



## **Centro Stampa**

**ATTENZIONE QUESTI APPUNTI SONO OPERA DI STUDENTI , NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE. IL NOME DEL PROFESSORE SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

**N° 4531**

**INGEGNERIA DELLA QUALITA'  
TEORIA ESERCIZI TEMI ESAME**

**2022-23**

**DI BORGONI GIULIA**

## INGEGNERIA DELLA QUALITÀ – 27 SETTEMBRE

Perché ci occupiamo di qualità?

- **Successo commerciale dei giapponesi** (dopo la Seconda guerra mondiale Giappone raso al suolo e poi risorto). Prodotto giapponese=di qualità. Radici che hanno condizionato questa disciplina (immaginario collettivo e strumenti).
- **Maggiore attenzione dei consumatori nei confronti della qualità:** fatto molto evidente. Noi quando compriamo capo abbigliamento o prodotto la prima cosa che guardiamo “è di buona qualità?” a volte però non abbiamo tutti gli elementi per capire se è di qualità oppure no e quindi ci appoggiamo al marchio. Tra due oggetti da scegliere prendiamo quello che ha più qualità. La qualità fa la differenza.
- **Certificazione dei prodotti/servizi:** mi aspetto che qualcuno mi dica fidati di quell'azienda. Qualcuno che certifica che azienda in questione garantisce dei buoni prodotti. Molte aziende per distinguersi sul mercato si son fatte certificare → una parte terza che dice “ti puoi fidare di quell'azienda. Io certifico”. Società di certificazione: Sistema che permette di certificare aziende con obiettivo di garantire ai consumatori/azienda (adeguarsi allo standard ISO 9000). Qualità diventa elemento di distinzione. Tra chi è certificato e chi no io scelgo chi ha una garanzia. Prima dei prodotti poi si è spostata sull'azienda questa certificazione (azienda che produce prodotti di qualità). Prima si è partiti certificando i prodotti e poi si è andati diffondendo concetto di assicurazione della qualità.
- **Assicurazione della qualità** (qualcosa di più ampio che riguarda l'azienda). Con idea che azienda che assicura la qualità fa prodotti di qualità.
- **Qualità va vista su tutto il ciclo di vita del prodotto/servizio:** non solo nel momento in cui lo produco, devo pensare a tutto il ciclo di vita: prodotto progettato, costruito, distribuito, assistito e anche alla fine nella dismissione (come dismetterlo per non creare problemi all'ambiente e altri di varia natura). Molti problemi perché spesso si guarda il mondo solo su alcuni aspetti del ciclo di vita. Esempio veicoli elettrici: quando avremo 50mln di veicoli elettrici come verranno trattate le dismissioni delle batterie? Tutti concentrati sul prodotto e sull'utilizzo. Ma tra 10/20 anni? Si fa questo perché più comodo ragionare a breve e non a lungo. *Se non si guarda il ciclo di vita non si raggiunge la qualità.*
- **Qualità è il motore del miglioramento aziendale:** in realtà si dovrebbe parlare di organizzazioni. Le aziende si pongono degli obiettivi di qualità. Hanno degli obiettivi che desiderano rispettare (obiettivi economici, della qualità...). Nel tempo di adattano. Aziende definiscono indicatori per verificare se stanno andando bene o no e su questo fanno leva per un miglioramento continuo. Non c'è un livello di riferimento: qualità è un concetto che si sposta nel tempo → questo rende il tema più complicato. Qualità è disciplina dinamica. Parliamo di qualità industriale, ma il tema della qualità si potrebbe estendere verso altre forme: qualità della vita, dei rapporti. Concetti che hanno confini più ampi. Qualità va oltre quello che facciamo in questo corso

**PSS product service system:** prodotti e servizi che formano sistema integrato di prodotti e servizi. Esempio aziende che vengono pc → vendono tutto insieme di prodotti o servizi di assistenza e non solo il pc. Del pezzo di ferro non ce ne facciamo nulla se non avessimo i servizi. Ormai prodotti e servizi sono strettamente connessi e una cosa sola. Non ci sarà più chi venderà solo hardware ma venderà tutta serie servizi intorno. Mentre esistono sempre meno prodotti che vivono da soli ma che hanno bisogno di servizi. Esistono servizi che fanno a meno di prodotti: assistenza tipo commercialisti (servizi che non hanno bisogno di prodotti). Sempre più prodotti e servizi vivono insieme. Certificazione di prodotto perde di valore → si certifica azienda nel suo complesso.

Come è evoluta la qualità?

2020 integrazione è continuata → estensione qualità verso tutti gli aspetti.

2000 sistemi sovra nazionali per la qualità

1980 sistemi nazionali per la qualità: ognuno ha proprio sistema

1970 sistemi dinamici per la qualità: sistema dinamico che svolge estensione della qualità verso i rapporti con altre organizzazioni

1960 concetto di assicurazione della qualità: qui si comincia a vedere l'idea di guardare le organizzazioni con spettro più ampio

1950 controllo totale della qualità: paradigma allargato. Si è capito che bisognava guardare oltre il collaudo finale delle produzioni. Esteso all'azienda.

1940 innestati concetti di affidabilità e manutenibilità: non solo ti garantisco rispetto di specifiche ma te lo garantisco nel tempo. Qualità tenuta nel tempo.

1930 dall'ispezione si passa a controllo statistico di processo: strumenti per garantire la qualità di queste produzioni

1920 si comincia a parlare di qualità industriale (qualità era sostanzialmente concetto che veniva spalmato su concetto di ispezione: vado a vedere come si comporta il prodotto finito realizzato in un'azienda). Faccio ispezione e verifico se ho rispettato gli standard di qualità o no

Oltre all'evoluzione è importante capire come le organizzazioni si sono mosse nella crescita della qualità. Negli anni '20 parte dell'organizzazione coinvolta era la parte strettamente produttiva (solo il collaudo finale, chi faceva i controlli a fondo linea). Man mano che concetto allargato anche le persone coinvolte si sono allargate. 1930 tutta la produzione, 1940 progettazione, 1950 altre funzioni aziendali della qualità, 1960 organizzazione dell'azienda (tutta), 1970 direzione dell'azienda, 1980 nazioni, 2000 patri tra nazioni. Sempre più siamo collegati nel dare forma al concetto di qualità.

### Gli strumenti

- 1700-1900: qualità nata intorno al 700. Vi erano gli artigiani (artisti qualità) che erano dediti alla personalizzazione dei prodotti
- 1907-1908: primo cenno di vita in ambito qualità è nato intorno ai primi del 900. Un'azienda AT&T (azienda che costruiva apparati per le telecomunicazioni). Costruivano telegrafi e altro → problemi di garantire la qualità. Introdotto controllo sistematico su prodotti e materiali.
- 1920 AT&T Bell laboratories creano primo dipartimento di qualità. Dipartimento nuovo che doveva rispondere "i prodotti che faccio sono all'altezza dei compiti che gli abbiamo assegnato?"
- 1924 Shewhart introduce le carte di controllo. Strumento innovativo che permette di controllare evoluzione delle produzioni nel tempo. Grossa attenzione a questa novità.
- 1928 due giovani ricercatori/studiosi sviluppano i primi elementi della teoria della metodologia dell'accettazione per campionamento.
- 1931 shewhart pubblica libro economic control of quality manufactured product. Primo passo importante sull'attenzione relativa al controllo qualità.
- 1942-1946 seconda Guerra mondiale. Per effetto della spinta militare gli sbocchi della qualità sono stati accelerati. Tutte le aziende soprattutto in ambito bellico si sono mobilitate per formare le persone sulla qualità (SPC)

- 1946 nasce american society for quality control: forma associative di hi si occupava di queste problematiche (ASQC).
- 1946-1949 Negli stessi anni primi cultori cominciano a tenere seminari. Soprattutto in Giappone. Si formano giovani progettisti su problemi della qualità.
- 1950 introdotti altri strumenti. Ishikawa introduce i diagrammi causa-effetto. Diagrammi usati per mettere insieme più persone nelle linee di produzione. Mettere le persone in grado di capire dove nascono i problemi
- Nascono alcuni libri sul controllo statistico di processo SPQ/SPC. Diffusi metodi DOE.
- 1951 esce un bestseller di allora. Feigenbaum total quality control: vuoi fare qualità? Tutti ci devono mettere del proprio. Allora fece molto scalpore
- 1954 Juran anche lui aiuta a tenere lezioni su SPQ e SPC in Giappone
- 1954 gli strumenti cominciano ad evolvere. Page introduce le carte CUSUM. Gli strumenti nascono, migliorano. Disciplina è una continua evoluzione
- 1957 esce addirittura un manuale. Quality control handbook di Juran e Gryna.
- 1959 nascono riviste specifiche
- 1959 nascono i programmi aerospaziali. Qualità: mantenere le caratteristiche nel tempo (affidabilità) → reliability engineering.
- 1960 introdotto concetto del circolo della qualità: metto insieme più persone che si interrogano sui problemi
- 1960 introdotti i corsi SPC/SQC a livello accademico
- 1969 pubblicazioni
- 1970 UK nasce british quality association (primo ingresso europeo in ambito associativo).
- 1980 introdotto il TQM. Controllo qualità e anche gestione della qualità.
- 1988 nascono i premi per la qualità: funzione di stimolare gli apparati produttivi
- 1989 rivista quality engineering
- 1990 interesse per norme ISO 9000
- 1997 ASQC diventa ASQ: control aspetto riduttivo della qualità → tolto quell'aggettivo.

