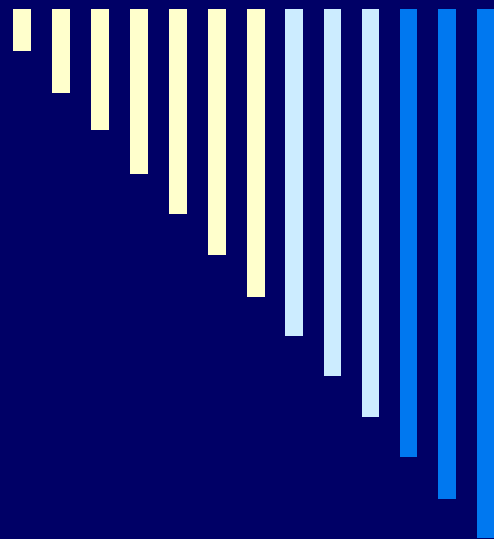


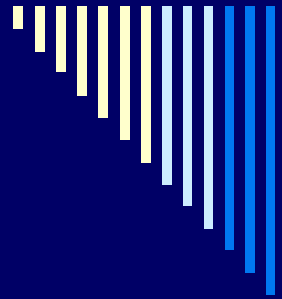


Modelli per la misura del software.

Parte 1/3: Teoria.

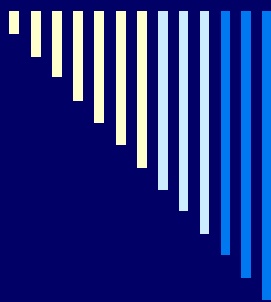
Rapporto tecnico, Roma Tor Vergata

- Prima versione del 1994 [ISERN] (Giovanni Cantone e Paolo Donzelli).
- Stampa di F. Angeli di luglio 2008 per GUFPI: *Misure software: teoria, modelli e ciclo di vita* (Giovanni Cantone, Paolo Donzelli, Gianfranco Pesce), Collana "Informatica & Organizzazioni" Cod. 724.36, 512 pp. ISBN 88-464-7139-3.
- Errata Corrige del 15.09.2006.
- Ulteriori minori correzioni di ottobre 2013.



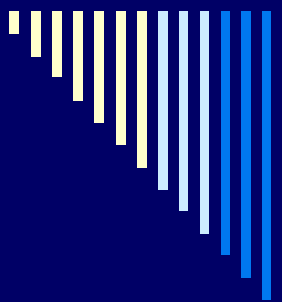
Sommario

- Citazioni
- Termini e 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
 - 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*
- Syntesis



Citazioni

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

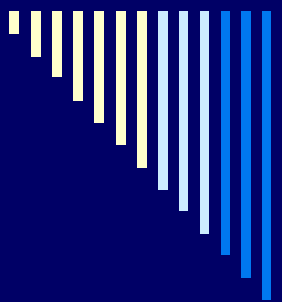
(William Thomson,) Lord Kelvin

Belfast, 26.06.1824 – Largs, 1712.1907

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

Louis Pasteur

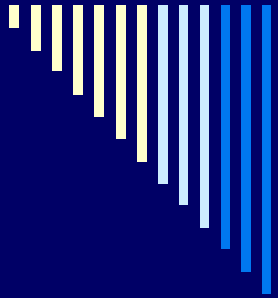
Dole, 27.12.1822 – Marnes-la-Coquette, 28.09.1895



Citazioni

- *[...] 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.*

Lord Kelvin



Citazioni

□ *You cannot control what you cannot measure.*

Tom De Marco, Software Engineer.

Hazleton (PA), 20.08.1940



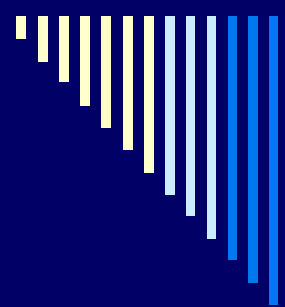
Oggetto del misurare

Misurare serve a vari fini, quali:

- compare
- pianificare
- monitorare
- controllare

e si applica a molteplici <<*entità*>>, fra cui:

- processi
- prodotti
- strumenti e ulteriori risorse (metodi, tecniche e altro).



Dizionario dei termini *.

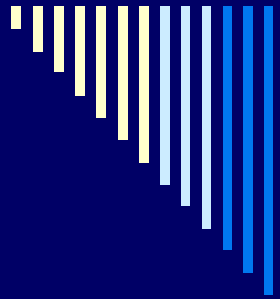
Entità.

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.



Dizionario dei termini.

Entità.

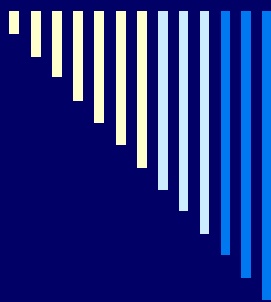
- Modelliamo una entità in relazione a
 - grado di conoscenza che si ha dei suoi caratteri;
 - strumenti di modellazione (linguaggi, metodi)
 - più o meno adeguati agli scopi – di cui si dispone e che si utilizzano;
 - nostri obiettivi.

Dizionario 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*;

%



Dizionario dei termini. **Attributo.**

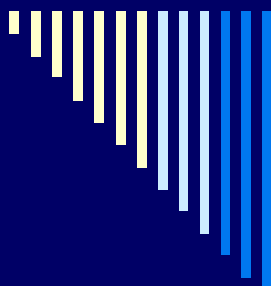
Un attributo può allora essere:

- *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.

