Il problema della misura e sua soluzione in pillole.

- Sia E un insieme non vuoto di entità empiriche dotate dell'attributo comune A .
- La conoscenza pregressa, pratica, intuitiva di A consista nelle proprietà di alcune operazioni e relazioni empiriche fra tali entità (*“Sistema Relazionale Empirico”, SRE*).



Il problema della misura e sua soluzione in pillole.

- Si vuole caratterizzare formalmente ciascuna delle entità rispetto alle altre in **E** nella dimensione definita da *A*.
- A tal fine, le entità si rappresentano tramite un insieme formale, **F**, numerico o non, semplice o strutturato, con le relative proprietà (*“Sistema Relazionale Formale”*, SRF).



Il problema della misura e sua soluzione in pillole.

- La conoscenza formale propria di F non deve contraddire la conoscenza intuitiva che si ha di A in E .
- Non tutte le rappresentazioni formali sono valide per rappresentare una determinata conoscenza intuitiva; anzi, non è detto che una tale rappresentazione formale esista o che, esistendo, sia unica.



Il problema della misura e sua soluzione in pillole.

In un sistema **F**, *valido* per rappresentare la conoscenza pratica di **A** in **E**, le operazioni, relazioni e proprietà formali si manifestano (in **F**) allo *stesso modo* che le operazioni, relazioni, proprietà intuitive si manifestano in **E**.



Il problema della misura e sua soluzione in pillole.

In relazione a quanto sopra:

Ogni entità empirica può rappresentarsi tramite un corrispondente elemento formale:

- l'associazione (μ) di tali corrispondenti è detta ***modello di misura***;
- **E**, **F**, e μ , nel loro insieme, costituiscono una ***scala***.

Teoria della misura.

Sistema relazionale empirico.

Def::

□ $SRE(\mathbf{E}, \Omega_1^{a1}, \Omega_2^{a2}, \dots, \Omega_m^{am}, \zeta_1^{k1}, \zeta_2^{k2}, \dots, \zeta_n^{kn})$,

ove

- $\Omega_1^{a1}, \Omega_2^{a2}, \dots, \Omega_m^{am}$ sono operazioni in \mathbf{E} ,
 - $\Omega_{i=1..m}^{ai}: \mathbf{E}^{ai} \rightarrow \mathbf{E}$, con a_i ordine (“arità”) di Ω_i ,
- $\zeta_1^{k1}, \zeta_2^{k2}, \dots, \zeta_n^{kn}$ sono relazioni su \mathbf{E} (i.e., fra le entità empiriche di \mathbf{E}):
 - $\zeta_{i=1..n}^{ki} \subseteq \mathbf{E}^{ki}$, con k_i ordine di ζ_i .



Teoria della misura.

Sistema relazionale formale.

Def.:

□ $SRF(F, \bullet_1^{a1}, \bullet_2^{a2}, \dots, \bullet_m^{am}, S_1^{k1}, S_2^{k2}, \dots, S_n^{kn})$,

ove

- $\bullet_1^{a1}, \bullet_2^{a2}, \dots, \bullet_m^{am}$ sono operazioni in F ,
- $S_1^{k1}, S_2^{k2}, \dots, S_n^{kn}$ sono relazioni su F , i.e.,
 - $\bullet_{i=1..m}^{ai}: F^{ai} \rightarrow F$
 - $S_{j=1..n}^{kj} \subseteq F^{kj}$.

Nel seguito, si considerano sistemi formali che, in ultima istanza, sono numeri (“Sistemi numerici”), salvo diversa esplicita indicazione.



Teoria della misura.

Modello di misura.

Dicesi *Modello di Misura* (MM) di **E** tramite **F** ogni omomorfismo μ di SRE su SRF:

$\mu: \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{F}$:

$$\square \zeta_i(e_1, e_2, \dots, e_{ki}) \Leftrightarrow S_i(\mu(e_1), \mu(e_2), \dots, \mu(e_{ki})) \\ (i=1..n) ;$$

$$\square \mu(\Omega_j(e_1, e_2, \dots, e_{sj})) = \bullet_j((\mu(e_1), \mu(e_2), \dots, \mu(e_{sj}))) \\ (j=1..m).$$

Pertanto, un MM riflette nel proprio sistema formale i comportamenti e le relazioni delle entità del sistema empirico.



