NUMERO: 1779A - ANNO: 2015

A P P U N T I

STUDENTE: Dattis Lorena

MATERIA: Ingegneria della qualità - prof. Franceschini

29/9/2014

Ingegneria della Qualità

Introduzione

Nel corso del tempo l'attenzione si è spostata sempre di più sulla qualità perché:

- maggiore attenzione dei consumatori verso prodotti di alta qualità
- a causa del successo commerciale giapponese
- la certificazione sulla qualità permette di aprire delle porte chiuse.
- l'assicurazione qualità come necessità di dare evidenza formale all'adempimento di particolari requisiti
- estensione del concetto di qualità a tutto il ciclo di vita del prodotto/servizio
- le imprese producono prodotti e servizi in modo dinamico, allora la qualità viene intesa come motore del miglioramento aziendale.

30/09/2014

Elementi della trasformazione della qualità:

Da		a
aspetto settoriale	→	aspetto generale
visione specialistica	→	visione globale
orientamento al passato (controllo di ciò che si è prodotto)	→	orientamento al futuro (qualità nella progettazione)
qualità come costo	→	qualità come investimento
ottica di produzione	→	ottica di mercato
approccio burocratico	→	approccio funzionale

Scuole di Pensiero:

<u>PB CROSBY</u>
- → la qualità è un investimento, non un costo
- → la qualità comincia con le persone, non con le cose
- → il cliente è ogni persona che riceve il nostro lavoro, quindi è importante riuscire a soddisfarlo, il cliente è a valle del processo produttivo

ATTRIBUTI DELLA QUALITÀ DI UN PRODOTTO

- Estetica
- Ecologia
- Prestazioni
- Manutenibilità
- Economicità
- Durata
- Conformità
- Sicurezza
- Affidabilità
- Servizio, Assistenza

L'affidabilità viene misurata ad esempio come:

$R(t) \rightarrow R(1000) = 0,8$ → dopo 1000 h, l'affidabilità è di 0,8.

$R(t) = R(T > t)$ → l'affidabilità è la probabilità che il prodotto duri più di un certo tempo di riferimento T.

es: su 100 lampade, dopo 1000 ore, 80 sono ancora funzionanti

Ma non tutti questi attributi sono facilmente misurabili.
Il prezzo non è collegato alla qualità come anche il costo

~~La qualità dal punto di vista operativo~~

Possiamo distinguere:

- la qualità nel progetto
- la qualità nella produzione (Controllo Qualità)

La qualità nella progettazione è supportata da diversi strumenti:

- DFx → Design For ... x → caratteristica specifica
- CAx → Computer aid ... x
- QFD
- Metodi affidabilistici

Nell'ambito della produzione vi sono 2 tipi di strumenti:

- Metodi di controllo statistico
- Controllo a tappeto

Perché occuparsi della qualità? Non abbiamo la capacità di produrre prodotti perfettamente uguali, vi è variabilità tra oggetti e servizi,
es: gli addetti di un servizio non forniscono le stesse risposte alle stesse domande.

CONTROLLO STATISTICO

Ci sono 3 aree di intervento:

1. Controllo statistico di processo SPC
2. Progettazione degli esperimenti DOE
3. Controllo di accettazione

1. STRUMENTI DEL CONTROLLO STATISTICO DI PROCESSO

carte di controllo → sono dei diagrammi che riportano

In genere compaiono a coppie perché siamo interessati a vedere la variabilità da un lato e la posizione dall'altra.

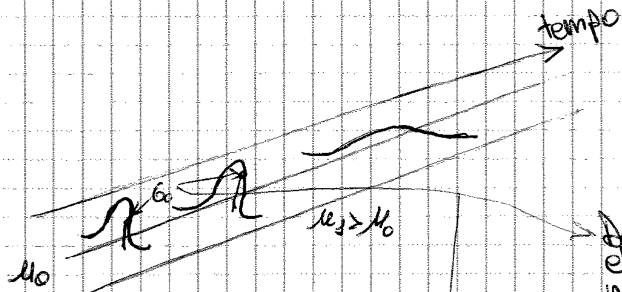
Le carte di controllo consentono di dialogare e di comprendere i comportamenti dei processi. Consentono il controllo in linea del processo.

Hanno 2 finalità:

- valutare lo stato di un prodotto come buono o cattivo
  - → CARTE PER ATTRIBUTI → se un prodotto ha tanti difetti ⇒ è difettoso
- valutare la variabilità tra i prodotti
  - → CARTE PER VARIABILITÀ → se un prodotto ha un difetto

PROCESSO → viene materializzato da una distribuzione di componenti o di piani di lavoro a seconda di chi lo considera (addetto o ingegnere).

→ È caratterizzato da una media (nel corso del tempo può variare può cambiare il suo assetto in base agli eventi che accadono)



bisogna riuscire a capire come il processo si muove nel tempo

→ Dal processo si può estrarre il campione che fornisce l'unica informazione che non è possibile vedere tutta la distribuzione

→ ESTRAZIONE

La carta di controllo riporta una LINEA CENTRALE che rappresenta il valore medio della qualità corrispondente al valore desiderato quando il processo è sotto controllo. Le altre 2 linee orizzontali sono il LIMITE DI CONTROLLO SUPERIORE e quello INFERIORE: qst 2 valori vengono scelti in modo tale che, se il processo è sotto controllo, i valori campionari cadranno al loro interno e nessun intervento correttivo sarà necessario ⇒ una carta di controllo può essere vista come un test per verificare l'ipotesi che il processo sia sotto controllo.

Esempio: PROCESSO DI TEMPRA

Studio dell'indurimento superficiale di 2 processi di tempra su un componente in lega di alluminio

- Tempra in olio
- Tempra in acqua salata

} Facendo degli esperimenti scelgo tra le 2 tempre

Per effettuare un giusto esperimento bisogna porsi determinate domande:

- Quali sono i fattori che si vogliono controllare?
- Quanti pezzi uso per fare l'esperimento? campioni piccoli o grandi?
- Come si possono analizzare i dati?
- Quali sono i parametri statistici che si considerano nell'analisi?

2/10/2019

Esempio:

Misure di durezza su provini ricavati da barre di acciaio.

Bisogna verificare la risposta di 2 penetratori nominalmente uguali. Usiamo 2 tipi di esperimenti:

(A) Si prendono 20 provini, li si assegnano casualmente ai 2 penetratori e si fanno 20 prove → completely randomized design

(B) Si prendono 10 provini e su ognuno si fanno 2 prove una con ognuno dei 2 penetratori, quindi si effettuano 20 prove → paired comparison design

Si ottengono gli stessi risultati? Quale dei 2 è preferibile?

Effettuiamo il $\boxed{\text{METODO A}}$:

Media → Penetratore 1 → 4,8 → durezza

Media → Penetratore 2 → 4,9 → durezza

Media → Differenza → -0,1

Guardando le medie, dal punto di vista matematico i 2 penetratori sono diversi, ma dal punto di vista statistico non è così → bisogna considerare la variabilità naturale dei processi.

Valori sperimentali ottenuti su 20 prove

PROVINO	Pen 1	Pen 2	Differenza
1	7	6	1
2	3	3	0
3	3	5	-2
4	4	3	1
5	8	8	0
6	3	2	1
7	2	4	-2
8	9	9	0
9	5	4	1
10	4	5	-1
Media	4,8	4,9	-0,1

Il valore medio delle differenze è pari al valore atteso della variabile d_j:

$$\boxed{\mu_d = E(d_j) = E(y_{2j} - y_{1j})}$$

VALORE ATTESO → è il valore centrale di una distribuzione.

Il valore atteso di una somma di termini è pari alla somma dei valori attesi dei 2 termini.

$$\Rightarrow \mu_d = E(y_{2j}) - E(y_{1j})$$
$$= E(\mu_2 + \varepsilon_{2j}) - E(\mu_1 + \varepsilon_{1j})$$

Il valore atteso di una costante è la costante stessa, il valore atteso di una variabile statistica è la media della variabile.

$$\Rightarrow \boxed{\mu_d = \mu_2 - \mu_1}$$

Il valore atteso di ε_{ij} è zero perché ha media nulla.

→ è pari alla differenza tra le 2 medie

Per poter dire se i 2 penetratori sono uguali o no, bisogna risolvere un **TEST DI IPOTESI**. Un'ipotesi statistica è un'affermazione circa i valori dei parametri di una distribuzione di probabilità che deve essere testata, in modo da poterla validare o smentire. Generalmente vengono formulate 2 proposizioni:

- l'ipotesi nulla H_0 → è rifiutata quando è vera
- l'ipotesi alternativa H_1 → è accettata quando è falsa

Formuliamo le 2 ipotesi:

$$\begin{cases} H_0: \ \mu_1 = \mu_2 & \rightarrow \text{i 2 penetratori si comportano allo stesso modo} \\ H_1: \ \mu_1 \neq \mu_2 & \rightarrow \text{medie dei 2 penetratori diverse} \end{cases}$$

Quando si assume di fare un confronto statistico tra 2 parametri, si ricorre a 2 elementi:

- qual è il RISCHIO che si ritiene di compiere nello sbagliare a dire che i 2 fattori sono uguali o no
  ↳ RISCHIO DI 1° SPECIE → $\alpha = 5\%$ → accetto il fatto che su 100 prove, su 5 posso sbagliare

P.S.: VARIANZA σ^2 → fornisce 1 misura della variabilità, indica di quanto i valori assunti dalla variabile si discostano quadraticamente dal valore atteso.

DEVIAZIONE STANDARD σ → è la $\sqrt{\sigma^2}$, quindi esprime lo stesso concetto di σ^2 ma con un'unità di misura direttamente confrontabile con quelle usate nella rilevazione

L'operatore varianza, però, non opera come il valore atteso.

La varianza della differenza è pari alla varianza del 1° termine più la varianza del 2° termine più la covarianza tra i 2 termini.

$$\Rightarrow V(\bar{d}) = V(\bar{y}_2) + V(\bar{y}_1) + \underbrace{cov(\bar{y}_2 + \bar{y}_1)}_{=0}$$

varianza della media

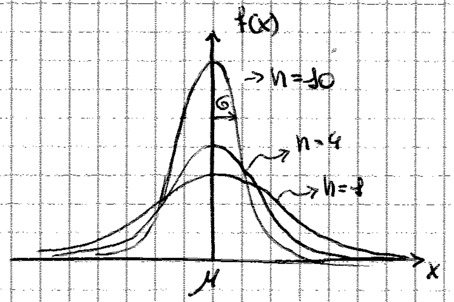
$= 0 \rightarrow$ Perché i dati arrivano da campioni indipendenti.

Se le varianze sono uguali $\rightarrow \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma^2$

$$\Rightarrow V(\bar{d}) = \frac{\sigma^2}{n_1} + \frac{\sigma^2}{n_2} = \sigma^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)$$

varianza della distribuzione diviso n $\rightarrow$ VARIANZA DELLA DISTRIBUZIONE DELLA MEDIA CAMPIONARIA

Densità delle medie campionarie di una popolazione normale standard:



$X \sim N(\mu, \sigma^2) \rightarrow$ distribuzione con media μ e σ^2

La media campionaria avrà distribuzione normale con media μ e come varianza $\frac{\sigma^2}{n} \Rightarrow$ quando da una distribuzione si estrae un campione la variabile campionaria $\bar{x}$ avrà la stessa media e una varianza molto più piccola in proporzione alla numerosità del campione.

$V(\bar{d}) = \sigma^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right) \rightarrow$ da questa espressione nasce il termine al denominatore dell'espressione di t_0

$S_p\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \rightarrow$ DEVIAZIONE STANDARD della varianza $\sigma^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)$

- S_p: scarto quadratico medio del campione

Il passaggio da z a t_0 è dovuto al fatto che non conosciamo il valore della varianza σ^2 ma conosciamo una sua stima, cioè conosciamo S_p. La T-student è una distribuzione che, anziché essere costruita sui valori della distribuzione come la z standardizzata, è costruita sui valori campionari.

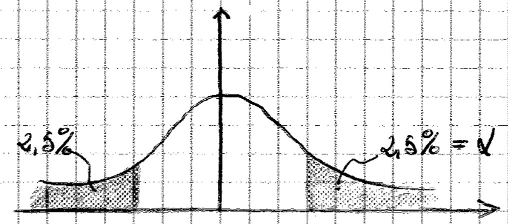
Di questa famiglia, la distribuzione t con cui confrontare to avrà un numero di gradi di libertà reale pari a:

$$\nu = n_1 + n_2 - 2 = 20 - 2 = 18$$

→ num di prove

→ 2 gradi li usiamo per le 2 medie

Inoltre la t avrà un rischio pari a 2,5% su entrambe le code della distribuzione:



Avevamo fissato un rischio $\alpha = 5\%$ che viene spalmato sulle 2 code della distribuzione visto che il test è un test bilaterale.

⇒ Dalla Tabella $t_{\alpha/\nu}$ → $\boxed{t_{0{,}025,\,18} = 2{,}101}$

Se → $|t_0| > t_{0{,}025,\,18}$ ⇒ rifiuto l'ipotesi nulla a favore dell'ipotesi alternativa H_1

→ $|t_0| < t_{0{,}025,\,18}$ ⇒ non ho ragioni per rifiutare l'ipotesi nulla

$|-0{,}096| < 2{,}101$ → con i nostri dati non abbiamo elementi sufficienti per rifiutare l'ipotesi nulla

↳ i 2 penetratori hanno in media lo stesso comportamento, quindi non appaiono diversi

CONCLUSIONE OTTENUTA EFFETTUANDO IL METODO A ←

METODO B

Su ogni provino facciamo 2 misure.

Il primo effetto di questa strategia è che anziché usare 20 provini se ne usano 10 ⇒ cambia l'espressione della generica osservazione y_{ij}:

$$\boxed{y_{ij} = \mu_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}}$$

→ termine che tiene conto della colata di acciaio da cui si è estratto il provino

Rispetto al metodo A in cui tutta la variabilità era contenuta nel termine ε_{ij}, ora la variabilità dipende da:

- il valore medio
- dal tipo di colata (quindi dal materiale del provino)
- da un termine che tiene conto della variabilità della misura.

Nel metodo A β_j era contenuto in ε_{ij}, rendendolo esplicito, la variabilità rimanente sarà una distribuzione più contenuta

Le differenze sostanziali tra i 2 metodi sono nel modo in cui abbiamo fatto le prove e nei gradi di libertà.

Per poter valutare gli effetti di queste differenze può essere utile calcolare gli INTERVALLI DI FIDUCIA associati alle stime

In statistica quando si stima un parametro spesso la semplice individuazione di un singolo valore non è sufficiente ⇒ si accompagna la stima di un parametro con un intervallo di valori plausibili per quel parametro chiamato intervallo di confidenza.
I valori estremi dell'intervallo sono detti limiti di confidenza

Per calcolare un intervallo di fiducia $\boxed{\text{CON VARIANZA NOTA}}$:

$$\boxed{\bar{x} - \varepsilon \sigma_{\bar{x}} \leq \mu \leq \bar{x} + \varepsilon \sigma_{\bar{x}}}$$

media del campione

punto sulla normale standardizzata

errore standard → $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

l'intervallo ha $\bar{x}$ come suo centro e si estende simmetricamente in entrambe le direzioni di una quantità pari a $\varepsilon \sigma_{\bar{x}}$

L'intervallo di fiducia per il metodo A è:

$$\mu_1 - \mu_2 = \bar{y}_1 - \bar{y}_2 \pm t_{0,025,18} \cdot s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

$$= 4,8 - 4,9 \pm 2,101 \cdot 2,32 \sqrt{\frac{2}{10}} = -0,10 \pm 2,18$$

valore puntuale

intervallo associato alla stima

qualifica quanto è buona la stima

L'intervallo di fiducia per il metodo B è:

$$\mu_1 - \mu_2 = \bar{d} \pm t_{0,025,9} \cdot \frac{s_d}{\sqrt{n}} = -0,10 \pm 2,62 \cdot \frac{1,20}{\sqrt{10}}$$

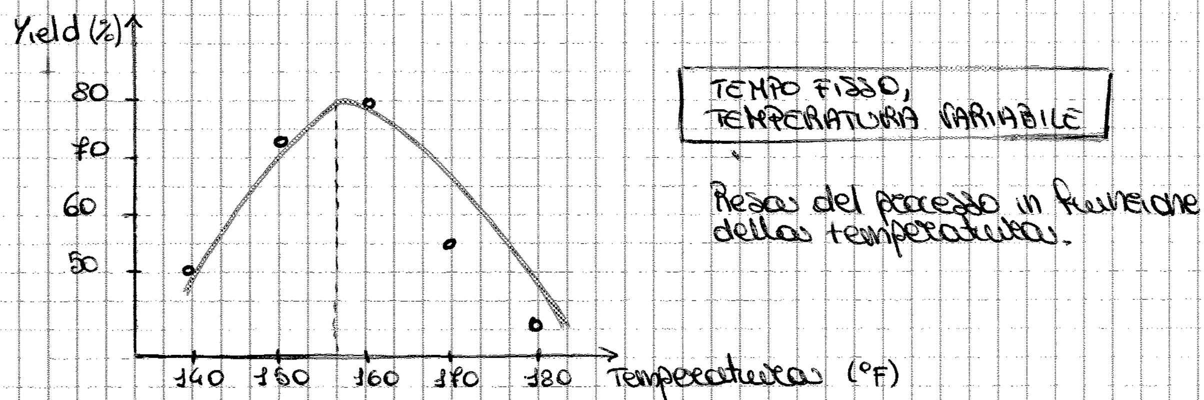
$$= -0,10 \pm 0,86$$

Ciò che si può notare è che i due metodi forniscono la stessa stima puntuale ma hanno un diverso intervallo di fiducia. Il metodo migliore è quello che riduce la forbice della stima, quindi il metodo B.
Una sperimentazione è tanto più buona quanti più dati si raccolgono.
Il numero di prove è misurato dal numero di gradi di libertà.
Nel 1° caso vi sono 18 gradi di libertà → $t_{0,025,18} = 2,101$

Supponiamo che la temperatura di funzionamento utile per la reazione chimica sia 150 °F ⇒ portiamo il processo a questa temperatura e poi facciamo diverse prove variando il tempo.

Si può osservare che i dati delle prove si distribuiscono secondo una parabola e si ottiene un massimo in corrispondenza di circa $\boxed{1,7\,h}$.

Come controprova, si tiene fisso il tempo al valore 1,7h e si fa variare la temperatura:



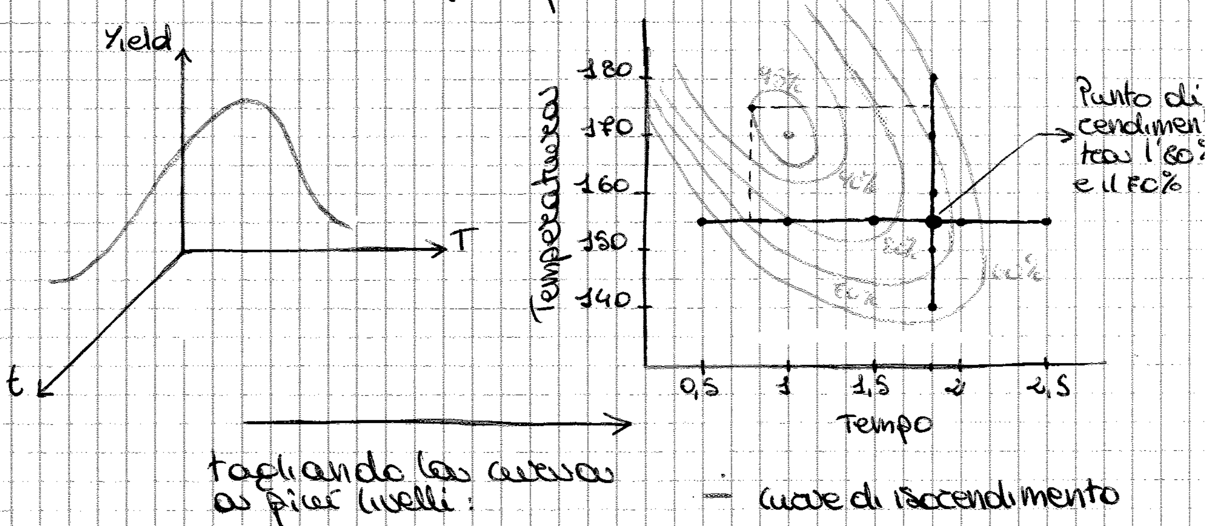
I dati danno un grafico diverso rispetto al caso precedente, ed indicano che la temperatura alla quale deve avvenire il processo è all'incirca quella identificata precedentemente → $\boxed{155 - 157\ °F}$

Ma queste soluzioni non sono soddisfacienti, perché in questo modo stiamo supponendo che il processo goda della proprietà della sovrapposizione degli effetti

↳ se i sistemi che si rappresentano sono lineari, si può ragionare su un termine alla volta.

Nella pratica sperimentale questo non è vero.

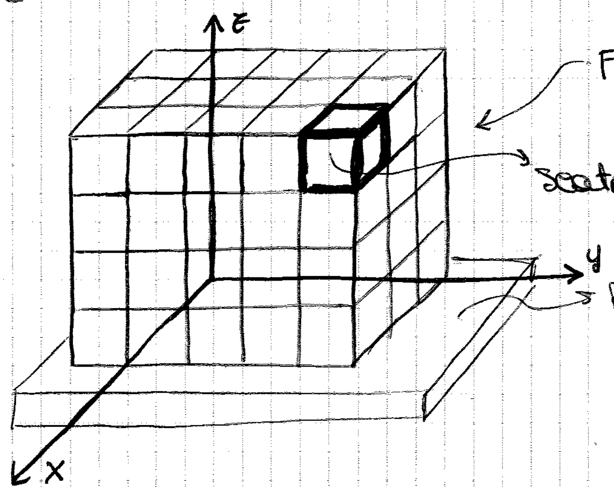
Se costruiamo la curva dei rendimenti in un grafo tridimensionale, dove sugli assi abbiamo la resa, la temperatura ed il tempo, otteniamo una curva di qst tipo:



- curve di isorendimento
- • Dati sperimentali raccolti
- ∘ Punto 155 °F – 1,7h

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE : STRUMENTI

Consideriamo un produttore di automobili.
Supponiamo venga fornita una partita di 1 milione di lampade per l'auto
Bisogna decidere se accettare o meno la fornitura.



Ci sono 2 possibilità → si accetta la fornitura così com'è fidandosi del fornitore, correndo il rischio di avere una fornitura non buona
→ Fare un controllo sulla qualità della fornitura

Si potrebbe decidere di fare un controllo a tappeto: si prendono tutte le lampade e si verifica se si accendono. Ma controllare 1 milione di lampade è un'operazione molto costosa in termini di tempo.

Un altro modo potrebbe essere quello di controllare 1 lampada per ogni scatola ⇒ controllo 10 000 lampade → è comunque dispendioso

↳ • Che tipo di controllo fare?
• Se n è la numerosità del lotto, quanto deve essere grande la numerosità del campione da estrarre?
• Qual è il numero di unità difettose che accetto essere presente c nel campione per accettare il lotto?

⇒ bisogna identificare i 2 parametri che qualificano il progetto di campionamento → n, c

Supponiamo che il valore calcolato di n sia 100: su 1 milione di lampade bisogna estrarne 100. Ma quali?

7/10/2014

La Qualità e i Servizi

Nei paesi sviluppati, oltre la metà del reddito è dovuta ad attività svolte da organizzazioni che operano nel settore dei servizi.
Il settore dei servizi, rispetto alle competenze che si hanno sui prodotti, è spesso considerato "in ritardo".
Anche le organizzazioni che operano nel manufatturiero, oggi vengono viste come SERVICE PROVIDER, cioè come fornitori di servizi più che di prodotti, sta cambiando la visione delle cose: l'attenzione viene posta sempre di più sui servizi.

La gestione della qualità dei servizi è messa a dura prova dalle caratteristiche intrinseche dei servizi → numero e tipo di variabili
→ misurabilità

Un altro problema è quello degli standard; per i prodotti gli standard sono ben definiti e molti, per i servizi sono pochi o niente.

Evoluzione della visione delle imprese

PRODUCT ORIENTED — Inizialmente l'impresa era orientata solo sul prodotto che doveva essere un prodotto di qualità dal punto di vista delle prestazioni, dell'economicità ecc...

↓

MARKET ORIENTED — Il focus si spostò poi sul mercato: il prodotto può essere anche di alta qualità ma deve esserci chi lo compra

↓

SERVICE ORIENTED — Il prodotto oggi sopravvive se correlato a dei servizi ⇒ il focus è sui servizi

Non esiste una definizione univoca del servizio, ve ne sono diverse:

King → è un bene intangibile, deteriorabile e non immagazzinabile che necessita di un sistema complesso di erogazione al quale partecipa il cliente.