## INGEGNERIA DELLA QUALITÀ' – 29 SETTEMBRE 2022

### *Cos'è la qualità?*

Norme sono una famiglia di norme. Una delle norme della famiglia quella dedicata alla terminologia. Le norme del 1986. Questa norma ha la definizione: asciutta

*Qualità è l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un prodotto o di un servizio, che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite*

Insieme → concetto di qualità è concetto articolato perché vive su più questioni

Prodotto o servizio con il tempo superato. Insieme di oggetti: proprietà e caratteristiche che vogliono assumersi il ruolo di soddisfare esigenze. O dichiarate o che si danno per scontate. È una definizione curiosa perché manca qualcosa? Chi è che manifesta le esigenze? Esigenze di chi? Come mai non c'è? Tutti credo che abbiano un'idea → soddisfare esigenze di clienti, consumatori, utenti. Perché non è stato scritto? La ragione è più profonda. La qualità coinvolge non solo i clienti ma molti altri soggetti: fornitori, personale azienda, portatori interesse, stakeholder, collettività (potrebbe essere prodotto di qualità ma inquinare il mondo. Ci sono una serie di fattori che ruotano attorno ad ogni prodotto o servizio. Non scritto perché diversi attori hanno diverse esigenze, alcune coincidono ma altre no. questa definizione ha messo d'accordo tutti. Nella letteratura ad ampio spettro che si occupa della qualità → date molte definizioni. Definizione è cambiata nel tempo. Qualità p qualcosa di molto articolato, non è come la misura della lunghezza. Qualità è più cose, è

soddisfare più cose ed è più complicato che soddisfarne una. In questa definizione ci sono tutti gli elementi che servono

- Insieme di cose
- Analizzate per soddisfare le esigenze di qualcuno

Qualcuno: dipendenti, fornitori, partner, clienti, comunità, investitori

Questa definizione per un po' di tempo ha messo d'accordo tutta la comunità. A questo punto le cose sembravano tranquille. La successiva 1994. Dopo 2000, poi nel 2006 e una successiva nel 2015. A breve ci sarà una nuova edizione. Nel 94 queste due parole sono sparite: prodotto e servizio via. Al loro posto → parola chiave entità

*Qualità è l'insieme delle proprietà e delle caratteristiche di una entità, che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite*

Perché dobbiamo parlare di qualità solo di prodotti o servizi posso parlare anche di organizzazioni, insieme di attività. Ovunque ci sono processi si può parlare di qualità di processi.

A questo punto si è andati avanti fino al 2000:

*qualità è grado in cui un insieme di caratteristiche intrinseche soddisfa i requisiti*

molto asciutta come quella di prima. Cosa è cambiato? Alcune cambiate e altre rimaste (qualità è grandezza multidimensionale → insieme di, obiettivo di soddisfare dei requisiti non specificato se espressi o no ma detto solo requisiti quindi tutti). Novità: grado → qui c'è la vera rivoluzione. Qualità non è una grandezza che si alimenta a parole. Qualità si misura. Se non siamo in grado di quantificare la qualità non ne parliamo nemmeno. Qualità è qualcosa che deve essere misurato. Se qualità implica la capacità di poter fare misure bisogna capire cosa sono le misure, le valutazioni. Grado= misura, che devo distinguere situazioni che sono diverse. Quindi perché do così enfasi a questo aspetto? Perché guardando all'etimologia di qualità l'antagonista è quantità. Queste due parole sono antitetice. Quantità non implica la qualità. Il problema è che io sto parlando di qualità e introduco concetto di misura ioè quantità. Rendo quantitativo qualcosa che nasce da termini qualitativi. La parola qualità abbiamo associato accezione positiva → si distingue da altri in termini positivi. Ma non è sempre stata letta in termini positivi. Un fisico anni '30 diceva che la qualità era null'altro che una cattiva quantità. Quindi il tema della misurabilità è un tema centrale.

### **Requisito che è?**

*Esigenza o aspettativa che può essere espressa, generalmente implicita o cogente*

Espressa: esprimo un esigenza/desiderio. Oppure possono essere impliciti per scontati oppure sono obbligatori/cogenti. Un prodotto o servizio una organizzazione per operare in qualità deve rispettare dei requisiti. Ma io come cattura i requisiti? Devo capire bene i requisiti di un prodotto se no poi nessuno lo compra. Devo capire bene i requisiti alcuni sono complicati. Requisiti sono di tre tipi e la qualità deve essere brava da coglierli.

A questo punto: ma di cosa parliamo in termini pratici? Quando io penso ad un prodotto quali sono le caratteristiche, proprietà che caratterizzano il prodotto in termini di qualità?

Esempio: Auto

È un prodotto che tutti usiamo. Quando l'abbiamo comprata abbiamo fatto una scelta su più modelli cercando un modello di qualità. Quando penso ad auto di qualità a che cosa penso?

- Sicurezza Prezzo
- Prestazioni in termini dei materiali ma non solo. Vorrei auto veloce ad esempio.

- Economicità → la misuro in termini di consumi (quanti km in 1L in certo percorso urbano o extraurbano), lo so misurare.
- Affidabilità: se dopo 15 km mi lascia a piedi non va bene. Prestazione di qualità nel tempo
- Estetica
- Comfort
- Service: tutto quello che ruota attorno alla vita dell'auto, auto dovrà essere assistita
- Durata → tempo o lunghezza
- Ecologia

Questo mi dà il segnale di cosa voglia dire qualità. Quando guardo una macchina penso a queste cose. Diventa difficile distinguere tra due scelte. Se prendo due modelli d'auto su tutti questi aspetti qualcuna va meglio di alcuni e peggio su altri. La qualità migliore non è semplice. Poi altra cosa che ciascuno di noi guarda queste cose in modo diverso: chi è più attento alla sicurezza, chi alla durata ecc... sono tante e valutate in termini di peso diversi. C'è altro tema: definizione di qualità in termini di misura delle capacità di soddisfare le esigenze. Queste grandezze dovrei poterle misurare. Misurare queste grandezze è difficile per alcune mentre per altre meno. La durata la misuro con il tempo in mesi, anni oppure il numero di km (collegato al tempo ma distinto). Alcune di queste voci sono difficilmente misurabili come l'affidabilità → un'auto che si guasta spesso non è affidabile, una che si guasta raramente è affidabile. Ci sono diverse misure di affidabilità. Una di queste è MTTF: tempo medio di guasto. Oppure il MTBF: quanto tempo intercorre tra due guasti successivi. Affidabilità è il mantenimento della qualità nel tempo. Affidabilità in termini affidabilistici è una grandezza ben precisa: o uso gli indicatori oppure l'affidabilità è una funzione  $R(t)$  è una funzione del tempo

$$R(t) = P(T > t)$$

= Probabilità che il tempo di guasto sia più grande del tempo corrente. Esiste un modo molto ortodosso di definirla in questi termini.

Detto T il tempo al guasto: quando si rompe l'auto questo tempo è più grande del tempo in essere t.

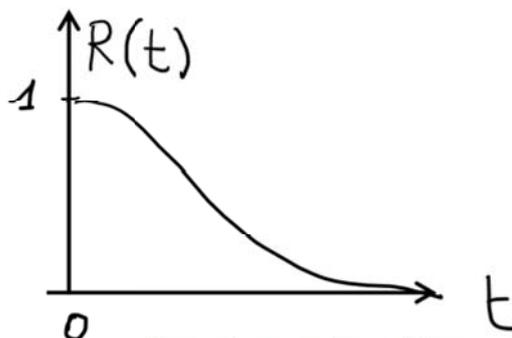
Affidabilità a 1000 ore di un oggetto vale 0,7 → misura di affidabilità

$R(1000) = 0,7$  dopo 1000h di funzionamento l'affidabilità è 0,7. Probabilità è definita in dominio tra 0 e 1. Ma cosa vuol dire quel numero?

$R(1000) = 0,1$  noi siamo meno contenti di 0,7. È migliore 0,7. Più sono vicino ad uno e più è probabile che l'auto non si guasti.