Teoria della misura. Modello di misura.

Nel seguito:

- utilizziamo il simbolo μ per denotare in modo semplice un MM, formalmente definito come sopra, supposto esistente salvo diversa esplicita indicazione;
- corrispondentemente, \mathbf{F} denoterà l'insieme formale \mathbf{F} omomorfo ad \mathbf{E} tramite μ .

Teoria della misura.

Scala di misura.

Dicesi *scala* ogni tripla $(\mathbf{E}, \mathbf{F}, \mu)$.

Esempi

Sono le seguenti grandezze misurabili?

- ✓ Genere?
 - ✓ {M, F}.
- ✓ Xxx?
 - ✓
- ✓ Speditezza?
 - ✓ E.g., di un pezzo musicale
 - ✓ {... Allegretto, Allegro, Molto allegro, Vivace ...}.
- ✓ Ritmo?
 - ✓ E.g., di un pezzo musicale
 - ✓ {2/2, 3/4, 4/4, 5/8, 6/8, 7/8 ...}.
- ✓ Temperatura?
- ✓ Velocità?
- ✓ Numero di difetti presenti in un software?

Teoria della misura.

Scala di misura.

Tipi di scale.

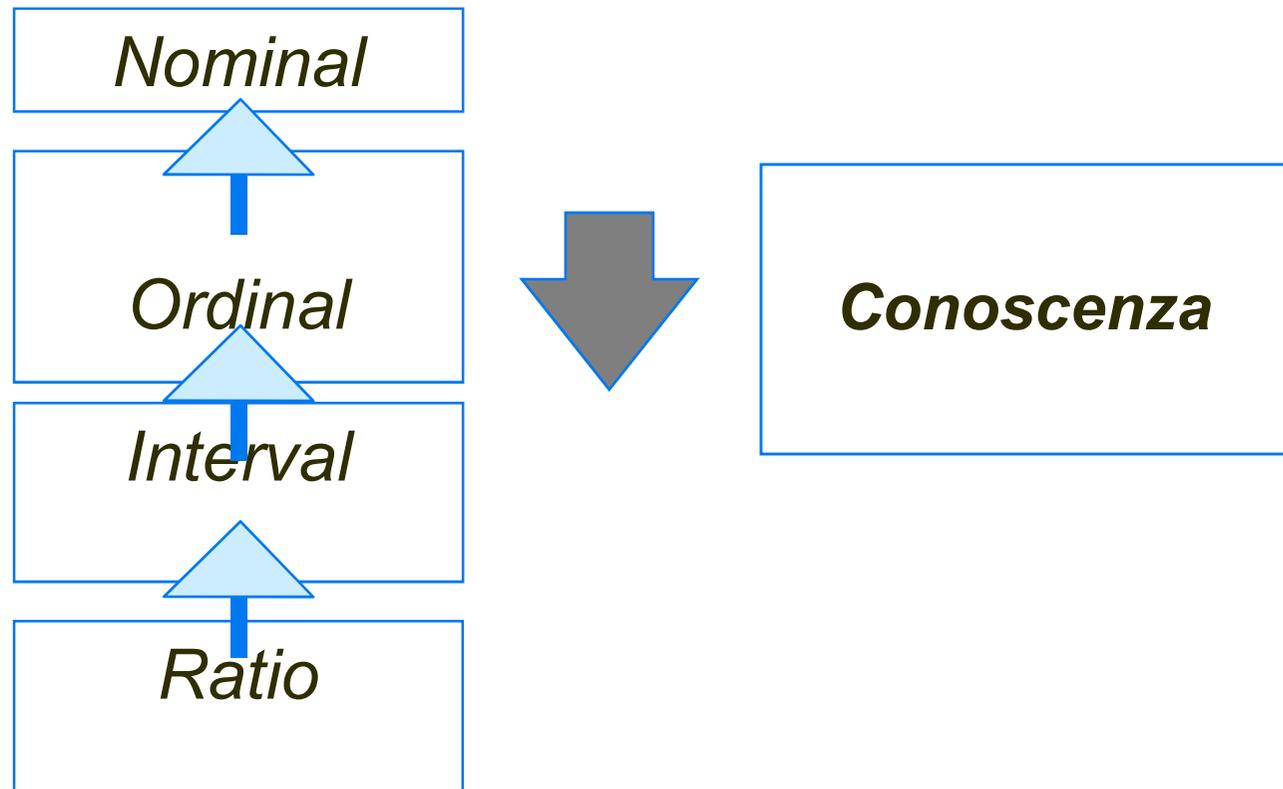
In relazione a sue caratteristiche, una scala si dice:

- Nominale
- Ordinale
- Intervallo
- Rapporto
- Assoluta.

Teoria della misura.

Relazione fra tipi di scale

Scale type



Teoria della misura.

Scala nominale.

Una scala:

- ***Nominale*** introduce un partizionamento di **E** in classi di equivalenza, una per ogni elemento dell'insieme numerabile **F**
 - perciò, per quanto concerne l'attributo d'interesse, un'entità appartiene a una tale classe e una sola.



Teoria della misura.

Scala nominale.

- È possibile costruire variamente corrispondenze biunivoche fra l'insieme di tali classi $\mathbf{C}(\mathbf{E})$ e gli elementi di \mathbf{F} ;
 - per ciascuna corrispondenza si avrà una scala nominale e gli elementi di \mathbf{F} potranno usarsi per rappresentare, etichettare, gli elementi di $\mathbf{C}(\mathbf{E})$ e, quindi, “misurare” gli elementi di \mathbf{E} .
 - Idem dicasi per ogni altro insieme formale biunivocamente corrispondente a \mathbf{F} .
 - Poiché diverse semantiche possono essere associate a un medesimo partizionamento, la specifica *semantica di una scala* deve esistere al di fuori della stessa.

Teoria della misura. Scala nominale.

- Nelle scale nominali è definita la *relazione binaria di equivalenza*, “==” (e, naturalmente, la sua negata, “!=”); date due entità, la relazione di equivalenza restituisce il valore “True” se e solo se esse appartengono alla stessa classe e, dunque, hanno la stessa immagine in **F**.
- Considerate due entità di **E**, l'unica cosa che può dirsi è se esse sono equivalenti oppure no.

Teoria della misura.

Scala ordinale.

- **Ordinale**: è Nominale. **F** è altresì totalmente ordinato; pertanto, le entità di **E** sono, oltre che classificate, anche ordinate tramite **F**.
 - Nelle scale ordinali sono altresì definite le ulteriori *relazioni d'ordine*, “ \leq ”, “ \geq ” e loro rispettive negate (“ $>$ ”, “ $<$ ”).
 - Pertanto, considerate due entità di **E**, può dirsi se l'una precede, segue o è pari all'altra nel fissato ordinamento.
 - Anche qui, la semantica specifica degli elementi di una scala ordinale deve esistere al di fuori della stessa.

Teoria della misura.

Scala intervallo.

- **Intervallo**: è Ordinale. **F** è altresì continuo intorno a uno *zero convenzionale*; le entità di **E** non solo possono classificarsi e ordinare tramite **F**, ma è anche significativa la loro *distanza relativa*.
 - È allora possibile affermare, ad esempio, che la distanza fra due entità è uguale a (resp. minore/maggiore di) quella esistente fra altre due.

Teoria della misura.
Scala rapporto.

- **Rapporto** (*Razio* o “*Ratio*”): è una scala Intervallo. Altresì, lo zero è riconosciuto dal sistema empirico come entità contenente quantità nulla; delle misure delle entità di **E**, non solo è significativa la distanza, ma anche il *rapporto*.

Teoria della misura.

Scala assoluta.

- **Assoluta**: si riferisce ad attributi che corrispondono a caratteri naturali dell'entità; per ogni stato dell'entità hanno un solo valore possibile e viceversa.
 - Ad esempio, attributi che conteggiano le occorrenze dei caratteri nell'entità (e.g. difetti identificati in un software).