Questa definizione indica le proprietà del servizio, ma non dice che cos'è un servizio, ed indica che il cliente deve partecipare. È una definizione sfuggente e poco operativa. A questa ne sono seguite altre:

21

I servizi non si prestano a delle osservazioni visibili, questa è una caratteristica che fa sì che le imprese abbiano difficoltà a differenziarsi. Come conseguenza dell'intangibilità dei servizi, ci sono degli effetti secondari come il fatto che i servizi non possono essere stockati né trasportati. Altre differenze tra prodotto e servizio sono:

PRODOTTI	SERVIZIO
Il prodotto può essere acquistato immediatamente ed usato successivamente	Per i servizi l'acquisto è immediato e la prestazione è immediata
il cliente partecipa in piccola parte al processo produttivo	Il cliente deve partecipare all'erogazione del servizio
I processi di produzione ed erogazione sono separati	I processi di produzione ed erogazione sono quasi sempre contemporanei
Facilità nell'applicazioni di standard, misure, ispezioni e controlli	Difficoltà nell'applicazioni di standard, misure, ispezioni e controlli
Le relazioni tra operatore e cliente non sono generalmente critiche	Le relazioni tra operatore e cliente sono generalmente molto critiche

OSSERVAZIONE:

Nel settore manifatturiero si identifica con chiarezza la figura del Progettista, mentre non esiste un progettista dei servizi, in quanto non esistono ancora delle competenze progettuali dei servizi.

Misurare la qualità di un servizio è molto complicato perché:

- la qualità è una grandezza multidimensionale, quindi è difficile identificare i parametri che la identificano e di conseguenza è difficile misurarli
- perché le dimensioni che intervengono nella definizione della qualità non sono tutte ugualmente importanti per i clienti
- perché le misure che si possono effettuare risentono in maniera pesante del fattore umano
- perché sono diversi i "sistemi di riferimento" di ogni soggetto
  → variano in funzione degli ambienti culturali in cui i soggetti vivono
- perché è difficile concepire strumenti poco intrusivi per il "misurando". Una misura possibile per capire se il servizio è valido è effettuare un sondaggio, ma è un metodo intrusivo.

8/10/2014

Proprietà delle Scale di Misura

Esempio:

Consideriamo un'azienda che fornisce servizi. L'azienda vuole capire se i servizi da lei offerti sono migliori di quelli offerti dall'azienda concorrente B.

Per capirlo effettua un'indagine di mercato coinvolgendo i clienti che usano il servizio offerto sia da A che da B.

L'indagine viene effettuata da un'azienda terza che fornisce dei questionari ai dei clienti selezionati.

Il questionario richiede, ad esempio, di valutare la qualità del servizio di A tramite una scala a 5 valori.

La scala gode della proprietà che tra 1 casella e l'altra vi è la stessa distanza

↳ SCALA EQUISPAZIATA

qualità servizio A ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

Il RESPONSABILE DELLA PIANIFICAZIONE RP valuta i dati ottenuti assegnando dei valori ad ogni casella da -2 a 2:

-2 ☐ -1 ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐

L'RP calcola il valore medio e trova che

$A = 1,2$
$B = 0,8$
⟹ A ha delle prestazioni in termini di qualità > di B

Facendo il rapporto $\frac{0,4}{0,8} = 50\%$ ($0,4 = 1,2 - 0,8$)

↳ si ottiene che A è migliore di B del 50%

Questi dati vengono affidati anche al RESPONSABILE DELLE VENDITE RV che però utilizza una scala con dati differenti rispetto all'RP:

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

↳ anche qst è una scala equispaziata

L'RV trova che i valori medi sono:

$A = 4,2$
$B = 3,8$

$\frac{0,4}{3,8} \cong 10\%$ ($0,4 = 4,2 - 3,8$)

Notiamo che la media dell'uno è spostata dall'altra di 3 unità

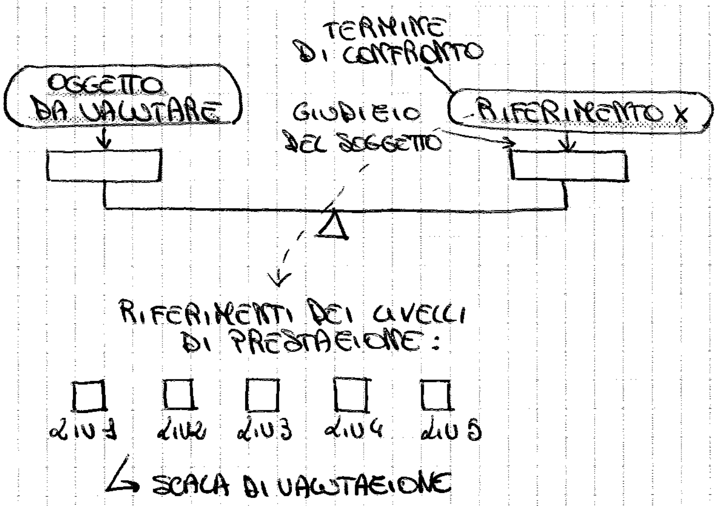
Riassumendo:

	A	B	Δ	Δ/B
RP	1,2	0,8	0,4	50%
RV	4,2	3,8	0,4	10%

⟹ Δ/B per i 2 soggetti risulta essere diverso: per l'RP essendo A più efficiente del 50% di B non bisogna investire nella qualità mentre per l'RV bisogna investire

↳ a partire dagli stessi dati si arriva a conclusioni diverse

Fare una misura di una grandezza astratta vuol dire in qualche modo ripetere il procedimento per la misurazione delle grandezze fondamentali fisiche, ma con alcune differenze.



In questo caso, il riferimento è il giudizio del soggetto, l'output della misura è ciò che si esprime sulla scala di valutazione.

Il riferimento è soggettivo e non si ha più una catena metrologica.

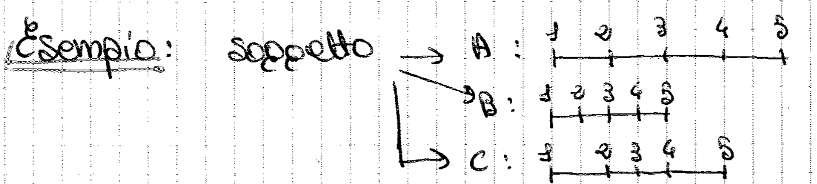
Bisogna quindi trovare un metodo di misura adatto.

Le 10 Dimensioni del modello dei gap delle percezioni dei servizi sono delle grandezze importanti ma astratte, difficilmente misurabili.

Quando si compila un questionario, le impressioni, le percezioni e i desideri del soggetto vengono valutate ed espresse su una scala di valutazione (bassa, media, alta).

Questo processo ha delle criticità:

- ogni soggetto ha nella mente una scala di valutazione diversa



I soggetti non hanno lo stesso metro e non hanno la stessa distanza tra le tacche

Supponiamo che tutti e 3 diano come risposta 2, ma non possiamo dire che la media sia realmente 2.

Esempio:

Vi sono 2 soggetti G e P che abitano sulla stessa via, G al numero 4, P al numero 8.

La numerazione dei palazzi è data in ordine crescente dal centro alla periferia.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 29 di 294

9/10/2014

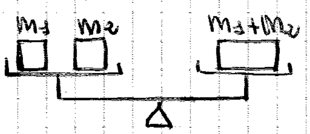
La teoria rappresentazionale della misura è, quindi, la teoria che tratta in modo formale il passaggio dal mondo empirico delle osservazioni a quello delle rappresentazioni numeriche delle quantità misurabili.

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

Un sistema empirico è costituito da:

- $Q \rightarrow$ insieme delle quantità della stessa specie, è l'insieme delle manifestazioni che qualificano la grandezza
- $R \rightarrow$ insieme delle relazioni empiriche che legano le grandezze dell'insieme a tra loro
  - ↳ le relazioni possono essere:
    - relazione di equivalenza $\sim$ (o di indistinguibilità) H
      - ↳ Permette di ritenere equivalenti tra loro e manifestazioni alle quali viene quindi attribuito lo stesso numero in una operazione di misura
    - relazione di transazione empirica $\prec$ oppure $\in$
      - ↳ Permette di mettere in ordine le quantità della stessa specie
    - relazione di combinazione empirica $\circ$ (o di composizione)
      - ↳ Permette di combinare tra loro le quantità e quindi di formare una scala di misura estensiva

Esempio:



Se su un braccio della bilancia poniamo i pesi m_1 ed m_2, per bilanciare dall'altro lato bisogna usare una composizione di masse m_1+m_2

Esempio:

$$\mathcal{L} \begin{cases} \text{Massa} = \{q_1, q_2, \dots q_n\} \rightarrow \text{tutte le possibili masse che si possono generare in un contesto finito} \\ R = \{\text{più pesante di, equivalente a, composizione}\} \\ \quad = \{\sim, \prec, \circ\} \end{cases} \Rightarrow \boxed{\mathcal{L} = \langle Q, \sim, \prec, \circ \rangle}$$

Ad un insieme di quantità misurabili della stessa specie corrisponde sempre un insieme di relazioni formato dalla relazione di equivalenza e da quella di transazione empirica.

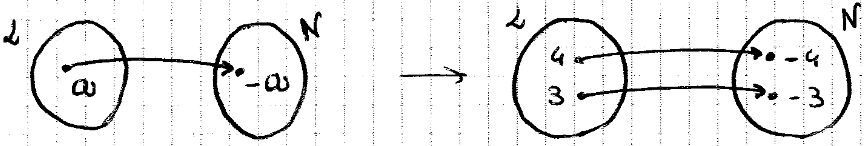
Un insieme di quantità misurabili in cui è definita solo la relazione di indistinguibilità non costituisce un insieme di quantità della stessa specie.

Esempio:

- $\mathcal{L} = \langle A, R \rangle$ dove: $A = \{\mathbb{R}e\}$ ⇒ il sistema empirico contiene i numeri reali
  $R = \{>\}$
- $N = \langle N, P \rangle$ dove: $N = \{\mathbb{R}e\}$

Attraverso la misura, possiamo prendere i numeri del sistema L e definirne l'opposto:

$M(a) = -a$



L'omomorfismo sembrerebbe poter esistere, ma a sinistra vale che $4 > 3$, mentre a destra non è vero che $-4 > -3$

↳ $M(a) = -a$ non è un omomorfismo perché inverte le proprietà di $>$ e $<$.

Esempio:

$\mathcal{L} = \langle A, R \rangle$ dove: $A = \{a, b, c\}$ → insieme costituito da 3 squadre di calcio

$R = \{(a,b), (b,c), (c,a)\}$ → relazioni di vittoria tra 2 squadre

"a batte b"

Si può creare un sistema numerico che rappresenti il torneo di calcio?

$\mathcal{L} = \langle A, R \rangle \rightarrow N = \langle \mathbb{R}e \rangle$ esiste questo omomorfismo?

Se esiste, bisognerebbe poter dire che:

$a\,R\,b \rightarrow M(a) > M(b)$ a batte b dunque la misura di a è > della misura di b

$b\,R\,c \rightarrow M(b) > M(c)$

$c\,R\,a \rightarrow M(c) > M(a)$

↳ Questa relazione non è corretta perché è circolare e non esiste un sistema numerico capace di rappresentare una relazione circolare.

⇒ Non è sempre possibile creare un omomorfismo tra mondo empirico e mondo numerico

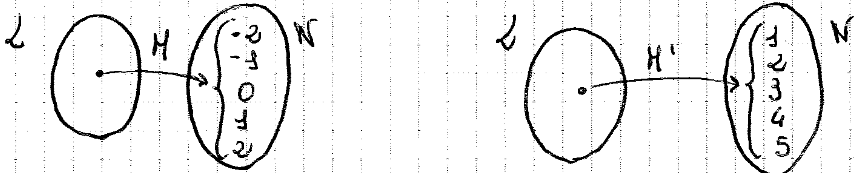
13/10/2014

Esempio:

Consideriamo di nuovo il confronto tra l'impresa A e B:

RP						RV				
-2	-1	0	1	2		1	2	3	4	5

I dati raccolti vengono rappresentati dall'RP e dall'RV su 2 scale diverse ma entrambe lineari ed equistanziate



Esiste una trasformazione che permetta di passare da una scala all'altra, cioè da M ad M'?

$$\phi(x) = \alpha x + \beta \longrightarrow M' = \alpha M + \beta$$

Bisogna trovare i valori di α e di β tali per cui sia possibile passare da M ad M':

$$M: [-2, -1, 0, 1, 2] \longrightarrow M': [1, 2, 3, 4, 5]$$

$$M' = \alpha M + \beta$$

$$\begin{cases} -2 = 1\alpha + \beta \\ -1 = 2\alpha + \beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \alpha = 1 \\ \beta = -3 \end{cases} \Rightarrow \boxed{M' = M - 3} \rightarrow$$

È il legame tra le 2 funzioni di rappresentazione che permette il passaggio dall'una all'altra

↳ In qsto modo si possono identificare più tipi di scale.

La funzione M, quindi, associa ad ogni oggetto un numero in modo che le relazioni empiriche esistenti tra le proprietà degli oggetti corrispondano alle relazioni formali esistenti tra i numeri.
Ogni tipo di scala ha una propria regola di assegnazione. L'operazione empirica di misurazione di oggetti tramite una scala viene effettuata mettendo a confronto la caratteristica dell'oggetto da misurare con la caratteristica degli elementi standard della scala.

Esempio:

Supponiamo di avere un sistema empirico $\mathcal{L} = \ll N \gg$ ed un sistema numerico $N = \ll Re \gg$.

Vogliamo trovare una condizione di rappresentazione da $\mathcal{L}$ ed N tale da passare dai numeri naturali ai numeri reali.
Supponiamo che questo avvenga grazie ad una trasformazione H:

$H: N \to Re \qquad H(x) = 2x$

Supponiamo che $\phi(x) = x+5 \to \phi$ è ammissibile?

Applichiamo la teoria del significato:

$(\phi_o H)(x) = 2x+5$ (composizione di ϕ con H)

Bisogna verificare se, presi 2 numeri x ed y dal sistema empirico in cui $x>y$, dopo la trasformazione, anche nel sistema numerico vale $x>y$.
Se questo enunciato matematico resta inalterato $\Rightarrow \phi$ è ammissibile.

$\mathcal{L} \{ x > y \longrightarrow N \{ 2x+5 > 2y+5 \to x>y \Rightarrow \phi$ è ammissibile

Se: $\phi(x) = -x$
$(\phi_o H) = -2x$ $\Rightarrow \mathcal{L} \{ x>y \to N \{ -2x > -2y \to x<y \Rightarrow \phi(x)$ non è sempre ammissibile

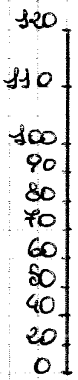
---

Non tutte le relazioni e le operazioni matematiche sono applicabili ai dati che si ottengono dalle misurazioni, perché queste portano con sé le informazioni relative al sistema empirico che le ha generate.
(Es: Non ha senso moltiplicare i numeri di maglia di 2 giocatori).

Le relazioni e le operazioni matematiche applicabili dipendono dalla struttura della scala di misurazione.

In alcuni casi le proprietà che queste scale hanno non sono di tipo cardinale ma sono solo di ordinamento:

Esempio: Scala di durezza HRB



È una scala che manca della proprietà di equispaziatura, dà solo l'informazione di ordinamento tra i vari livelli di durezza.

Questa scala non supporta la funzione di permutazione perché questa sostiene che si possa cambiare l'ordine dei termini.

Esempio:

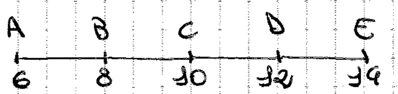
$2 < 4 \qquad M' = f_2(M) \Rightarrow 4 < 2$ → Questa trasformazione altera la proprietà di ordinamento.

③ SCALA LINEARE DI INTERVALLO

Le informazioni che si ottengono da una scala lineare di intervallo sono:

- Diversità tra le categorie : $A \neq B \neq C \neq D \ldots$
- Ordinamento delle categorie: $A < B < C < D \ldots$
- Distanza tra le categorie: $B - A = C - B = D - C \ldots$

Esempio:



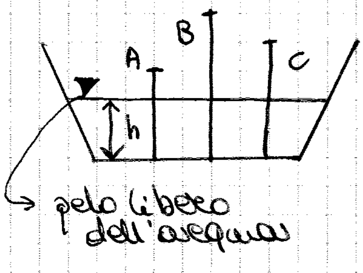
○ SISTEMA EMPIRICO : $\mathcal{L} = \langle Q, \sim, <, o_{int} \rangle$

Le relazioni empiriche definite su Q sono:
- equivalenza
- ordinamento
- combinazione

○ TRASFORMAZIONI DI SCALA AMMISSIBILI : trasformazioni lineari: traslazione e di similitudine.

- Consideriamo un recipiente pieno d'acqua in cui sono contenute delle canne (A, B e C).

  Date queste 3 canne, qual è il valor medio delle canne emerso?



Se nel calcolo della media fosse importante lo zero convenzionale, dovremmo conoscere la distanza h, invece:

$$\bar{X} = \frac{A_e + B_e + C_e}{3}$$

C_e → parte emersa di C

④ SCALA DI RAPPORTO

È una particolare scala lineare di intervallo in cui l'origine non è arbitraria.
In questa scala lo zero corrisponde all'assenza di manifestazione della caratteristica dell'oggetto.
È la scala che fornisce la maggior quantità di informazioni per ogni misura. Le sue proprietà sono:

- Distinzione tra categorie: $A \neq B \neq C \neq D$ ...
- Ordinamento tra categorie: $A < B < C < D$ ...
- Distanza tra categorie: $B-A = C-B = D-C$ ...
- Rapporti tra categorie: $B/A = D/B = H/D$ ...
- categorie A, B, C ... stesse

- SISTEMA EMPIRICO: $\mathcal{L} = \langle Q, \sim, <, \circ_{app} \rangle$
- TRASFORMAZIONI DI SCALA AMMISSIBILI: La scala di rapporto è quella che fornisce il livello di informazione più elevato, quindi ammette solo la trasformazione di scala meno severa → trasformazione di similitudine

Lunghezza, Massa, Temperatura assoluta, sono scale caratterizzate da uno zero assoluto.

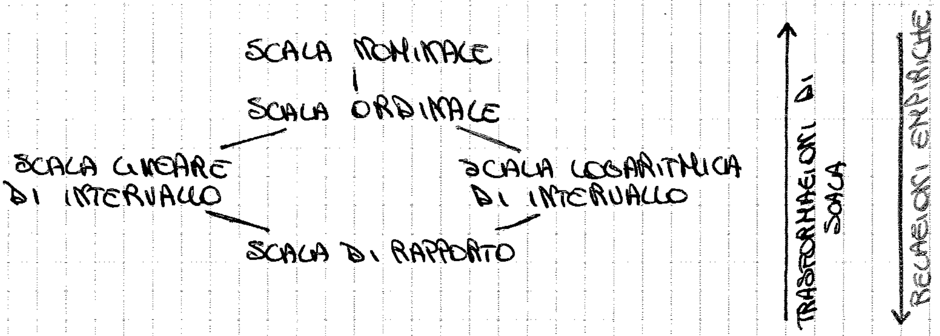
Esempio:

3m = 300 cm → Trasformazione di similitudine → Passaggio da un'unità di misura all'altra

Confronto tra le scale di misura

Se consideriamo le informazioni che ciascuna scala fornisce, quindi le relazioni empiriche, è possibile stilare una graduatoria che parte con la scala di rapporto (la più ricca) e termina con la scala nominale.
Se consideriamo, invece, le trasformazioni di scala ammissibili, la gerarchia si sviluppa nel senso opposto: dalla nominale a quella di rapporto.

Graduatoria delle potenzialità delle scale di misurazione:



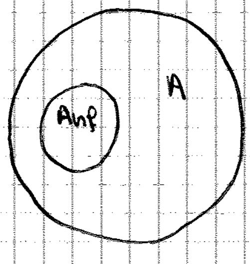
Riepilogo delle caratteristiche delle scale di misura:

SCALA	OPERAZIONE EMPIRICA	TRASFORMAZIONI PERMESSE	MISURA DI POSIZIONE	MISURA DI DISPERSIONE	TEST DI SIGNIFICATIVITÀ
NOMINALE	Determinaz. di non equivalenza	Permutazione	Moda	Informazione H	Chi quadro
ORDINALE	Determinaz. di ordinamento	Funzioni monotone crescenti	Mediana	Frattili	Test del segno
LINEARE DI INTERVALLO	Determinaz. uguaglianza tra intervalli	Lineare (similitudine, traslazione)	Media aritmetica	Deviazione standard, varianza	Test t, test F
RAPPORTO	Determinaz. uguaglianza tra intervalli e rapporti	Di similitudine	Media geometrica, media armonica	Variazione percentuale	-

In questa tabella le scale sono in ordine di proprietà crescenti. Le scale che seguono possiedono anche le proprietà delle scale che precedono.

Gli elementi del processo di misurazione della qualità

Se consideriamo l'insieme di attributi che caratterizzano un oggetto, la prima distinzione che possiamo fare è tra gli attributi fisici e non fisici.



A → insieme degli attributi di un prodotto/servizio

Anf → insieme degli attributi non fisici di un prodotto/servizio.

Esempio : auto → motore, carrozzeria
→ comfort, guidabilità

COSTRUTTO → è definito come un'astrazione mentale generata dalla percezione di un fenomeno

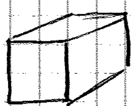
Esempio:

- Posizione di un prodotto sul mercato
- l'immagine di una marca
- l'intenzione di acquisto

} sono idee astratte che immaginiamo nella nostra mente in base a come le percepiamo.

DEFINIZIONE COSTITUTIVA → definisce un costrutto mediante altri costrutti.

Esempio:



Per definire come calcolare il volume del parallelepipedo, si dice di calcolare la lunghezza, la larghezza e l'altezza e farne il prodotto

costrutti già dati

DEFINIZIONE OPERAZIONALE → specifica come il costrutto può essere sottoposto a misura. Costituisce una sorta di manuale di istruzioni che un operatore deve seguire per effettuare la misura.

Esistono dei costrutti (come le preferenze, la predisposizione ...) che sono presenti nella mente del soggetto ma non hanno una corrispondenza con la realtà fisica. Una misurazione efficace di queste grandezze richiede una definizione precisa e univoca del costrutto e ciò può essere fatto tramite la definizione costitutiva o quella operazionale. Di solito una definizione costitutiva stimola la messa a punto di una definizione operativa.

→ es: peso di un oggetto

misurazione degli oggetti |——|——X——| scala di valutazione degli oggetti secondo S (X = O)

misurazione dei soggetti |——|——X——| scala delle valutazioni di O (X = S)

la stessa misura presenta 2 interpretazioni distinte

Al concetto di misurazione del cliente, quindi, possono essere associate 2 diverse interpretazioni:

- MISURAZIONE DEGLI OGGETTI → il soggetto misura l'importanza o le prestazioni di un attributo dell'oggetto. (+ oggetti; + soggetti della stessa popolazione)
- MISURAZIONE DEI SOGGETTI → il soggetto da una sua collocazione nei confronti di un certo oggetto. (1 oggetto; + sogg. ≠)

Con un unico soggetto valutatore ed un solo oggetto, i 2 tipi di misurazione coincidono, cioè la misurazione può assumere indifferentemente uno dei due significati.

La variabilità tra le risposte è dovuta a 2 componenti → 1 di natura casuale
↳ 1 di natura sistematica

Possiamo fare una classificazione dei fattori che influenzano la variabilità sistematica tra le valutazioni basata su 3 punti di vista:

1. APPROCCIO CONCENTRATO SULLO STIMOLO
   ↳ attribuisce la variazione sistematica delle risposte alle differenze esistenti tra gli oggetti
2. APPROCCIO CENTRATO SUL SOGGETTO
   ↳ attribuisce la variazione sistematica delle risposte alle diversità dei soggetti
3. APPROCCIO CENTRATO SULLE RISPOSTE
   ↳ attribuisce la variabilità sistematica delle risposte sia alle diversità tra i soggetti che a quelle tra gli oggetti

Noi utilizzeremo il 1° approccio.

Un oggetto i può essere visto come un insieme di funzioni che lo qualificano per svolgere una certa attività: $\boxed{O_i = \sum_i Q_i}$ → definizione di prodotto

Se questa definizione è vera, la valutazione del prodotto O_i è pari alla somma delle valutazioni esercitate sui singoli attributi

↳ $\boxed{V_{Oi} = \sum_i v_i}$ → se è vera qsta assunzione:
↳ gli attributi sono tra loro indipendenti (ma qsto spesso non è vero).

