

Misurare il software

Misurare

?

Sommario

- Misurare? Perché?
- Fini e oggetto del misurare
- Termini del misurare
- Misurazione: una definizione standard
- Concetti
- Teoria della misura
 - Il problema della misura e sua soluzione in pillole
 - Sistema relazionale empirico
 - Sistema relazionale formale
 - Modello di misura
 - Scale di misura
- Tipologie di modelli di misura



Sommario

- La misurazione di entità prodotte e influenzate da comportamenti umani
- La misurazione del software
 - Bisogna attendersi problemi?
 - Che cosa si misura
 - Tipologie di entità ed entità delle diverse tipologie
 - Attributi di interesse
 - Proprietà degli attributi software
 - Impatto sulla misurazione del software dell'immaterialità del bene e delle dipendenze dal fattore umano
 - Individuazione dei modelli di misura software
 - *Quality Models, QM*
 - *Goal-Question-Metric approach, GQM*
 - *Quality Function Deployment, QFD*
 - Sintesi

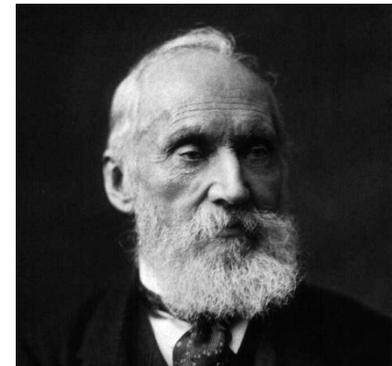
Perché misurare?

Citazioni

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

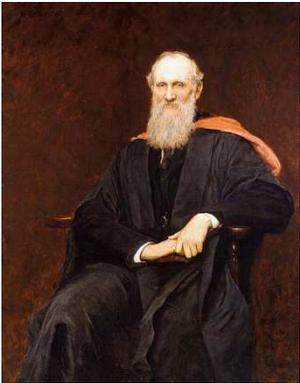
(William Thomson,) Lord Kelvin

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



Riferimento

Quanto segue è basato su

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.

Versioni precedenti e successivi aggiornamenti

- Technical Report ISERN by Giovanni Cantone & Paolo Donzelli, 1994.
- Errata Corrige del 15.09.2006.
- Ulteriori minori correzioni/miglioramenti di ottobre 2013 e novembre 2014.

Fini del misurare

Misurare serve a vari fini, quali:

- Compare
- Pianificare
- Monitorare
- Controllare
- ...

Oggetto del misurare

Misuriamo:

- Processi
- Prodotti
- Strumenti

e ulteriori risorse (metodi, tecniche e altro)

e molte altre <<*entità*>>.

Parole del misurare

Ripetiamo la domanda da cui siamo partiti: che cosa significa

- Misurare?

E che cosa si intende dire con relative parole, come:

- Misurazione?

- Misura?

- Metrica?

- Modello di misura?

Parole del misurare

Dal vocabolario Treccani Online

- **Mensurale** agg. [dal lat. tardo *mensuralis*, der. di *mensura* «misura»], letter.
 - Relativo alla misura o alla misurazione; in partic., che considera o tiene conto della misura, cioè della durata delle note musicali (con riferimento alle varie dottrine del mensuralismo): *notazione mensurale*.

...



Parole del misurare: dal vocabolario Treccani Online

- **Mètrica** s. f. [femm. sostantivato dell'agg. *metrico*; nel sign. 1, cfr. gr. μετρική (sottint. τέχνη «arte»)]. –
 1. La tecnica della versificazione, cioè il complesso delle leggi che regolano la composizione dei versi ...
 2. Con riferimento a *metro* nel significato etimologico di «misura»:
 - a. In matematica, generalizzazione, per un insieme astratto, del concetto di distanza dell'ordinario spazio euclideo, consistente in una funzione che associ a ogni coppia dell'insieme un numero reale positivo o nullo ...
- **Mètrico** agg. [dal lat. *metrĭcus*, gr. μετρικός, der. di μέτρον «misura; metro (del verso)»] (pl. m. -ci). –
Concernente la misura. In matematica, relativo a una metrica, cioè a un concetto di misura.