Anche i **modelli degli attributi** dipendono da:

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

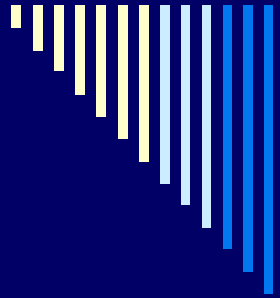
La comprensione di un attributo esterno migliora attraverso la individuazione, via via più chiara, dei suoi **legami** con gli attributi interni.



Dizionario dei termini. **Misura.**

Una *misura* 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 **scala** ben precisata (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.



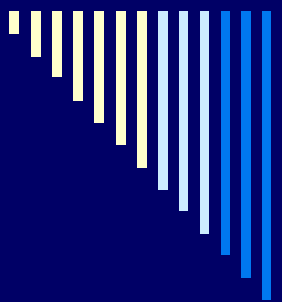
Una misura rappresenta l'entità nella dimensione definita dal particolare attributo.

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

Modello di misura.

Un *modello di misura*, 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?*) .

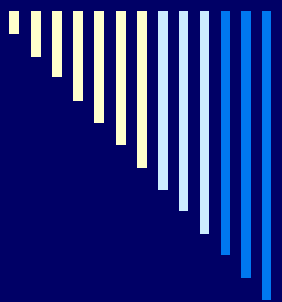


Dizionario dei termini.

Modello di misura. **Metrica.**

Una *metrica* dovrebbe essere lo stesso che modello di misura quando specializzato a un dominio; così, ad esempio, “Metrica Latina” per l’insieme delle norme che regolano composizione e struttura della poesia della Roma classica.

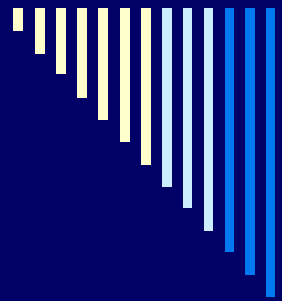
In ingegneria del software, invece, la parola è stata utilizzata con connotazioni molto ampie, da istanze di particolari modelli di misura (“Metrica di McCabe”) al misurare nel suo complesso (“Int. Symposium on Software Metrics”) al valore di una misurazione (i.e., misura).



Dizionario dei termini.

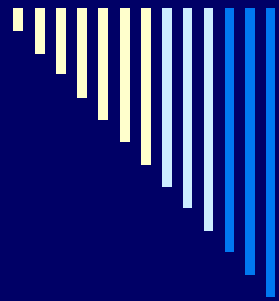
Misurazione (MM).

Misurazione è il processo che realizza una misura; peraltro, include un'istanza di MM.



Influenze sulle misurazione.

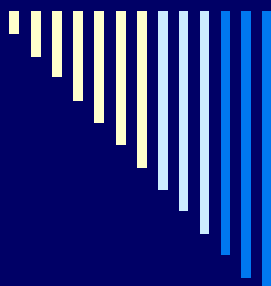
I sistemi, fra cui le entità che si intendono misurare, sono generalmente modificati e influenzati dall'esecuzione di processi di misura.



Ripetibilità di una Misurazione.

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

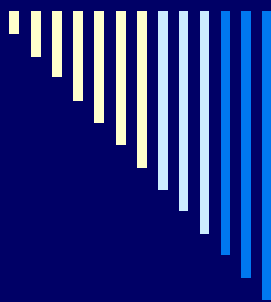
- salvo errori occasionali o sistematici, una determinata entità, a parità di contesto, stato e attributo misurato, è caratterizzata dalla stessa misura.



Modelli: di entità, di misura

Le misure consentono di dare valore a un attributo di un'entità, ma possono essere rilevate **solo dopo** aver opportunamente definito:

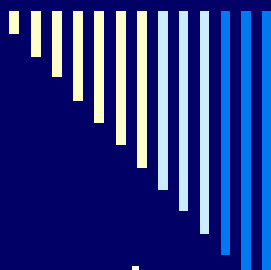
- prima un MM per l'attributo,
 - il che richiede la **identificazione dei caratteri dell'entità** che sono **significativi per l'attributo in esame**,
- poi un corrispondente **processo di misurazione**, completo delle necessarie risorse.



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.

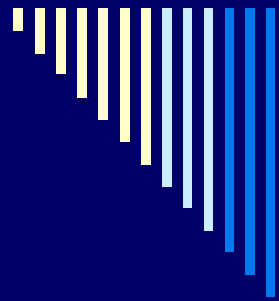
La scelta dei modelli è condizionata dal formalismo utilizzato per rappresentare l'entità e, analogamente, il modello scelto per un attributo influisce sull'insieme di astrazioni utilizzabili per rappresentare l'entità.



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**.

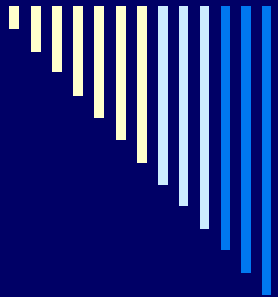


Teoria della misura.

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).



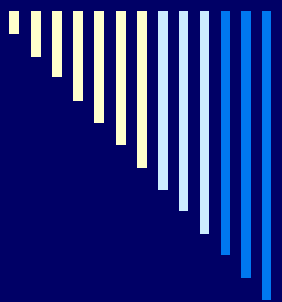
Teoria della misura.