Esempio:

Se le valutazioni sono fatte su una scala di intervallo, bisogna verificare se, a seguito di una trasformazione, l'enunciato rimane invariato (teoria del significato).

$$\phi = \alpha x + \beta$$

$$\alpha V_{0i} + \beta = \sum_{i=1}^{n} P_i (\alpha_i V_i + \beta_i)$$

$$\alpha V_{0i} + \beta = \sum_i P_i \alpha_i V_i + \sum_i P_i \beta_i$$

$\Rightarrow$ Gli enunciati rimangono identici quando per qualunque i β_i e β sono uguali ed $\alpha_i = \alpha$ $\rightarrow$ $\begin{cases} \forall i \quad \beta_i = \beta \\ \forall i \quad \alpha_i = \alpha \end{cases}$ $\rightarrow$ Se qst 2 condizioni non sono verificate, l'enunciato cade

di conseguenza non si può usare la scala di intervallo

TECNICHE DI INDAGINE

Conoscere e monitorare le richieste e i bisogni dei clienti è importante per decidere se lanciare dei nuovi prodotti sul mercato o se innovare i prodotti esistenti. Questo processo di misurazione viene chiamato RICERCA DI MERCATO.
Una buona ricerca di mercato può fornire ottime informazioni all'azienda, mentre se non viene svolta in modo corretto può portare a gravi errori di progettazione e alla perdita di opportunità di mercato.

Le metodologie di ricerca di mercato sono di 3 tipi:

- DI ARCHIVIO $\rightarrow$ indagini su dati già esistenti, disponibili presso fonti interne ed esterne all'impresa. Può fornire dati utili per guidare le successive indagini
- INDAGINE QUALITATIVA $\rightarrow$ permette di esplorare i bisogni e i desideri dei clienti e di generare una lista strutturata per livelli da poter essere usata nella fase successiva. Le informazioni sono prodotte attraverso un'interazione con i clienti mediante questionari o interviste con domande aperte.
- INDAGINE QUANTITATIVA $\rightarrow$ permette di raccogliere indicazioni sulle prestazioni, sulle preferenze e intenzioni di acquisto e sull'importanza degli attributi individuati con la ricerca qualitativa. Le informazioni raccolte costituiscono l'input per le tecniche di analisi e di strategia di posizionamento del prodotto.

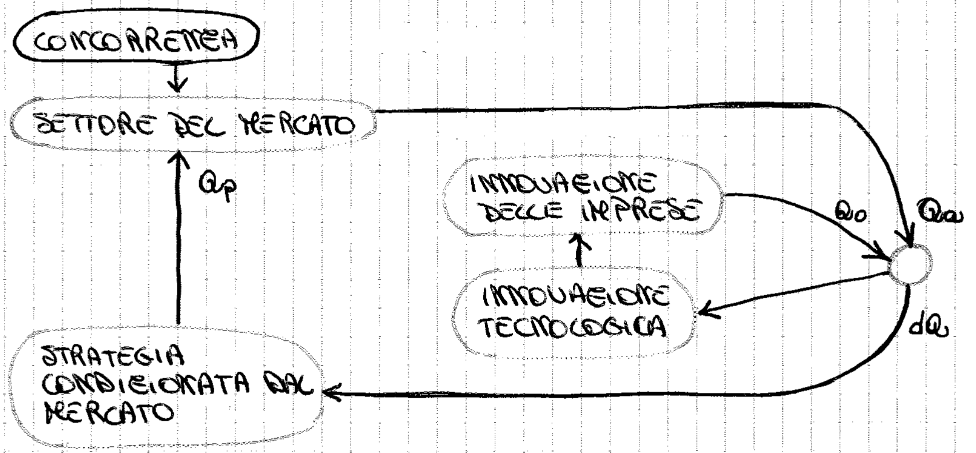
Una ricerca completa dovrebbe contemplare tutte e 3 le metodologie in successione.

Quality Function Deployment

Strumenti di Supporto

Con il termine innovazione si intende spesso il processo che porta al miglioramento delle prestazioni o della produzione di un prodotto.

Rappresentazione schematica del processo innovativo:



Il mercato è un mondo in cui vi sono tante imprese che propongono nuovi prodotti. Il mercato non dice cosa esattamente vuole, ma comunica attraverso QUALITA' ATTESE Qa.

Gli strumenti di indagine trattati hanno proprio il compito di carpire quali sono le esigenze del mercato, di determinare la qualità attesa.

La qualità attesa è un vettore che qualifica un certo prodotto costituito dagli attributi del prodotto.

L'impresa comunica con il mercato con la QUALITA' OFFERTA Qo

↳ la qualità attesa e quella offerta si confrontano e il confronto genera un DIFFERENZIALE dQ

Il mercato può essere in ritardo o in anticipo rispetto alla qualità offerta, quindi il segno del differenziale varia.

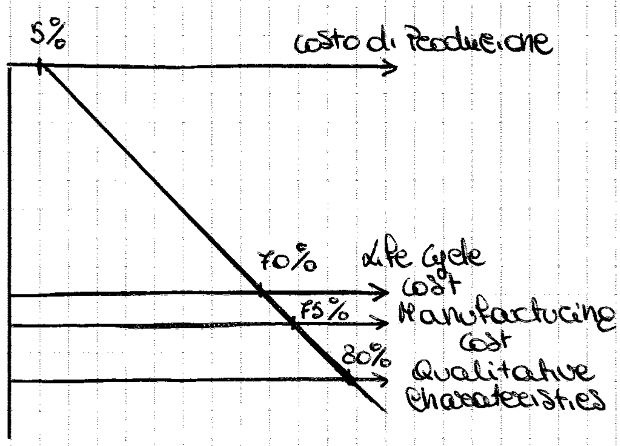
Supponiamo che l'impresa offra meno di quello che il mercato si aspetta
↳ l'impresa deve recuperare il differenziale di qualità.

L'impresa può sfruttare 2 leve:

1. Scatena delle attività di innovazione → migliora il proprio prodotto (sotto il punto di vista sia tecnologico che organizzativo) in modo da aumentare la qualità offerta → LEVA INTERNA

2. LEVA ESTERNA → pubblicità: è un canale che condiziona il mercato in modo da influenzare la QUALITA' PERCEPITA Qp

La qualità percepita modifica le attese. Il mercato è instabile: la qualità attesa, per effetto della qualità percepita, cambia continuamente nel tempo.



Il costo di produzione di un prodotto normalmente si aggira attorno al 5% del costo complessivo relativo alla distribuzione e servizi di un prodotto.
↳ tra tutte le attività quella di progettazione è la meno dispendiosa.

Ma gli effetti della progettazione sono molto forti sullo sviluppo del prodotto.

Ad esempio, se consideriamo il costo del ciclo di vita di un prodotto, gli effetti della progettazione hanno un peso pari al 70%.

Ciò significa che se si progetta male un prodotto si condiziona il 70% del suo valore ⟹ sbagliare la progettazione costa molto.

16/10/2014

L'impostazione dei progetti: ieri

- La fase di impostazione di un nuovo progetto era affidata alla libera iniziativa del Project Leader, che coordinava e controllava le attività.
- Tempi, modi e criteri di sviluppo erano assolutamente non codificati, cioè non conosciuti in anticipo.
- L'impostazione del progetto avveniva spesso "per analogia" cioè ripercorrendo tappe e modi di intervento secondo itinerari già percorsi.

In questa situazione emergono molte difficoltà, che derivano, appunto, dall'assenza di una qualunque forma di strutturazione, dall'avvicendarsi del personale, dai rischi industriali non correttamente stimati ecc. ⟹ per risolvere queste problematiche, si decide di ricorrere al QFD come strumento per l'impostazione strutturata di progetti di grandi dimensioni.

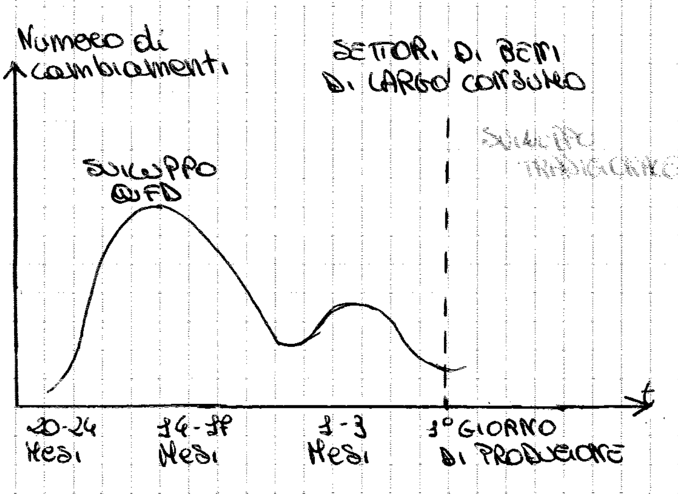
Questo metodo viene ancora oggi utilizzato nelle piccole-medie imprese.

(11) Gestione delle modifiche e aggiornamento del progetto
↳ Apportamento delle modifiche suggerite dai test e aggiornamento della documentazione.

Riportando tutte queste attività sulle righe di una tabella e sulle colonne tutti gli strumenti e le tecniche utilizzate che accompagnano lo sviluppo di un prodotto, scopriamo che lo strumento che ha un ruolo chiave nell'analisi del mercato e nella definizione dei requisiti è il QFD → è lo strumento che permette di comunicare con il mercato

Da un'analisi, risulta che le aziende che utilizzano il QFD, appartenenti a diversi settori merceologici, diminuiscono notevolmente i tempi di sviluppo dei propri progetti rispetto a quando queste stesse aziende utilizzavano i metodi di sviluppo tradizionali.

La ragione dell'uso di questo strumento ha anche un'altra radice:



Il grafico riporta un certo numero di modifiche di un progetto che accompagnano lo sviluppo di 1 prodotto.

Ci sono 2 curve:

- relativa allo sviluppo del prodotto usando i metodi tradizionali
- relativa allo sviluppo con il QFD.

L'asse x riporta il tempo di sviluppo del prodotto. Il giorno più importante è il 1° giorno di produzione.

Con il metodo tradizionale, quando si è molto distanti dal 1° giorno di produzione, il numero di modifiche richiesto allo sviluppo del prodotto è molto basso, man mano che ci si avvicina al giorno di produzione le modifiche da apportare aumentano.

Le modifiche ci sono perché → è possibile che si facciano degli errori di progettazione
↳ le tecnologie evolvono molto velocemente: in 2 anni la tecnologia che riguarda il prodotto può cambiare.

Quando si arriva alla produzione, questa viene condizionata da un gran numero di modifiche, e questo determina degli alti costi: sarebbe meglio poter effettuare le modifiche PRIMA della produzione altrimenti l'impresa può avere delle grosse perdite.

Il QFD utilizza una serie di modelli e tabelle dette tabelle della qualità.
Le tabelle della qualità permettono di rappresentare e di mettere in relazione tra loro le variabili che concorrono alla definizione del progetto e sono costituite da una serie di modelli in cui vengono riportate le informazioni importanti.

Si utilizzano 4 modelli:

1. PRODUCT PLANNING MATRIX
   CASA DELLA QUALITÀ
   ↳ si mettono a confronto le esigenze primarie del cliente con le caratteristiche che il prodotto deve avere per soddisfarle.
   La matrice che ne deriva determina:
   - le relazioni tra i 2 elementi
   - le priorità reciproche
   - confronto con i prodotti concorrenti
2. PART DEPLOYMENT MATRIX
   DEFINIZIONE DELLE PARTI
   ↳ vengono confrontati i requisiti del prodotto con quelli delle componenti significative in cui il prodotto può essere scomposto

Modelli che si riferiscono alla progettazione del prodotto

3. PROCESS PLANNING MATRIX
   ↳ i requisiti dei singoli sottoinsiemi vengono correlati con i rispettivi processi di produzione
4. PROCESS/QUALITY CONTROL MATRIX
   ↳ vengono definiti i parametri e le metodologie di ispezione e di controllo qualità dei processi di produzione per i singoli sottosistemi.

Modelli che si riferiscono alla pianificazione del processo e delle attività di produzione con riferimento agli aspetti di controllo qualità.

Questi modelli sono collegati tra loro: l'ultima categoria del 1° modello diventa la 1° del secondo modello e così via; questa serie di collegamenti crea una catena concettuale che lega i requisiti del cliente con gli elementi di controllo qualità del prodotto.

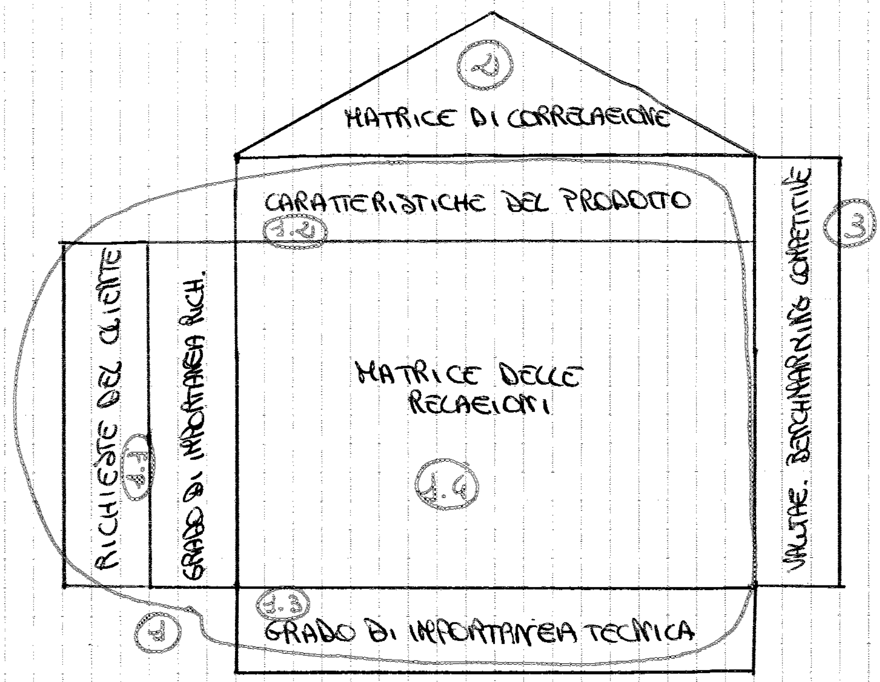
Anche l'organizzazione viene condizionata dal QFD: nell'organizzazione si formano dei team di sviluppo che hanno la compresenza di tutti gli attori che guidano lo sviluppo del prodotto (chi si occupa di marketing, di finanza, di produzione ecc.). Quando il prodotto è stato realizzato, il team si scioglie ed ognuno torna al proprio lavoro.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 57 di 294

Si ottiene in questo modo una tabella delle attese, o albero delle richieste del cliente, che viene poi usato per la definizione dei "casa" della matrice.

20/10/2014

CASA DELLA QUALITA'



1.2 COSTRUZIONE DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE

Le caratteristiche di 3° livello richieste dal cliente permettono di sviluppare le caratteristiche tecniche del prodotto:

Esempio:

Richiesta del cliente		Caratteristiche tecniche
Facile da trasportare	----->	Peso, dimensioni, forma

Per quanto riguarda la soddisfazione dei bisogni del cliente, bisogna considerare 2 problematiche:

1. I requisiti e la soddisfazione dei requisiti non sono costanti nel tempo => bisogna tenere sotto controllo l'evoluzione della customer satisfaction nel tempo
2. è difficile valutare con continuità l'insoddisfazione di un prodotto che viene recepita da un gruppo di clienti.

$G =$
- $1 \rightarrow$ poco grave
- $2 \rightarrow$ abbastanza grave $\rightarrow$ viene calcolato poi il valore medio G_m
- $4 \rightarrow$ molto grave
- $8 \rightarrow$ gravissimo

ES: $G_m = ((1 \cdot 3) + (2 \cdot 2)) / 5 = 1,4$

G — numero di volte in cui è stata data gravità pari a 1 — 2 risposte con gravità 2 — num di risposte

Frequenza: $F_i = (100 \cdot 5)/30 = 16,6$

$\rightarrow ICi = 1,4 \cdot 16,6 = 23,4$

PROBLEMATICHE DELL'INDICATORE DI CRITICITÀ:

- Supponiamo che $ICi = 8$; questo valore può essere ottenuto in 2 modi:
  - $2 \cdot 4 \rightarrow G_m = 2$; $F = 4 \rightarrow$ anomalia con bassa gravità molto frequente
  - $4 \cdot 2 \rightarrow G_m = 4$; $F = 2 \rightarrow$ anomalia molto grave poco frequente

  Queste sono 2 situazioni molto diverse
  $\rightarrow$ questo indicatore non è in grado di distinguere situazioni anche molto diverse.

- La gravità delle anomalie è espressa su una scala linguistica a cui vengono associati i numeri 1, 2, 4, 8. È una codifica ragionevole? Questa scala è una scala ordinata dal meno importante al più importante, i numeri associati seguono una metrica esponenziale. Perché non usare un altro tipo di metrica?

- Un altro difetto di questo indicatore è che gravità dell'anomalia e frequenza di accadimento vengono considerati di pari importanza.

$\boxed{\text{CASO APPLICATIVO:}}$ Progettazione di una tazza di caffè

Gli elementi che contribuiscono alla progettazione di una tazza di caffè sono:

- Cosa vuole un utente di una tazza di caffè "COSA"
  - calda
  - mantiene sapori
  - ricca di sapore
  - di buon aroma
  - in quantità adeguata
  - calda dopo un certo tempo

  } REQUISITI DI 3° LIVELLO

- Caratteristiche tecniche "COME"
  - temperatura alla quale viene servita
  - quantità di caffeina
  - componenti del gusto
  - intensità del sapore
  - componenti dell'aroma
  - prezzo di vendita
  - volume
  - temperatura dopo un certo tempo

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 61 di 294

MODELLO DI KANO

È un modello che classifica gli attributi in 5 macrocategorie:

ATTRIBUTI DI TIPO:

- → B = BASIC → attributi fondamentali che derivano dai bisogni di base, che spesso sono impliciti per l'utente e fanno parte della qualità attesa. Non danno né soddisfazione né insoddisfazione ma se assenti generano una forte insoddisfazione
- → O = ONE DIMENSION → non sono molto allettanti per il client, ma incrementano la soddisfazione e se assenti generano una certa insoddisfazione
- → E = EXCITEMENT → attributi che mandano in estasi il cliente e sono quelli che contribuiscono a differenziare un prodotto da quello della concorrenza.
- → I = INDIFFERENT → attributi la cui presenza o assenza non provoca né soddisfazione né insoddisfazione
- → R = REVERSE → attributi la cui presenza provoca l'insoddisfazione del cliente mentre la loro assenza è fonte di soddisfazione.

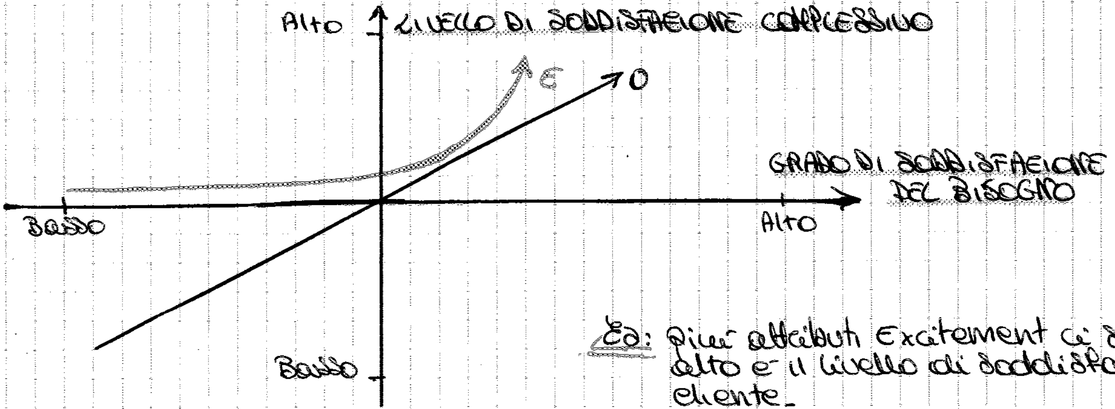
Esempio:

Attributi di un'auto:
- → B = tutti si aspettano che abbia le ruote
- → O = meno consuma meglio è
- → E = bluetooth in auto (attributo innovativo)
- → I = accendisigari per un non fumatore
- → R = rumorosità dell'auto.

Questa classificazione degli attributi di un prodotto non è costante nel tempo: gli attributi E tendono a diventare attributi O e gli attributi O tendono a diventare B. Es: il condizionatore in auto era una volta un attributo E mentre oggi è un attributo O.

⇒ Chi si occupa della progettazione di un nuovo prodotto o servizio deve condire la progettazione con un opportuno mix di attributi.
Un prodotto, ad esempio, senza attributi E rischia di passare inosservato.

Riportando su un grafico:



Es: più attributi Excitement ci sono, più alto è il livello di soddisfazione del cliente.

60

INDEPENDENT SCORING METHOD

① MATRICE DELLE RELAZIONI BISOGNI - CARATTERISTICHE

Nelle caselle di incrocio tra bisogni e caratteristiche vi sono:

- i simboli ⊙ = 9, O = 3, Δ = 1 che definiscono il tipo di relazione
- un numero che nasce dal prodotto tra l'importanza del requisito e il simbolo codificato:

$\boxed{v} \rightarrow v = d_i \cdot c_{ij}$ oppure $v = D_i \cdot c_{ij}$

Ⓐ GRADO DI IMPORTANZA DEI BISOGNI

Definisce il peso di ciascun requisito (Σ di tutti i pesi = 100) d_i = importanza requisito i

simbolo delle relazioni codificato: c_{ij} = punteggio relazione tra caratteristica j e requisito i

Esempio:

FACILE DA TENERE $\boxed{O \, / \, 9} \rightarrow v = 3 \cdot 3 = 9$

→ O = 3
→ 3 = grado di importanza del requisito "facile da tenere" "importante"

② IMPORTANZA DELLA CARATTERISTICA

Il livello di importanza di una caratteristica tecnica è dato dalla somma di tutti i numeri v presenti in una colonna j:

$$w_j = \sum_{i=1}^{n} d_i \, c_{ij}$$

⇒ le caratteristiche non sono tutte uguali: valori alti ⇒ caratt. importante

Esempio:

Importanza della caratteristica lunghezza della matita:

$$w_1 = 9 + 5 + 3 = 17 = 3 \cdot 3 + 5 \cdot 1 + 3 \cdot 1$$

③ IMPORTANZA RELATIVA DELLA CARATTERISTICA

Rappresenta l'importanza che, indirettamente, il cliente attribuisce a ciascuna caratteristica e può essere usata per tracciare una graduatoria del livello di attenzione che il progettista deve riservare alle caratteristiche in fase di progetto. È data dal rapporto:

$$w_j^* = \frac{w_j}{\sum_{j=1} w_j}$$

Esempio:

Importanza relativa lunghezza matita:

$$w_j^* = \frac{17}{17 + 57 + 51 + 36} = 10,5\% \cong 10\%$$

④ PESO ASSOLUTO DELLA CARATTERISTICA

Si utilizza se nella gerarchizzazione si vuole tenere conto non solo del grado di importanza relativo attribuito dal cliente, ma anche del peso D_i:

$$W_j = \sum_{i=1}^{n} D_i \cdot c_{ij}$$

→ Ⓖ PESO RELATIVO DEL BISOGNO

D_i è calcolato in base alle scelte di politica aziendale

Esempio:

Peso assoluto lunghezza matita:

$$W_1 = 14 \cdot 3 + 44 \cdot 1 + 19 \cdot 1 = 42 + 44 + 19 = 105$$

Nella costruzione degli obiettivi del nuovo modello, vengono tenute in considerazione altri dati ed elementi come:

(E) IMMAGINE DI MARCA

Viene attribuito un valore pari a → O = 1,3 → per i punti di forza molto importante

↳ 1 → per le richieste che non vengono considerate punti di forza.

↳ ⊙ = 1,2 → per le richieste la cui soddisfazione viene considerata un possibile punto di forza

(D) GRADO DI MIGLIORAMENTO

Rappresentano delle misure del miglioramento necessario al raggiungimento dei valori di obiettivo.
Sono calcolati facendo il rapporto tra il valore di target e la valutazione attuale del cliente:

$$D = \frac{C}{B}$$

Esempio:

Per il bisogno punta durevole il valore di target è stato posto pari a 5 che si tratta di una richiesta che rappresenta un punto di forza e in cui l'azienda ha un livello di performance più basso rispetto a quello di uno dei suoi concorrenti.