Parole del misurare: 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.
- **Misurare** (ant. **meurare**) v. tr. [lat. tardo *mensurare*, der. di *mensura* «misura»]. –
 1. Determinare la misura di una grandezza; eseguire una misurazione; prendere (o trovare, stabilire, calcolare) le misure di qualche cosa.



Parole del misurare: dal vocabolario Treccani Online

□ **Misurazione** s. f. [der. di [misurare](#)]. – L'operazione del misurare, consistente nel confrontare una determinata grandezza fisica con la sua unità di misura, allo scopo di determinare il valore (o *misura*) della grandezza stessa.

In partic., *m. diretta* (o *fondamentale*, o *relativa*), quella che consente di determinare la misura di una grandezza direttamente (senza quindi far ricorso alla misurazione di altre grandezze), confrontandola con un campione (per es., la misurazione della massa di un corpo mediante una bilancia, sull'altro piatto della quale vengono poste masse campione); *m. indiretta* (o *derivata*), quella in cui la grandezza da misurare dipende, secondo una relazione funzionale nota, da altre grandezze misurate direttamente.

...

Parole del misurare

Che cosa vuole dire allora

□ Misurare?



È forse il caso, per capire, di guardare anche a ciò che dicono uomini di scienza, ingegneri e ... uomini 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 dizionario 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
 - nostri obiettivi.

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
- obiettivi 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 è di tipo funzionale e può realizzarsi in vario modo: e.g. tabellare, operativo, 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 stato però anche usato in maniera più vaga.

Glossario dei termini.

Misurazione (MM).

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,
- 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, in primo luogo, individuare che cosa possa fornire un'idea dell'attributo e, in secondo luogo, verificare se ciò che si è così individuato possa essere effettivamente misurato.

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::

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

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::

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

ove

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

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 $(\mathbf{E}, \mathbf{F}, \mu)$.

Tipi di scale.

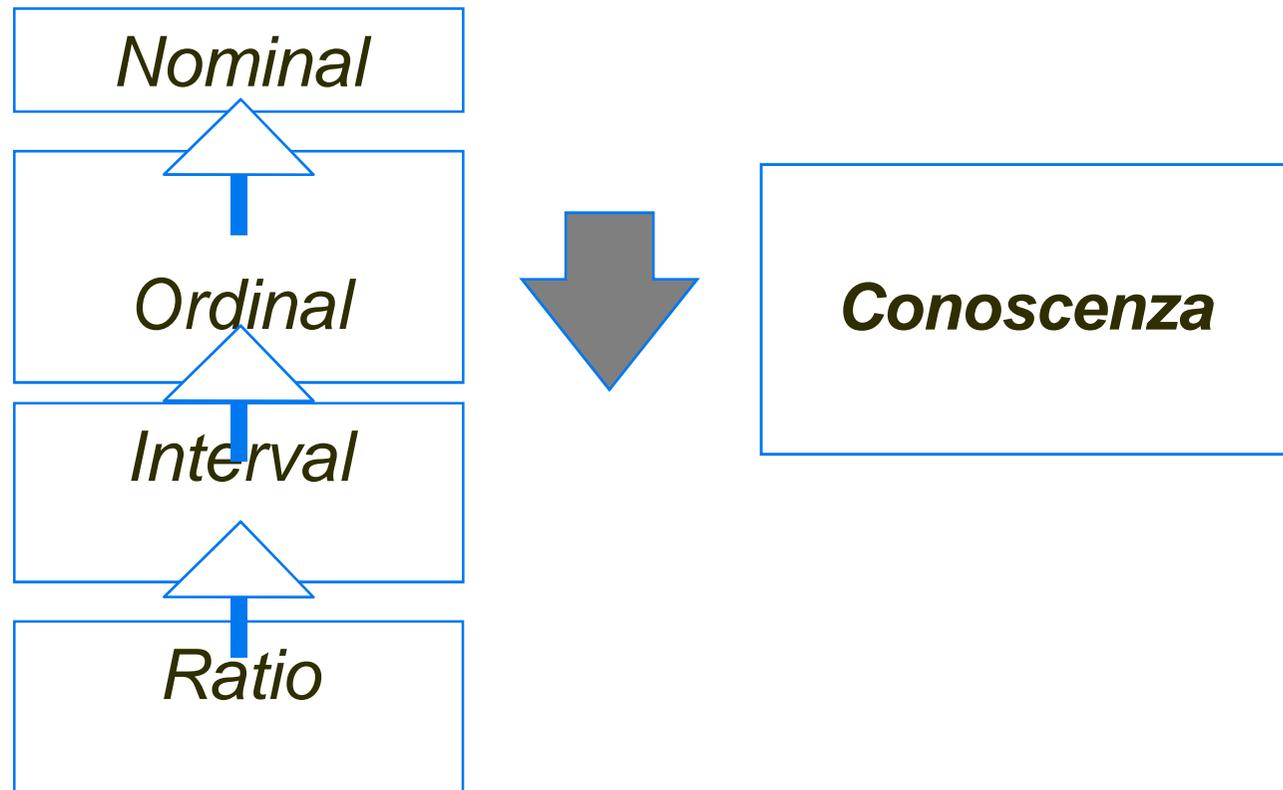
In relazione a sue caratteristiche, una scala si dice:

- 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 (risp. 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.

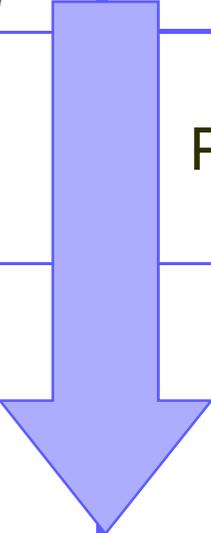
Specializzando quanto detto sulle scale al caso di \mathcal{R} :

- *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. Esistenza.

Dati un \mathbf{E} e il suo SRE, non è detto che esista una μ fra \mathbf{E} ed \mathfrak{R} .

A riguardo, si provano alcune *condizioni d'esistenza delle scale reali*.



Teoria della misura. Scale reali. Esistenza.

- Se, nel SRE (\mathbf{E}, ζ) , \mathbf{E} è numerabile, ζ è binaria ed esiste una $\mu: \mathbf{E} \rightarrow \mathfrak{R}$ tale che $\forall (\varepsilon_1, \varepsilon_2) \in \mathbf{E}^2, \varepsilon_1 \zeta \varepsilon_2 \Leftrightarrow \mu(\varepsilon_1) \geq \mu(\varepsilon_2)$ allora $(\mathbf{E}, \mathfrak{R}, \mu)$ è una scala ordinale; (ii) Se, nel SRE $(\mathbf{E}, \zeta, \Omega)$, \mathbf{E} è continuo e ζ è su \mathbf{E} , Ω interna ad \mathbf{E} allora $(\mathbf{E}, \mathfrak{R}, \mu)$ è una scala Razio additiva se e solo se esiste una $\mu: \mathbf{E} \rightarrow \mathfrak{R}$ tale che $\forall (\varepsilon_1, \varepsilon_2) \in \mathbf{E}^2, \varepsilon_1 \zeta \varepsilon_2 \Leftrightarrow \mu(\varepsilon_1) \geq \mu(\varepsilon_2) \wedge \mu(\varepsilon_1 \Omega \varepsilon_2) = \mu(\varepsilon_1) + \mu(\varepsilon_2)$. Si osserva che tali μ esistono se e solo se: (i) ζ è transitiva e completa ("Ordine debole");



Teoria della misura. Scale reali. Esistenza.

- ζ è un ordine debole associativo monotono con archimedia ("Struttura estensiva chiusa").

Vedere a riguardo lavori di Hörst Zuse, figlio di Konrad.

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.

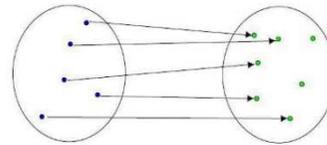
Teoria della misura. Scale reali.
Trasformazioni ammissibili.