Quando si definiscono dei modi di misura esempio per una lampadina come vive? La inserisco in un sistema e fa due funzioni: o fa la luce oppure no. come misuro affidabilità di una lampada? Metto in piedi un banco prova su cui avvito un certo numero di lampade e poi per capire quanto sono affidabili le metto lì e le accendo. Esempio 100 lampade le accendo e aspetto che le 100 lampade all'inizio saranno tutte accese, dopo un po' qualcuna si spegne → quanto dura un oggetto (lampada nel tempo). All'inizio 100 lampade saranno tutte accese, dopo un'ora una si brucia e così via fino che tutte saranno spente. Questa info è proprio l'affidabilità delle lampade. Affidabilità: quanto dura un oggetto nel tempo. Riporto su un grafico questa funzione in funzione del tempo.

$$R(10h) = \frac{\text{lamp funz}}{n}$$



Affidabilità al tempo 10h è rapporto tra lampade funzionanti e campione di lampade che ho messo a far funzionare (lampade vive-in funzione/lampade del campione). Con  $t=0 \rightarrow 1$  tutte funzionano. Man mano che tempo passa il rapporto si avvicina a zero e quando il tempo diventa grande, infinito la funzione va a zero. Es: affidabilità a 1000h è 0,7  $\rightarrow$  dopo 1000h dei 100 prodotti che avevo 70 vivono ancora. Più questo tempo diventa grande  $\rightarrow$  affidabilità a 1mln di ore sarà tendenzialmente 0 (dipende dal prodotto).

Quando si parla di qualità bisogna darsi dei metri di misura. Con termine affidabilità posso esprimere come si comporta una popolazione di prodotti rispetto a numero di prodotti di partenza man mano che il tempo passa.

Affidabilità posso misurarla bene con una funzione o con parametri MTTF o MTBF. Ma se percorro tutta la lista dell'auto altre caratteristiche ci possono mettere in difficoltà come l'estetica: o non la considero (potrei fare auto formidabili sotto tutte le voci ma vista l'estetica nessuno me la compra) oppure posso misurare l'estetica. Posso misurare l'estetica? Si possono fare misure in tanti modi. Coinvolge tanti aspetti spesso di tipo cognitivo. Il tema della misura è un tema molto delicato. Si anche l'estetica posso tentare di misurarla ma di sicuro non avremo le stesse capacità di misurare l'estetica che fare una misura di lunghezza. Uno degli obiettivi di questo corso è avventurarsi anche nella direzione di misure più deboli. Quando si chiede "qual è il colore preferito?" la clusterizzazione è una misura.

Prezzo: nella voce qualità il prezzo ci deve essere? No. il prezzo ha un'altra funzione. Il prezzo e quindi indirettamente il costo sono figli di un altro tema. Come nasce il prezzo? Da incontro tra domanda e offerta. Esempio esistono più segmenti di mercato. La qualità è in tutti i segmenti. Non è che il prezzo incide sulla qualità. Ovvio che se scelgo tra 500 e Ferrari sono due segmenti di mercato diversi  $\rightarrow$  prezzi diversi ma posso avere auto di qualità in segmento della 500 e anche in quella della Ferrari. Il prezzo non implica la qualità. Il prezzo nasce da altri ragionamenti. "miglior rapporto qualità prezzo" non ha senso come frase. Prezzo contribuisce a definire il segmento in cui si inserisce il prodotto ma la qualità non è legata al prezzo.

Qualità insieme di più caratteristiche che devono rispondere a dei requisiti. In questo caso ci siamo concentrati sul cliente finale.

Quando parlo di qualità due mondi:

- Momento della progettazione: strumenti  $\rightarrow$ 
  - o QFD momento di progettazione di un prodotto la qualità devo innestarla già nella parte di progettazione
  - o DFX design for X: famiglia di prodotti che assistono la progettazione di prodotti/servizi
  - o CAX computer aid X
- Momento della produzione:
  - o Metodi per il controllo statistico di produzione (ambiti diversi  $\rightarrow$  strumenti diversi)

Noi faremo QFD e metodi controllo statistico.

Momenti diversi usano strumenti diversi.

Altra questione che dobbiamo vedere: ogni volta che parliamo di qualità sbuca la parola statistica questo perché? C'è un binomio indissolubile che lega la qualità alla manifestazione dei prodotti. Qualità  $\rightarrow$  variabilità esiste come disciplina perché cura la variabilità. Variabilità è la non capacità che hanno i processi nel produrre oggetti identici tra loro, oggetti in senso ampio.

Esempio: se scrivo a mano 5 volte a lo faccio in modo diverso → presenza di difetti. Queste 5 lettere sono diverse non perché io voglio generare variabilità ma per fisiologia. Dove c'è variabilità c'è problema di qualità.

Se ho variabilità con che strumenti la studio? Con la statistica: racconto con termini asciutti il problema della variabilità.

Esempio: hamburger → vive su 10 elementi che lo caratterizzano (salse, tipo panino, sottaceti ecc...). questi elementi li producono delle aziende. P=1% (se io produco patatine fritte 1 fornitura su 100 non è buona, ha difetto di vario tipo). Su 100 1 ha questo problema per ognuno di questi elementi. Allora probabilità che l'hamburger sia buono? I buoni sono il 99%

$$P(\text{hamburger buono}) = 0,99 * 0,99 \dots = (0,99)^{10} = 0,90$$

Per ogni elemento 99% è buono. Se ho 1% di difettosità su 10 elementi io trovo 0,90 che ci dice che su 100 hamburger costituito ciascuno da 10 elementi ho la probabilità di averne 90 buoni mentre 10 li ho persi per la difettosità di singoli elementi. Un hamburger buono c'è 90 volte su 100. Es. auto con 3000 componenti → probabilità che possa funzionare?  $0,99^{3000}$  = non ci dovrebbe essere nessuna auto che funziona. se non abbato la difettosità non funziona nulla

## INGEGNERIA DELLA QUALITÀ' – 30 SETTEMBRE 2022

### ESEMPIO

Interventi di manutenzione raccolti in certo periodo (25 mesi). Prima riga primi 10 mesi. Nelle celle il numero di interventi per un determinato mese

1	5	3	1	3	2	2	1	2	5
3	0	1	4	3	7	1	3	1	7
2	1	2	4	8					

Raccolgo i dati (dati si costruiscono per un fine → capire come funziona il mio servizio di manutenzione). Problema di analisi dei dati. come tratto questi dati? i vari numeri che compaiono nella tabella che frequenza di accadimento hanno? Capisco con quale ripetibilità si verificano alcuni fenomeni

Costruisco una tabella in cui come primo elemento della colonna riporto la tipologia di evento (0 interventi al mese, 1 intervento al mese, 2 interventi al mese ecc...)

Numero interventi	Frequenza assoluta	Frequenza relativa	Frequenza cumulata
0	1	1/25=0,04	0,04
1	7	7/25=0,28	0,04+0,28=0,32
2	5	0,20	0,32+0,20=0,52
3	5	0,20	0,72
4	2	0,08	0,80
5	2	0,08	0,88
6	0	0	0,88
7	2	0,08	0,96
8	1	0,04	1

Al massimo si sono verificati 8 eventi (lo vedo dalla prima tabella). Questo è lo spazio degli eventi che noi osserviamo nel nostro processo. Dai dati di partenza noto che questi eventi non sono tutti equi-frequenti: alcuni sono più frequenti e altri meno.

- Frequenza assoluta: quante volte si verifica un determinato evento (evento 0 compare una volta nella prima tabella, evento 1 compare 7 volte e così via).

La somma delle frequenze sarà pari alla numerosità del campione  $\rightarrow 1+7+5+5+2+2+0+2+1=25$

- Frequenza relativa =  $\frac{\text{frequenza assoluta}}{\text{numerosità campione}} = \frac{f_a}{25}$

Perché si calcola la frequenza relativa? Ci ricorda molto da vicino il concetto di distribuzione. Visto l'uso delle distribuzioni con variabili continue o discrete. Qui analizzo dati empirici che ho osservato sul campo. Da questi dati in prima battuta non capiamo nulla sulla distribuzione. Con le frequenze relative  $\rightarrow$  ci avviciniamo per la prima volta alla distribuzione.