↳ $D = \frac{5}{4} = 1,25$

(F) PESO ASSOLUTO DEL BISOGNO

Il calcolo del peso assoluto del bisogno tiene conto sia della voce del cliente (A) sia delle scelte di politica aziendale:

$$F = A \cdot D \cdot E$$

Esempio:

Peso assoluto richiesta facile da tenere:

$$F_1 = 3 \cdot 1 \cdot 1 = 3$$

(H) BENCHMARKING TECNICO

È la parte della casa della qualità che consente di effettuare una verifica della competitività tecnica.

Il valore numerico di ciascuna caratteristica (⑥ MODELLO ATTUALE) viene posto a confronto con quello delle aziende concorrenti di riferimento (⑦ COMPETITOR X, ⑧ COMPETITOR Y) al fine di porre in evidenza il livello di competitività.

I risultati ottenuti da questa analisi, sono estremamente importanti per evidenziare quei casi nei quali le valutazioni interne non coincidono con le valutazioni date dal cliente nella parte di benchmarking sulla qualità percepita.

Riassumendo:

(B) → indica la QUALITÀ PERCEPITA
(C) → indica la QUALITÀ ATTESA
(H) → misura la QUALITÀ OFFERTA

Metodi di raccolta dei dati

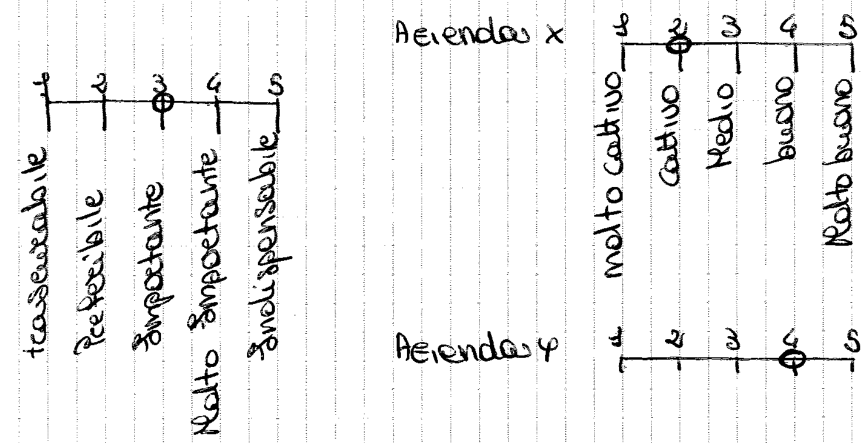
Il metodo tradizionale per raccogliere i dati presenti nella casa della qualità è quello dei questionari: ai soggetti vengono dati dei questionari in cui il cliente deve assegnare un grado di priorità ai requisiti ordinandoli secondo una scala da 1 (requisito di importanza trascurabile) a 5 (requisito indispensabile). Viene chiesto poi di effettuare una valutazione anche per quanto riguarda il prodotto offerto dai competitors.

Esempio:

Questionario usato per la gerarchizzazione dei requisiti del cliente e per l'analisi di benchmarking sulla qualità percepita:

ELEMENTI DI GIUDIZIO DEL PRODOTTO:

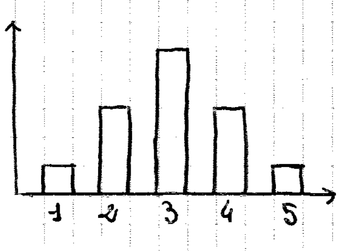
- Facile da tenere



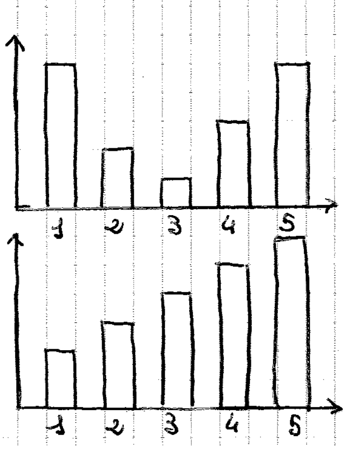
I risultati di questi questionari vengono analizzati per trovare la distribuzione statistica dei pesi per ogni requisito del cliente:

- se la distribuzione si presenta chiaramente unimodale (ammette 1 solo valore modale; moda → valore che compare più frequentemente)
  ⟹ si opera sui valori medi delle valutazioni
- se la distribuzione, invece, si presenta, ad esempio, bimodale, con differenze significative nel livello di importanza
  ⟹ ha poco senso mediare i punteggi ottenuti, perché una distribuzione di questo tipo indica che molto probabilmente ci troviamo di fronte a 2 diversi segmenti di mercato, quindi bisogna ripetere i dati così raccolti.

Esempio:



⟹ media



⟹ Non ha senso fare la media dei risultati raccolti.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 69 di 294

22/10/2014

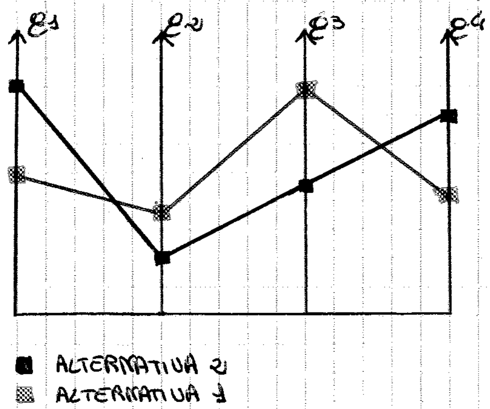
Dopo aver identificato, quindi, il profilo della qualità di un prodotto attraverso le tecniche di benchmarking bisogna capire che strategia seguire per sviluppare un nuovo prodotto che sia più appetibile di quello dei concorrenti.

QUALITY PROFILE

Il problema dell'azienda è quello di identificare il profilo tecnico-progettuale più idoneo per garantirsi una posizione di supremazia sui prodotti (ALTERNATIVE) della concorrenza.

Esempio:

Rappresentazione delle valutazioni delle alternative sui singoli criteri di valutazione: definizione dei profili delle alternative



$A = \{a_1, a_2, \dots a_n\}$ → insieme delle alternative (concorrenti) di progetto
$G = \{g_1, g_2, \dots g_n\}$ → insieme delle caratteristiche tecniche

Per ogni caratteristica tecnica viene riportato il valore che ciascun concorrente ha. Unendo tutti questi punti si identificano i PROFILI PRESTAZIONALI che definiscono i vari prodotti.

L'obiettivo è quello di disegnare un nuovo profilo più interessante.

Da un punto di vista generale il problema può essere formulato in questo modo: ciascuna caratteristica generica g_j viene considerata come una applicazione dall'insieme delle alternative A a una scala E_j, che rappresenta l'insieme dei valori prestazionali che possono essere realizzati su una caratteristica tecnica:

$g_j : A \to E_j$
$\forall a \in A \quad g_j : a \in A \Rightarrow g_j(a) \in E_j$

→ significa che per ogni caratteristica tecnica definiamo un criterio di valutazione su cui per ogni concorrente definiamo un punto.

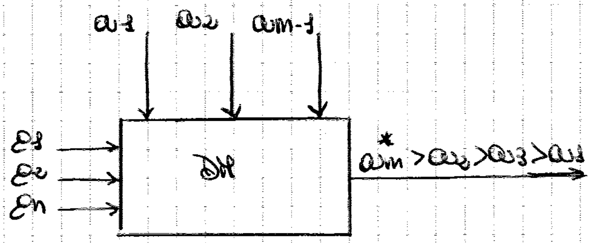
Facendo questa operazione per ogni caratteristica tecnica, per ogni concorrente la descrizione del suo profilo diventa:

$$[g_1(a), g_2(a), \dots, g_n(a)] \in E^0 = E_1 \times E_2 \times E_3 \dots \times E_n$$

→ valutazione del concorrente a sulla caratteristica 1

vettore che è l'espressione analitica del profilo di un prodotto → è definito come il prodotto cartesiano di tutte le caratteristiche tecniche

Il problema del costruttore è rappresentato dal problema decisionale indiretto:



PROBLEMA DECISIONALE INDIRETTO

Anche il costruttore ha i propri criteri di valutazione e conosce i suoi concorrenti a. Deve costruire una alternativa a_m^* migliore delle altre
↳ in qst caso c'è una alternativa non disponibile cioè quella da costruire.

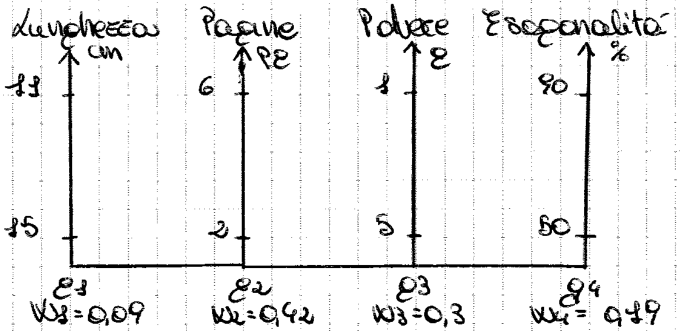
Per sviluppare il nuovo prodotto si può utilizzare:
- l'algoritmo Qbench
-

Algoritmo Qbench

Dopo aver utilizzato il Qfd per definire una graduatoria delle caratteristiche e il profilo dei concorrenti, con l'algoritmo Qbench è possibile definire quali valori di progetto è opportuno considerare per realizzare il prodotto in modo da incontrare sia le richieste del cliente che i prodotti dei concorrenti.

ASSUNZIONI: La soluzione può assumere solo valori coincidenti con gli estremi delle scale dei criteri o valori assunti dalle alternative sui singoli criteri.

Dominio di ricerca:



e_j^i = fondo scala inferiore della scala definita sul criterio j-esimo

e_j^s = fondo scala superiore della scala definita sul criterio j-esimo

È un dominio costituito da un numero finito di punti.
Le scale vengono riportate secondo un ordine di preferenza crescente

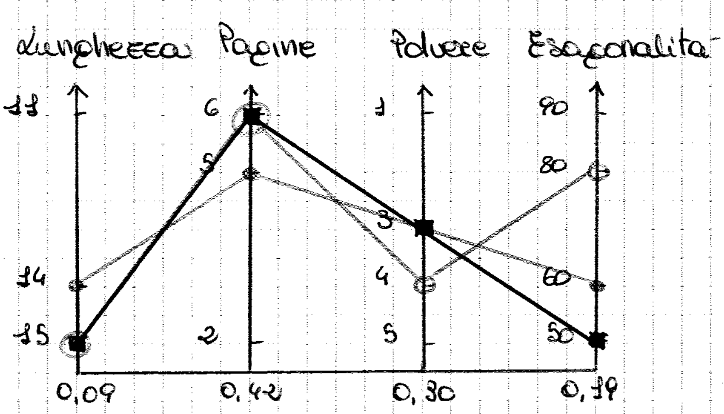
Es: Più pagine stampa ogni volta, meglio è ⇒ la scala va da 2 a 6
Meno polvere genera, meglio è ⇒ la scala va da 5 a 1

Nei pesi w è rappresentato il parere del cliente: quello con il peso più grande è la più importante.

Questi valori guidano il processo di progettazione del prodotto.

L'algoritmo si arresta quando la soluzione determinata supera le alternative dei concorrenti.

Alternativa vincente determinata dall'algoritmo:

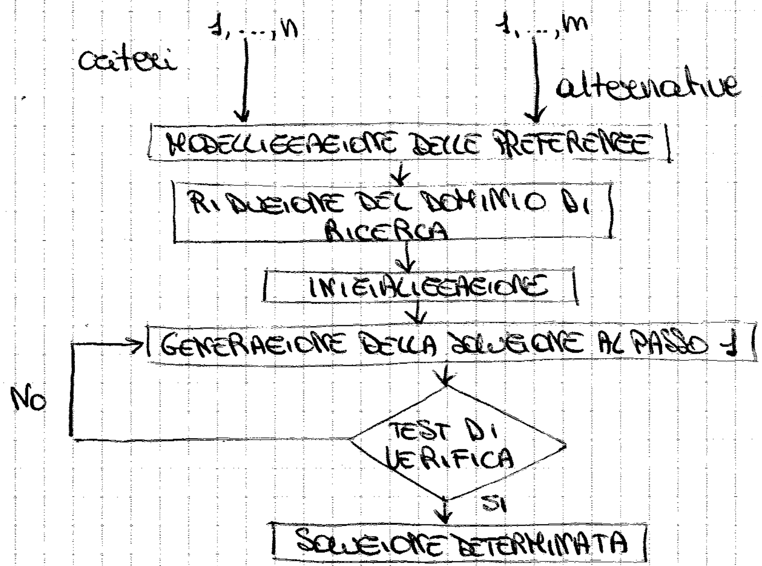


$e(a^3) = [15, 6, 3, 50]$

↳ si opera con un ulteriore innalzamento sul 2° criterio con peso più alto cioè e_3.

Il nuovo vettore individuato supera il test dell'algoritmo @bench

Schema concettuale dell'algoritmo @bench:



Osservazioni:

- la ricerca di una soluzione avviene in uno spazio discreto
- l'algoritmo garantisce sempre e comunque almeno 1 soluzione
- è un metodo semplice e rapido
- secondo qst algoritmo, non è importante costruire un prodotto che sia il migliore in assoluto ma basta che sia un po' migliore degli altri.

La normalizzazione della matrice porta ad avere una matrice di versori.

Facendo il prodotto scalare tra versori, ogni versore si confronta con tutti gli altri ed in questo modo è possibile rappresentare gli effetti della dipendenza tra le caratteristiche:

$Q = N \cdot N^T$ → Prodotto tra la matrice N e la sua trasposta

Q è una matrice che sintetizza tutti i prodotti scalari di tutti i versori su tutti gli altri.
Q sarà una matrice quadrata simmetrica avente sulla diagonale tutti 1.

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & -- & -- & -- \\ -- & 1 & -- & -- \\ -- & -- & 1 & -- \\ -- & -- & -- & 1 \end{bmatrix}$$

È una matrice simmetrica in quanto vale la proprietà:

$$\frac{\vec{V_2}}{|\vec{V_2}|} \cdot \frac{\vec{V_1}}{|\vec{V_1}|} = \frac{\vec{V_1}}{|\vec{V_1}|} \cdot \frac{\vec{V_2}}{|\vec{V_2}|}$$

↳ è per questo che il tetto della casa della qualità è triangolare, perché è la metà di questa matrice

Questa matrice indica quando un vettore è sovrapposto ad un altro.

Il coseno direttore può assumere valori compresi tra 0 e 1 ⇒ nella matrice ci saranno solo dei valori compresi 0-1: 0 → i 2 vettori sono perpendicolari ⇒ i vettori non hanno nulla in comune, più ci si avvicina ad 1 più sono correlati.

23/11/10

Il tetto della casa della qualità rappresenta le correlazioni tra le caratteristiche tecniche. Per determinare queste correlazioni, se il numero di caratteristiche è basso si può usare
ma se il numero delle caratteristiche è elevato bisogna trovare un altro metodo.

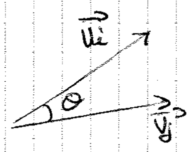
Se le caratteristiche si riferiscono allo stesso requisito, si potrebbe pensare che queste siano correlate.

Es:

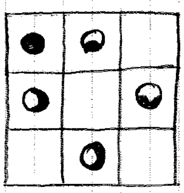
	V_i		V_j
R_1	△		○
			□
R_3	□		△
R_5	○		○

→ Possiamo calcolare il prodotto vettoriale tra qst 2 caratteristiche per cercare di dare una misurazione alla sovrapposizione

$$\vec{V_i}\cdot\vec{V_j} = |\vec{V_i}|\cdot|\vec{V_j}|\cdot\cos\theta$$



Esempio:

R = 

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \qquad N = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{bmatrix}$$

Trasformiamo la matrice delle relazioni simbolica in una matrice binaria trasformando i simboli in numeri.
Per ogni colonna determiniamo poi il versore unitario per ogni vettore
↳ matrice normalizzata costituita dai versori N $\frac{\vec{V_i}}{|\vec{V_i}|}$
A partire dalla matrice N otteniamo la matrice Q che sintetizza tutti i prodotti scalari di tutti i versori di tutti gli altri
↳ $Q = N \cdot N^T$ → prodotto della matrice N per la trasposta della stessa matrice N
↳ sarà una matrice avente sulla diagonale tutti 1

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & & 1 & \\ & & & 1 \end{bmatrix} \qquad \frac{\vec{V_2}}{|\vec{V_2}|}\cdot\frac{\vec{V_1}}{|\vec{V_1}|} = \frac{\vec{V_1}}{|\vec{V_1}|}\cdot\frac{\vec{V_2}}{|\vec{V_2}|}$$

↳ matrice simmetrica

RELAZIONE DI INCOMPARABILITÀ R → 2 alternative a confronto potrebbero non essere comparabili perché troppo diverse

Tutti i modelli classici usano solo I e P

I metodi MCDA hanno come obiettivo quello di aggregare valutazioni che sono date da criteri diversi

Per rendere operativo il metodo electre 2 occorrono 2 fasi:

1°: modellizzazione delle preferenze tra coppie di alternative

2°: selezione delle alternative (grafo di surclassamento)

1° FASE → corrisponde a 2 test → TEST DI CONCORDANZA → TEST DI NON DISCORDANZA

Ipotesi di lavoro:

$J = \{1, 2, ..., n\}$ → insieme dei criteri

$W = \{w_j : j \in J\}$ → insieme dei pesi dei criteri

Definiamo 3 macrocriteri:

- $J^+(a, a') \subseteq J$ macrocriterio che nasce dal confronto tra a e a' ed è contenuto in J

  $J^+(a, a') = \{j \in J : g_j(a) > g_j(a')\}$

- $J^=(a, a') \subseteq J$

  $J^=(a, a') = \{j \in J : g_j(a) = g_j(a')\}$

- $J^-(a, a') \subseteq J$

  $J^-(a, a') = \{j \in J : g_j(a) < g_j(a')\}$

3 MACROCRITERI → sono necessari per costruire la modellizzazione

- $w^+(a, a') = \sum_{j \in J^+} w_j$
- $w^=(a, a') = \sum_{j \in J^=} w_j$
- $w^-(a, a') = \sum_{j \in J^-} w_j$

TEST DI CONCORDANZA: consiste nel verificare che:

(1) $\frac{w^+(a, a') + w^=(a, a')}{w} \geq K$ $\quad 0 \leq K \leq 1$ — generalmente $= \frac{2}{3}$ o $\frac{3}{4}$

$\sum_{j \in J} w_j = 1$

(2) $\frac{w^+(a, a')}{w^-(a, a')} \geq 1$

Applichiamo il metodo Electre II a queste relazioni: bisogna confrontare le coppie di alternative per ciascuna di queste coppie bisogna vedere se un'alternativa surclassa l'altra.

Il confronto tra a_1 e a_2 non è uguale al confronto tra a_2 e a_1

↳ il concetto di transitività non esiste nelle relazioni di surclassamento.

25 - 40

Per ogni coppia costruisco dei macrocriteri

(a_1, a_2)	J^+	$J^=$	J^-	$\frac{w^+ + w^=}{w}$
$\frac{w^+}{w^-} = \frac{0,34}{0,66} \geq 1$	$\{g_1, g_4\}$	–	$\{g_2, g_3\}$	0,34

$R_1: a_4 > a_1 > a_2 \vee a_3 \vee a_5$

$R_2: a_3 \vee a_5 > a_2 > a_1 \vee a_4$

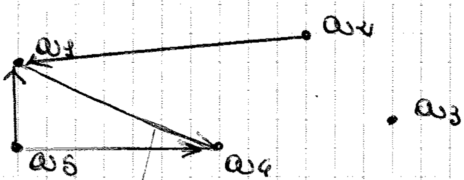
$R_3: a_3 \vee a_5 > a_2 > a_1 > a_4$

$R_4: a_4 > a_1 > a_2 \vee a_3 \vee a_5$

$a_1 \, S \, a_2$ $\quad k = \frac{2}{3}$ → No in quanto non viene superato nessun test. Il surclassamento è verificato solo se verificati entrambi i test

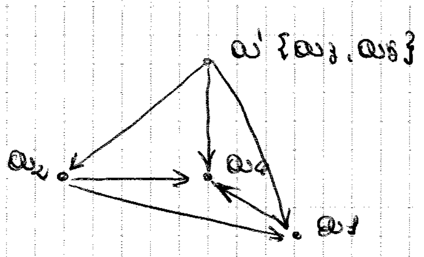
(a_x, a_y)	J^+	$J^=$	J^-	$\frac{w^+ + w^=}{w} \geq k$	$\frac{w^+}{w^-} \geq 1$	$a_x \, S \, a_y$
(a_1, a_3)	$\{g_1, g_4\}$	–	$\{g_2, g_3\}$	0,34	$\frac{0,34}{0,66}$	No
(a_1, a_4)	$\{g_3\}$	$\{g_2\}$	$\{g_1, g_4\}$	$\frac{\overbrace{0,41}^{\text{peso } g_3} + 0,25}{1}$	$\frac{0,41}{0,34}$	Sì

Riportiamo su un grafo le alternative: → nodi → alternative
→ rami → relazioni di surclassamento



↳ a_1 surclassa a_4

Il metodo cerca sul grafo dei circuiti. Per quanto riguarda a_3 e a_5 che si surclassano a vicenda, queste vengono contratti in una sola alternativa a'



Grafo di surclassamento contratto

Il nodo più importante è quello che non riceve frecce, cioè è l'alternativa che non viene surclassata da nessun'altra.

In questo caso il nodo è a' che viene quindi tolta dal grafo

Costruzione degli Indicatori di Prestazione

Le ragioni per cui si utilizzano gli indicatori sono:
- per poter fare delle previsioni;
- per misurare e controllare le prestazioni;
- per analizzare costi e benefici;
- per supportare le decisioni.

Non sempre è possibile creare dei modelli analitici. Gli elementi che influenzano la costruzione dei modelli sono → la tipologia e la proprietà dei dati caratt.
→ le modalità di validazione.
→ i criteri di analisi
→ le finalità

Spesso, non potendo costruire dei modelli analitici avanzati, si ricorre, in sostituzione, all'utilizzo degli indicatori. Es → indici di borsa
→ PIL
→ ROI, ROR

Lo scopo degli indicatori, infatti, è quello di descrivere dei fenomeni complessi attraverso degli strumenti sintetici.

Spesso, però, gli indicatori determinano dei problemi aggiuntivi.
Sotto quali condizioni un insieme di indicatori descrive in modo appropriato un fenomeno? Uno dei limiti più importante è che non esistono delle regole strutturate generali per la costruzione di un indicatore.

28/10/2014

Gli elementi che influenzano la costruzione di un indicatore sono:
- lo scopo;
- la complessità del fenomeno;
- il ruolo da svolgere (standard di riferimento, standard normativo, monitoring ...).

I requisiti che un indicatore dovrebbe avere sono molti:

- accurato
- efficace
- facile da calcolare
- completo
- tempestivo
- facile da rilevare
- economico
- riproducibile

1

② EAI - INDICATORE DI ISTRUZIONE

L'indice EAI viene definito dalla combinazione di altri 2 indicatori:

- ALI (Adult Literacy Index) $\in [0,1]$
  ↳ misura il tasso di alfabetizzazione adulta, cioè il numero di adulti alfabetizzati in rapporto alla popolazione totale.
- ERI (Enrollment Ratio Index) $\in [0,1]$
  ↳ è la proporzione dei giovani che frequentano la scuola primaria, secondaria e terziaria rispetto alla popolazione in età scolare.

$$ALI = \frac{\text{tasso di alfabetiz. adulta} - 0}{100 - 0}$$

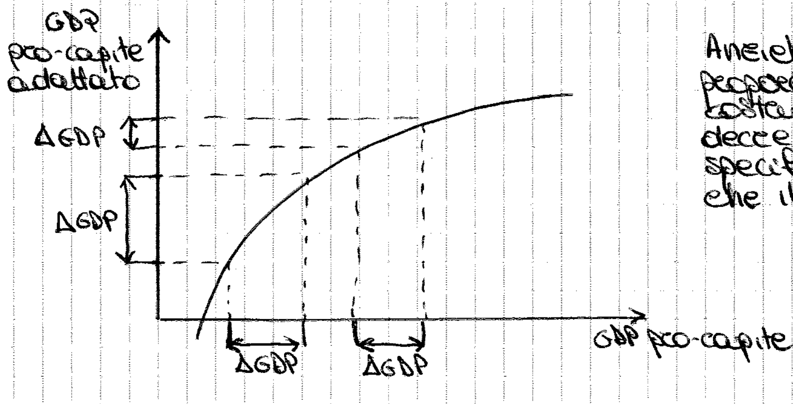
$$ERI = \frac{\text{rapporto di iscrizioni} - 0}{100 - 0}$$

$$\boxed{EAI = \frac{2\,ALI + ERI}{3}} \qquad EAI = f(ALI, ERI) \in [0,1]$$

Anche per qst indicatore viene fatta un'assunzione e cioè che l'indice ALI sia più importante dell'indice ERI → l'indice ALI pesa 2/3 mentre l'EAI pesa 1/3.