Teoria della misura.

Scala e livello di conoscenza dell'attributo in esame.

È interessante interpretare il tipo di scala in rapporto al SRE, osservando come nel passaggio dalla scala Nominale a quella Ordinale e così via fino a quella Rapporto, le operazioni applicabili diventano sempre più fini e ciò rappresenta una maggiore conoscenza dell'attributo in esame.

Teoria della misura.

Scala reale.

Se \mathbf{F} coincide con \mathfrak{R} , insieme dei numeri reali,
 $(\mathbf{E}, \mathfrak{R}, \mu)$ si dice *scala reale*.



Teoria della misura. Scale reali.

Specializzando quanto detto sulle scale al caso di \mathcal{R} :

- *Nominale*: considerate due entità, l'unica cosa che può dirsi è se la misura numerica dell'una è *uguale* o è *diversa* da quella dell'altra; si può computare la *moda*.
- *Ordinale*: nel sistema formale possono applicarsi solo operazioni di *confronto*; si può computare la *mediana*.



Teoria della misura. Scale reali.

Specializzando quanto detto sulle scale al caso di \mathcal{R} :

Intervallo: nel sistema formale possono applicarsi anche operazioni di *addizione* e *sottrazione*, oltre a definirsi uno 0 convenzionale (e.g. lo 0 della scala centigrada); si può computare la *media* sia *aritmetica* che *pesata*. Si possono computare *Deviazione standard* (σ), *Varianza* (σ^2), *Intervallo*.



Teoria della misura.

Scale reali.

Specializzando quanto detto sulle scale al caso di \mathcal{R} :

- *Razio*: nel sistema formale si possono applicare anche le operazioni di *prodotto e divisione*; si possono computare *media ~~pesata~~ geometrica*, ecc.; è possibile computare il coefficiente di variazione (σ/μ); si possono applicare *test statistici*.

Teoria della misura.
Scale reali.

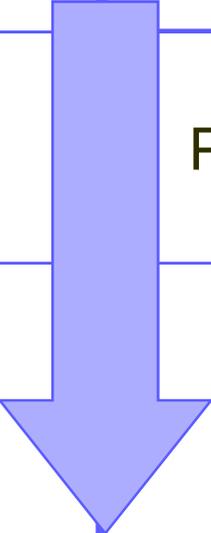
Specializzando quanto detto sulle scale al caso di \mathcal{R} :

- *Assoluta*: nel sistema formale possono applicarsi operazioni proprie del tipo della funzione identità.

Teoria della misura.

Scale reali.

Statistic <i>Scale type</i>	Measure of:		
	Central tendency	Dispersion	Dependency
<i>Nominal</i>	Mode	No., Frequency	
<i>Ordinal</i>	Median, Percentiles	Interval of variation	Sperman Corr. coef. - Kendall Corr. coef.
<i>Interval</i>	Mean	Std. Deviation, Variance, Range	Corr. coef. of Pearson
<i>Ratio</i>	Geometric mean	Coefficient of variation	Statistical Tests



Teoria della misura. Scale reali.
Molteplicità.

Se una μ fra \mathbf{E} ed \mathfrak{R} esiste, non è detto che sia unica.

Anzi, l'insieme non vuoto di tali omomorfismi può utilizzarsi per caratterizzare i diversi tipi di scale reali.

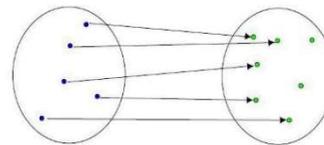
Teoria della misura. Scale reali.
Trasformazioni ammissibili.

Per una $(\mathbf{E}, \mathfrak{R}, \mu)$, dicesi *trasformazione ammissibile* ogni funzione reale $g: \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}$ tale per cui la terna $(\mathbf{E}, \mathfrak{R}, g(\mu(\cdot)))$ è ancora una scala.



Teoria della misura. Scale reali. Trasformazioni ammissibili.

□ Nominale: g è *iniettiva*.