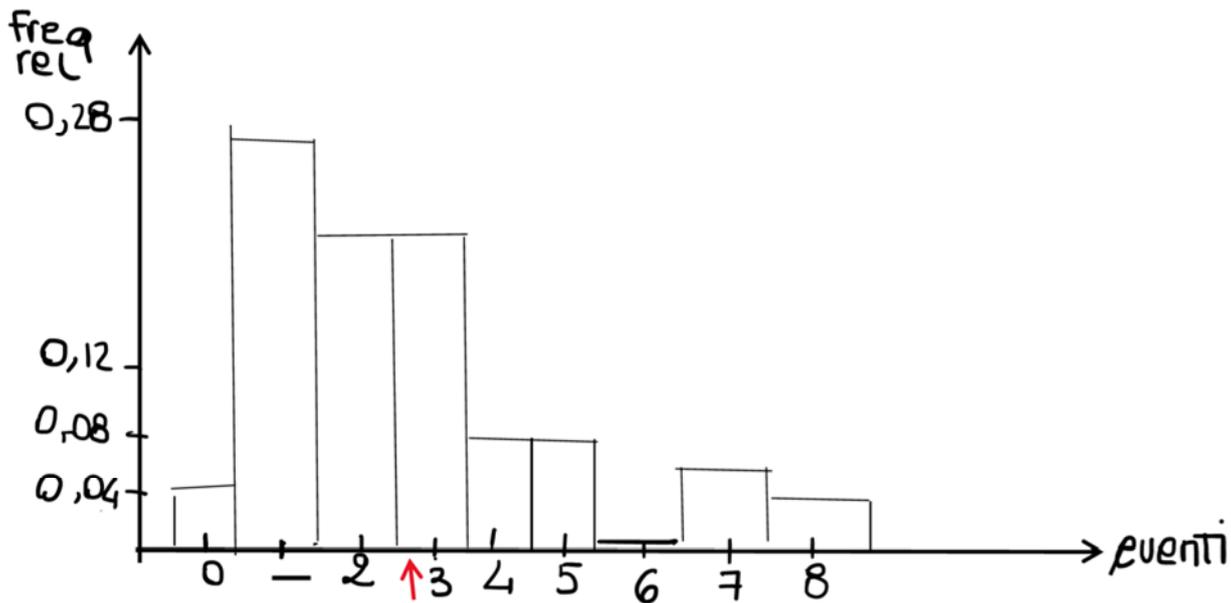
- Frequenza cumulata: cumula i valori di frequenza relativa associati ad ogni categoria di evento  
Cumulo la proporzione che ho assunto nella categoria precedente più valore di frequenza relativa della nuova categoria. Nell'ultima categoria mi aspetto di arrivare al 100% (1).

Rappresentazione di questo: per capire come funziona una distribuzione  $\rightarrow$  istogrammi (grafici con funzione di riportare per ogni dato le frequenze relative perché non si usano le assolute ma le relative) caratteristica di ogni distribuzione che conosciamo  $\rightarrow$  le distribuzioni di qualsiasi tipo hanno una proprietà fondamentale: le cumulate delle distribuzioni nel dominio ha valore 1. Quindi per questo la ragione. La cumulata nel dominio vale 1. Per questo ragioniamo in termini di frequenza relativa.

ISTOGRAMMA

È un filtro dei dati sperimentali  $\rightarrow$  portano a conclusioni diverse da quelle che noi pensiamo

Ascisse eventi, ordinate frequenze relative



1 = evento è il valore centrale

1 scelte convenzionali

1

Mi faccio un'idea della forma della distribuzione. Una delle distribuzioni con cui avremo a che fare è la distribuzione normale. Questi dati sono distribuiti normalmente? Applico i test. Una caratteristica delle distribuzioni normali  $\rightarrow$  una distribuzione mono-modale (ha solo un massimo). [ho due massimi, distribuzione non mono-modale, ho più modi] Mi sono fatto un'idea di come di distribuiscono i dati empirici. (min 30).

Campioni diversi → distribuzioni empiriche diverse. Qui sto facendo una prima valutazione grossolana di una distribuzione attraverso i dati di un campione. Quando si analizzano i dati empirici di solito facciamo altre operazioni per individuare la tipologia dei dati: come si comporta in media il mio campione? Sono chiamato a valutare un indicatore di tendenza centrale = come si comporta mediamente il mio campione → calcolo della media. Quanto vale il valor medio di questi dati?

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{72}{25} = 2,88$$

somma di tutti gli interventi → somma numeri prima tabella. Significato? Il grosso dei dati si attesta circa qui — richiede una media tra 2 e 3 interventi. La media è 2,88 ma il numero di interventi può essere decimale? No, gli interventi o ne faccio 2 oppure ne faccio 3. La media deve appartenere all'insieme dei dati di partenza? No, la media appartiene ad un insieme che NON necessariamente è quello di partenza. Il numero di interventi qui è un numero che non è un numero intero. Ci sono altri indicatori di tendenza centrale? Danno indicazioni che tipicamente non coincidono

- **Moda:** indicatore di tendenza centrale → qui la moda di questi campioni è 1. Dato desunto dalla frequenza assoluta. La moda è la categoria che esprime la più alta frequenza. Dato più frequente? 7 è la frequenza massima associata alla categoria 1. Questo insieme di dati esprime un indicatore di moda pari a 7. **Moda=1. È la categoria più ricorrente**
- **Media=2,88.** È il **baricentro dei dati**

Non esprimono una grossa vicinanza.

1 la moda appartiene all'insieme dei dati di partenza? la moda è un numero decimale? no. Appartiene all'insieme dei dati interi positivi [la media no, la moda si]. Posso avere più mode. Non è detto che la moda sia unica.

Posso avere più di una media? No.

Indicatori di tendenza centrale: **mediana**. Quanto vale la mediana di questi dati? la mediana è un **indicatore che ragiona sui quantili**. I quantili di solito si usano in termini di centili, (si divide) la distribuzione in 100 parti, ogni parte rappresenta un centile. La mediana è il valore che rappresenta il cinquantesimo centile, ovvero il valore dove si posiziona il 50esimo elemento ammesso che gli elementi siano 100. (min 45). Noi abbiamo 25 elementi e non 100.

La mediana vale 2. Prendo tutti i dati e li metto in ordine crescente (ordino i dati dal primo al venticinquesimo).

0 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 4 4 5 5 7 7 8

Ho 25 dati ordinati in modo crescente. Ho valore dispari di categorie allora il dato centrale avrà ordine → ne ho 25 quindi il valore centrale separa 12 numeri a sx e 12 a dx → cerco il tredicesimo numero. Data la numerosità dei dati so subito il valore centrale. Se il campione fosse stato pari? Esempio con 26 dati avrei dovuto calcolare il valore medio tra la posizione 13 e 14.

#### ESEMPIO

Immagino di avere raccolto i dati dei voti di un esame

voti	Frequenza con cui i voti si presentano
18-20	5

21-23	18
24-26	27
27-29	15
30	6

Voti su degli intervalli. Qui le classi sono intervalli più ampi. Ho categorie un po' miste. Ho delle categorie ad intervalli e una con un'unica categoria. Questa è la distribuzione dei valori. La somma di tutti questi valori è 71. Quindi questa tabella è stata costruita con un campione di 71 elementi. Posso costruire un istogramma? Sì, però quando considero l'intervallo 18-20 qui che valore prendo? Il dubbio non c'è per il valore 30



Ci ritroviamo → ogni intervallo ha valori diversi. Il problema è l'introduzione di un intervallo → definizione di un rappresentante. Posso dire che il rappresentante di intervallo 18-20 è il valore superiore. O prendo tutti i superiori oppure tutti gli inferiori oppure per rappresentante prendo il valore centrale quindi ad esempio per 18-20 è il 19 (è un rappresentante). Ma i 5 18? 5 20? O una mescolanza? Non so che valori sono. Sono numeri senza identità, non distinguo i valori puntuali nell'intervallo. Prima per ogni evento avevo un numero preciso mentre qui no.

Data questa tabella calcolare il valor medio → media ponderata. Uso le info che ho riportato nella seconda colonna = i valori di ponderazione, ma il valore ponderale per chi lo moltiplico? Per ogni intervallo prima di ponderare devo stabilire chi è il rappresentante della categoria (ad esempio il valore centrale).

18-20 → 19 → lo peso per la frequenza di accadimento

$$\bar{x} = \frac{19 \cdot 5 + 22 \cdot 18 + 25 \cdot 27 + 28 \cdot 15 + 30 \cdot 6}{71} = 24,07$$

$$\bar{x} = \left[ \sum_{i=1}^5 x_i \cdot f_i \right] \frac{1}{n}$$

$x_i$  è rappresentante della categoria (valore centrale). Prima la formula → chiamavo  $x_i$  il valore del singolo evento. Ora invece con  $x_i$  il rappresentante della categoria. Queste due formule sembrano simili ma sono diverse e tutto nasce perché io non riesco a distinguere i voti di ogni categoria. Ho la numerosità dei voti ma non so chi ha preso cosa. Avessi fatto la media non avrei ottenuto questo risultato, non è detto. Capiamo bene come le assunzioni che si fanno nel costruire i dati influenzano il calcolo e dunque la stima. Quello che sembra un passaggio irrilevante implica già una distorsione.

Posso parlare di moda, ma di nuovo io in questo caso io la assegno al rappresentante di categoria → 25 (avendo assunto 25 come rappresentante).

Mediana? C'è una mediana. Dove cade? Posso ordinare i dati che sono 71. 35 e 35 → la mediana sul trentaseiesimo. Metto i rappresentanti. 5+18=23, 23+27 arrivo a 50 e quindi il 36° valore cade dentro l'intervallo 24-26. Coincide con i valori veri? È valore tra 24 e 26 ma non è detto che sia il 25.