③ GDPI - INDICATORE DI PIL

L'indicatore di PIL è calcolato usando il PIL pro-capite espresso in una valuta di riferimento (dollari USA - PPP \$ = Purchasing Power Parity).
Poichè il valore di un dollaro per un soggetto che ne guadagna 100 è diverso da un altro che ne guadagna 100 000, allora il reddito pro-capite deve essere adattato. L'adattamento viene fatto in modo di ottenere un effetto di questo tipo:



Anziché avere una crescita proporzionale, il reddito adattato costituisce una curva monotona decrescente che riduce il peso specifico del reddito man mano che il reddito pro-capite aumenta.

In altre parole, pari incrementi del reddito adattato determinano piccoli scostamenti del GDP pro-capite se il reddito è basso, o elevati scostamenti se il reddito è alto.

Lo schema di calcolo utilizzato per adattare il reddito pro-capite fa riferimento all'algoritmo di Atkinsons.

Esempio:

HDI per la Grecia 1997:

- SPERANZA DI VITA = 77,8 anni
- TASSO DI ALFABETIZZAZIONE ADULTA = 96,7%
- RAPPORTO LORDO DI ISCRIZIONI CONGIUNTE = 82%
- REDDITO PRO-CAPITE = 11265 PPP $

$$LEI = \frac{77{,}8 - 25}{85 - 25} = 0{,}880$$

$$\begin{cases} ALI = 0{,}967 \\ ERI = 0{,}820 \end{cases} \Rightarrow EAI = \frac{2 \cdot 0{,}967 + 0{,}820}{3} = 0{,}918$$

$$W(11265) = 5982 \Rightarrow GDPI = \frac{5982 - 100}{6154 - 100} = 0{,}972$$

$$\hookrightarrow HDI = \frac{0{,}880 + 0{,}918 + 0{,}972}{3} = 0{,}923 \Rightarrow$$ la Grecia apparteneva al gruppo di Paesi del 1° mondo

Algoritmi di adattamento come quelli di Atkinsons presentano il problema di essere legati a parametri che variano di anno in anno (valore di y^*), in questo modo non è possibile fare un confronto corretto tra anni successivi.

Per questo motivo è stato deciso di calcolare il GDPI in modo diverso, utilizzando una formula di adattamento che non dipendesse da y^* e cioè il logaritmo:

$$GDPI = \frac{\log(\text{GDP Pro-capite}) - \log 100}{\log 40000 - \log 100}$$

Esempio:

Ricalcoliamo il valore dell'indice HDI della Grecia nel 1997 usando la formula logaritmica del GDPI:

$$GDPI = \frac{\log 11265 - \log 100}{\log 40000 - \log 100} = 0{,}789 \neq 0{,}972$$

$$\hookrightarrow HDI = 0{,}862$$

In qst modo, però, si crea un altro problema: passando da un algoritmo di adattamento all'altro, si ottengono dei posizionamenti diversi dei Paesi dal punto di vista dello sviluppo umano: un Paese posizionato ai margini di 1 categoria, può passare alla categoria

Riassumendo, facendo delle riflessioni sulle proprietà dell'HDI:

- NORMALIZZAZIONE DELLA SCALA → la scelta dei valori limiti è arbitraria ma non esente da conseguenze. Esistono diverse forme di normalizzazione.
- EFFETTI DELLA COMPENSAZIONE → gli elementi di debolezza su una qualche dimensione sono compensati dagli elementi di forza sulle altre
- INDIPENDENZA DEGLI INDICATORI → quando una somma è usata per aggregare diverse dimensioni di un modello, identiche prestazioni di 2 paesi non sono rilevanti ai fini del loro confronto.
- COSTRUZIONE DELLE SCALE DEGLI INDICATORI → l'indicatore GDPI, ad esempio, fa riferimento all'algoritmo di Atkinsons, ma tali tipi di algoritmi hanno la controindicazione di essere legati a parametri che variano di anno in anno, riducendo la confrontabilità tra anni ≠
- CONSIDERAZIONI STATISTICHE SULL'HDI → essendo una media, non riflette la composizione della popolazione che si considera.

- FORME DI NORMALIZZAZIONE ED EFFETTI DELLA NORMALIZZAZIONE

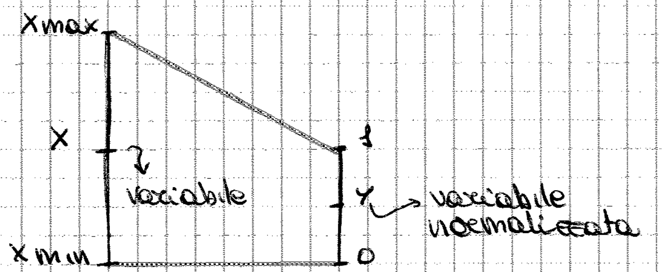
Normalizzare significa trasformare linearmente dei valori da un qualunque intervallo di riferimento ad un intervallo tra 0 e 1.
Se la funzione è di tipo lineare, si parla di normalizzazione, se la funzione di trasformazione, o di mappatura, non è lineare si parla di SCALARIZZAZIONE

Esistono diverse forme di normalizzazione:

(1) $y = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$ (3) $y = \frac{x_i}{\sum_j (x_i)_j}$

(2) $y = \frac{x_i}{x_{max}}$ (4) $y = \frac{x_i}{\sqrt{\sum_j (x_i^2)_j}}$

(1) Da un punto di vista geometrico, normalizzare significa creare un legame tra l'intervallo x_{min} e x_{max} e l'intervallo 1 e 0:



Il legame viene creato tramite la relazione:

$$y = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \qquad y \in [0, 1]$$

Quali sono le proprietà di scala che deve avere x? → RAPPORTO oppure INTERVALLO

Se qsta relazione è valida, x deve avere le proprietà di rapporto e cioè

Per passare dai gradi Celsius ai gradi Fahrenheit, si applica q.sta trasformazione:

$$(°F - 32) : °C = (212 - 32) : (100 - 0)$$

$$°F = \frac{9}{5}\,°C + 32 \longrightarrow \boxed{\Phi = \alpha x + \beta}$$

$$\begin{cases} t_{min} = 9/5 \cdot 10°C + 32 = 50°F \\ t_x = 9/5 \cdot 15°C + 32 = 59°F \\ t_{max} = 9/5 \cdot 30°C + 32 = 86°F \end{cases}$$

Normalizzando t_x (°F):

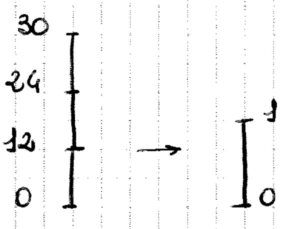
$$y = \frac{59 - 50}{86 - 50} = \frac{1}{4}$$

$\Longrightarrow$ La trasformazione che permette il passaggio da °C a °F non fa cambiare la relazione, quindi è applicabile.

- Facendo il rapporto tra 2 grandezze normalizzate, si ottiene lo stesso valore che si ottiene facendo il rapporto tra le 2 grandezze non normalizzate?

$x_2 = 24$

$x_1 = 12$ $\rightarrow \frac{x_2}{x_1} = 2$



Normalizzando x_1 e x_2:

$$y_1 = \frac{12 - 0}{30 - 0} = 0{,}4$$

$$y_2 = \frac{24 - 0}{30 - 0} = 0{,}8$$

$\rightarrow \frac{y_2}{y_1} = 2 \Longrightarrow$ Il risultato è lo stesso

- Consideriamo dei dati di durezza espressi sulla scala HRC:

$x_{min} = 10$ HRC $x_1 = 15$ HRC

$x_{max} = 50$ HRC $x_2 = 30$ HRC $\rightarrow \frac{x_2}{x_1} = 2$

Normalizziamo:

$$y_2 = \frac{30 - 10}{50 - 10} = 0{,}5$$

$$y_1 = \frac{15 - 10}{50 - 10} = 0{,}125$$

$\longrightarrow \frac{y_2}{y_1} = 4 \Longrightarrow$ Passando alle grandezze normalizzate il rapporto cambia!

Il rapporto tra 2 grandezze normalizzate è pari a:

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{\dfrac{x_2 - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}}{\dfrac{x_1 - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}} = \frac{x_2 - x_{min}}{\cancel{x_{max} - x_{min}}} \cdot \frac{\cancel{x_{max} - x_{min}}}{x_1 - x_{min}}$$

$$\hookrightarrow \boxed{\frac{y_2}{y_1} = \frac{x_2 - x_{min}}{x_1 - x_{min}} \neq \frac{x_2}{x_1}}$$

$\Longrightarrow$ in generale, il rapporto tra 2 grandezze non è uguale al rapporto tra le 2 grandezze normalizzate.

Il rapporto vale solo se $x_{min} = 0$ (è per q.sto che nel 1° esempio $x_2/x_1 = y_2/y_1$)

Consideriamo una serie di università (alternative) valutate su 2 criteri g_1 e g_2.

Questi valori vengono normalizzati secondo la tecnica del rapporto sul valore massimo → g_{1n}, g_{2n}

↳ tra tutti i valori di g_1 si sceglie il valore max (es: 2000) e si rapportano tutti gli altri valori a questo → g_{1n}

Si riporta poi il punteggio medio tra i valori normalizzati.

L'università con il punteggio più alto è l'università migliore. Supponiamo che l'università migliore sia l'università h.

Immaginiamo che il valore del criterio 2 di questa università passi da 500 a 700 → cambiando il valore max la classifica delle università dovrebbe rimanere la stessa.

Invece l'unica posizione che non cambia è quella dell'università h, tutte le altre, che hanno lo stesso valore di prima, cambiano posizione: la 2° classificata, diventa l'ultima!

↳ qst perché non si tiene conto delle proprietà della normalizzazione.

- PROPRIETÀ DI COMPENSAZIONE

L'indice HDI, per come è costruito (somma ponderata di 3 indici), consente di definire la proprietà di compensazione.

Consideriamo i valori della speranza di vita e degli indicatori ALI, ERI e GDPI di 2 paesi: Gabon e Solomon Islands:

PAESE	SPERANZA DI VITA	ALI	ERI	REAL GDP
GABON	54,1	0,63	0,6	3641
SOLOMON ISLANDS	70,8	0,62	0,47	2118

I dati del Gabon superano quelli del Solomon Islands ad eccezione della speranza di vita. Quest'ultimo indice è un chiaro segno di sottosviluppo, sebbene gli altri indicatori siano ragionevolmente buoni. Tuttavia, l'indice HDI è lo stesso per entrambi i Paesi:

HDI (Gabon) = HDI (Solomon) = 0,56

Questo risultato è dovuto all'effetto di compensazione: i punti di debolezza vengono mascherati dai punti di forza.

6

30/10/2014

Gli Indicatori di qualità dell'aria

A causa della crescita allarmante dell'inquinamento atmosferico, da anni viene effettuata un'intensa attività di ricerca scientifica tramite sia il monitoraggio ambientale, sia tramite indicatori per la valutazione dell'impatto sugli ecosistemi e sull'uomo.

In diversi Paesi sono stati introdotti dei sistemi di indicatori in grado di indicare alla popolazione, in modo semplice e immediato, il livello della qualità dell'aria che si respira:

- INDICE AQI (Air Quality Index) [USA]
  ↳ tramite indicazioni numeriche o cromatiche, indica lo stato della qualità dell'aria e il livello di rischio per la salute
- INDICE ATMO [Francia]
- INDICE IQA (Indice di Qualità dell'Aria) [alcune regioni italiane]

Indice ATMO

L'indice ATMO è basato sulla concentrazione di 4 elementi inquinanti:

1. SO_2, biossido di zolfo;
2. NO_2, biossido di azoto;
3. O_3, ozono;
4. PM_{10}, particolato solido.

A ciascun inquinante è associato un sottoindice e l'indice ATMO corrisponde al valore massimo dei 4 sottoindici:

$$\boxed{ATMO = \max\{I_{NO_2}, I_{SO_2}, I_{O_3}, I_{PM_{10}}\}}$$

Per ciascun inquinante la concentrazione viene convertita in un numero su una scala da 1 a 10.

I livelli da 1 a 10 della scala rappresentano i livelli di pericolosità e per ogni inquinante viene definita una forbice di valori: i valori minimo e massimo definiscono le soglie di ciascun livello.

Quindi, l'indicatore ATMO non è in grado di discriminare tra 2 situazioni diverse, in quanto non gode della proprietà di monotonia.

② Proprietà di non compensazione

Esempio:

Consideriamo 2 aree a confronto che sono in situazioni diverse: la condizione U presenta dei valori molto buoni ad eccezione dell'ozono, mentre la condizione V evidenzia valori non particolarmente buoni per tutti e 4 i sottoindicatori:

	NO_2	SO_2	O_3	PM_{10}
U	2	1	7	1
V	6	5	6	6

ATMO U = 7 > ATMO V = 6 → Nonostante la situazione U sia decisamente migliore l'indice ATMO U è maggiore di quello dell'area V.

Questa situazione si verifica perché l'indice ATMO non gode della proprietà di compensazione: l'elevato valore per l'ozono dell'area U non è compensato dai bassi valori degli altri 3 indici.

L'indice H (Hirsch)

L'indice h è un indice che classifica in maniera sintetica la produttività e l'impatto del lavoro degli scienziati; serve per misurare la qualità della ricerca. Si basa sul numero delle pubblicazioni di uno scienziato e sul numero di citazioni ricevute → numero di volte che una pubblicazione viene citata in una bibliografia.

Uno scienziato ha un indice h se h dei suoi Np lavori hanno almeno h citazioni ciascuno e i rimanenti Np-h lavori hanno ognuno al più h citazioni.

In altre parole, uno studioso con h=3 ha pubblicato 3 lavori citati almeno 3 volte ciascuno.

Esempio: Consideriamo il lavoro di 1 scienziato

	Lavori Prodotti X	Numero di citazioni per ogni pubblicazione Y
X<Y	1	30
X<Y	2	20
X<Y	3	18
X<Y	4	12
X<Y	5	9
X<Y	6	8
X<Y	7	8
X>Y	8	6
X>Y	9	6

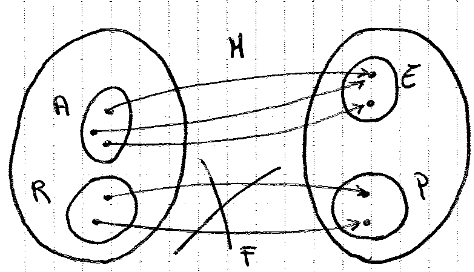
⟹ h = 7

Le pubblicazioni vengono numerate in ordine di numero di citazioni decrescente (dalla + citata alla meno citata).

Quando il numero d'ordine diventa inferiore al numero di citazioni ci si ferma
↳ indice h.

8

Sistema Empirico

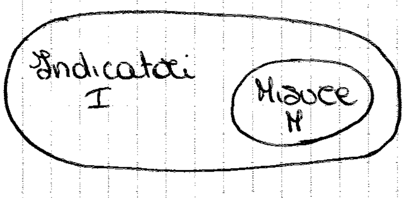


Sistema Numerico

Una misura ha 2 funzioni di mappatura: M che dall'insieme delle manifestazioni del sistema empirico A va a quello del sistema numerico E e F, che dall'insieme delle relazioni R del sistema empirico va all'insieme P

Un indicatore non ha la funzione di mappatura F ⇒ non gode delle proprietà di cui gode la misura.

Per questo motivo, le misure possono essere interpretate come un sottoinsieme degli indicatori:



Ciò significa che, mentre una misura è sicuramente un indicatore, non è vero il contrario.

Gli indicatori sono di 2 categorie

1. INDICATORE DI BASE → è un indicatore ottenuto tramite la diretta osservazione di un sistema empirico

Esempio: Numero di prodotti difettosi in una linea di produzione, Numero complessivo di parti prodotte ...

2. INDICATORE DERIVATO → è ottenuto dall'aggregazione di 2 o più indicatori di base e non. A partire da un indicatore basic si possono costruire indicatori derived di diverso livello, fino a concentrare l'informazione in un indicatore globale unico.

Esempio:

Indicatori Basic	Indicatori Derived 1° livello	Indicatore derived 2° livello
I_{NO_2}	I'_{NO_2}	I
I_{SO_2}	I'_{SO_2}	
I_{O_3}	I'_{O_3}	
I_{PM10}	I'_{PM10}	
Misura effettiva della quantità di inquinanti in $\mu g/m^3$	Traduzione delle quantità di inquinanti su una scala a 3 livelli: bassa - media - alta	Aggregazione dei 4 indicatori

Altri esempi di indicatori derivati possono essere:

- La somma dei prodotti realizzati da più linee di produzione
- La quantità media di difettosi prodotti per una data unità di tempo
- Il numero max di prodotti difettosi realizzati in un giorno
- ...

3/10/2014

La Condizione di Unicità:

Dato un obiettivo di rappresentazione, non è detto che l'indicatore in grado di rappresentarlo sia unico, ma si possono identificare più indicatori, indipendenti tra loro, capaci di rappresentarlo. Ciò può essere dimostrato sia per gli indicatori di base che per quelli derivati.

NON-UNICITÀ DEGLI INDICATORI DERIVATI:

Si consideri un impianto per la produzione di sistemi di scarico per autovetture, composto da 4 linee di produzione equivalenti α, β, γ e δ. L'obiettivo della rappresentazione è quello di identificare la miglior linea di produzione.

Le prestazioni delle 4 linee sono valutate attraverso 3 indicatori di base:

- PRODUZIONE GIORNALIERA → numero di pezzi prodotti in un giorno
- DIFETTOSITÀ GIORNALIERA → numero di pezzi scartati in un giorno
- TASSO DI INDISPONIBILITÀ DELLE ATTREZZATURE → la percentuale di ore di non funzionamento di 1 linea per guasto o manutenzione in 1g

INDICATORI DI BASE	LINEE DI PRODUZIONE α	β	γ	δ
① Produzione giornaliera (n x giorno)	360	362	359	358
② Difettosità giornaliera (n x giorno)	35	32	36	40
③ Tasso di indisponibilità attrezzature (%)	4,00%	5,50%	4,50%	5,00%

→ dati migliori

Assegnati qsti 3 indicatori di base, è possibile individuare almeno 2 diversi indicatori derivati in grado di rappresentare l'obiettivo di rappresentazione.

Per ciascuno dei 3 indicatori, possiamo stabilire una graduatoria delle 4 linee:

- 1° indicatore → $\beta > \alpha > \gamma > \delta$
- 2° indicatore → $\beta > \alpha > \gamma > \delta$
- 3° indicatore → $\alpha > \gamma > \delta > \beta$

Non c'è una linea migliore su tutti i fronti. A partire dai singoli ordinamenti, bisogna giungere a stabilire un unico ordinamento complessivo.

Ipotesi di lavoro:

- gli indicatori sono considerati di pari livello
- nessuna codifica numerica
- nessun tasso di sostituzione

L'alternativa migliore, x^*, è quella preferita in tutti i confronti diretti tra concorrenti: è quella con il punteggio massimo tra i valori minimi:

$$\boxed{Ic(x^*) = \max_{x \in A} \{Ic(x)\}}$$

Il vincitore, se esiste, è unico

Per effettuare il confronto a coppie dei dati del processo, bisogna costruire una matrice quadrata avente:

- nelle righe e nelle colonne si riportano le alternative (4 linee)
- si scartano le alternative con se stesse ⇒ diagonale nulla
- per ogni coppia si indica quante volte l'alternativa di riga supera l'alternativa di colonna.

Confronto a coppie tra le linee $\alpha, \beta, \gamma, \delta$:

	α	β	γ	δ
α	-	1	3	3
β	2	-	2	2
γ	0	1	-	3
δ	0	1	0	-

Considerando gli ordinamenti dei 3 indicatori di base:

I_1: $\beta > \alpha > \gamma > \delta$
I_2: $\beta > \alpha > \gamma > \delta$
I_3: $\alpha > \gamma > \delta > \beta$

α batte β 1 volta

β batte α il complemento di α che batte β.
La somma delle caselle con indice cambiato è pari 3 (perché 3 sono le classifiche date dai 3 indici di base)

L'indice di Condorcet corrisponde al numero minimo di vittorie ottenute da una alternativa, quindi:

$$\left.\begin{array}{l} Ic(\alpha) = 1 \\ Ic(\beta) = 2 \\ Ic(\gamma) = 0 \\ Ic(\delta) = 0 \end{array}\right\}$$

l'alternativa migliore è quella con l'indice di condorcet più alto

↳ β è la linea migliore e l'ordinamento finale in base al metodo di condorcet è:

$$\boxed{\beta > \alpha > \gamma \approx \delta}$$

⇒ I 2 indicatori producono ordini diversi, in particolare per Borda la linea migliore è α mentre Condorcet è β.

<u>Quindi</u>:

- la scelta di un indicatore o di un altro può portare a situazioni di conflitto.
- Assegnato un ordinamento secondo Borda, non è possibile dedurre l'equivalente di Condorcet e viceversa. Questo perché I_B e I_C sono indicatori indipendenti tra loro.

Consideriamo i dati di difettosità giornaliera (scarti e difetti) delle 4 linee:

	I_S	I_D
α	35	43
β	25	39
γ	17	45
δ	21	25

dei 35 pezzi scartati, alcuni hanno + di 1 difetto

$I_S(x^*) = \min_{x \in A} \{35, 25, 17, 21\} = 17 \Rightarrow$ la linea migliore è la linea γ

$I_D(x^*) = \min_{x \in A} \{43, 39, 45, 25\} = 25 \Rightarrow$ la linea migliore è δ

$\Rightarrow$ Cambiando l'indicatore, si modifica il giudizio sulla linea con le migliori prestazioni, quindi anche per gli indicatori di base non è rispettata la condizione di unicità.

Osservazioni:

- Nel caso di I_S l'attenzione è posta nella minimizzazione dei pezzi scartati $\Rightarrow$ il focus è sul prodotto.
- Nel caso di I_D l'obiettivo diventa l'ottimizzazione delle fasi del processo per ridurre il numero di difetti di qualunque tipo $\Rightarrow$ il focus è sul processo.
- Pur rispondendo allo stesso obiettivo rappresentazionale, indicatori distinti inducono logiche e comportamenti diversi nell'organizzazione. Quindi, anche in questo caso gli indicatori sono indipendenti tra loro.
- Entrambe le rappresentazioni sono valide così come i rispettivi indicatori basici.

Curiosità sul metodo di Borda:

Il metodo di Borda è sensibile alle alternative irrilevanti. Se x precede y, nel momento in cui si aggiunge una terza alternativa z, non è detto che x continui a mantenere il proprio posizionamento nei confronti di y.

Esempio:

Consideriamo 3 linee di produzione di sistemi di scarico, α, β e γ. Supponiamo che il confronto avvenga solo su 2 indicatori:

INDICATORI	α	β	γ
I_1: Produzione giornaliera	367	350	345
I_2: Difettosità giornaliera	35	30	33

Esempio Tema d'Esame - Indicatori

L'azienda ZVE desidera introdurre nella propria linea di produzione un indice di prestazione globale OEE. OEE deve tenere conto:

1. della disponibilità del sistema → $A = \frac{\text{tempo di marcia}}{\text{tempo di produzione}}$
2. delle prestazioni realizzative → $B = \frac{\text{pezzi prodotti}}{\text{pezzi potenziali}}$
3. della qualità → $C = \frac{\text{n° pezzi conformi}}{\text{n° pezzi prodotti}}$

Osservando che il campo di variabilità dei 3 indici è compreso tra 0 e 1, il direttore tecnico dello stabilimento propone due possibilità:

- $OEE_1 = ABC$ $[0 \leq OEE_1 \leq 1]$ - $OEE_2 = \frac{A+B+C}{3}$

a) Per entrambi gli indici si valuti la proprietà di compensazione. A fronte cioè di una diminuzione dell'indice A, quanto deve aumentare l'indice B per mantenere inalterato il valore di OEE? Si determini il tasso di sostituzione dei 2 sottoindici A e B.

