

Università degli Studi di Lecce

Facoltà di Ingegneria

Corso di 'Ingegneria Rinascimentale'

12 maggio 2007

La precisione e l'accuratezza

Ing. Fernando Lugli

Nella precedente lezione abbiamo affrontato il tema della misura e abbiamo concluso che ogni epoca storica ha privilegiato una 'grandezza', dunque la sua corrispondente unità di misura, per guidare lo sviluppo umano, sociale ed economico.

Ci siamo quindi chiesti quale fosse la misura emergente oggi, quale grandezza avrebbe costituito il punto di riferimento per lo sviluppo prossimo futuro, nel quadro emergente delle relazioni a rete, delle connessioni *on line*, della personalizzazione dei prodotti, ecc.

Abbiamo convenuto che il rapporto spazio/tempo che ha governato l'epoca della produzione industriale (con i conseguenti criteri di efficienza, di produttività, ecc.) tende a diventare instabile, con la progressiva tendenza a zero della funzione 'tempo' nei nuovi processi di produzione del valore, all'interno delle reti di comunicazione.

Dunque c'è bisogno di ragionare in altri termini, di provare a considerare nuovi criteri, più adatti allo scopo. Abbiamo ricordato, insieme, che oggi gli strumenti di comunicazione si caratterizzano per una capacità di contenere informazioni e di 'processarle' in un determinato modo. Sembra che questo aspetto sia indicatore di nuove categorie di valutazione, di nuove misure.

Emerge l'idea che oggi sia importante il possesso di una sorta di "energia potenziale": anche in economia sta prendendo piede il "valore posizionale" rispetto al classico "valore di scambio".

Queste considerazioni ci hanno portato a riflettere sulla "connettività", come valore indicatore delle nuove possibilità di sviluppo dei sistemi socio-economici e, infine, culturali.

Connettività che può intendersi come "energia potenziale", come "competenza" ma che in verità deve essere considerata in modo diverso perché, a ben guardare, per "essere connessi" occorrono (almeno) due requisiti:

- la conoscenza delle reti (e dei punti di contatto)
- la capacità di attivare la comunicazione

Questo secondo aspetto è il più innovativo. Infatti, fino ad oggi, le risorse utili per lo sviluppo poteva essere "possedute" in modo individuale: tipiche risorse di questo tipo sono le competenze scientifiche oppure i capitali economici.

Ora, nel campo della connettività, si fa strada una risorse che è, insieme, di tipo posizionale (accesso alle reti) e dinamica (attivazione dei flussi informativi, in rete).

In termini di circolazione di risorse, la prospettiva è che nella rete fluiscano informazioni che si incrementano attraverso lo scambio, il dialogo. La ricchezza non consisterebbe soltanto nell'accesso alle informazioni ma, soprattutto, alla capacità di elaborazione, secondo modalità euristiche e dialogiche.

La misura: un percorso storico verso la precisione

Nel corso dei secoli, l'attività di misurare si è estesa a una gamma sempre più vasta di oggetti/fenomeni e si sono definiti criteri sempre più precisi.

Questa ricerca di precisione è stata determinata da due fattori (principalmente):

- la necessità di descrivere (e valutare) realtà sempre più complesse;
- il bisogno di ridurre l'errore.

Questi fattori hanno proceduto di pari passo con le scoperte scientifiche e tecnologiche le quali, a loro volta, hanno consentito di concettualizzare e realizzare strumenti sempre più sofisticati.



. 1 *Antichi strumenti di misura. Da sinistra: la groma, usata dai romani per tracciare allineamenti ortogonali fra loro; un astrolabio Usato per la navigazione, con lo scopo di calcolare la posizione della nave rispetto a quella delle stelle; un teodolite: strumento di misurazione degli angoli, usato per il rilevamento topografico.*

Intesa come fattore di sviluppo, la precisione è diventata un valore culturale, collegato ai concetti di qualità, affidabilità, attenzione, cura, ecc.

Ritornando al tema della connettività, in rete, ci possiamo chiedere: che nesso c'è fra lo sviluppo delle reti e la necessità di precisione?

La precisione ha a che fare con l'ampiezza delle possibilità di scelta che ciascuno di noi ha, oppure è vero il contrario?

Detto con altre parole: è la possibilità di eseguire scansioni sempre più precise che induce ad organizzare il patrimonio di conoscenze in categorie sempre più articolate¹ oppure l'esigenza di descrizione di realtà complesse spinge a cercare strumenti e criteri più precisi?