ESEMPIO

IQ	Frequenza accadimento
Meno di 90	3
90-99	14
100-109	22
110-119	19
Più di 119	7

Quanto vale il valor medio? Stesso problema di prima → rappresentante. No perché non c'è un estremo nell'ultimo intervallo. Non posso calcolare la media, non posso calcolarla approssimata. La prima categoria da 0 a 90 e posso approssimarla con un valore centrale ma nell'intervallo "più di 119" non posso. Quindi non sempre si può calcolare la media.

Si può calcolare la mediana? Posso calcolarla.

## INGEGNERIA DELLA QUALITA' – 4 OTTOBRE 2022

### MISURA

Abbiamo detto che parlare di qualità implica necessariamente avere a che fare con le misure. Per fare questo tipo di ragionamento possiamo seguire più strade: partiamo da casi concreti per capire la necessità di uno strumento bisogna "battere il naso" su problemi

Problema: per capire come è importante affacciarsi ai problemi della misura. Abbiamo due università A e B. tutte le università hanno un sito e uno di problemi che le università hanno è che il sito sia utile e ben progettato per trovare risposte ai problemi. Le uni progettano i siti e ogni tanto li rivisitano. L'università A decide di chiedere a potenziali utenti (futuri studenti universitari) che cosa pensano del sito proposto. Che fanno? Questionario.

Gradimento del sito web per questo enunciato si propone una scala a 5 valori (categorie) dove abbiamo le valutazioni di pessimo, scarso, sufficiente, buono ed eccellente. L'università propone un questionario. Per ragioni di opportunità non è l'università che promuove un questionario ma lo fa fare ad una società terza. Ogni università con la coda dell'occhio guarda anche cosa fanno le altre università (poliTo guarda il poliMi). Si fa un'operazione di benchmarking. Il confronto con gli altri è opportuno. Costruiamo il questionario in modo che si dia la valutazione dell'università A e sotto per l'università B. ad un potenziale utente si chiede come valuti il sito del polito? E quello di Milano?

A

B

Si diffonde il questionario ad un campione di persone e poi si raccolgono i risultati: risposte a questionario su gradimento di sito web di A e B. la società che ha sviluppato la raccolta dei dati restituisce all'università i risultati. Le info che restituisce li dà a due signori: i principali interessati sono il vicerettore per la pianificazione (colui che pianifica lo sviluppo dell'università) e il responsabile dell'area IT. Due figure che ricevono i dati commissionati per capire se il sito web va bene oppure no. capire se è opportuno investire sul potenziamento del sito oppure no. VRP e RIT ricevono questi dati e per interpretarli decidono di trasformare questi aggettivi in numeri. Questo questionario è stato costruito con questa proprietà che a distanza tra le categorie delle scale è la stessa. Se do i valori



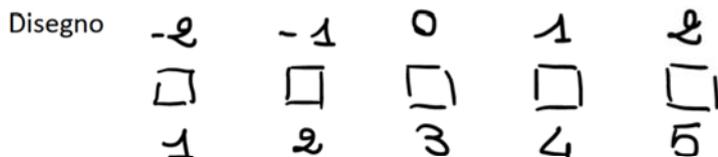
equidistanza tra le categorie della scala. Questa proprietà si costruisce sui questionari. Il VRP propone questo tipo di scala: -2, -1, 0, 1, 2. Soddifano la proprietà di equi-spaziatura? Si ogni distanza tra categorie è un'unità. Lo zero è elemento neutro. È l'unico modo? No, è il responsabile dell'area IT che in maniera indipendente riceve i dati assume altro tipo numerazione: 1,2,3,4,5. Stessi dati codificati in modo diverso in modo da rispettare la proprietà di equi-spaziatura. Con queste assunzioni si procede all'analisi dei dati. viene fuori una tabella riassuntiva:

	A	B	$\Delta$	$\Delta/B$
--	---	---	----------	------------

VRP	1,2	0,8	$1,2-0,8=0,4$	$0,4/0,8=50\%$
RIT	4,2	3,8	0,4	$0,4/3,8=10\%$ ca.

Si scopre che il valor medio dei risultati del campione assegna ad A il valore 1,2. Il risultato per il valor medio dell'università B è 0,8. Sto parlando di valori medi. Per il VRP: 1,2 vuol dire che son poco dopo 1 → posizione di A sulla scala del vicerettore per la pianificazione. Mentre B un po' sotto 1.

Un'analisi simile la fa il responsabile area IT ma con una scala diversa. Trova 4,2 per A e 3,8 per B. questo non ci meraviglia: le due scale sono sfasate di tre unità (allo zero centrale corrisponde il 3).



Tutti e due hanno fatto i conti bene. Sono allineati. Poi decidono di *calcolare* il differenziale tra A e B che distanza c'è sulla scala a 5 categorie? [min 17:10]

Sono perfettamente concordi calcolando il delta. Ma di fronte alla domanda: ma io A di quanto sono superiore a B? decidono di fare questo ragionamento di costruire un indice dato dal differenziale riferito a B: ovvero B preso come target e si va a vedere quanto differenziale pesa sul target.

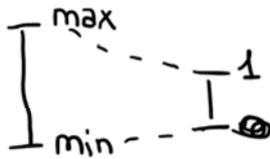
50% cioè B ha prestazioni superiori ad A del 50%. Analizzando gli stessi dati il VRP dice io mi sento tranquillo, siamo così superiori a B che non investirei i soldi nel sito. Il RIT invece dice beh si siamo superiori a B ma poco poco il 10% → investirei soldi nel sito. Allora l'organismo del poli: rettore convoca la giunta (che lo supporta nelle decisioni dell'ateneo) → ordine del giorno c'è scritto sito del poli. Dà la parola a chi si è occupato del problema. Chi dei due ha ragione? Questo esempio fa intuire come dietro ai ragionamenti terra terra poi si prendono decisioni. Il rettore deve decidere se investire oppure no.

Bisogna cercare di capire cosa è successo sui dati: siamo sicuri che hanno analizzato i dati in maniera corretta? Guardando la tabella rispondiamo di sì → abbiamo dati diversi perché abbiamo adottato scale diverse ma quando diciamo qual è la distanza tra i due atenei troviamo che tutti e due dicono la stessa cosa e quindi quei dati sono la stessa cosa. [min 25:21] Il problema? Il problema è nell'ultima colonna: i valori differiscono perché cambia il denominatore. Quell'operazione posso farla? No. ma è un rapporto tra numeri: problema → non è che ogni volta che ho numeri posso fare tutti i calcoli che voglio perché i numeri sono misure che hanno delle proprietà che se violate i calcoli non hanno senso e qui è un caso. Il problema è chi ha ragione? Nessuno dei due hanno sbagliato a fare i calcoli → errore concettuale: questa operazione con queste proprietà dei dati non è ammissibile e i risultati confermano questa situazione. Rimane che devo fare attenzione a come analizzo i dati e devo essere rispettoso delle proprietà dei dati che mi danno indicazioni corrette della distanza tra i due soggetti (in tutte e due le scale la rispetto) ma non posso fare i rapporti rispetto a un qualche riferimento. Esempio di come è importante capire bene le proprietà delle misure.

Altro caso [Min 29] (milioni di auto)

	A	B	C	D	E
2015	3	5	9	6	2
2016	2	4	7	6	1

Ho la fotografia dei dati relativi a 5 costruttori di automobili per due anni. Auto prodotte in un anno dai costruttori A,B,C,D ed E. Per analizzare questi dati si decide di normalizzarli. Siamo abituati a ragionare in termini di proporzioni da 0 a 100 (o 0 a 1). Allora normalizzo i dati. come massimo valore 1 e come minimo 0.



Il valore normalizzato

$$y = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot 100$$

Esempio prendo B per l'anno 2015

$$y_B = \frac{5-2}{9-2} * 100 = 42,9\% \quad (2: \text{minimo del 2015, 9 massimo del 2015})$$

Così calcolo tutti gli altri. Se faccio questa operazione trovo questi valori

	A	B	C	D	E
2015	14.3	42.9	100	57.1	0
2016	16.7	50	100	83.3	0

In corrispondenza del valore minimo il valore normalizzato vale 0. In corrispondenza del massimo  $\rightarrow 100$ . Ho ricondotto i dati di autovetture in termini percentuali. Questa operazione ci crea problemi? Da un primo controllo: prendo prima riga se prendo i valori assoluti io so che C produce più auto di D  $\rightarrow C > D > B > A > E$ . questo è l'ordine con i dati assoluti (prima tabella). Con quelli normalizzati ho  $C > D > B > A > E$ . i dati sono ordinati bene nei due casi. Sarei portato a dire che l'operazione ci convince ma da una lettura più attenta: guardo il 2016 che C produce il doppio di auto di B  $\rightarrow$  vado a leggere i valori assoluti che sono 4 e 7. 7 è il doppio di 4? No, ma 100 è il doppio di 50. Quindi è successo che queste due tabelle cominciano a manifestare delle differenze. Chi delle due ha ragione? La tabella 1. Il problema è della 2. Come mai succede? Come mai non c'è il rispetto di quelle due informazioni? La seconda tabella presenta problemi però non sempre crea problemi: ad esempio nel 2015 la distanza che c'è tra C e B ( $100 - 42.9 = 57.1$ ) e la distanza tra D ed E (distanza 57.1)  $\rightarrow$  stessa distanza nelle proporzioni. Nei dati veri? Distanza sempre 4 ( $9 - 5$  e  $6 - 2$ ). Stessa distanza nelle proporzioni e nei valori assoluti. Altro caso: prendiamo B nel 2016 aumenta la sua percentuale da 42.9 a 50  $\rightarrow$  aumenta di 7.1% (crescita). Nei valori assoluti B produce 1mln di auto in meno (da 5mln a 4mln). Come è possibile? Da una parte aumenta e dall'altra diminuisce? Che alcune cose funzionano e altre no. il problema è di nuovo il solito: chi ha i numeri si sente autorizzato a fare qualsiasi cosa sui numeri. Questo esempio per capire l'urgenza di conoscere bene le proprietà delle misure.