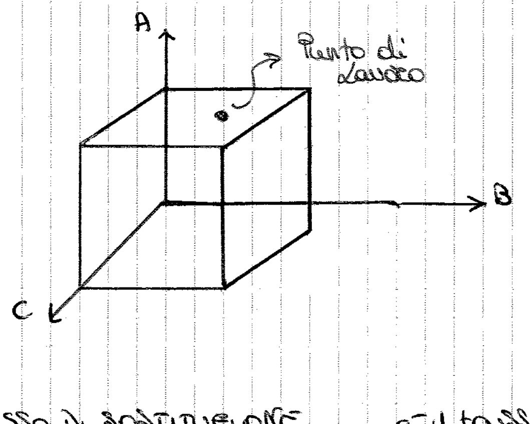
b) Il tasso di sostituzione dipende dal punto di lavoro? Si determini il tasso di sostituzione dei 2 sottoindici A e B quando A = 70%, B = 30% e C = 80% per una riduzione di A pari al 1%.

c) Con riferimento alla situazione A = 70%, B = 70% e C = 10%, si tracci un breve confronto tra i 2 indici OEE, evidenziando vantaggi e svantaggi. Quale dei 2 suggeriresti di adottare al direttore tecnico e perché?

Svolgimento:

COMPENSAZIONE → a fronte di una diminuzione di A, quanto deve aumentare l'indice B per compensare la diminuzione

PUNTO DI LAVORO → è un punto che qualifica la presenza del sistema ...



Il valori A = 70%, B = 30% e C = 80% definiscono in un ipotetico spazio tridimensionale un punto detto punto di lavoro.

Il punto di lavoro cambia al variare dei valori A, B, C.

Nel dominio A, B, C gli assi sono tutti compresi tra zero e 1 → tutti i punti di lavoro possibili sono compresi nel cubo.

TASSO DI SOSTITUZIONE → è il tasso di scambio tra 2 indicatori, quando questi portano all'identificazione di un altro indicatore.

È evidente che, nel caso di OEE_2, $\Delta A = -\Delta B$ indipendentemente da dove ci troviamo nel dominio, mentre per OEE_1 non è così.

c) Quindi, per entrambi gli indicatori:

- vale la proprietà di compensazione
- si perde il contributo dei singoli componenti, cioè:

$OEE_1 = ABC$ questo valore rimane inalterato sia se $OEE_1 = 0,8 \cdot 0,5 \cdot 0,3$ sia che $OEE_1 = 0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,8$

↳ esistono più combinazioni di A, B e C che determinano lo stesso valore → si perdono le informazioni delle componenti che hanno determinato l'indicatore

- hanno un dominio di lavoro compreso tra 0 e 1.

Differenza tra OEE_1 e OEE_2:

$A = 70\%$, $B = 70\%$, $C = 10\%$

$OEE_1 = 0,7 \cdot 0,7 \cdot 0,1 = 0,049$

$OEE_2 = (0,7 + 0,7 + 0,1)/3 = 0,5$

→ A parità di valori, OEE_2 è circa 10 volte l'altro

I 2 indicatori hanno una sensibilità diversa:

- essendo OEE_1 dato da un prodotto, se anche solo 1 dei 3 indicatori A, B e C è basso, il prodotto diminuisce drasticamente → la sensibilità di OEE_1 è molto alta.
- Nel caso di OEE_2, invece, i valori alti compensano fortemente il valore basso

⇒ Se si vuole ottenere uno strumento molto reattivo, bisognerebbe utilizzare l'indicatore OEE_1, mentre se si è interessati ad avere uno strumento più morbido è preferibile OEE_2.

<u>Osservazione:</u>

Trasformare un differenziale in una differenza discreta in questo caso → $dA = -dB \rightarrow \Delta A = -\Delta B$ è possibile, ma nel caso del rapporto $\left(dA = -\frac{A}{B}\, dB\right)$ bisogna prestare più attenzione, perché in questo caso gli effetti della discretizzazione possono essere rilevanti.

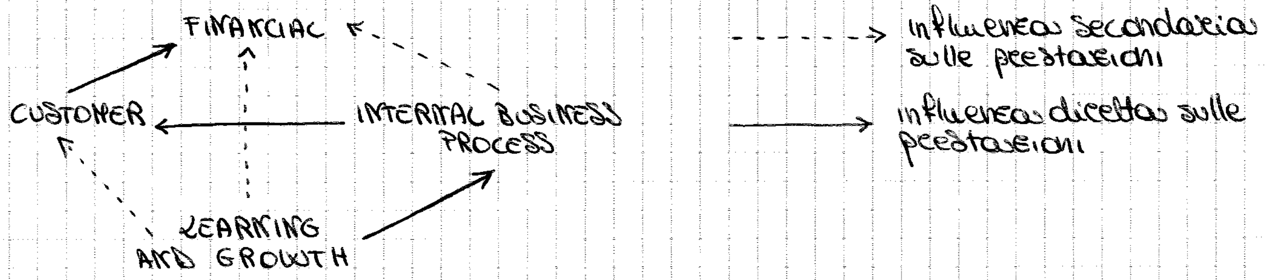
$$OEE_1 = (A - \Delta A)(B + \Delta B)C$$
$$= ABC + A\Delta BC - \Delta ABC - \Delta A \Delta BC$$

Questa relazione sarà tanto più vicina ad ABC quanto più i differenziali sono piccoli.

⇒ La discretizzazione può essere effettuata solo se molto piccola altrimenti ci distanziamo in modo evidente dal prodotto ABC.
(se ΔA fosse stato del 10%, bisognava stare molto attenti all'uso dei differenziali).

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 111 di 294

I collegamenti che esistono tra le 4 dimensioni sono:



Nel modello la soddisfazione dei clienti guida i successi finanziari, processi efficaci ed efficienti assicurano la soddisfazione dei clienti, il miglioramento continuo arricchisce le prestazioni operative dell'organizzazione e così via, secondo un circolo vizioso.

Esempio: BSC operativo

Consideriamo un'azienda in cui vi sono diversi gruppi di lavoro. Questi gruppi sono gestiti da dirigenti che percepiscono uno stipendio su 2 livelli: una base fissa da contratto e una parte variabile che viene gestita con meccanismi premiali (circa pari al 30% dello stipendio base).

Come può essere strutturato un sistema di misura delle prestazioni dei dirigenti in modo da decidere se meritano o no il bonus?

Un sistema difficile da costruire, una soluzione può essere quella di:

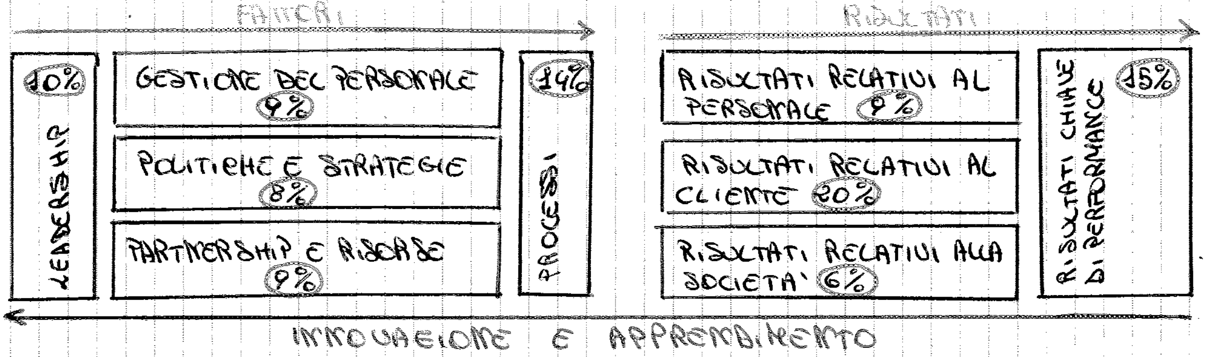
1. Capire quali sono gli obiettivi dell'organizzazione
2. Chiedere a ciascun dirigente quale fosse il suo ruolo e come è allineato agli obiettivi dell'organizzazione
3. Creare una tabella che metta in relazione gli obiettivi della struttura con le 4 dimensioni del modello BSC:

	P_1	P_2	P_3	P_4
O_1	I_{11}	I_{12}	I_{13}	I_{14}
O_2	I_{21}	I_{22}	I_{23}	I_{24}
O_3	I_{31}	I_{32}	I_{33}	I_{34}

P = prospettive BSC con cui si guarda l'impresa
O = obiettivi dell'impresa

La matrice consente di mettere a fuoco complessivamente le attività espresse da ogni singola funzione organizzativa.

Schema del modello EFQM:



Le 9 caselle rappresentano i criteri in base ai quali si valuta il percorso di un'organizzazione verso l'eccellenza → aree da esaminare

Ad ogni criterio è assegnato un peso relativo (50% ai fattori e 50% ai risultati), utile al fine del calcolo del punteggio finale. Il valore dei pesi è convenzionale, quindi in questo modello vi è molta arbitrarietà. Nonostante qsto, se i pesi vengono mantenuti uguali per tutti e costanti nel tempo, è possibile fare delle valutazioni congruenti tra loro e confrontabili.

Le frecce indicano come l'innovazione e l'apprendimento contribuiscano a rafforzare i fattori, i quali a loro volta conducono a un miglioramento dei Risultati.

Esempio: Criterio 1- Leadership

È un criterio di valutazione che analizza come i leader definiscono la missione e la visione dell'organizzazione.

Si basa su 4 sottocriteri:

1. Come i leader definiscono la missione, la visione e i valori dell'organizzazione
2. Come i leader sono coinvolti in prima persona nel promuovere lo sviluppo, l'attuazione e il miglioramento continuo
3. Come i leader sono coinvolti con clienti e fornitori
4. come i leader motivano, sostengono e apprezzano il personale.

CRITICITÀ EFQM

Il modello presenta delle criticità:

- da una definizione non sufficientemente nitida dei costrutti che delimitano ciascun criterio di analisi.
- le indicazioni sulle modalità di valutazione lasciano spazio ad interpretazioni abbastanza discrezionali da parte dei valutatori.
- problemi sull'allineamento delle scale di valutazione
- manca tuttora una validazione rigorosa del modello, esempio: arbitrarietà nella scelta dei pesi: una variazione dei pesi può alterare significativamente eventuali graduatorie di merito o eventuali confronti nel tempo.

La costante α è comune a tutto, quindi l'enunciato mantiene la stessa significatività

(4) Distanza tra 359° e 0° e 1° e 0°: deve essere vera l'uguaglianza:

$359° - 0° = 1° - 0$ → questa uguaglianza è vera in base a quale è il valore dello zero.

0° e 360° sono la stessa cosa, quindi qsta uguaglianza può essere scritta come:

$360° - 359° = 1° - 0°$

0° e 360° → stessi punti nominalmente ma chiamati in modi diversi a intervalli periodici

Definito un processo, come calare il sistema di indicatori dentro l'organizzazione? L'organizzazione viene letta per processi, quindi per prima cosa bisogna rendere visibili i processi.

Fasi di analisi dei processi:

- Individuazione delle attività costituenti il processo
- Individuazione delle responsabilità di ogni fase
- Individuazione degli indicatori di performance dei processi

Il primo passo è quello di costruire una matrice che metta in relazione gli obiettivi che si dà l'organizzazione con gli indicatori che vorrebbero monitorarla

Esempio: Gestione di un Help Desk

Δ : Relazione debole
O : Relazione media
◎ : Relazione forte

		MISURE DI PRESTAZIONE (indicatori)								
OBIETTIVI	IMPORTANZA	CORRETTEZZA NELL'INSTRADAMENTO	PRECISIONE NELLE RISPOSTE	UNIFORMITÀ NELLE RISPOSTE DA PARTE OPERATORI	TEMPO DI PRESA IN CARICO PER LE RICHIESTE	PERCEZIONE DI "COMPETENZA"	PERCENTUALE DI CHIAMATE A CUI SI È RISPOSTO	CORTESIA DURANTE LA CHIAMATA	SICUREZZA E CONSERVAZIONE DEI DATI	LINEE TELEFONICHE ATTIVE
AFFIDABILITÀ	5	◎	O	◎	O	Δ			O	
CAPACITÀ DI RISP	5				◎	Δ				
COMPETENZA	4	◎	◎	◎		◎				
ACCESSO	4						◎			O
CORTESIA	3			Δ				◎		
COMUNICAZIONE	3		Δ	◎		Δ		O		
CREDIBILITÀ	3	Δ		O		O				
VALORI OTTENUTI		93%	A	A	30min	MB	98%	M	3%	3
VALORI DI TARGET		> 90%	A	A	20min	MB	99%	A	<5%	5

Matrice delle relazioni

A, MB, M → scala alta, media, bassa
↳ scala ordinale (debole)
↳ viene usata perché, ad esempio la precisione delle risposte è difficile da valutare con precisione.

Dalle schede di controllo si possono ottenere molte informazioni riguardanti l'organizzazione:

- se l'organizzazione è ben dimensionata o no: ad esempio servizi che non servono perché non hanno lavoro oppure si possono identificare dei servizi che sono sovraccarichi di lavoro => bisogna spostare le risorse in modo tale da bilanciare i carichi di lavoro
- mostrano il ruolo del sistema informatico e informativo
- mostrano il flusso di informazioni che avviene all'interno dell'organizzazione.

Il problema della sintesi degli indicatori

È importante riuscire ad individuare un piccolo ma significativo numero di indicatori da inserire nel cruscotto delle prestazioni.

Utilizzando le informazioni contenute nella matrice delle relazioni è possibile determinare una scala di importanza o di priorità per gli indicatori usando il metodo Independent Scoring, che consiste nel:

1. convertire i simboli delle relazioni tra obiettivi ed indicatori in valori numerici equivalenti (1-3-9; 1-3-5 oppure 1-5-9).
2. determinare il livello di importanza di ogni indicatore, facendo la somma dei prodotti tra il grado di importanza relativa di ogni obiettivo ed il valore quantificato del legame tra indicatore e obiettivi:

$$w_j = \sum_{i=1}^{m} d_i c_{ij}$$

d_i = grado dell'importanza relativa dell'obiettivo i-esimo $\rightarrow i = 1 \dots m$
c_{ij} = relazione cardinale tra obiettivo i ed indicatore $j \rightarrow j = 1 \dots n$
w_j = importanza indicatore j

Esempio: selezioniamo tutti gli indicatori aventi $w_j > 10\%$
↳ indicatori più importanti da inserire nel cruscotto

Questo metodo di selezione ha il vantaggio di essere semplice e rapido, ma presenta anche degli svantaggi:

- la soglia di taglio stabilisce un livello di tipo arbitrario: più è alta la soglia e meno saranno gli indicatori selezionati
- gli indicatori selezionati possono essere correlati tra loro ed in qst modo non danno l'idea di tutti gli aspetti importanti dell'organizzazione
- qsto metodo non dà copertura di tutti gli obiettivi: gli indicatori selezionati non soddisfano tutte le proprietà di minimum set covering

10/11/14

Cenni sulle tecniche di Misurazione nelle Scienze Cognitive

Lo scopo delle indagini condotte sul mercato e dei questionari è quello di misurare gli atteggiamenti, di prendere coscienza e capire i comportamenti dei clienti per poterli in qualche modo influenzare.

L'ATTEGGIAMENTO è il modo con cui si pone il soggetto, è la manifestazione esplicita delle percezioni. La PREFERENZA rappresenta la manifestazione dell'atteggiamento, mentre le caratteristiche del prodotto e la pubblicità sono gli stimoli, il prezzo o la disponibilità economica eventuali vincoli, mentre l'azione di acquisto rappresenta la SCELTA.

Legame tra atteggiamento e comportamento:
l'analisi dell'atteggiamento è importante per la sua stretta relazione (anche se univoca) con il comportamento. Il legame non è di tipo biunivoco perché se ad un soggetto piace un prodotto, non è detto che lo acquisti a causa di vari fattori.

Componenti dell'atteggiamento:
si assume che l'atteggiamento sia schematizzabile in 3 componenti tra loro collegate:
→ componente cognitiva o di conoscenza → bisogna conoscere il prodotto
→ componente emotiva o di legame → apprezzare o no il prodotto
→ componente intenzionale o di azione → o di comportamento

La suddivisione corrisponde a livelli di verificabilità dell'atteggiamento. Ogni componente a sua volta è caratterizzato da uno o più sottocomponenti. È possibile definire un modello della gerarchia degli effetti:

COMPONENTI DELL'ATTEGGIAMENTO — VARIABILI MISURABILI DELL'ATTEGGIAMENTO

1° LIVELLO — Cognitiva → Consapevolezza (dell'esistenza dell'oggetto) ↓ Conoscenza (delle caratteristiche o attributi dell'oggetto)
→ Rappresenta l'informazione posseduta da 1 persona

2° LIVELLO — Emotiva → Gradimento (Consegno livello di gradimento x ogni oggetto) ↓ Preferenza (Esprime il risultato del confronto tra i livelli di g…)
→ Riassume le sensazioni globali in gradimento o preferenza

3° LIVELLO — Comportamentale → Intenzione d'acquisto ↓ Acquisto
→ Aspettative sul comportamento futuro di una persona verso un oggetto

Classificazione generale delle scale a livello cognitivo

Le scale per la misurazione dell'atteggiamento possono essere classificate in 2 macrocategorie: ad una voce (single-item) e a più voci (multi-item). Le prime utilizzano un'unica scala, mentre le 2° utilizzano più scale per la misurazione di un costrutto.

SCALE DI ATTEGGIAMENTO

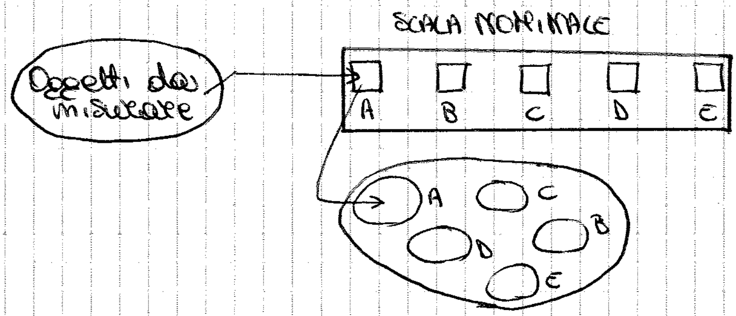
- SCALE SINGLE-ITEM
  - Scale rating
  - scale di classi nominali
  - Scale di classi ordinate
  - scale per la comparazione a coppie
- SCALE MULTI-ITEM
  - Scale Likert
  - Scale di Stapel
  - Scale associative
  - Scale del differenziale semantico

SCALE SINGLE-ITEM

SCALE DI CLASSI NOMINALI

È la più semplice scala utilizzata nella misurazione. È costituita da una serie di alternative o classi di cui solo una può essere scelta dall'intervistato per giudicare l'oggetto in esame. L'unica relazione esistente tra le classi è quella di non coincidenza. Il soggetto intervistato assegna l'oggetto ad una delle categorie della scala.

Schema concettuale della misurazione di oggetti con una scala nominale:



Gli oggetti sono confrontati dall'individuo con le categorie della scala. L'esito del confronto è una suddivisione degli oggetti in sottoinsiemi.

Esempio:

- Classifica dei supermercati: ogni intervistato riceve una lista dei supermercati vicini e deve decidere in che categorie inserirli tra:
  - A parcheggi grandi
  - B parcheggi medi
  - C parcheggi piccoli
- Intervista ai possessori di furgoni: il furgone di cui disponete è dotato di condizionatore d'aria?

  ☐ Si ☐ No ☐ Non so — classi nominali: 3 possibili risposte

SCALE PER LA COMPARAZIONE A COPPIE

Un insieme di oggetti da valutare, di cardinalità n, è sottoposto a giudizio di un certo numero di soggetti valutatori. Gli oggetti sono confrontati a due a due e per ogni coppia è indicato a quale dei 2 va la preferenza.

Si possono individuare tre modi per esprimere il giudizio su oggetti secondo la tecnica del paired comparison:

1. COMPARAZIONE A COPPIE SEMPLICE
   → alla coppia i,k il soggetto assegna il valore 1 se i > k, 0 altrimenti
2. COMPARAZIONE A COPPIE A SCALA COSTANTE
   → assegnato un numero fisso di punti (di solito 100) chiamati "chips", il soggetto deve ripartirli, in base al proprio atteggiamento, tra i 2 oggetti della coppia a confronto

   Esempio: Dividere 100 punti tra 2 optionals di un auto:
   - condizionatore 70 pti
   - tettuccio apribile 30 pti
3. COMPARAZIONE A COPPIE A SCALA NON COSTANTE
   → il soggetto esprime il proprio atteggiamento assegnando agli oggetti della coppia 2 numeri la cui somma non è costante per tutte le coppie.

   Esempio: Valutare in una scala da 1 a 100 i 2 optionals:
   - condizionatore 60 pti
   - tettuccio apribile 80 pti

Vantaggi
- → è minima la quantità di informazioni trattata in ogni comparazione
- → facilità di valutare ed esprimere giudizi in termini relativi e non in termini assoluti
- → esistono tecniche di scaling per riportare i dati sia su scale ordinali che di intervallo

Svantaggi
- → può gestire un numero ridotto di elementi a confronto (< 10)
- → l'ordine del confronto può alterare i risultati
- → sono meno efficienti delle scale rating

La procedura di comparazione a coppie normale presenta una elevata affidabilità, ma a causa delle difficoltà di gestione per un numero di oggetti > 10, non ne viene fatto un ampio utilizzo.

Queste scale sono usate sia con le tecniche di misurazione diretta che indiretta e possono sostituire o completare le scale ordinate.

21

11/11/14

- Assegnazione di numeri alle categorie: assegnando una serie di numeri interi alle categorie di una scala, si comunica al soggetto che i livelli sono da considerarsi tra loro equispaziati.
- Bilanciamento di categorie di scala tra favorevoli - non favorevoli: se il numero delle categorie favorevoli all'attributo è uguale a quello delle sfavorevoli, la scala si dice bilanciata.
- Richiesta di giudizi comparati: l'introduzione di un riferimento consente di effettuare una misura più accurata dell'atteggiamento.

Esempio:

con riferimento al servizio x, si indichi la soddisfazione ricevuta dal servizio Y.

↳ si effettua un confronto con qualcos'altro per esprimere un giudizio.

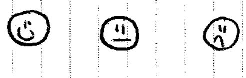
Scale di valutazione grafica

Si possono presentare sia in forma discreta che continua:

- SCALE A IDEOGRAMMI → sono scale grafiche in forma discreta. I gradi di atteggiamento sono espressi attraverso disegni. Sono utili qndo si ha a che fare con soggetti di lingue diverse, bambini o persone non alfabetizzate.

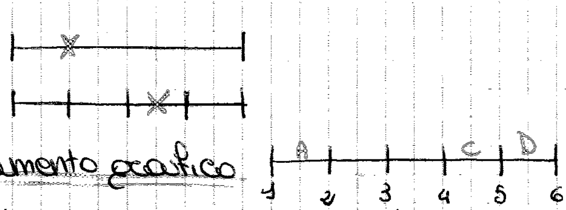
Esempio:

Contrassegnare l'espressione che più si addice al vostro atteggiamento nei confronti del servizio erogato:



- SCALE GRAFICHE CONTINUE → sono costituite da un segmento nel quale il valutatore indica il grado del proprio atteggiamento contrassegnando una specifica posizione

↳ Possono essere: → non marcate:
→ marcate:
→ scale di posizionamento grafico



↳ riproducono la comparazione tra alternative, l'ordinamento e in più un indicazione della distanza.