Una risposta potrebbe venire dal processo, in corso, di sviluppo delle tecnologie digitali e delle reti di comunicazione. Sembra evidente, in questo caso, che è stata la tecnologia a spronare il lavoro di ridefinizione teorica dei saperi, tuttavia la definizione della "Macchina di Turing" ha preceduto l'invenzione dei principali componenti tecnologici che sono inseriti nei computer di oggi.

Nella storia, in diverse circostanze, è però stato vero il contrario: è stata la necessità a far ingegnare l'uomo e a fargli progettare strumenti, o definire metodologie utili allo scopo.

Resta comunque un dato certo: che le condizioni di oggi richiedono un grado complessivo di precisione molto maggiore che in passato.

La grande possibilità di accesso a beni, informazioni, eventi, ecc. impone una organizzazione più accurata del tempo e, in questo senso, l'errore è più temibile, ha effetti più devastanti.

E' la velocità dei processi che richiede precisione, esattamente come il motore di una macchina, che rischia maggiormente il collasso quando viene portato al massimo numero di giri.

A questo punto è forse utile una breve digressione sul significato della parola "precisione".

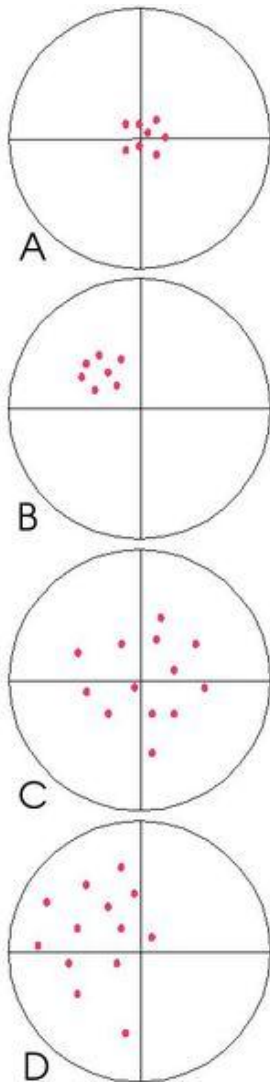
Nella teoria degli errori, la **precisione** è il grado di convergenza di dati individualmente rilevati su un valore medio della serie cui appartengono.

Facendo una analogia con una serie di frecce scagliate su un bersaglio, quanto più le frecce giungono raggruppate, quanto più la serie di tiri è precisa. Non importa quanto il centro del gruppo si avvicini al centro del bersaglio, questo fattore è determinato dall'accuratezza.

Nella teoria degli errori, l'**accuratezza** è il grado di corrispondenza del dato teorico, desumibile da una serie di valori misurati, con il dato reale o di riferimento.

Nell'immagine, le serie di dati *A* e *B* sono ugualmente precise, ma la serie *B* fornisce un valore medio scostato dal valore atteso, che è rappresentato dal centro del bersaglio: la misura non è accurata. In *C*, i dati sono poco precisi ma la misura è accurata, mentre l'immagine *D* rappresenta una serie che non è né precisa né accurata.

¹ Ne è un chiaro esempio il proliferare dei corsi di laurea di ingegneria!



La dispersione di valori può essere prodotta da variazioni casuali non ripetibili (errore statistico).

L'errore casuale o statistico è qualsiasi errore di misurazione che può incidere con la stessa probabilità in aumento o in diminuzione sul valore misurato.

Dalla definizione segue che una serie ripetuta di misurazioni comporta la progressiva riduzione dell'errore casuale, poiché i singoli scostamenti si annullano reciprocamente.

Questo genere di errore è prodotto da fenomeni aleatori derivati da errori di lettura degli strumenti o fluttuazioni indotte da fenomeni esterni, come disturbi, variazioni di temperatura ecc. Più uno strumento è preciso e meno questi fenomeni aleatori influenzano la misurazione (e dunque più piccoli sono mediamente gli errori casuali associati).

Per ottenere un valore medio affidabile è necessario effettuare un numero sufficientemente elevato di rilevazioni. In statistica la precisione è esprimibile in termini di deviazione standard.

La deviazione standard o scarto quadratico medio è un indice di dispersione (vale a dire una misura di variabilità di una popolazione o di una variabile casuale) derivato direttamente dalla varianza, che ha la stessa unità di misura dei valori osservati (mentre la varianza ha come unità di misura il quadrato dell'unità di misura dei valori di riferimento). La deviazione standard misura la dispersione dei dati intorno al valore atteso.

In statistica la **varianza** è un indice di dispersione. Viene solitamente indicata con σ^2 (dove σ è la deviazione standard).