I dati non si possono trattare come uno desidera soprattutto se i dati sono di tipo empirico: che proviene da osservazioni empiriche. Le motivazioni le scopriremo a breve.

- Il tema centrale è capire cosa vuol dire misurare
- Secondo tema: misurare e valutare è la stessa cosa?

Ci sono molte grandezze che sono di difficile misura: alcune di facile misura e altri di difficile misura. Esempio: misurare l'estetica di un prodotto è facile? Misurare il retrogusto di un vino è facile? La guidabilità di un'auto? L'odore? Gusto? L'utilità? Tutti questi concetti ci fanno intuire che la misura è complicata da fare a volte. Esempio misurare la lunghezza del tavolo è semplice ma altre misure non lo sono.

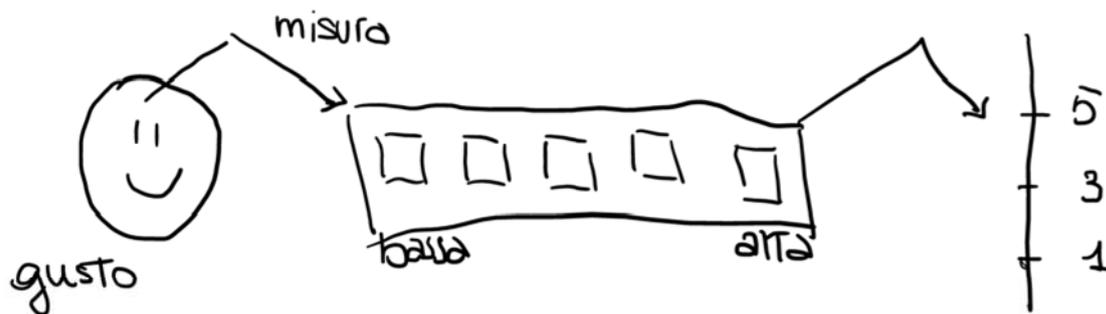
Cosa vuol dire fare una misura?

Esempio: fare una misura vuol dire fare una comparazione, come se avessi una bilancia dove ho un fulcro e da una parte riporto l'oggetto da misurare e dall'altra riporto dei campioni di confronto  $\rightarrow$  questo vuol dire

misurare. Tutte le misure funzionano così. Nella lunghezza del tavolo metto a confronto il tavolo, la sua lunghezza con un metro di riferimento. Per fare una misura ho bisogno di un riferimento. In realtà questo non basta ma c'è bisogno anche di altro perché succede che ogni paese nel mondo si costruisce il proprio metro: problema di confrontabilità dei metri allora chi si occupa di misure fisiche ingegneristiche ha costruito un modo per tenere allineati tutte le misure del mondo. Ogni paese ha il suo kg campione di riferimento, conservato gelosamente.

Tutte le misure di massa sono allineate al kg campione per vedere tutte le misure di massa nel mondo allineate io devo tenere allineati i campioni primari di riferimento di ogni paese. Ogni anno i campioni primari vengono confrontati. Ci permette di tenere i sistemi di misura allineati. Permette di fare le stesse misure in tutto il mondo. La fortuna di questo metodo è aver creato questo legame: io con alcune grandezze primarie (lunghezza, massa e altre) sono in grado di produrre anche altre unità di misura (da lunghezza la superficie, data la lunghezza del tempo → velocità: grandezze derivate). Questo sanno farlo bene i fisici, ingegneri. In questo schema mancano le grandezze come guidabilità di auto, gusto ecc... scopriamo una cosa che ogni tanto passa inosservata e che sistema internazionale di misura raccoglie poche misure rispetto a quelle che ci servirebbero, molte cose non ci sono.

Dove non ci danno una mano i sistemi di misura mi arrangio: ho di nuovo la bilancia, l'oggetto da valutare, ho il riferimento. Queste misure passano per la testa dei soggetti. Esempio la guidabilità è concetto astratto che passa per la testa dei singoli soggetti. Ogni soggetto ha in testa un proprio riferimento e risponde sulla base di una sua scala che ha in testa. È un concetto che rimane nella testa delle persone. Molte grandezze sulla qualità passano per informazioni che dobbiamo catturare dalla testa dei soggetti.



Questa operazione è molto delicata e spesso la si fa in maniera incosciente. Succede che se uno fa queste operazioni senza sapere quello che fa siamo sicuri che questi numeri rappresentano cosa aveva in testa il soggetto? Due momenti critici: quando trasformo la mia impressione in una scala e quando questa scala diventa numeri. Questi due momenti potrebbero essere così complicati che quello che ho alla fine potrebbe essere distorto rispetto a cosa c'era nella testa del soggetto. Misurare è complicato, per alcune grandezze di più (quelle che coinvolgono le persone). Molte passano per la testa dei soggetti.

### **Cos'è una misura?**

Definizione: teoria rappresentazionale delle misure

assegnazione empirica e oggettiva di numeri a proprietà di oggetti o eventi del mondo reale in modo da poterli descrivere.

Dare dei numeri con due proprietà importanti

1. Empiricità: dare i numeri in termini empirici → devo descrivere il modo, le regole con cui assegno i numeri. La proprietà che definisce le regole con cui si danno i numeri
2. Oggettività: una misura è oggettiva se non dipende dai soggetti che la descrivono. Vuol dire che quel numero non è legato ad un soggetto ma è indipendente ai soggetti

Sono i pilastri su cui si fonda il concetto di misura. Def che mette insieme i due mondi: scienze dure e scienze non dure/sociali-cognitive.

## Parte 2

Devo raccontare quello che avviene nel mondo reale con numeri e questi due mondi devono dialogare tra loro. Dal punto di vista della teoria rappresentazionale ci sono alcuni elementi che ora guarderemo con attenzione.

Questa teoria si fonda su 4 concetti importanti:

- Da una parte il mondo reale e per lui definiamo un **sistema relazionale empirico**. Io raccolgo il mondo empirico con un sistema relazionale empirico
- **Sistema relazionale numerico**: io sto mettendo insieme due entità: mondo empirico e quello dei numeri.
- Collante dei due mondi si incontra con una domanda: mettere in relazione il sistema empirico con il numerico si può fare solo in un modo? problema di **definire la condizione di rappresentazione**
- Ultimo problema riguarda la **condizione di unicità**

Io ho creato un mondo organizzato in due elementi costitutivi: mondo reale e il suo specchio che è il mondo dei numeri. Questi due mondi io cerco di metterli insieme. Ora utilizzeremo un po' di notazioni astratte ma è un passo obbligato per capire gli argomenti.

Il processo di misura nasce per risolvere un problema molto concreto: immagino il mondo delle masse (o prendo una massa e la confronto con un'altra oppure trasformo il mondo delle masse in numeri e ragiono sui numeri). Concetto di specchio fa sì che mi sposti dal mondo reale al mondo numerico. Permetto di descrivere un mondo senza operare sul mondo stesso ma sul suo specchio, il suo mondo corrispondente.

Qui è il numerical twin: sto ragionando su questi temi per far vedere come si può evitare di esprimere qualsiasi considerazione su suo mondo ma nel suo speculare (suo specchio).

Partiamo dal **sistema relazionale empirico**: è una composizione di due entità

$$\mathcal{L} = \langle Q, R \rangle$$

- Q: insieme di manifestazioni empiriche del mondo empirico, insieme di elementi. Insieme di tutte le possibili manifestazioni empiriche di una certa grandezza.
- R: insieme delle relazioni che esistono tra gli oggetti

$$Q = \{q_1, q_2, q_i, q_n\}$$

$$R = \{R_1, R_2, \dots, R_j, R_m\}$$

Esempio: pensiamo alle masse. Q sono le possibili masse degli oggetti (masse di foglio di carta, di penna, di un cellulare). R insieme delle relazioni tra le masse: esempio posso dire che la massa della penna è maggiore della massa del foglio. Il maggiore è una relazione tra le masse. Quindi il mondo empirico si compone degli oggetti Q e relazioni R tra gli oggetti di Q.