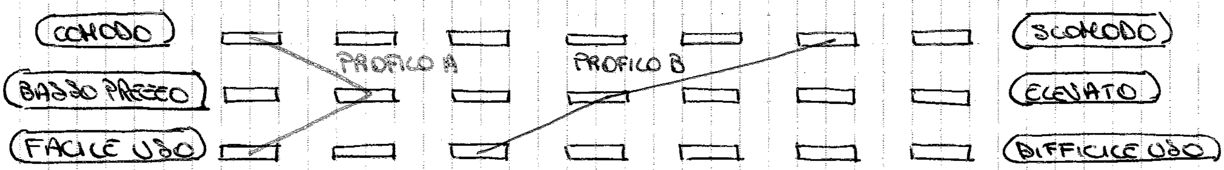
SCALE MULTI-ITEM

SCALE LIKERT

Sono tipicamente utilizzate per misurare un unico costrutto (scala unidimensionale) mediante più item tutti rivolti allo stesso oggetto da misurare. Ciascun item è accompagnato da una scala ad elenco composta da 5/7 categorie di risposta, tutte etichettate. È l'item ad esprimere un giudizio sull'oggetto,

22

Esempio: Esprimere un giudizio sul servizio x:



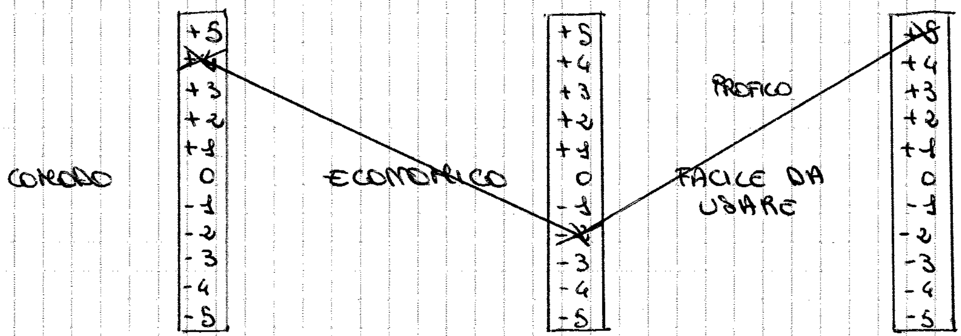
Questa segmentazione dei profili fa sì che si possano suddividere le tipologie di clienti in segmenti in modo da poter creare delle campagne o profili di vendita mirati.

SCALE DI STAPEL

Rappresentano una variante delle scale del differenziale semantico. Sono scale unipolari a 10 o 6 punti e si differenziano perché hanno un unico aggettivo che qualifica la scala e si indica quanto l'aggettivo caratterizza il servizio in valutazione. Unendo le risposte si possono ricavare i profili dell'utente.

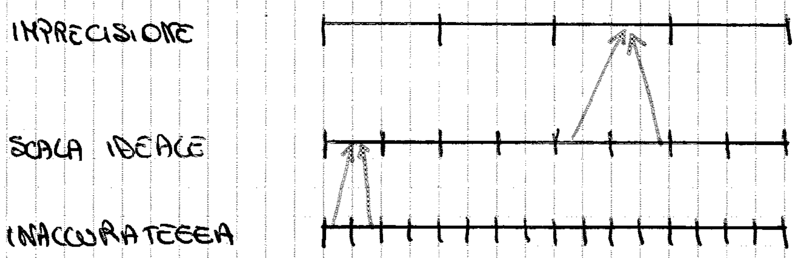
Esempio:

Indicare con una croce quanto l'aggettivo caratterizza il servizio in valutazione:



Numero di categorie delle scale rating: imprecisione e inaccuratezza

I rischi a cui sono soggette le scale rating a categorie elencate riguarda il numero di categorie di suddivisione della scala:



Un numero troppo basso di alternative introduce un'approssimazione sulla valutazione che un soggetto è in grado di esprimere

Rappresenta la capacità di discriminazione del soggetto

Un numero elevato di alternative aumenta il rischio di commettere un errore di valutazione, il soggetto non sa bene dove posizionare il proprio giudizio.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 129 di 294

Tecniche di Scaling

Una volta raccolte le valutazioni dei soggetti sulle scale esaminate, bisogna riuscire ad analizzarle ed elaborarle senza alterarne il significato.
In genere i dati raccolti vengono convertiti in dati numerici in modo da renderli più facilmente trattabili e le tecniche che consentono questa conversione dei dati sono dette di scaling.

I dati ottenuti sulle scale di tipo nominale non possono essere sottoposti a nessuna operazione di scaling. L'assegnazione di numeri alle classi di una scala nominale non implica l'adozione delle proprietà dei numeri naturali, ma è da considerarsi puramente come un cambio di simboli.

Tecniche di scaling per la comparazione a coppie
Queste tecniche utilizzano i dati raccolti con il metodo delle scale per la comparazione a coppie.

SCALING DI ORDINAMENTO
I dati sulle valutazioni degli oggetti da parte di N soggetti intervistati sono organizzati in una matrice quadrata F delle frequenze (di ordine n×n essendo n il numero degli oggetti valutati). Con le informazioni raccolte si costruisce una scala ordinale, convertendo la matrice F nell'equivalente matrice binaria A nel modo seguente:

- $F = \{f_{ik}\}$
- $A = \{a_{ik} \mid a_{ik} \in (0,1)\};\ \forall i,k$

se $f_{ik} \leq N/2 \Rightarrow a_{ik} = 0$
se $f_{ik} > N/2 \Rightarrow a_{ik} = 1$

Esempio:

Si considerino i risultati di un'indagine di mercato sulla preferenza di 4 servizi da parte di un campione di clienti.

Ad ogni soggetto sono proposti i 6 confronti a coppie dei servizi. I dati per un generico individuo sono riportati nella matrice A:

servizi	1	2	3	4
1	-	1	1	1
2	0	-	0	0
3	0	1	-	1
4	0	1	0	-

$a_{ik} = 1$ → indica che il servizio i è preferito a k

$a_{ik} = 0$ → indica che i non è preferito a k

12/11/14

TECNICA PAIRED COMPARISON (PC)

Questa tecnica ha lo scopo di convertire i dati misurati su una scala con proprietà ordinali su una scala lineare di intervallo.

Si basa sulla legge del giudizio comparativo di Thurstone:

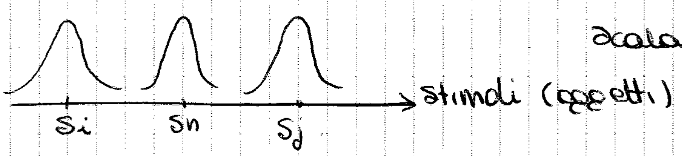
"ad ogni stimolo un soggetto reagisce secondo un processo di discriminazione modale S_i che si distribuisce come una normale N avente media μ_i e dispersione σ_i"

$$S_i \sim N(\mu_i, \sigma_i)$$

μ_i = media del processo di discriminazione modale

σ_i = dispersione di discriminazione moda

Lo scopo è quello di costruire una scala di stimoli a partire da una comparazione a coppie:



scala degli stimoli

Consideriamo i dati ottenuti con il metodo della comparazione delle coppie a somma costante. La matrice individuale può essere trasformata in una matrice binaria B:

Se $b_{ik} > S/2 \Rightarrow a_{ik} = 1$

Se $b_{ik} < S/2 \Rightarrow a_{ik} = 0$

S = somma costante di punti da dividere tra i 2 soggetti valutati

Le matrici così ottenute (una x ogni soggetto valutatore) sono sommate tra loro in modo da costruire la matrice delle frequenze.

Esempio:

Trasformazione della matrice individuale ottenuta con il metodo della comparazione a coppie a somma costante in matrice binaria B

$$\begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array} \qquad\qquad\qquad\qquad \begin{array}{cccc} 1 & 2 & 3 & 4 \end{array}$$

$$\begin{bmatrix} - & 70 & 60 & 50 \\ 30 & - & 65 & 20 \\ 40 & 35 & - & 50 \\ 50 & 80 & 50 & - \end{bmatrix} \xrightarrow{\quad\quad} \begin{bmatrix} - & 1 & 1 & - \\ 0 & - & 1 & 0 \\ 0 & 0 & - & - \\ - & 1 & - & - \end{bmatrix}$$

$b_{ik} \geq 50 \Rightarrow a_{ik} = 1$

$b_{ik} < 50 \Rightarrow a_{ik} = 0$

Matrice individuale

(Confronto di 4 oggetti)

somma righe: 1 0 1

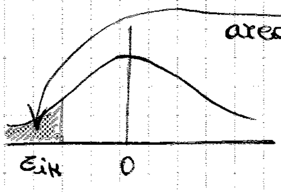
è arbitrario

$\Rightarrow \boxed{1 > 2 \sim 4 > 3}$

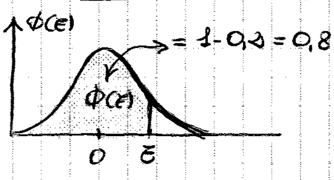
Esempio:

La proporzione di persone che giudica i superiore a k è pari all'80%.

$\Rightarrow \mathbb{P}(\varepsilon_{ik}) = 1 - P_{ik} = 1 - 0{,}8 = 0{,}2$



Dalla Tavola 1:



ε	0,05
0,8	0,80

$\Rightarrow \boxed{\varepsilon_{ik} = -0{,}85}$

La distanza tra i valori medi μ_i e μ_k dei 2 processi di discriminazione modale vale:

$$\mu_{i-k} = \mu_i - \mu_k = \boxed{0{,}85\,\sigma_{ik}}$$

DETERMINAZIONE DEI VALORI DI SCALA (dati completi)

Ipotesi: $\rightarrow$ gli elementi ε_{ik} della matrice ε corrispondono agli intervalli tra gli stimoli i e k.

$\rightarrow$ σ_{ik} è uguale per tutte le coppie ed è pari a 1 $\rightarrow \boxed{\sigma_{ik} = \sigma = 1 \quad \forall i,k}$

$$\mu_{ik} = \mu_i - \mu_k = -\varepsilon_{ik}$$

$$-\varepsilon_{.k} = \sum_{i=1}^{n} -\varepsilon_{ik}$$ $\leftarrow$ sommando gli elementi di una generica colonna di ε

$$= \sum_{i=1}^{n} (\mu_i - \mu_k)$$ n = numero di stimoli

$$= \sum_{i=1}^{n} \mu_i - n\mu_k$$

$$-\frac{\varepsilon_{.k}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \mu_i}{n} - \mu_k$$ $\rightarrow$ valore medio nella scala dello stimolo k

media aritmetica degli elementi della colonna k della matrice $\varepsilon \rightarrow \bar{\varepsilon}_{.k}$

$\rightarrow$ media aritmetica dei valori medi degli stimoli $\rightarrow \mu$

$$\Rightarrow \bar{\varepsilon}_{.k} = \mu_k - \mu \longrightarrow \boxed{\mu_k = \bar{\varepsilon}_{.k} + \mu}$$

$\Rightarrow$ la media di un certo stimolo dipende da μ, che è una costante, e da $\bar{\varepsilon}_{.k}$, $\forall k$

Ripetendo l'operazione per tutte le colonne della matrice ε si ottengono i valori (misure) associati agli oggetti (stimoli), secondo la scala astratta degli atteggiamenti espressi dai valutatori.

La scala degli stimoli si ottiene perché:

- vale la legge del giudizio comparativo
- è una scala collettiva condivisa dagli individui
- tutti gli stimoli hanno la stessa dispersione

se valgono queste ipotesi:

Da informazioni ordinali $\xrightarrow[\text{si producono}]{}$ Informazioni su scala di intervallo

Questo metodo non consente di capire cosa succede se si aggiunge un quinto elemento: se introduciamo un altro stimolo, bisogna ricostruire la scala, non si può più usare la stessa scala.

13/11/14

TECNICA DEGLI INTERVALLI UGUALI IN APPARENZA (EAI)

La tecnica PC può essere utilizzata quando il numero di oggetti da confrontare non è elevato; se n è elevato, ad esempio pari a 10, bisognerà effettuare un gran numero di confronti $\rightarrow \binom{n}{2} = \frac{n(n-1)}{2}$ $\rightarrow$ se $n=10$, 45 confronti!

Quindi se n è elevato, si utilizza la tecnica EAI che consiste nel costruire una scala astratta unidimensionale degli atteggiamenti, con proprietà lineari di intervallo, che richiede a ciascun soggetto di esprimere un unico giudizio comparativo per ogni oggetto da valutare.

La tecnica EAI si articola in 2 fasi operative:

- FASE 1 $\rightarrow$ fase in cui si costruisce la scala
- FASE 2 $\rightarrow$ fase in cui si usa la scala

FASE 1 : FASE DI COSTRUZIONE

Si articola su più step:

1. Generazione di item: si genera un insieme di item tutti riferiti allo stesso oggetto psicologico; il progettista è libero di scegliere quali e quanti item selezionare
2. Valutazione preliminare degli item da parte di un campione di soggetti (50 - 100): chi viene intervistato non deve dire quanto è d'accordo con ciò che viene affermato, ma quanto è favorevole / sfavorevole rispetto all'item.
3. Assegnazione dei numeri alle categorie della scala: gli item generati vengono caricati su una scala avente tipicamente 11 livelli

Esempio:

Si considerino i risultati parziali, riferiti ad un particolare item valutato da 200 soggetti, della 1° fase per la costruzione di una scala con la tecnica EAI. Siano 11 le categorie di valutazione.

VALUTAZIONI DI 200 SOGGETTI RELATIVE AL 1° ITEM

ITEM 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	K = 11
$f_{1,K}$	2	2	6	2	6	62	64	26	18	8	4	
$p_{1,K}$	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03	0,31	0,32	0,13	0,09	0,04	0,02	
$pc_{1,K}$	0,01	0,02	0,05	0,06	0,09	0,40	0,72	0,85	0,94	0,98	1	

- $f_{1,K} \rightarrow$ quanti sono i soggetti che qualificano un certo item in una certa categoria di scala. La somma della riga $f_{i,K}$ da la numerosità del campione $\rightarrow N = 200$
- $p_{1,K} \rightarrow f_{1,K}/N$
- $pc_{1,K} \rightarrow pc_{1,1} = p_{1,1}$; $pc_{1,2} = pc_{1,1} + p_{1,2}$; $pc_{1,6} = pc_{1,5} + p_{1,6} = 0{,}09 + 0{,}31 = 0{,}40$ ...

  $\rightarrow 0 \leq pc_{i,K} \leq 1$

Calcolo della mediana:

Siccome la cumulata pc è compresa tra 0 e 1, il valore medio è 0,5 che è compreso tra le categorie 6 e 7 [0,4 ; 0,72]

Il valore della categoria di scala è al centro della scala:

5,5 — 6 — 6,5

$n_c - 0{,}5$ — n_c — $n_c + 0{,}5$ → valori estremi dell'intervallo di ciascuna categoria

numero d'ordine della categoria

$$S_i = 6.5 + \frac{0{,}5 - 0{,}4}{0{,}72 - 0{,}4} \cdot 1 = 6{,}8$$

Calcolo del range interquartile:

$$Q = 7{,}5 + \frac{0{,}75 - 0{,}72}{0{,}85 - 0{,}72} \cdot 1 - 5{,}5 - \frac{0{,}25 - 0{,}09}{0{,}4 - 0{,}09} \cdot 1 = 1{,}7$$

il 75° centile cade tra le categorie 7 e 8, quindi:

6,5 — 7 — 7,5 — 8 — 8,5

0,72 — 0,85

limite inferiore dell'intervallo in cui cade il 75° centile (la categoria 7 arriva fino a 0,72 quindi cade nella 8)

il 25° centile (0,25) cade tra le categorie 5 e 6

4,5 — 5 — 5,5 — 6 — 6,5

0,09 — 0,4

→ c_{25}

$pc < 0{,}25$; $pc > 0{,}25$

TECNICA DEGLI INTERVALLI SUCCESSIVI (Successive Intervals - SI)

Qsta tecnica nasce per superare i limiti evidenziati dalla scala EAI.

- le risposte associate all'item tengono conto del fatto che l'item ha una distribuzione normale
- permette di costruire una scala di intervallo lineare
- sono ammesse differenze nelle ampiezze degli intervalli tra le singole categorie di scala. Dalle distanze tra classi si risale ai rispettivi valori numerici, a meno del valore di origine.

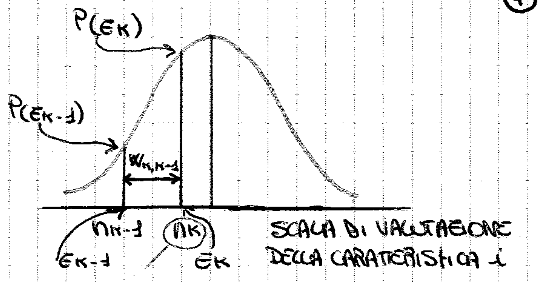
Anche qsta tecnica si sviluppa su 2 fasi

FASE I: COSTRUZIONE DELLA SCALA

1. Generazione degli item (come nella tecnica EAI)
2. Costruzione di una tabella per ogni item in cui vengono riportati i valori della frequenza, delle proporzioni e delle cumulate associate ad ogni categoria k della scala.
3. Dai valori della cumulata, si calcolano i valori della z standardizzata:

$\mathbb{P}(z_{ik}) = P_{cik}$ $\quad$ $\mathbb{P}(z_{ik})$ = probabilità cumulata associata alla variabile standardizzata z_k

Da P_{cik} si può quindi calcolare z_{ik} usando le tabelle della distribuzione cumulata:



rappresenta il numero assegnato alla generica categoria k della scala

4. In questo modo è possibile identificare le distanze tra le categorie di scala adiacenti per tutti gli item i da valutare:

$$\boxed{(w_{k,k-1})_i = \varepsilon_{k,i} - \varepsilon_{k-1,i}} \quad \forall i$$

→ ampiezza degli intervalli tra categorie adiacenti

k = indice di categoria
$(w_{k,k-1})_i$ = distanza tra 1 coppia di categorie successive riferite all'item i-esimo.

5. Ripetendo il procedimento per tutti gli item, si ottengono tante stime separate degli intervalli tra categorie adiacenti. Si assume che la miglior stima di ogni intervallo sia la media aritmetica dei valori registrati per ogni item:

$$\overline{w}_{k,k-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (w_{k,k-1})_i}{n}$$

n = numero caratteristiche valutate
$\overline{w}_{k,k-1}$ = stima media dell'intervallo tra k e k-1

6. Assegnazione dei valori numerici agli oggetti: assegnato arbitrariamente 0 alla 1° categoria, i numeri successivi sono dati dalla sequenza:

$n_1 = 0$ → 1° categoria
$n_2 = n_1 + \overline{w}_{21}$ → 2° categoria pari alla 1° + l'ampiezza di scala tra la 1° e la 2°.
$n_3 = n_2 + \overline{w}_{32} = n_1 + \overline{w}_{21} + \overline{w}_{32}$
...

MATRICE DELLE CUMULATE P_C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	0,01	0,03	0,09	0,15	0,28	0,54	0,84	0,97	1
B	0	0	0	0,01	0,03	0,13	0,57	0,94	1
C	0,01	0,07	0,23	0,37	0,55	0,81	0,93	0,98	1
D	0,04	0,13	0,29	0,46	0,71	0,85	0,95	0,97	1
E	0,02	0,14	0,32	0,51	0,58	0,74	0,86	0,96	1

P_{E1} $\quad$ $P_{CE1} + P_{E2}$ $\quad$ $P_{CE3} + P_{E4} = 0,32 + 0,19$

Dalle proporzioni cumulate si ricavano i valori di ε considerando che se $P_C < 0,02$ o $P_C > 0,98$, si escludono i corrispondenti valori di ε:

MATRICE ε:

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-	-1,88	-1,34	-1,04	-0,58	0,1	0,99	1,88
B	-	-	-	-	-1,88	-1,13	0,18	1,56
C	-	-1,48	-0,74	-0,33	0,13	0,88	1,48	2,05
D	-1,75	-1,13	-0,55	-0,1	0,55	1,04	1,65	1,88
E	-2,05	-1,08	-0,47	0,03	0,2	0,64	1,08	1,75

→ Siccome $P_{C,9} = 1$ ⇒ si perde l'ultima categoria di scala

Dalla differenza tra i valori adiacenti di ε si determinano le ampiezze degli intervalli tra categorie di scala.

Stima degli intervalli tra le categorie 2-1:

$(w_{2,1})_A = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)_A \rightarrow \varepsilon_1$ non è definito, quindi non è possibile calcolare $(w_{2,1})_A$
$(w_{2,1})_B = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)_B \rightarrow$ non calcolabile
$(w_{2,1})_C = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)_C \rightarrow$ non calcolabile
$(w_{2,1})_D = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)_D = -1,13 + 1,75 = 0,62$
$(w_{2,1})_E = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)_E = -1,08 + 2,05 = 0,97$

MATRICE DEGLI INTERVALLI TRA LE CATEGORIE:

	2-1	3-2	4-3	5-4	6-5	7-6	8-7
A	-	0,54	0,30	0,45	0,68	0,89	0,89
B	-	-	-	-	0,75	1,30	1,38
C	-	0,74	0,41	0,46	0,75	0,60	0,58
D	0,62	0,57	0,45	0,65	0,48	0,61	0,24
E	0,97	0,61	0,5	0,18	0,44	0,44	0,67
Somma	1,6	2,46	1,66	1,74	3,10	3,84	3,76
N° elementi nella colonna	2	4	4	4	5	5	5
Stima $\bar{w}_K$	0,8	0,61	0,42	0,43	0,62	0,77	0,75
Valori associati alle categorie	0,8	1,41	1,83	2,26	2,88	3,65	4,4

w21 w32

0 0,8 0,61

0 0,8 1,41 1,83

Mediana item A:

- cade nella 6° categoria quindi bisogna considerare l'intervallo tra 6 e 5

$$S_A = 2,26 + \frac{0,5 - 0,28}{0,54 - 0,28} \cdot 0,62 \quad \longrightarrow \quad \boxed{S_A = 2,78}$$

0,28 → cumulata 5

0,62 → ampiezza ~~5~~ 6 - 5

2,26 → valore associato categoria 5-4

0,54 - 0,28 → ampiezza categ. di scala dove cade la mediana

Mediana item C:

cade nella 5° categoria:

$$S_C = 1,83 + \frac{0,5 - 0,37}{0,55 - 0,37} \cdot 0,43 = 2,14$$

18/11/14

Oggetto psicologico → attrezzature d'aula

TECNICA SI

- Generazione degli item:

  1. Le attrezzature sono funzionali
  2. Le attrezzature sono inaffidabili
  3. Le attrezzature sono poco affidabili
  4. Le attrezzature sono mediamente affidabili
  5. Le attrezzature sono molto affidabili
  6. Le attrezzature sono estremamente affidabili

- Per ogni item determiniamo la frequenza f_{ix}, partendo da qsta matrice creiamo la matrice P_{ix}, P_{cix} e c_{ix} per ogni item
- Determiniamo una scala su cui sono distribuiti tutti gli item

Supponiamo che gli item equispaziati sulla scala siano dal 2 al 6

Item	2	3	4	5	6
Mediane	1,2	1,9	3,1	4,0	5,2

Qst sono item non confusi e non dispersi

Qst item possono essere usati per formulare un questionario.

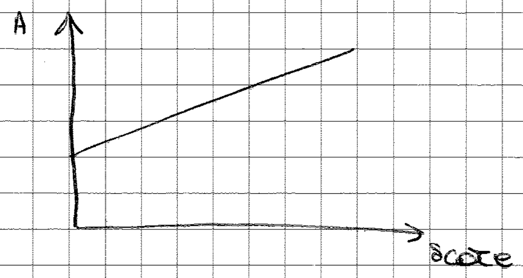
Scriviamo un enunciato del tipo:

Item: Le attrezzature sono:

☐ Inaffidabili ☐ Poco Affidabili ☐ Mediam. Aff. ☐ Molto Affid ☐ Estrem. Aff.

Il metodo di Likert suppone che il legame tra gli atteggiamenti e i punteggi è lineare

29-30



$A = a + bS$

$A = S_1 + S_2 + \dots + S_n$

La teoria classica dei test sostiene che il punteggio osservato O è figlio di 2 termini → il valore vero T
↘ l'eventuale errore commesso E
errore casuale commesso nella valutazione dell'oggetto psicologico

$\boxed{O = T + E}$

L'idea alla base della scala di Likert è che, siccome si usano ~~più~~ più item per valutare un oggetto, la sommatoria di tutti i punteggi fa sì che l'errore sia zero

$$\sum_1^n O_i = \sum_1^n T_i + \sum_1^n E$$

mettendo insieme parecchi item si ottengono 2 vantaggi
- la diagnostica
- l'eliminazione dell'errore

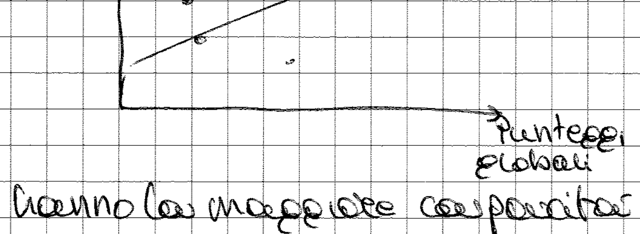
- Selezione degli item:

Costruiamo una tabella in cui si riportano gli item sulle colonne e sulle righe i valori che i singoli individui hanno dato.