L'espressione per la varianza, nell'ambito della statistica descrittiva, è:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2$$

dove μ rappresenta la media aritmetica dei valori x_i .

La varianza è un indicatore di dispersione in quanto è nulla solo nei casi in cui tutti i valori sono uguali tra di loro (e pertanto uguali alla loro media) e cresce con il crescere delle differenze reciproche dei valori.

In sintesi, la precisione non consiste tanto nella vicinanza al risultato atteso: è piuttosto un modo per definire l'affidabilità, cioè che un certo comportamento si ripeta esattamente allo stesso modo.

La precisione (e l'accuratezza) nella storia

Le significative opere che l'uomo ha compiuto per antropizzare la terra hanno dell'incredibile, se rapportate al livello tecnologico del periodo in cui sono state prodotte. Basti pensare alle piramidi egiziane, alle strade romane o alle prime navigazioni trans-oceaniche per far nascere il dubbio che le tecnologie fossero sostenute da un sapere teorico decisamente più avanzato.

Fatti come la misurazione del diametro terrestre da parte di Eratostene, nel VII secolo a.C. realizzata con straordinaria accuratezza, o alla straordinaria precisione dei tracciati delle centuriazioni romane inducono a considerare il peso che le caratteristiche matematiche delle figure geometriche devono aver avuto nella impostazione dei metodi di lavoro e come esistano figure geometriche più utili allo scopo (per le loro peculiarità) che, da questo punto di vista, sono servite come strumenti.

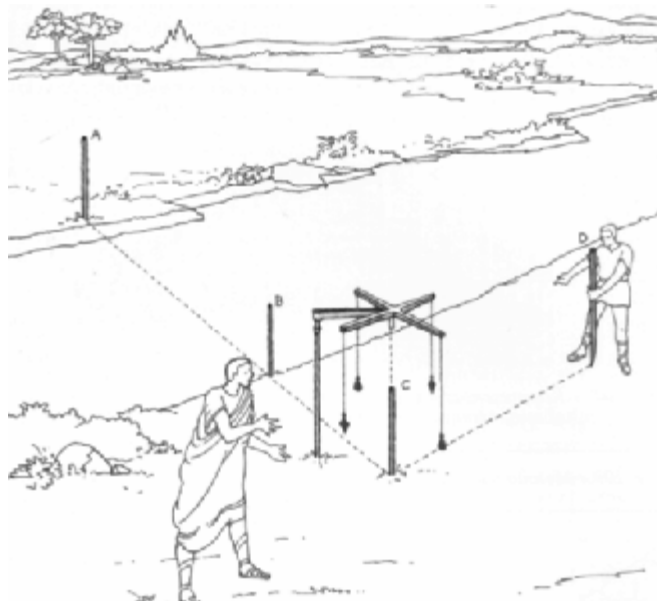
Due esempi:

il quadrato e il triangolo

Il quadrato e, soprattutto, il triangolo generato dalla sua diagonale, costituisce una figura di riferimento che ha avuto impiego fin dall'antichità.

Esso è stato impiegato, soprattutto, per la realizzazione di angoli retti, quindi per il perfetto tracciamento di allineamenti ortogonali fra loro.

Ne è esempio la centuriazione romana. Gli agrimensori tracciavano le centurie utilizzando la groma, ma questo strumento non dà risultati accurati, per lunghezze superiori a 200-300 metri.

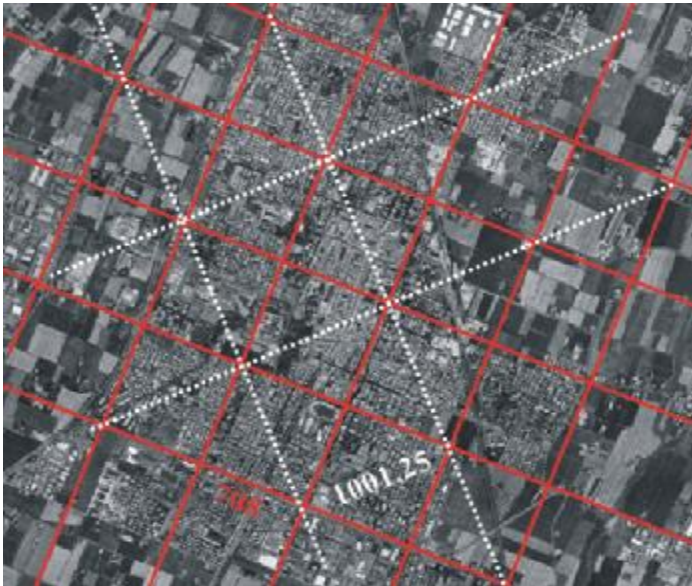


. 2 Disegno che raffigura gli agrimensori romani nell'atto di tracciare linee ortogonali sul suolo.