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).

%



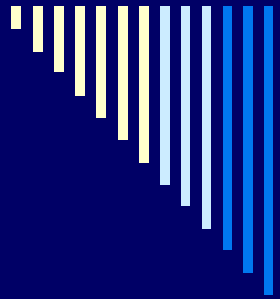
Teoria della misura.

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.

0/0

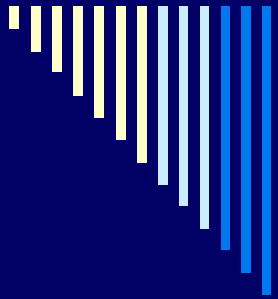


Teoria della misura.

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 allo stesso modo che le operazioni, relazioni, proprietà intuitive si manifestano in E .

%



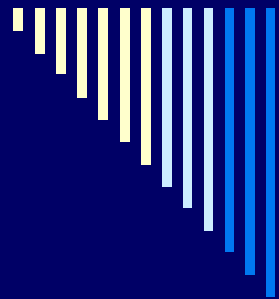
Teoria della misura.

Il problema della misura e sua soluzione in pillole.

Sotto le dette condizioni;

Ogni entità empirica può rappresentarsi
tramite un corrispondente elemento
formale:

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



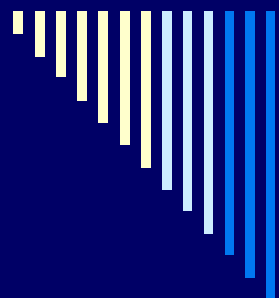
Teoria della misura. Sistema relazionale empirico.

Trattasi di un sistema

□ **$SRE(E, \Omega_1^{s1}, \Omega_2^{s2}, \dots, \Omega_m^{sm}, \zeta_1^{k1}, \zeta_2^{k2}, \dots, \zeta_n^{kn})$** ,

ove

- $\Omega_1^{s1}, \Omega_2^{s2}, \dots, \Omega_m^{sm}$ sono operazioni in E ,
- $\zeta_1^{k1}, \zeta_2^{k2}, \dots, \zeta_n^{kn}$ sono relazioni fra le entità empiriche di E , i.e.,
 - $\Omega_{i=1..m}^{si}: E^{si} \rightarrow E$, con ordine (“arità”) di Ω_i ,
 - $\zeta_{j=1..n}^{kj} \subseteq E^{kj}$, con ordine di ζ_j .



Teoria della misura.

Sistema relazionale formale.

Trattasi di un sistema

$$\square SRF(\mathbf{F}, \bullet_1^{s1}, \bullet_2^{s2}, \dots, \bullet_m^{sm}, S_1^{k1}, S_2^{k2}, \dots, S_n^{kn}),$$

ove

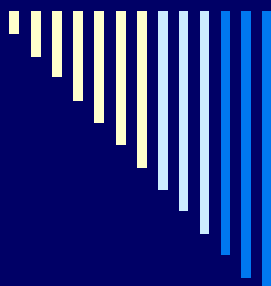
$\square \bullet_1^{s1}, \bullet_2^{s2}, \dots, \bullet_m^{sm}$ sono operazioni in $\mathbf{F}$,

$\square S_1^{k1}, S_2^{k2}, \dots, S_n^{kn}$ sono relazioni su $\mathbf{F}$, i.e.,

$$\blacksquare \bullet_{i=1..m}^{si} : \mathbf{F}^{si} \rightarrow \mathbf{F}$$

$$\blacksquare S_{i=1..n}^{ki} \subseteq \mathbf{F}^{ki}.$$

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

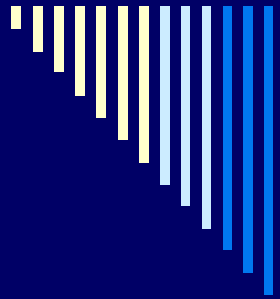


Teoria della misura. Modello di misura.

Dicesi *modello di misura* (MM) di $\mathbf{E}$ tramite $\mathbf{F}$ ogni omomorfismo di SRE su SRF.

Trattasi, dunque, di ogni applicazione $\mu: \mathbf{E} \rightarrow \mathbf{F}$ tale che

- $\zeta_i(e_1, e_2, \dots, e_{k_i}) \Leftrightarrow S_i(\mu(e_1), \mu(e_2), \dots, \mu(e_{k_i}))$
($i=1..n$) ;
- $\mu(\Omega_j(e_1, e_2, \dots, e_{s_j})) = \bullet_j((\mu(e_1), \mu(e_2), \dots, \mu(e_{s_j})))$ ($j=1..m$).

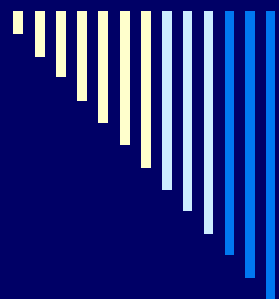


Teoria della misura. Modello di misura.

Un MM riflette nel suo sistema formale i comportamenti e le relazioni delle entità del sistema empirico.

□ Nel seguito:

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

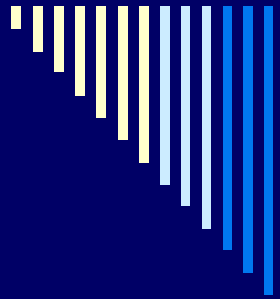


Teoria della misura. Scala di misura.