□ Ordinale: g è altresì *strettamente crescente*.

□ Intervallo: g è altresì *lineare* ($g(x) = m \cdot x + n$, $m > 0$).

□ Razio: g è altresì *nulla in zero* ($g(x) = m \cdot x$, $m > 0$).

□ Assoluta, g è l'*identità*.

Teoria della misura. Scale reali.

Utilità delle varie tipologie di scale.

Per quanto concerne l'utilità d'impiego di scale reali delle varie tipologie, si osserva che il tipo di scala utilizzato influisce sulle informazioni, significative in termini del SRE, che possono trarsi, direttamente o indirettamente (i.e. previa elaborazione), dalle misure effettuate.

Teoria della misura. Scale reali.

Affermazioni valide.

In generale, in relazione a valori misurati, un'affermazione è valida se essa è *vera per tutte le trasformazioni ammissibili*.

- Ad esempio, se due entità assumono, in una scala *intervallo*, rispettivamente valori x e y , non ha senso affermare che l'una vale x/y volte l'altra: in un'altra scala intervallo (cioè con un'altra applicazione ammissibile), esse potrebbero assumere valori con rapporto diverso da x/y . Per la verità dell'affermazione, occorre, infatti, una scala *Razio*.

Tipologie di modelli di misura

Modelli e misurazioni si distinguono in:

- **Diretti (o Base)**, se il modello di attributo si basa su un carattere direttamente misurabile dell'entità, e
- **Indiretti (o Derivati)**, se invece si basa su una relazione funzionale con un insieme di altri attributi, a loro volta da misurare e utilizzare per esprimere la misura dell'attributo d'interesse.



Tipologie di modelli di misura

Le misurazioni si distinguono, inoltre, in:

- **Soggettive**, se dipendenti da una qualche valutazione umana
- **Oggettive**, se, almeno in principio, attuabili anche senza diretta partecipazione umana, ad esempio, da un automa.



Tipologie di modelli di misura

Le misurazioni si distinguono altresì in:

- **Descrittive**
- **Prescrittive**
- **Predittive.**



Tipologie di modelli di misura.

Modelli descrittivi.

I modelli descrittivi sono intesi a caratterizzare un'entità *così come è*; definiscono un attributo in termini di uno o più caratteri, direttamente o indirettamente misurabili.

Un tale modello descrive, quindi, un **attributo** di un'entità – disponibile in una certa fase del processo – a partire dai **caratteri** osservabili dell'entità stessa.



Tipologie di modelli di misura. Modelli descrittivi.
Knowledge Package.

Un MM descrittivo è un «*knowledge package*»; esso consiste di:

- Un modello della entità
- Le proprietà note dell'attributo da misurare
- Una mappa (μ) dal mondo empirico a quello formale
- Una scala [e una unità di misura].

Tipologie di modelli di misura.

Modelli prescrittivi.

I modelli prescrittivi sono intesi a caratterizzare un'entità così *come si vuole che sia*.

Da un lato danno informazioni sul “che cosa” e/o sul “come” delle varie tipologie di entità, dall'altro consentono di **verificare** che quelle cose siano realizzate secondo le forme e i modi indicati.

I modelli prescrittivi operativamente consistono, dunque, in una serie di **regole e specifiche sul come, dove e quando verificarne l'applicazione.**

Tipologie di modelli di misura.

Modelli predittivi.

I modelli predittivi sono intesi a caratterizzare un'entità così **come ragionevolmente ci si aspetta che sarà.**

Definiscono un legame fra gli attributi di una o più entità, e_1, e_2, \dots, e_k , disponibili durante una certa fase del processo, e gli attributi di un'altra entità, e_n , disponibile in una fase successiva.

I primi si possono utilizzare in sostituzione dei secondi quando l'entità e_n non è ancora disponibile.



Tipologie di modelli di misura.

Modelli predittivi.

Ciò è particolarmente utile in tutti quei casi in cui la previsione dei caratteri dei prodotti finali o del processo permette di anticipare eventuali azioni, ad esempio correttive, limitando così costi e tempi delle fasi successive, tra cui quella di correzione.