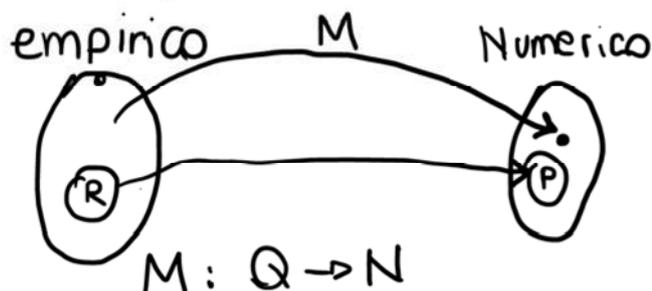
Il mondo corrispondente è quello che chiamo **sistema relazionale numerico** → a volte questa parola possiamo usarla con un altro aggettivo: simbolico. Di solito noi le misure le esprimiamo con numeri. Si esprime in maniera simile a quella del sistema empirico

$$N = \langle N, P \rangle$$

- N l'insieme dei numeri (insieme di qualsiasi numerazioni: reali, naturali, razionali o qualunque sistema di numerazione).
- P: insieme delle relazioni tra numeri, quali sono le proprietà con cui posso mettere insieme e analizzare i numeri

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_m\}$$

Questi due mondi come li tengo insieme?



La **misura**: io vorrei mettere insieme un elemento di  $s_x$  con un numero di  $s_x$ , è una applicazione da un mondo a quello dei numeri. Sto dicendo che ogni manifestazione di  $s_x$  vorrei raccontarla con un numero che ho a  $s_x$ . Non basta che ad ogni concetto sia associato un numero, chiedo che le proprietà che ho a  $s_x$  le voglio anche a  $s_x$ . Le relazioni tra manifestazioni vorrei vederle riprodotte tra i numeri. Devo definire una applicazione che leghi il mondo relazioni empiriche con quello delle relazioni numeriche. Ogni volta che ho una relazione di un certo numero di manifestazioni io posso utilizzarla nel mondo delle misure. [min 16]

$$R_i(q_1, q_2, \dots, q_n) \leftrightarrow P_i(M(q_1), M(q_2), \dots)$$

Ho creato uno specchio tra questi due mondi. Lo specchio dal punto di vista del linguaggio ha un nome: **omomorfismo** tra un mondo e quello numerico (stessa forma nel mondo empirico e dei numeri) tra questo mondo e quello numerico. Isomorfismo: perfettamente riprodurre il mondo empirico in quello speculare. Perché omomorfismo nel nostro caso?

Quando creo questo legame mi piacerebbe che ad ogni manifestazione corrispondesse l'equivalente numerico. Ma potrei avere due oggetti con stessa massa, non ho legame 1 a 1, ma manifestazioni con stessa misura  $\rightarrow$  no legame isomorfo perché alcune manifestazioni si traducono con stesso valore numerico: esempio 2/+ oggetti che possono avere la stessa massa (ad esempio nel caso delle masse).



Isomorfo sulle relazioni degli oggetti, no isomorfismo sulle manifestazioni ma un omomorfismo sulle manifestazioni

ESEMPIO

masse



Numeri



Se prendo massa 1kg e sommo massa 2kg la massa equivalente quanto vale? 3kg ma devo avere fisicamente 1 kg e due kg? No. una volta che so che sono masse e so il valore noi lavoriamo sui numeri. Questo grazie alla potenza di questa rappresentazione. Grazie ai numeri associati alle misure. Il sistema empirico che lega una massa al numero corrispondente da cosa è composto?

$$\mathcal{L} = \langle Q, H, E, \underset{\text{composit}}{0} \rangle \quad | \quad N = \langle \mathbb{R}_e^+, >, =, + \rangle$$

Q: insieme di tutte le possibili masse che fanno parte del mondo delle masse. Tutti i possibili oggetti mi determinano il mondo di tutte le possibili masse. Con le masse che operazioni posso gestire? Ad esempio, immagino di avere una bilancia, avendo delle masse prendo cellulare e penna e li metto sui lati della bilancia → bilancia fa sì che corpo più pesante sollevi il più leggero. Tra le masse esiste proprietà legata alla sua dimensione a peso: una massa più pesante solleva una più leggera → più pesante di. Suppongo di prendere due masse, le metto sui piatti e bilancia in equilibrio → esiste una relazione di equivalenza. Altre relazioni sulle masse? Se prendo una massa da un kg e la sommo a una da due kg complessivamente cosa succede quando metto insieme 2/+ masse? Le masse si possono comporre → relazione o (di composizione). Questa grandezza ha 3 relazioni empiriche.

Dall'altra parte dello specchio c'è il sistema relazionale numerico: tutte le masse che numeri adotto? Numeri relativi vanno bene? Che categorie di numeri uso per descrivere le masse? Numeri interi? Numeri relativi? Razionali? Reali? Reali solo positivi. La massa più piccola ha massa 0. La proprietà H: una massa più pesante di un'altra che relazione traduco in termini numerici? Operatore tra numeri è >. Operazione di equivalenza? Ho l'=. Alla composizione? La somma +. Questo è l'omomorfismo (30:58 circa) tra il mondo delle masse e quello dei numeri. Se riesco a definire questo specchio io posso smettere di ragionare sulle masse e ragiono sui numeri sulle stesse proprietà, stesso sistema di relazioni. La guidabilità di un'auto dico nel mondo empirico quali sono le manifestazioni empiriche della guidabilità? Quali sono le relazioni empiriche nella guidabilità di un'auto? Una volta definite devo tradurle nelle equivalenti operazioni numeriche e a quel punto ho creato le misure.

Qui detto che numeri che rappresentano le masse sono i reali positivi ma è vero? Per un matematico sì ma per un ingegnere meno vero. Esiste la massa  $\pi$ ? 3.1415... numero irrazionale con infinite cifre. Per gli ingegneri  $\pi$  non ha numero infinito di cifre, perché gli ingegneri misurano le masse con le bilance. Le bilance hanno infinite cifre? No, hanno risoluzione finita. Quindi il mondo è  $\mathbb{R}_e^+$  con tanti buchi.  $\Pi$  non lo troverò lì. Legame omomorfo tra mondo reale e numerico sembra un'operazione semplice, è problema matematico importante e posso sempre trovare omomorfismo per qualunque grandezza? Quali sono le condizioni sufficienti per l'esistenza di un omomorfismo? Condizioni necessarie ma soprattutto le sufficienti per garantire l'esistenza di un omomorfismo.

**Esempio:** 3 squadre di calcio [min 37]

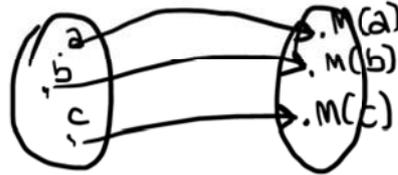
Insieme  $A = \{a, b, c\}$  composto da queste squadre di calcio

Relazione di riferimento: relazione di vittoria. Due squadre si affrontano in una partita una vince e una perde:  $R = \{(a, b), (b, c), (c, a)\}$  sono le relazioni che noi abbiamo tra queste 3 squadre dove R è la relazione di vittoria. Quando dico  $(a, b) \rightarrow aRb$  ovvero la squadra a batte la squadra b. esiste l'omomorfismo che lega questa condizione alla condizione numerica corrispondente?

$$L = \langle A, R \rangle \quad | \quad N = \langle \mathbb{R}_e, > \rangle$$

relazione empirica di vittoria come la traduco sui numeri? Se a batte b ho una relazione che traduco in termini di superiorità → simbolo >. Quindi posso lavorare con questo omomorfismo?

Ad ogni insieme



$aRb \rightarrow M(a) > M(b)$  se esiste allora la misura di a maggiore della misura di b

$bRc \rightarrow M(b) > M(c)$

$cRa \rightarrow M(c) > M(a)$

le misure devono dire la stessa cosa. Questo sistema che lega il concetto di vittoria ai numeri, questo omomorfismo esiste? Risposta NO. Misura di a maggiore di b, misura di b maggiore di c e c maggiore di a. ho una violazione della proprietà transitiva. Qui ho una circolarità, ma i sistemi numerici con i quali operiamo hanno una caratteristica: sono sistemi ordinati (ho zero tra i negativi e i positivi). Non può esserci numero che viola la proprietà transitiva. Se ho la circolarità violo la proprietà transitiva. Questo è un esempio che mi fa vedere che non sempre è possibile creare un legame tra mondo empirico e mondo numerico equivalente (un omomorfismo). Ma quali sono le condizioni sufficienti per le condizioni di un omomorfismo?

Abbiamo fatto vedere che non è sempre possibile creare un omomorfismo.