Dicesi *scala* ogni tripla (E, F, μ) .

In relazione a sue caratteristiche una scala si dice **Nominale**, **Ordinale**, **Intervallo**, **Rapporto**, **Assoluta**.

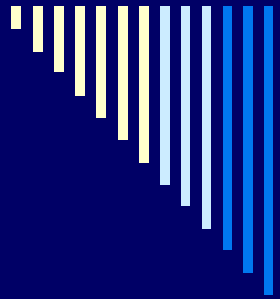
Se F coincide con $\mathfrak{R}$, insieme dei numeri reali, $(E, \mathfrak{R}, \mu)$ si dice *scala reale*.



Teoria della misura. Scala nominale.

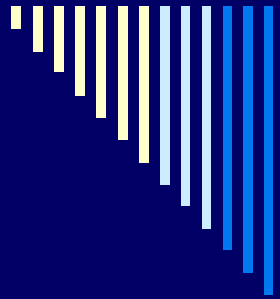
□ Una *scala nominale*:

- 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.
- %



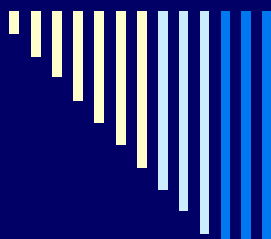
Teoria della misura. Scala nominale.

- È possibile costruire variamente corrispondenze biunivoche fra l'insieme di tali classi $\mathbf{C(E)}$ 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 $\mathbf{C(E)}$ 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.



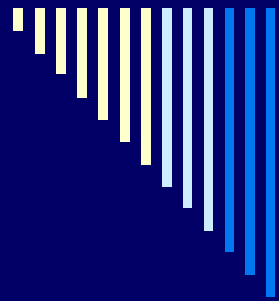
Teoria della misura. Scala nominale.

- 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.



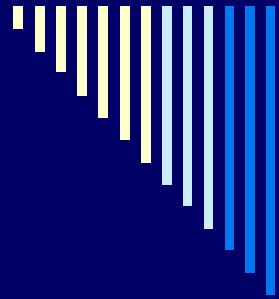
Teoria della misura. Scala ordinale.

- *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 negare (“ $>$ ”, “ $<$ ”).
 - 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.



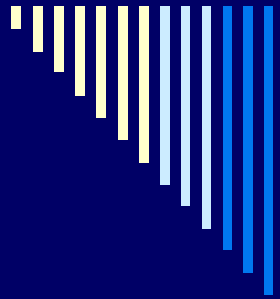
Teoria della misura. Scala intervallo.

- *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.



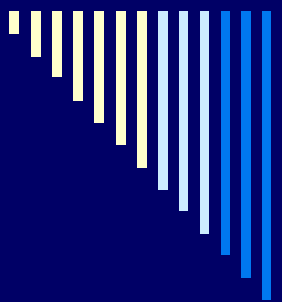
Teoria della misura. Scala rapporto.

- *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.

- *Scala 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).

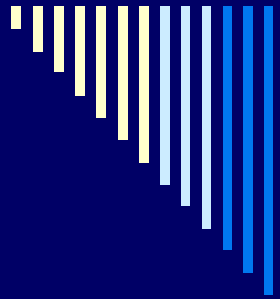


Teoria della misura.

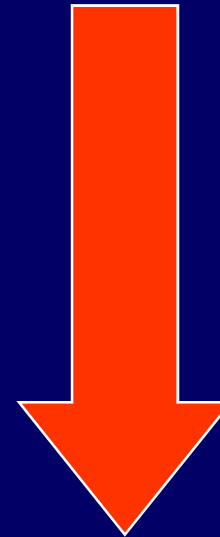
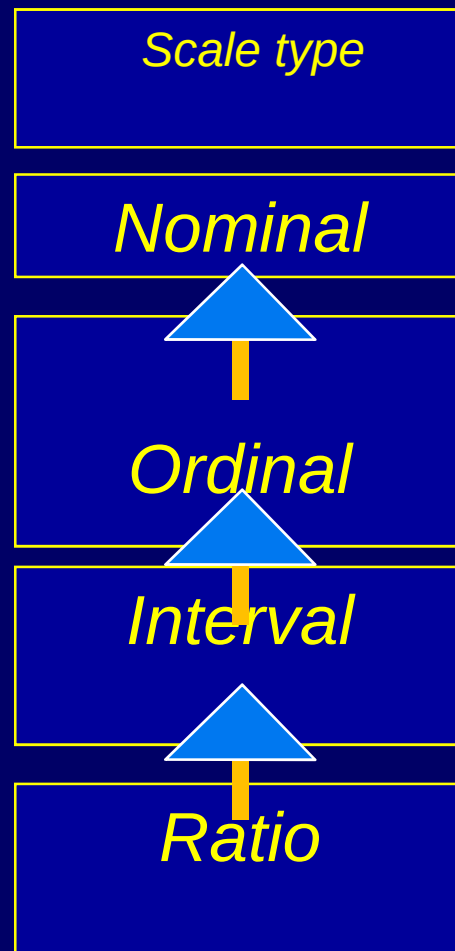
Scala e livello di conoscenza
dell'attributo in esame.

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.

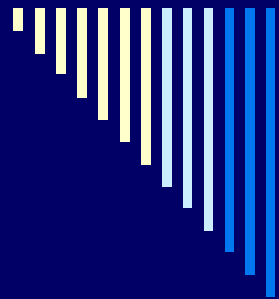
%



Teoria della misura. Scale reali.