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, $\mathbf{e}_1, \mathbf{e}_2, \dots, \mathbf{e}_k$, disponibili durante una certa fase del processo, e gli attributi di un'altra entità, \mathbf{e}_n , disponibile in una fase successiva.

I primi si possono utilizzare in sostituzione dei secondi quando l'entità \mathbf{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.

La misurazione di entità prodotte e influenzate da comportamenti umani

La misurazione di entità influenzate da comportamenti umani impone di adeguare il concetto di "analogia delle condizioni" e, quindi, quello di ripetibilità delle misure.

SOFTWARE : ENTITÀ PRODOTTE E INFLUENZATE DA COMPORTAMENTI UMANI

Quando si parla di software ci si riferisce a entità le quali, per essere di interesse industriale, non sono analoghe a quelle, ad esempio, trattate nella psicologia, ma non si deve comunque dimenticare che esse sono fortemente influenzate da comportamenti umani, individuali e di gruppo.

RELAZIONE FRA ATTRIBUTI SOFTWARE ESTERNI E INTERNI.

In effetti, pochi tentativi scientificamente pregnanti sono stati fatti per chiarire le relazioni che intercorrono tra gli attributi interni ed esterni del software, probabilmente con la sola eccezione dei modelli di qualità.

Il più delle volte, le ricerche si sono limitate a evidenziare l'esistenza di legami superficiali.

SHOULD WE THEN EXPECT
PROBLEMS WITH

SOFTWARE MEASUREMENT

?

Should we expect problems with trying to measure software

Quoting Tom De Marco 1982

- *You can't control what you can't measure.*



Tom De Marco

Hazleton, Pennsylvania , August 20, 1940

- *Controlling Software Projects: Management, Measurement, and Estimation* (Prentice Hall/Yourdon Press, 1982).



Should we expect problems with trying to measure software

Quoting Tom De Marco 2009

- *Software Engineering: An Idea Whose Time Has Come and Gone?* by Tom DeMarco, Computing Now, 2009
- Implicit in the quote (and indeed in the book's title) is that control is an important aspect, maybe the most important, of any software project. But it isn't. Many projects have proceeded without much control but managed to produce wonderful products such as GoogleEarth or Wikipedia.



Citations. (Contd.) Tom DeMarco 1992

- (Continued) What's immediately apparent is that control is really important for Project A [cost \$1m, value \$1.1m] but almost not at all important for Project B [cost \$1m, value \$50m]. This leads us to the odd conclusion that strict control is something that matters a lot on relatively useless projects and much less on useful projects. It suggests that the more you focus on control, the more likely you're working on a project that's striving to deliver something of relatively minor value.



Misurare il software

MISURE SOFTWARE. ENTITA'.

Processo: il complesso di procedimenti e discipline connesso al ciclo di vita del software, la sua strutturazione e organizzazione, ad esempio in iterazioni, fasi, attività; può avere un inizio ed una fine ben definiti (iterazione e fasi), oppure essere identificato solo in base ad un intervallo temporale (e.g., attività di sviluppo svolta in un trimestre).

MISURE SOFTWARE. ENTITA'.

Prodotto: generato in uscita dal processo.

Risorsa: tutto ciò che entra nel processo software o contribuisce alla sua esecuzione.

MISURE SOFTWARE. TIPI DI ENTITA'.

Entità delle diverse tipologie sono, ad esempio:

- **Processo** → **Specificazione, Progettazione, Testing;**
- **Prodotto** → **Specifiche dei requisiti, Progetto, Codice, Documentazione finale, Rapporti di testing;**
- **Risorsa** → **Personale, Metodi, Strumenti, ma anche Caratteristiche dell'ambiente di lavoro;**
 - Altro ???

MISURE SOFTWARE. ATTRIBUTI.

Gli Attributi di interesse dipendono dalla tipologia di entità software e dalla relativa sub-classe, oltre che dalla caratterizzazione, interna o esterna, dell'attributo medesimo.

MISURE SOFTWARE.

ATTRIBUTI INTERNI.