### MISURA E VALUTAZIONE [min 47]

Misurare e valutare sono due cose un po' diverse. Quando il prof assegnerà voto al nostro esame sta misurando? Sta assegnando un numero ad un esame. Quel numero è una misura? No perché per rispondere guardo alle proprietà delle misure. Misura ha proprietà empiricità e oggettività. Numero dipende dal soggetto che lo esprime. Salta subito all'occhio che non tutte le assegnazioni di numeri sono misure.

	empiricità	Oggettività
misura	X	X
valutazioni	X	-
preferenza	-	-
Imposizione	-	X

Nelle valutazioni nel caso del voto d'esame come garantisco l'empiricità? Noi sappiamo perché i numeri universitari sono espressi in trentesimi? È una convenzione. Si usa il 30 perché presiedevano gli esami 3 commissari a ciascuno dei quali voto da 0 a 10. Voti laurea in 100 decimi per ragione storica: commissione costituita da 11 professori (10 commissione e 1 presidente). I commissari si mettono d'accordo su che cosa valutano: si danno delle regole empiriche. Quindi per la valutazione ho l'empiricità? Sì, i commissari si mettono d'accordo su quello che vanno a valutare però i commissari potrebbero non avere i metri allineati. Anche la valutazione è un'operazione, che assegna un numero ad una manifestazione empirica ma non ha la proprietà di oggettività. Qui ho una mancanza.

Questa tabella fa vedere che esistono 4 possibilità: misura, valutazione, preferenza (ed esempio voto in cabina elettorale, non segue regole empiriche, ognuno ha le sue e non è oggettiva perché ognuno dà il suo voto) e imposizione → condizione di cui assegno un vincitore indipendentemente dalle regole (oggettiva ma non empirica). Se assegno numero senza regole e senza oggettività. Esempio ho gara d'appalto e so chi è vincitore, non mi interessano le regole ma so solo che vince x.

Da questo schema vedo come ci sia una certa articolazione intorno al concetto di misura e come esistano sfumature diverse che godono o meno di certe proprietà. Nella pratica non è semplice discriminare tra misura, valutazioni, preferenze e imposizioni.

Tutte le considerazioni fatte finora prescindono da due concetti che nella pratica operativa esistono: incertezza di misura (fatto finto per ora di essere in mondo ideale) e non ci sono errori. Per ora rimaniamo nel mondo ideale.

**ESEMPI:** (min 1h03)

Quando compro auto e vado in concessionario per acquistare modello di auto la mia decisione che cos'è?



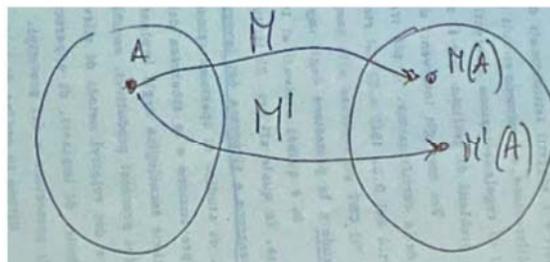
Alla fine, scelgo auto 2 → questa operazione che alla fine assegna un vincitore che cos'è? È una preferenza nel senso che compro auto. Seguo regole? Si implicite ma altro soggetto segue altre regole → NO empiricità. Io ho optato per auto 2 ma altro soggetto può scegliere altro modello → no oggettività. Comprare un'auto è operazione di preferenza.

**ESEMPIO:** gradimento sito web. Abbiamo scritto enunciato "gradimento del sito web" con sotto una scala. Questa cos'è? Valutazione, ma potrebbe essere una misura. È una grandezza astratta, ho la scala di misura del gradimento? No. se la proprietà oggettiva non c'è sono di fronte ad una valutazione → non c'è quando i soggetti non condividono un metro di misura. Potrei dire per ogni categoria di scala che valore caratterizzante c'è. Se soggetti condividono il metro di valutazione → grandezza oggettiva e quindi può diventare una misura. Questo per dire che il confine tra questi concetti non è così tracciabile. Tipico esempio in cui può essere o l'uno o l'altro a seconda di quello che riusciamo a creare in termini di allineamento dei metri dei soggetti. Queste sfumature ci fanno capire come non in tutti i casi sia semplice distinguere questo tipo di operazione.

Sono un sottoinsieme di un insieme più grande: gli indicatori. Indicatore è concetto più ampio di quello di misure, valutazioni ecc...

## INGEGNERIA DELLA QUALITA' – 6 OTTOBRE 2022

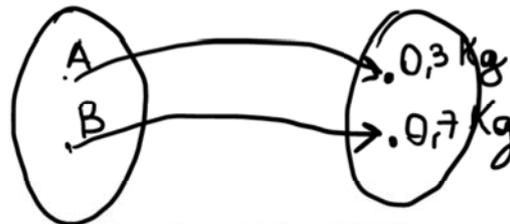
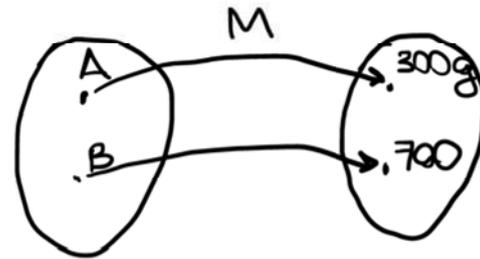
Esiste un unico modo di rappresentare una manifestazione empirica con una misura? Tema che affrontiamo. La risposta è no, non esiste la condizione di unicità; quindi, alla domanda esiste una condizione di unicità? No. noi forse avremmo preferito si.



Dire no vuol dire che esistono più modi per creare questo legame. Io posso avere il modo che ho indicato con M (misura), ma potrei creare un altro legame analogo con un altro omomorfismo M'. ho due o più modi per rappresentare il mio sistema empirico. Questo è un elemento non previsto. Esiste una arbitrarietà (posso crearne più di uno) nel creare l'omomorfismo. Ma tra M e M' (due omomorfismi) che tipo di legame esiste?

- Esiste un legame? Si
- Si può passare da una rappresentazione M a M' ecc... usando delle **trasformazioni di scala**. Ovvero io da certo omomorfismo ne posso generare altri con delle trasformazioni.

### Esempio della massa



$$M' = \alpha M$$

$$M' = \frac{1}{1000} M$$

Immagino di avere due masse nel mondo empirico, si traducono con operatore  $M$  con due valori di massa, avrò massa 300gr e 700gr  $\rightarrow$  omomorfismo. Numeri 700 e 300 rappresentano la misura

Altro omomorfismo  $M'$ : in chilogrammi, stesse masse ma le rappresento in due modi diversi, i due modi sono collegati? Sì,  $M' = \alpha M$  dove  $\alpha$  è il coefficiente di equivalenza tra grammi e chilogrammi, fattore moltiplicativo.  $M'$  è un millesimo di  $M$ . questi concetti non li introduciamo come nuovi, introduciamo un modo diverso per leggerli. Questo fatto ci fa vedere come si possano creare più omomorfismi sullo stesso sistema empirico e come questi potrebbero essere tra loro collegati. Estendendo e ampliando il ragionamento per diversi sistemi empirici: diversi sistemi che hanno tra loro una differenza nelle proprietà iniziali. Quindi sistemi empirici che hanno diversi tipi di relazioni che le accompagnano e tenendo conto della non unicità di rappresentazione hanno portato a determinare una classificazione delle scale di misura  $\rightarrow$  operazione condotta da Stevens che per questa sua idea ha avuto molti riconoscimenti. Primo suo lavoro scientifico relativo a queste tematiche è stato pubblicato su Science. Quindi io con questi due elementi: non unicità (più possibilità di rappresentazione) e avendo a che fare con sistemi empirici con più relazioni che li differenziano propongo di definire un gruppo di categorie di scala:

- **Scala nominale:** scala più semplice perché ha il sistema empirico più semplice
- Aumentando le proprietà del sistema empirico: **scala ordinale**  $\rightarrow$  arricchisco il bagaglio perché aggiungo una proprietà: quella dell'ordinamento
- **Scala di intervallo** questa scala ha proprietà aggiuntive rispetto alle ordinali
- **Scala di rapporto**

Queste sono le tipologie di scale con cui io posso fare misure. Tutte le tipologie di misure che conosco cadono qui dentro. In realtà qualcuno tira fuori altra categoria. **Le categorie sono 4, tutte le tipologie di misure che noi tipicamente utilizziamo** (noi mondo scienze due e psico-socio cognitive) **usano questa caratterizzazione/classificazione che mettono insieme mondi anche diversi.** Questa categorizzazione ha dato spazio a numerose ulteriori riflessioni: queste scale sono messe non a caso ma sono ordinate in ordine di complessità  $\rightarrow$  muovendomi dall'alto al basso il sistema relazionale empirico diventa più ricco, più vado giù e più aumento la ricchezza del sistema relazionale empirico.

Prof ha detto che questi oggetti possano permettere il passaggio da una categoria all'altra attraverso **trasformazioni di scala**: se ho certa rappresentazione su una scala nominale posso passare ad altra scala nominale con trasformazione di scala. Vediamo quali sono le trasformazioni di scala con cui di solito ci confrontiamo. Queste sono le tipologie di scala, ora guardiamo le trasformazioni di scala.