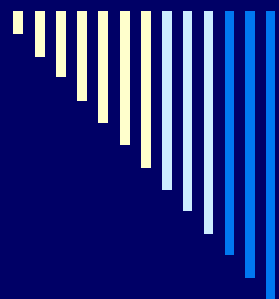
Conoscenza



Teoria della misura. Scale reali.

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

- *Nominale*: considerate due entità, l'unica cosa che può dirsi è se le loro misure numeriche sono fra loro eguali o diverse; si può computare la *moda*.
- *Ordinale*: nel sistema formale possono applicarsi solo operazioni di confronto; si può computare la *mediana*.
- %

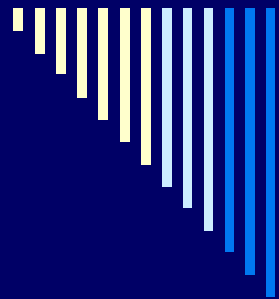


Teoria della misura. Scale reali.

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

□ *Intervallo*: nel sistema formale possono applicarsi anche operazioni di somma e sottrazione, oltre a definirsi uno 0 convenzionale (e.g. lo 0 della scala centigrada); si può computare la *media aritmetica*.

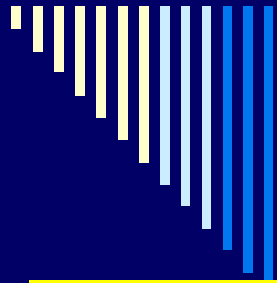
□ %



Teoria della misura. Scale reali.

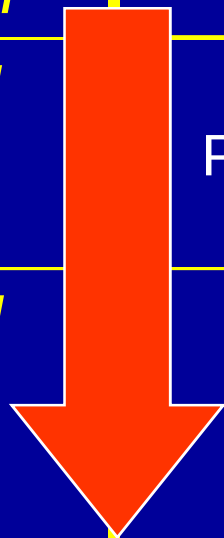
Specializzando quanto detto sulle scale al caso di $\mathfrak{R}$:

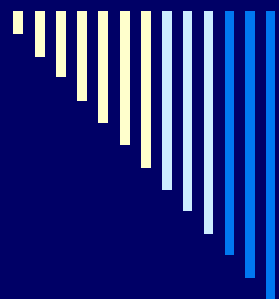
- *Razio*: nel sistema formale si possono applicare anche le operazioni di prodotto e divisione; si possono computare *media pesata*, *varianza* ecc.; si possono applicare *test statistici*.
- *Assoluta*: nel sistema formale possono applicarsi operazioni proprie del tipo della funzione identità.



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	

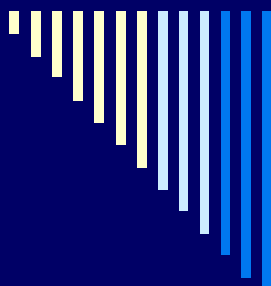




Teoria della misura. Scale reali. Esistenza.

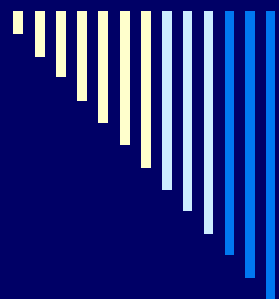
Dati un E e il suo SRE, non è detto che esista una μ fra E ed $\mathfrak{R}$.

Per le *condizioni d'esistenza delle scale reali* vale, peraltro:



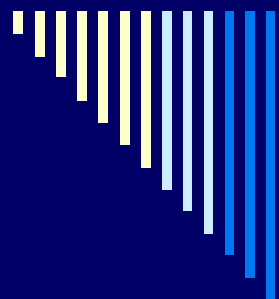
Teoria della misura. Scale reali. Esistenza.

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



Teoria della misura. Scale reali. Esistenza.

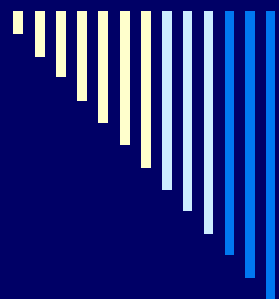
- ζ è un ordine debole associativo monotono con archimedia ("Struttura estensiva chiusa").



Teoria della misura. Scale reali. Molteplicità.

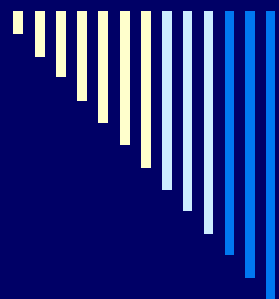
Se una μ fra E ed $\Re$ esiste, non è detto che sia unica.

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



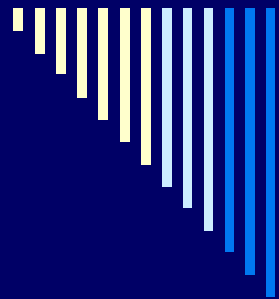
Teoria della misura. Scale reali. Trasformazioni ammissibili.

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



Teoria della misura. Scale reali. Trasformazioni ammissibili.