Per *Attributi interni*, potenzialmente interessanti sono, peraltro:

- Prodotto, Specificazione o Progetto → **Lunghezza, Riuso, Funzionalità e Modularità;**
- *Prodotto* →
 - *Codice* → oltre agli attributi sopra elencati: **Complessità algoritmica, Testabilità, Strutturazione** del flusso di controllo;
 - *Gruppo di Lavoro* → **Dimensione, Strutturazione, Comunicatività.**

MISURE SOFTWARE. ATTRIBUTI ESTERNI.

attributi esterni: sempre interessante è la **Qualità**; potenzialmente interessanti sono:

- Prodotto, Specifiche o Progetto → **Comprensibilità, Manutenibilità, Riutilizzabilità;**
- Prodotto, Progetto → **Affidabilità, Usabilità;**
- Processo → **Costo, Stabilità, Controllabilità;**
- Risorse →
 - Personale, Gruppo → **Produttività;**
 - Strumenti → **Affidabilità, Usabilità;**
 - Ambiente di Lavoro → **Qualità, Comfort.**

SYNTHESIS

Quantifying Entities

Entities	Attributes	Rules	Numbers/Symbols
 Process	effort	person-days	53 pds
 Product	size	number of Lines of Code	700 LOC
 Resource	experience	>10 projects	“high”

SYNTHESIS

Example Measurement Data

- Resource Data
 - Effort, calendar time, monetary cost
- Process Data
 - Process conformance, process maturity
- Product Data
 - Size, complexity, quality
- Personnel data
 - Role, experience
- Context data
 - Application domain, industry area

SYNTHESIS

Measurement Scales

- Consider measurement scale when computing derived measures!

Scale	Basic Operations	Typical Examples
Nominal	Determination of equality ($=$, \neq)	Types of defects
Ordinal	Determination of greater or less ($=$, \neq , $<$, $>$)	Level of training or understanding; defect severity
Interval	Determination of equality of intervals or differences ($=$, \neq , $<$, $>$, $+$, $-$)	Calendar dates, temperatures in C or F
Ratio	Determination of the equality of ratios ($=$, \neq , $<$, $>$, $+$, $-$, $*$, $:$)	Lines of Code, number of defects, code complexity

SYNTHESIS

Objective Measures

- An measure taken on the actual product or process
- Usual scale: interval or ratio
- Examples: time for development, number of lines of code, number of errors or changes.