Invece possiamo accertare che i quadrati che formano le centuriazioni sono molto precisi e differiscono, l'uno dall'altro, di valori inferiori a 1/1000 della loro estensione.

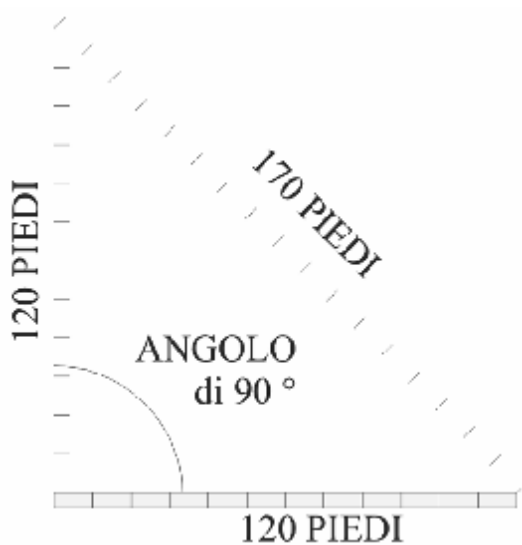
Una possibile spiegazione della precisione ottenuta si può ottenere considerando che le caratteristiche geometriche del quadrato erano ben note al tempo dei romani. Si sapeva che il rapporto fra diagonale e lato del quadrato corrispondeva al valore $\text{radq}(2)$, cioè a circa 1,414213...

Dunque, dopo aver tracciato un quadrato, si può verificare se gli angoli sono effettivamente retti misurandone le diagonali e verificando che il rapporto fra misura del lato e della diagonale siano corrispondenti al valore atteso: $\text{radq}(2)$.



. 3 *Permanenza di tracciati stradali della centuriazione romana, in pianura Padana*

Per realizzare questa verifica, i romani avrebbero dovuto eseguire la misura della diagonale con una precisione adeguata. Per farlo essi hanno usato uno stratagemma efficace, collegato ad una proprietà dei numeri interi che era nota già al tempo di Hammurabi. Nel rapporto fra numeri, la frazione $17/12$ ha un valore molto simile a $\text{radq}(2)$ ².

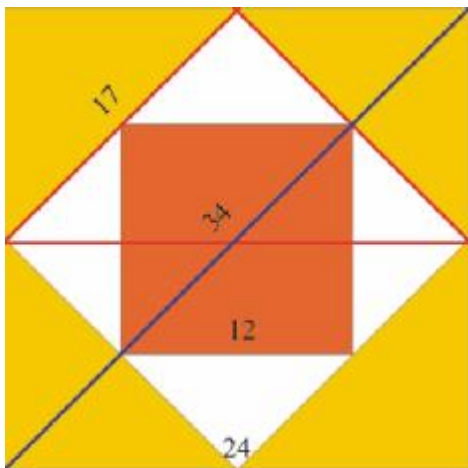


E' per questo motivo che i romani (come tanti altri popoli) usavano tracciare i confini dei campi (o i muri degli edifici) utilizzando una misura che fosse multiplo di dodici. E' per lo stesso motivo che, durante il medioevo, le unità di misura erano suddivise in dodici parti e non dieci, come ora.

Su questa base, i romani potevano impostare nuove forme geometriche più estese, tutte caratterizzate dal medesimo sistema di rapporti:

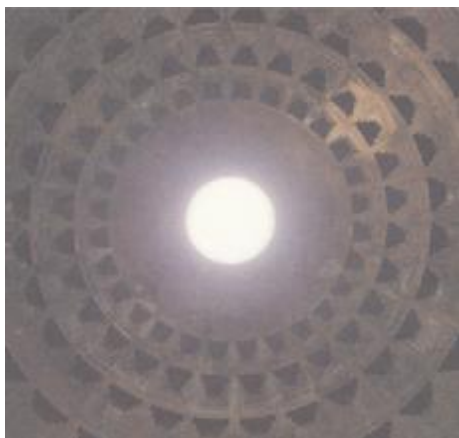
² Lo scarto è inferiore a 1/1000.

17/12; 24/17; 34/24; 48/34 ecc. Ognuno di questi rapporti è, quasi esattamente, uguale alla radq(2).