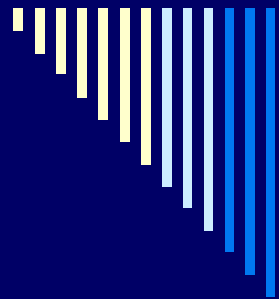
- **Nominale**: g è *iniettiva*.
- **Ordinale**: g è altresì *strettamente crescente*.
- **Intervallo**: g è altresì *lineare* ($g(x) = m \cdot x + n$, $m > 0$).
- **Razio**: g è altresì *nulla in zero* ($g(x) = m \cdot x$, $m > 0$).
- **Assoluta**, g è l'*identità*.



Teoria della misura. Scale reali. Affermazioni valide.

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.

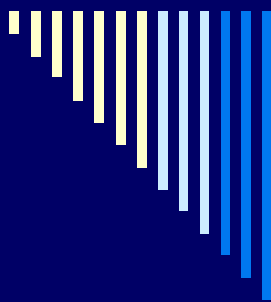
%



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.

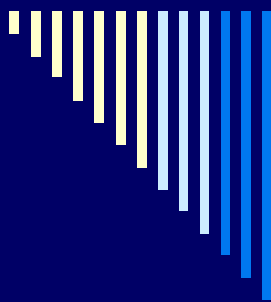
- Ad esempio, se due entità assumono, in una scala intervallo, rispettivamente valori x e y , non ha senso affermare che l'una vale x/y volte l'altra: in un'altra scala intervallo (cioè con un'altra applicazione ammissibile), esse potrebbero assumere valori con rapporto diverso da x/y . Per la verità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



Tipologie di modelli di misura

Modelli e misurazioni si distinguono in:

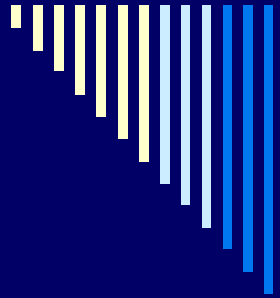
- *diretti*, se il modello di attributo si basa su un carattere direttamente misurabile dell'entità, e
- *indiretti*, se invece si basa su una relazione funzionale con un insieme di altri attributi, a loro volta da misurare e utilizzare per esprimere la misura dell'attributo d'interesse.



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.

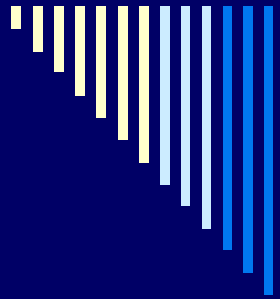


Tipologie di modelli di misura.

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.

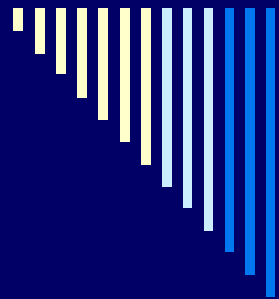


Tipologie di modelli di misura. Modelli descrittivi.

Un MM descrittivo è un *knowledge package*; Esso consiste di:

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

%

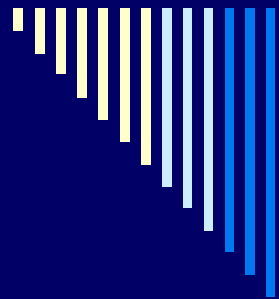


Tipologie di modelli di misura.

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.



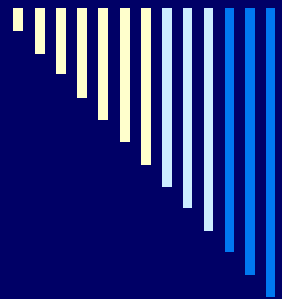
Tipologie di modelli di misura.

Modelli predittivi.

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

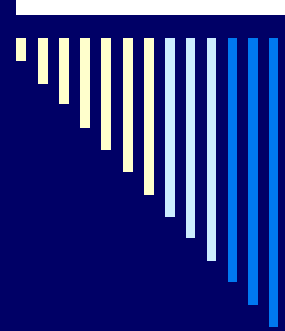
Definiscono un legame fra gli attributi di una o più entità, $e_1, e_2, \dots, e_k$, disponibili durante una certa fase del processo, e gli attributi di un'altra entità, e_n , disponibile in una fase successiva.

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



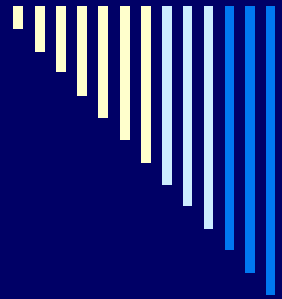
Tipologie di modelli di misura. Modelli predittivi.

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.



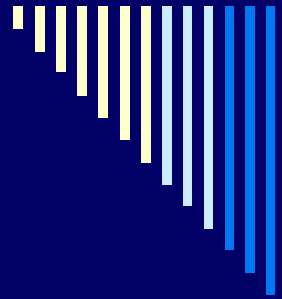
La misurazione di entità prodotte e influenzate da comportamenti umani

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



MISURE SOFTWARE. ENTITA'

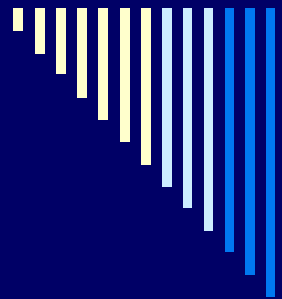
Processo: il complesso di procedimenti e discipline connesso al ciclo di vita del software, la sua strutturazione e organizzazione, ad esempio in iterazioni, fasi, attività; può avere un inizio ed una fine ben definiti (iterazione e fasi), oppure essere identificato solo in base ad un intervallo temporale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



MISURE SOFTWARE. ENTITA'.