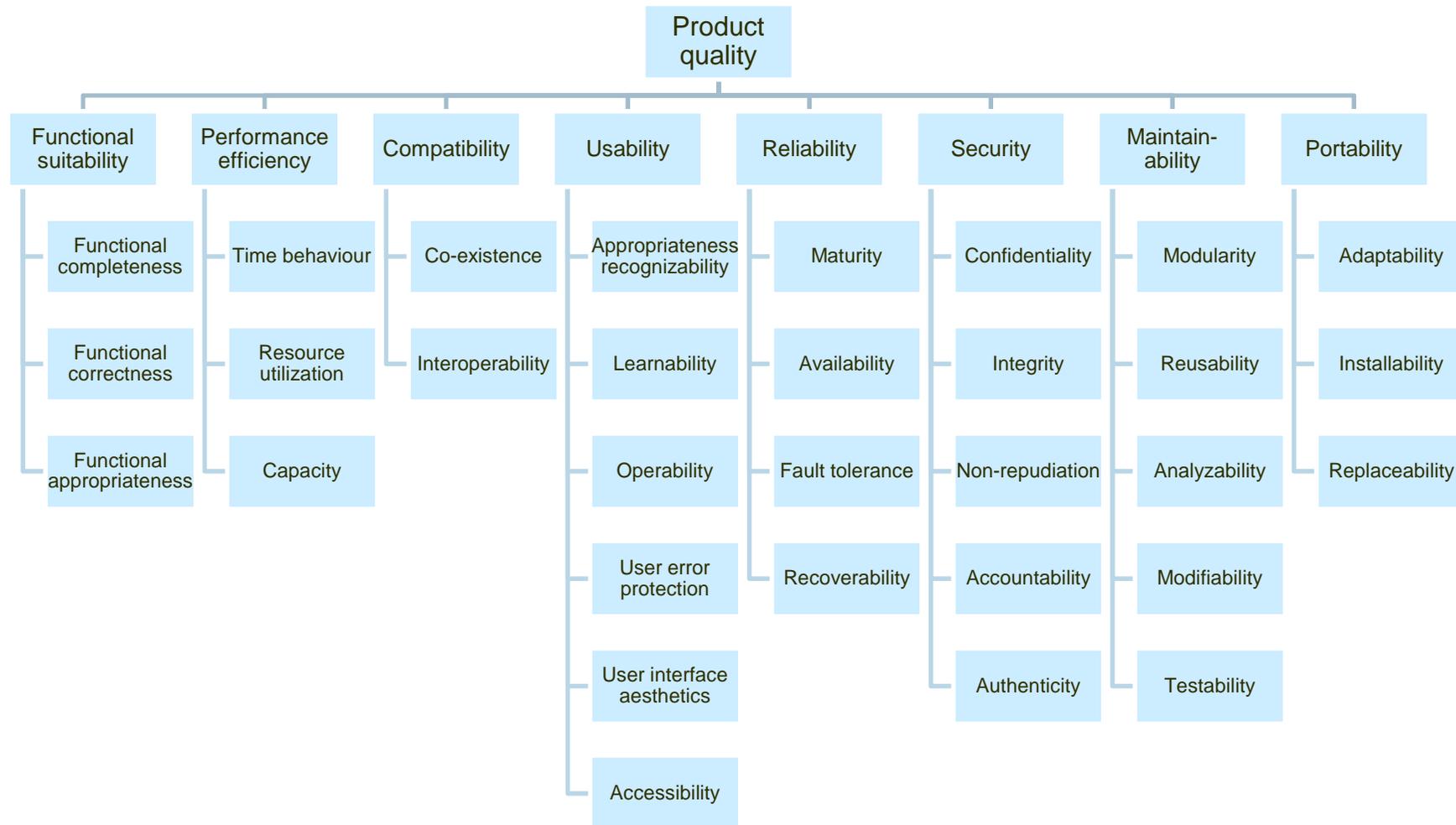
SYNTHESIS

Subjective Measures

- An estimate of extent or degree in the application of some technique
- A classification or qualification of problem or experience
- Usual scale: nominal or ordinal.

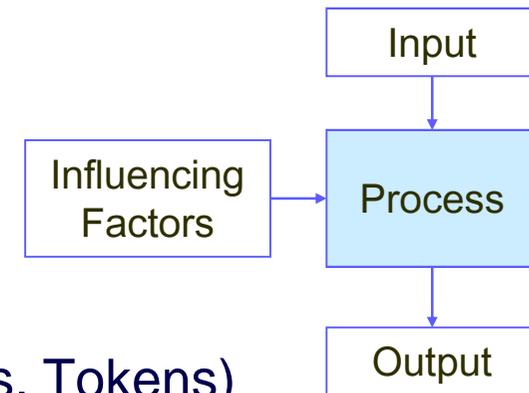
- Examples: quality of use of a method or technique, experience of the programmers in the application or process.

Product Measurement Example: ISO/IEC 25010 - Product Quality



Process Measurement Example: IEEE Standard 1045-1992 for Software Productivity Metrics

- Definition:
 - $\text{Productivity} = \text{Outputs} / \text{Inputs (O/I)}$
 - $\text{Incremental Productivity} = \frac{O(t2) - O(t1)}{I(t2) - I(t1)}$
- IEEE Output Samples:
 - LOC, Function Points, Documents (Pages, Tokens)
 - In general all size measures
- IEEE Input Samples:
 - Direct/support staff-hours
 - In general all effort measures
- Influencing factors:
 - Personnel, User Participation,
 - Stability of product requirements, Constraining factors, etc.
 - Depending on context!



Project Measurement Example: SEI Performance Measures

Performance Measures	Influence Factors
Project effort	Size
Productivity	Artifact reuse
Project duration	Project type
Schedule predictability	Application domain
Requirements completion ratio	Average team size
Post-release defect density	Maximum team size
	Team expertise
	Process maturity