Il cerchio

La forma circolare definisce una polarità, un punto di riferimento verso cui convergere. Storicamente, il cerchio è stato usato per evidenziare l'importanza di un luogo, per riconoscere un elemento dominante.



. 4 *Cupola del Pantheon, a Roma, ripresa da sotto*

La figura circolare è molto semplice da tracciare perché è sufficiente definire il centro, conficcare a terra un picchetto e, tenendo ben tesa una fune lunga quanto il raggio richiesto, legata al picchetto, percorrerne il perimetro.

Per questa facilità, la forma circolare è forse la più ancestrale delle forme usate nelle costruzioni.

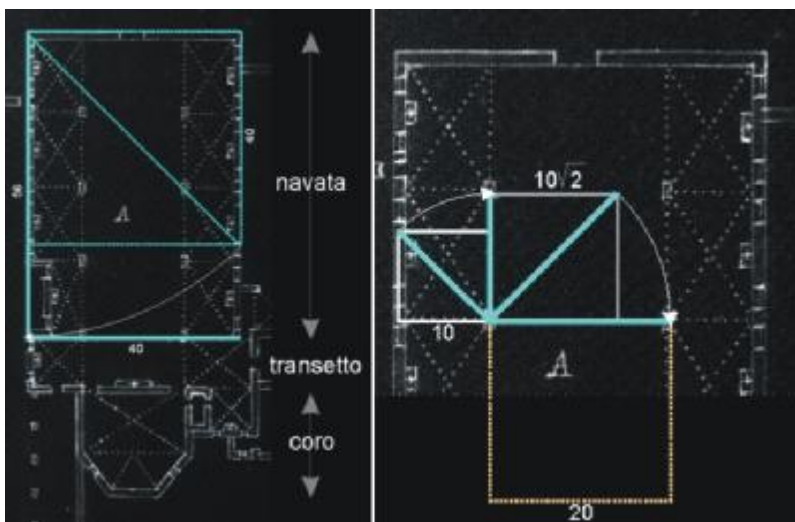


Il quadrato e il cerchio sono stati ampiamente impiegati per l'impostazione di edifici o per il disegno delle città, soprattutto in epoca classica e nel Rinascimento.



. 5 Cortile della casa di Leon Battista Alberti, a Mantova. Dal centro del piazzale, osservando verso l'alto, il profilo circolare del primo piano coincide con quello quadrato del secondo e genera una forma geometrica regolare. Osservate anche la posizione delle finestre.

Quadrati, diagonali e cerchi sono alla base di figure complesse, definite attraverso precise procedure di tracciamento e costruttive.



. 6 Chiesa francescana quattrocentesca. La misura di dieci braccia (unità di misura locale) definisce la larghezza della navata laterale. L'interasse dei pilastri coincide con la diagonale del quadrato e la navata centrale è larga il doppio di quella laterale. La chiesa, nel complesso è lunga quanto è larga la facciata, moltiplicandola per $\text{rad}q(2)$.

L'impiego di certi numeri, piuttosto che altri, ha favorito lo sviluppo di modelli geometrici dotati di una specifica qualità, di una "accuratezza" propria.

Oggi, con l'impiego di tecnologie di calcolo automatico, abbiamo superato questo problema e possiamo usare tutti i numeri, indifferentemente, per qualsiasi tipo di operazione.

In passato, invece, certi numeri hanno assunto un valore simbolico, all'interno delle strutture culturali di specifiche comunità, proprio per la loro utilità, o capacità di portare a risultati di qualità.

Oggi, che senso ha parlare di accuratezza e di precisione?

Nel quadro dei modelli di sviluppo industriale, queste parole evocano il grado di "raffinatezza" tecnologica raggiunta dalle macchine e dalla affidabilità del loro funzionamento.

Ma del quadro delle relazioni a rete che vanno prendendo piede, come nuova modalità di produzione del valore, come verrà definito il concetto di precisione?

Certamente, i sistemi di relazione presuppongono una corrispondenza fra i flussi di comunicazione che corrono, nei due sensi: ogni chiamata esige una risposta.

L'accuratezza può quindi definirsi in questo senso, come risposta corrispondente alle aspettative? E la precisione risiede nella costanza della risposta?

Forse sì. Misura e precisione, nel mondo interconnesso, rappresentano ancora un buon parametro per la qualità dello sviluppo, ma devono essere declinate in modo dinamico, come caratteristiche di processi relazionali, nel quadro di un sistema di valori (di sviluppo) che tende ad assumere significato solo in quanto condiviso, cioè frutto di un processo dialogico ed euristico.