Prodotto: generato in uscita dal processo.

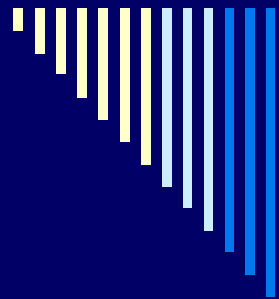
Risorsa: tutto ciò entra nel processo software o contribuisce alla sua esecuzione.



MISURE SOFTWARE. TIPI DI ENTITA'.

Entità delle diverse tipologie sono, ad esempio:

- per il processo: Specificazione, Progettazione, Testing;
- per il prodotto: Specifiche dei requisiti, Progetto, Codice, Documentazione finale, Rapporti di testing;
- per le risorse: Personale, Metodi, Strumenti, ma anche Caratteristiche dell'ambiente di lavoro.

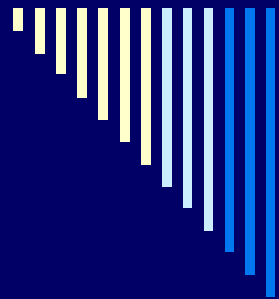


MISURE SOFTWARE. ATTRIBUTI.

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.

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

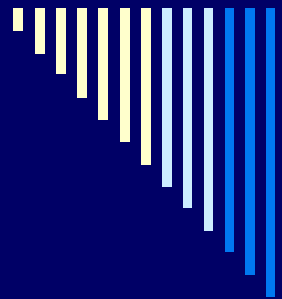
- per **Prodotto**, **Specificazione** o **Progetto**: Lunghezza, Riuso, Funzionalità e Modularità;
 - per *Prodotto*:
 - per **Codice**: oltre agli attributi sopra elencati: Complessità algoritmica, Testabilità, Strutturazione del flusso di controllo;
 - per **Gruppo di Lavoro**: Dimensione, Strutturazione,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



MISURE SOFTWARE. ATTRIBUTI.

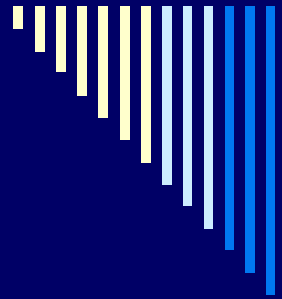
attributi esterni

- sempre: **Qualità**
- potenzialmente interessanti:
 - per **Prodotto Specifiche** o **Progetto**: Comprensibilità, Manutenibilità, Riusabilità;
 - per **Prodotto, Progetto**: Affidabilità, Usabilità;
 - per il **Processo**: Costo, Stabilità, Controllabilità;
 - per **Risorse**:
 - **Personale** o **Gruppo**: Produttività;
 - **Strumenti**: Affidabilità, Usabilità;
 - **Ambiente di Lavoro**: Qualità, Confort.



RELAZIONE FRA ATTRIBUTI ESTERNI E INTERNI.

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.



SYNTHESIS

What is Measurement?

“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.” [ISO 9126, 2001]

Software measurement refers to the measurement of software processes, products, projects, and organizations

SYNTHESIS

Quantifying Entities

Entities

Attributes

Rules

Numbers/Symbols



Process

effort

person-days

53 pds



Product

size

number of Lines of Code

700 LOC

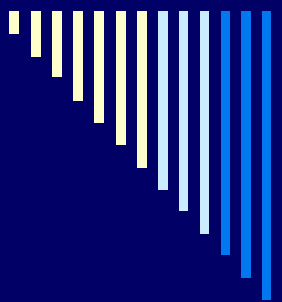


Resource

experience

>10 projects

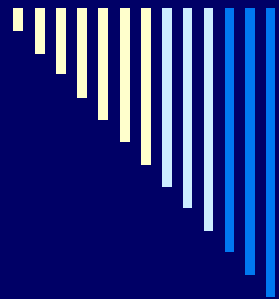
“high”



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

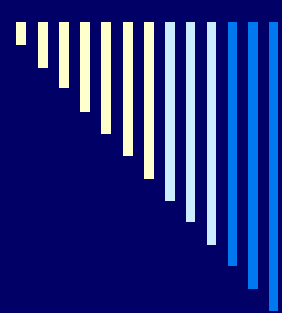
Objective vs. Subjective Measures

■ Objective Measures

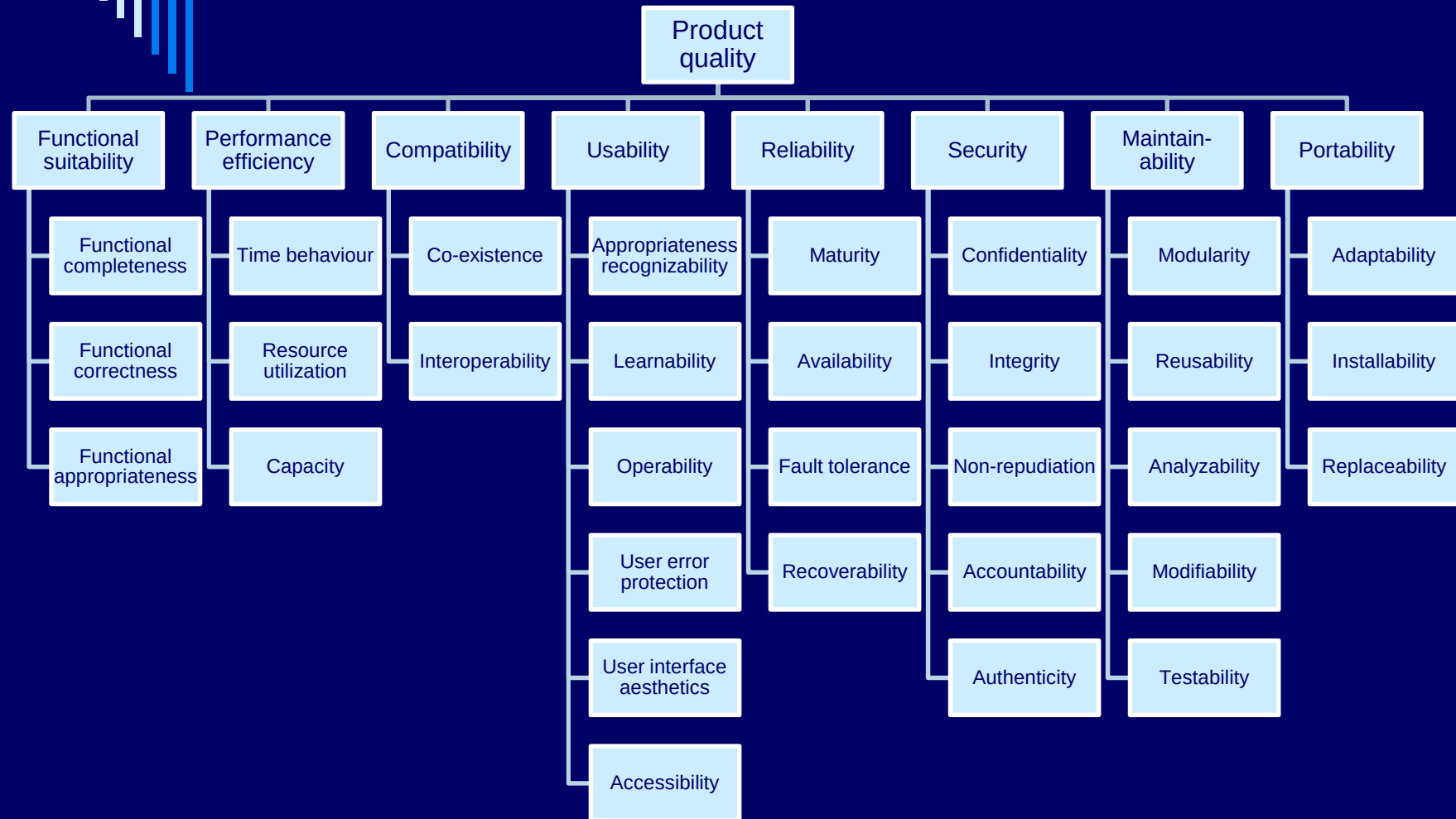
- An measure taken on the actual product or process
- **Usual scale:** interval or ratio
- **Examples:** time for development, number of lines of code, number of errors or changes

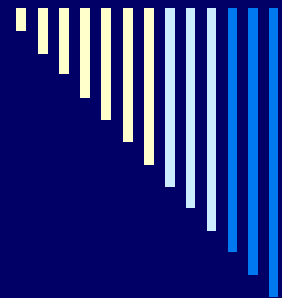
■ Subjective Measures

- 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:

- $\text{Productivity} = \text{Outputs} / \text{Inputs}$
- $\text{Incremental Productivity} = \frac{O(t2) - O(t1)}{I(t2) - I(t1)}$

■ IEEE Output Samples:

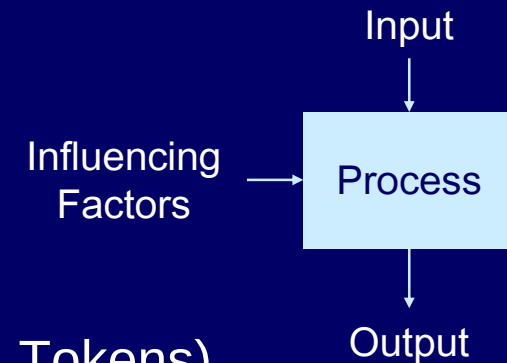
- LOC, Function Points, Documents (Pages, Tokens)
- In general all size measures

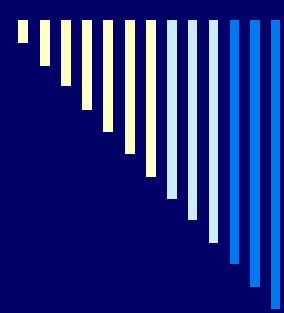
■ IEEE Input Samples:

- Direct/support staff-hours
- In general all effort measures

■ Influencing factors:

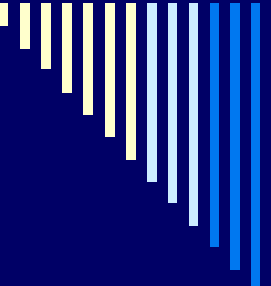
- Personnel, User Participation,
- Stability of product requirements, Constraining factors, etc.
- Depending on context!





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



Project Measurement Example: SEI Performance Measures

- Definition:
 - ▣ Productivity = Outputs / Inputs
 - ▣ Incremental Productivity =
$$(O(t2) - O(t1)) / (I(t2) - I(t1))$$
- 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!