37-39

ITEM / INDIVIDUI	1	2	i		n	PUNTEGGI GLOBALI (-1)	..	PUNTEGGI GLOBALI
1	1	4	2		3	60		59
2			4		3	200		200
S	1	2	3		2	25		23
N	5	5	4		5	300		301

Per ogni item i vengono riportati i punteggi di ogni individuo rispetto ai punteggi globali ottenuti -1



Si costruiscono tutti i grafici e si calcola il coefficiente di correlazione r_{ij}
Vengono selezionati, tra tutti gli item del pacchetto, quelli con il coefficiente di correlazione più elevati: sono quelli che hanno la maggiore capacità predittiva del punteggio complessivo

Lo stesso viene fatto per il 2° item

Item 2	4	9	16	17	25	14
	0,04	0,09	0,16	0,17	0,25	0,14
	0,04	0,13	0,29			

Item 1 : La mediana cade nella 5° categoria di scala

$n-0{,}5 \quad n \quad n+0{,}5$

$$S_1 = 4{,}5 + \frac{0{,}5-0{,}44}{0{,}51-0{,}44}\cdot 1 = 5{,}36$$

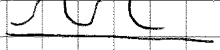
→ perché usiamo la tecnica CA.

19/11/14

$$IQ_1 = C_{75} - C_{25} = 6{,}5 + \frac{0{,}75-0{,}63}{0{,}2}\cdot 1 - 2{,}5 - \frac{0{,}25-0{,}2}{0{,}18}\cdot 1 = 4{,}33$$

$S_2 = 4{,}66 \qquad IQ_2 = 2{,}53$

Osservando i 2 item, l'idea è quella di selezionare il 2° perché questo ha una minore dispersione, ma non era necessario fare i calcoli per giungere a questa conclusione: i dati del 1° item sono distribuiti secondo una distribuzione bimodale



=> è un item confuso, abbiamo la presenza di 2 mode: un picco sulla 3° categoria ed un picco sulla 7° ~~questo item questo item~~

---

3 tipi di miscele di caffè sono poste a confronto sull'aroma. Il sondaggio è effettuato su un campione di 48 soggetti con il metodo delle comparazioni a coppie.

Matrice delle frequenze che si ottiene:

TIPI DI CAFFE	1	2	3
1	24	12	44
2	36	24	30
3	4	18	24

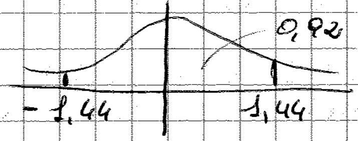
su 48 persone 12 dicono che la miscela 1 è preferita alla 2

1) Si costruisca la scala di posizionamento delle 3 miscele con riferimento alla valutazione dell'aroma

~~2) come si modifica l'ordinamento se si fa at~~

	3	1	2
3	0	1,41	0,34
1	-1,41	0	0,68
2	-0,34	-0,68	0
$\Sigma \varepsilon_i$	-1,75	0,73	1,02
$\frac{\Sigma \varepsilon_i}{3}$	-0,58	0,24	0,34

Es: cambiato di segno perché la distribuzione è simmetrica

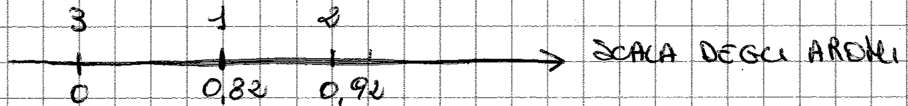


→ valori di posizionamento degli stimoli sulla scala degli aromi

0 0,82 0,92

→ si porta a zero il valore più basso e gli altri vengono maggiorati di qst valore

⇒



② Come si modificherebbe l'ordinamento se si ottenesse la seguente matrice F?

	1	2	3
1	24	36	4
2	12	24	30
3	44	18	24

Matrice P_{ki}:

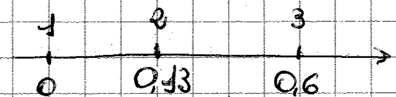
	1	2	3	Σ
1	0,5	0,75	0,08	1,33
2	0,25	0,5	0,63	1,38
3	0,92	0,37	0,5	1,79

Matrice $1-P_{ki}$:

	1	2	3
1	0,5	0,25	0,92
2	0,75	0,5	0,37
3	0,08	0,63	0,5

Matrice E:

SCALA DEGLI STIMOLI



Per valutare le prestazioni di affidabilità di una scala si utilizza l'α di Cronbach:

$$0 \leq \alpha \leq 1 \qquad \alpha_c = \frac{m}{m-1}\left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{m} x_{ii}}{\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{m} x_{ij}}\right]$$

m = numero di item
x_{ij} = coefficiente di correlazione tra l'item i e l'item j

20/11/14

Esempio:

Abbiamo una scala composta da 3 item, per ciascuno di questi viene calcolato il coefficiente di correlazione con tutti gli altri

	ITEM 1	ITEM 2	ITEM 3
ITEM 1	1	0,92	0,8
ITEM 2	0,92	1	0,81
ITEM 3	0,8	0,81	1

In un questionario è importante che sia affidabile: una scala è tanto più buona quanto più α_c si avvicina ad 1.

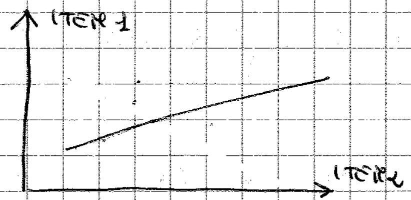
$$\alpha_c = \frac{3}{2}\left[1 - \frac{3}{7,46}\right] = 0,897$$

somma diagonale

Per i coeff. di correlazione si riportano i punteggi che gli item assumono ~~per gli~~ dati dai vari soggetti

	ITEM 1	ITEM 2
soggetto 1	3	2
soggetto 2	5	7
3	–	–
– – –		

$\longrightarrow$



INDICATORI DI AFFIDABILITA'

- Affidabilità di test-retest (test-retest reliability)
  - L'affidabilità è stimata ripetendo e volte la misurazione sullo stesso soggetto (o gruppo di soggetti) usando la stessa tecnica ed in condizioni ambientali invariate
- Affidabilità di "forme alternative" 10:00 - 1

② Quando:

- la progettaz., la fabbricazione o le prove del prodotto sono di tipo semplice o comune
- le caratteristiche qualitative sono verificabili anche sul prodotto finito mediante prove o ispezioni di tipo comune o automatizzato

È una delle forme di ispezione più comune.

Cosa ispezionare al ricevimento:

- completezza del prodotto in tutti i suoi componenti
- efficacia di rivestimenti protettivi, di condizionamenti, -
- Assenza di rotture o di deformazioni

Consiste nello stoccare in apposite aree di segregazione i prodotti in attesa di collaudo. Si utilizzano dei cartellini di forma e colori ≠ per l'identificazione del materiale:

- conforme $\boxed{2?}$
- ....

~~.........~~

I controlli possono essere fatti con più livelli di severità. Il livello di severità all'accettazione dipende da:

- Dichiarazione di conformità dei lotti da parte dei fornitori
- Valutaz. (qualificaz.) del fornitore (da parte seconda)
- Certificazione del fornitore (da parte terza)
- Attività di verifica effettuata dal committente all'origine
- Esperienza (pregressa) del fornitore

In alcuni casi ci sono solo i controlli documentari: se si hanno prodotti molto elementari e di facile reperimento, si controlla solo la documentazione, sono controlli + formali che sostanziali

8

CONTROLLO DI ACCETTAZIONE

attività di ispezione → a valle delle attività di ispezione, si prende una decisione se accettare o no.

Possibilità di controllo:

1. nessuna ispezione → free pass
2. controllo a tappeto → tutto ciò che viene fornito viene controllato; è una strategia che implica dei costi molto elevati, quindi non viene molto praticato. In alcune situazioni non è proprio praticabile (es: fiammiferi)
3. controllo campionario
   → il controllo viene effettuato su un campione estratto dalla fornitura. Prevede 3 possibilità:
   - controllo percentuale della fornitura: indipendentemente dalla numerosità del lotto si decide di controllare un campione che è una percentuale fissa (es: sempre il 2% del lotto).
   - controllo statistico: si fa un campionamento di tipo statistico.
   - controlli "spot": a volte si fanno delle verifiche a volte no, che dipendono o da particolari situazioni o sono periodiche. Porta a dei risultati non organici

Di solito chi fa le ispezioni utilizza un controllo campionario per diverse ragioni:

- Se per controllare il prodotto bisogna distruggerlo, non è possibile fare un controllo a tappeto altrimenti non si avrebbe una produzione.
- ~~il prodott~~ il controllo campionario viene usato anche per ragioni di costo: se il controllo comporta dei costi molto alti non è conveniente controllare tutti i prodotti
- miglioramento continuo: i controlli sono un modo per tenere in tensione i fornitori

24/11/14

Abbiamo un ambito costituito da elementi di numerosità N da cui estraiamo un campione di numerosità n

→ numero di difettosi

$N \xrightarrow{n}$ se $d \leq c$ → accetto il lotto

$d > c$ → non accetto il lotto

DIFETTOSITA'

ESEMPIO A

Controllo effettuato su un sistema di produzione di tubi, nel quale interessi verificare la forma cilindrica e il diametro alle estremità

- difettoso è l'elemento ~~che~~ ove non può essere introdotto il calibro di controllo
- non difettoso è l'elemento ove non può essere inserito

Abbiamo quindi solo 2 stati → difettoso e non

ESEMPIO B

controllo di tubi che non devono avere diametro < 1,51 cm e superiore a 1,59 cm

	classi in cm	1° lotto	2° lotto
Dati rilevati	1,45 - 1,47	2	3
	1,48 - 1,50	3	5
	1,51 - 1,53	18	16
	1,54 - 1,56	54	48
	1,57 - 1,59	20	23
	1,60 - 1,62	3	5

Difettosità 1° lotto → < 1,51 cm → 1° classe e 2° classe

→ > 1,59 cm → ultima classe

→ $d = \frac{2+3+3}{100}$ → num totale

2° lotto: $d = \frac{3+5+5}{100}$

⇒ il concetto di difettosità varia a seconda del contesto che si considera

X

Nel caso reale, in cui non si fa un controllo a tappeto, ma su un campione: siccome non si fa un controllo a tappeto i e si accollano un rischio → nell'estrazione può succedere che la difettosità del campione (estratto casualmente) superi il valore concesso, con il rischio che magari tutto il resto del lotto non sia invece difettoso

⇒ il fornitore si vede rifiutare un lotto buono

↳ da $F(P_1, 1)$ a $F(P_1, 1-\alpha)$ → (2a)

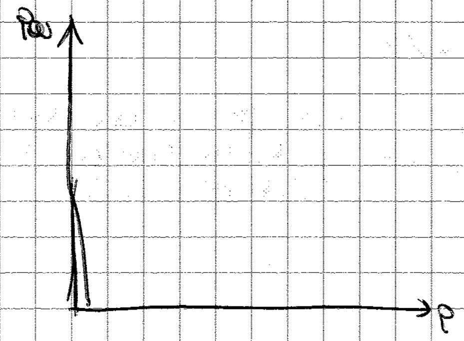
Il committente che ha condizione ideale $C(P_2, 0)$ si accolla un errore β che rappresenta la probabilità di ottenere un lotto non buono

↳ da $C(P_2, 0)$ a $C(P_2, \beta)$

⇒ α = rischio fornitore
β = rischio committente

La curva reale passerà quindi tra i punti $F(P_1, 1-\alpha)$ e $C(P_2, \beta)$

CURVA OPERATIVA CARATTERISTICA



Supponiamo di avere un lotto

$N = 10$; $n = 3$; $c = 1$

Disegnamo la curva operativa caratteristica con qst dati
↳ significa costruire la curva di accettazione al variare di d.

Il lotto viene accettato se il numero di difettosi non supera il valore 1. Abbiamo 10 palline in un'urna. La probabilità di estrarre 1 pallina dall'urna è $\frac{1}{10}$. La probabilità di estrarre una seconda pallina è 1/9. La distribuzione che tiene conto della variabilità della probabilità di estrazione è la distribuzione ipergeometrica.

Se x = num di difettosi, la probab. di estrarre x oggetti difettosi è:

$$P(x) = \frac{\binom{D}{x}\binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}}$$

↳ numero di difettosi

x difettosi che possono essere presenti nell'urna sono:
$x = 0, 1, 2, \ldots$ minimo tra n e D

$\mu = n \cdot \frac{D}{N}$ valor medio distribuzione iperg.

$$\sigma^2 = n \frac{D}{N}\left(1 - \frac{D}{N}\right)\left(\frac{N-n}{N-1}\right)$$

x

Ad esempio P non può essere pari a 0,05 perché essendo N = 10, d sarebbe pari a 0,5 (0,05 · 10) ma ~~non~~ il numero di difettosi deve essere un numero intero.

~~La definizione~~ 1:04 Piano → curva operativa
Campionamento ← (N, n, c)

Combinando qst parametri si può definire un set di curve operative.

La distribuz. binomiale può essere presa come approssimazione della distrib. ipergeometrica 1:06

Un piano di campionamento è un test di ipotesi.
Le ipotesi in gioco sono:

H_0: Il lotto è in linea con lo standard di difettosità
H_1: Il lotto non è in linea con lo standard di difett.

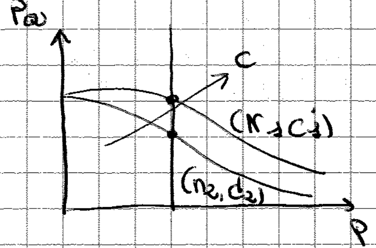
$$\boxed{\begin{array}{l} H_0: P = P_1 \\ H_1: P = P_2 \end{array}}$$

P_1 → posizione del fornitore
P_2 → posizione del committente

⇒ nel piano di campionamento viene ~~messo~~ effettuato un confronto tra fornitore e committente.

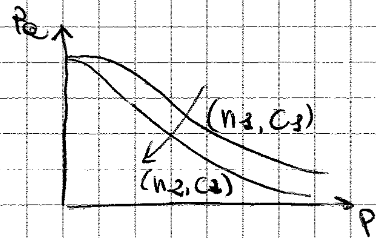
le curve operative giocano su 3 parametri: N, n, c.

Supponiamo di fissare il valore della numerosità del campione N:



$n_1 = n_2$
$c_1 < c_2$

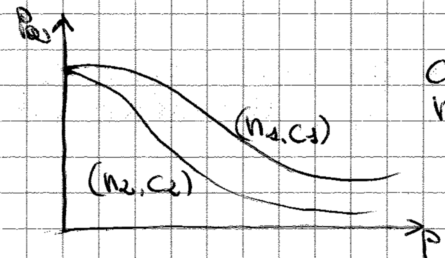
A parità di n
La curva con c_2 più grande, lascia passare più lotti, è più tollerante rispetto alla curva con c_1 più basso



$c_1 = c_2$
$n_2 > n_1$

A parità di c, più n è grande più il piano di campionamento è selettivo (funziona in modo opposto rispetto al crescere di c)

↳ i parametri modificano le curve in senso opposto



$c_2 > c_1$
$n_2 > n_1$

La curva con $n_2 > n_1$ è più selettiva

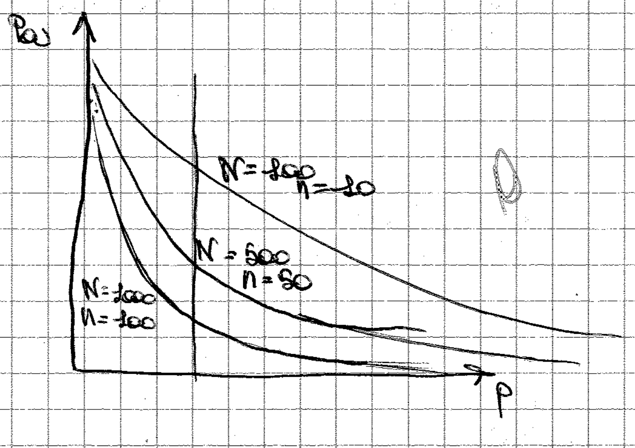
↳ il parametro n pesa di più quindi ~~la curva~~ il parametro determinante il comportamento della curva operativa è n

~~Tutte le curve caratt.~~ con c>0 cambia forma della curva caratt. rispetto al caso con c=0 →

→ ~~Se il~~ La numerosità dei lotti varia a seconda del componente ~~dato ar lotto~~, l'ufficio acquisti determina un rapporto $\frac{n}{N}$ in modo da non dover calcolare n per ogni tipo di fornitura.

Es: $\frac{n}{N} = 10\%$ ⇒ lotto 500 → n 50
130 → 13

Ma qst legge non garantisce una equicoportura del livello di ispezione
Consideriamo le curve caratt. aventi n/N = 10%, e c=0:



Con n/N costante, al ~~variare~~ crescere di N diminuisce la probabil. di accettazione

↳ saranno facilitati nelle ispezioni chi fornisce lotti con numerosità piccola

Esempio: Piani con Rettifica

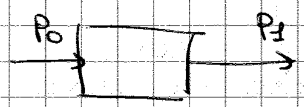
$N = 100$
$n = 15$
$c = 1$

1° lotto: $d_1 = 2$ ⇒ rifiuto il lotto (xchè $c = 1$), controllo a tappeto di tutto il lotto

2° lotto: $d_2 = 0$ ⇒ accetto il lotto e lo porto tutto in produzione

3° lotto: $d_3 = 1$ ⇒ accetto il lotto, sostituisco il pezzo difettoso e porto tutto il lotto in produzione

Questo metodo comporta dei costi aggiuntivi (legati al fatto che in alcuni casi bisogna fare dei controlli a tappeto (che in genere per contratto paga il fornitore)



$p_1 = AOQ$ → Average Outgoing Quality

$AOQ = \dfrac{D}{N}$ ma il numero di difettosi varia con il lotto e varia anche con la strategia adottata di accettazione del lotto

⇒ $AOQ = \dfrac{E[D]}{E[N]}$ Perchè sia N che D sono delle variabili statistiche

Possiamo dire che AOQ è pari al numero di difettosi che si hanno quando si accetta il lotto

→ numero oggetti rimasti nel lotto non ispezionato

3° lotto: $d_3 = 1$ ⇒ $AOQ = \dfrac{\left[(N-n)\,p\,P_a + N \cdot 0\,(1-P_a)\right]}{N}$

controllo a tappeto

→ la difettosità è zero perchè facendo il controllo a tappeto, tutti i difettosi vengono sostituiti

Valore atteso numero di difettosi

⇒ $\boxed{AOQ = \dfrac{(N-n)\,p\,P_a}{N}}$ Difettosità in uscita con piano di rettifica.

→ vale nelle ipotesi di:

- sostituzione dei pezzi difettosi sia nel campione n che nel lotto N

8

Esempio:

vogliamo costruire AOQ con le seguenti condizioni:

- 1°: scartiamo n
- 2°: sostituiamo i pezzi difettosi

Il calcolo di AOQ dipende dalle condizioni adottate per il campionament

$$AOQ = \frac{E[D]}{E[N]}$$

E[D] = valore atteso dei difettosi

$$= \underbrace{(N-n)\,p\,P_a}_{\text{num di difettosi che porto a casa nel lotto}} + \underbrace{N\,0\,(1-P_a)}_{\text{difettosi che si portano a casa facendo un controllo a tappeto, quindi zero}} = (N-n)\,p\,P_a$$

E[N] = N − n

$$\rightarrow AOQ = \frac{(N-n)\,p\,P_a}{N-n} = \boxed{p\,P_a}$$

Stiamo considerando che chi effettua il controllo non sbagli: se considero un prodotto buono cattivo o viceversa, commette un errore di 1° specie.

Il concetto sotteso al calcolo di AOQ è che qst lo si ottiene a seguito di un lungo processo di controllo di forniture, vale quando si ha a che fare con una serie di forniture che avvengono sistematicamente.
Se la fornitura avviene "una tantum" non valgono le condizioni di AOQ

Tipi di piani di campionamento

Abbiamo assunto finora che gli oggetti della fornitura assumano solo 2 stati: buono o non buono.

PIANI PER ATTRIBUTI → qndo l'elemento controllato viene classificato come qualitativamente buono o difettoso (controllo a 2 valori)

PIANI PER VARIABILI → qndo l'elemento controllato è sottoposto alla verifica di una o più caratteristiche quantitative (controllo su infiniti valori)

Esempio: Piano di campionamento doppio

$$\begin{cases} n_1 = 50 \\ c_1 = 1 \end{cases} \quad \begin{cases} n_2 = 100 \\ c_2 = 3 \end{cases}$$

In genere $n_1 < n_2$ nel 1° campionamento si sonda la situazione del lotto, se poi non va bene e si trovano più difettosi $\Rightarrow$ si passa al campionamento vero e proprio più consistente

1. Prelievo di $n_1 = 50$

2. Se
   - $\rightarrow d_1 \leq c_1 = 1 \Rightarrow$ accetto il lotto
   - $\rightarrow c_1 < d_1 \leq c_2 \Rightarrow$ prelevo $n_2 = 100$ unità
   - $\rightarrow d_1 > c_2 = 3 \Rightarrow$ rifiuto il lotto

3. Se $c_1 < d_1 \leq c_2 \Rightarrow$ Se $\rightarrow$ in $n_1 + n_2 = 150$, $d_1 + d_2 \leq c_2 = 3$
   - $\rightarrow$ accetto il lotto
   - $\rightarrow$ altrimenti $\Rightarrow$ rifiuto il lotto

Piani tripli

Sono fissate 3 coppie di numeri $(n_1, c_1), (n_2, c_2), (n_3, c_3)$.
Sono composti da $n \geq 3$ possibili campionamenti; con $c_3 > c_2 > c_1$:

Prelievo n_1 unità

- Se $d_1 \leq c_1$ accettare
- Se $c_1 < d_1 \leq c_3$ prelevare n_2 unità
- Se $d_1 > c_3$ rifiuto

- Se in $n_1 + n_2$ $d_{1+2} < c_2$ accettare
- Se in $n_1 + n_2$ $c_2 < d_{1+2} \leq c_3$ prelevare n_3 unità
- Se in $n_1 + n_2$ $d_{1+2} > c_3$ rifiutare

- Se in $n_1 + n_2 + n_3$ $d_{1+2+3} < c_3$ accettare
- Se in $n_1 + n_2 + n_3$ $d_{1+2+3} > c_3$ rifiutare

Piani sequenziali

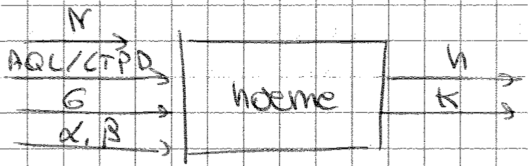
Non stabilisce a priori la numerosità dei campioni da considerare. Si definisce una tabella che riporta da una parte i numeri di accettazione e dall'altra quelli di rifiuto, definisce il numero di confine

Acceptance	Reject
1	3
2	4
---	---

FOTO

Parametri richiesti per l'individuazione dei piani di controllo per VARIABILI nelle norme:

- entità del lotto N (input)
- livello di ispezione n (output)
- grado di severità del piano K (sostituisce c) (output)
- protezione (offerta dal piano verso uno o più limiti qualitativi adottabili) input (LTPD, AQL)
- informazioni sulla variabilità (dei dati sottoposti a campionamento
- rischi ammessi dal fornitore e dal



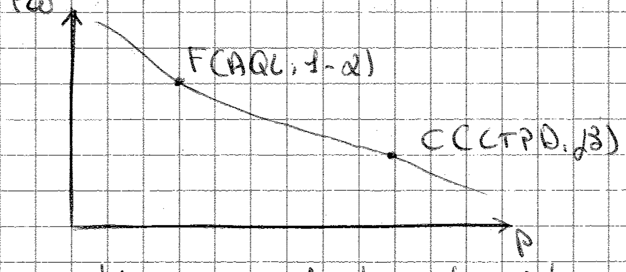
CONTRATTO

Dal punto di vista del controllo dell'accettazione, il committente vuole che le forniture che ottiene siano il più possibile non affette da difettosità, mentre il fornitore vuole che le sue forniture siano accettate.

Il fornitore conosce il grado di difettosità della sua produzione AQL. Inoltre sa quanto è disposto a rischiare che alcune delle sue forniture non vengano accettate (conosce α)

Il committente è disposto a non avere una difettosità > LTPD e conosce il rischio che corre β nell'accettare eventuali lotti non buoni.

↳ F → AQL
  → α
C → LTPD
  → β



N viene stabilito sulla base di considerazioni di tipo logistico, economico, opportunità strategiche ... ⇒ N non viene deciso tramite una progettazione rigorosa come per gli altri parametri.

Far passare la curva nel punto F significa imporre la condizione

$$(1-\alpha) = \frac{\sum_{i=0}^{c} \binom{N \cdot AQL}{i}\binom{N - N\,AQL}{n-i}}{\binom{N}{n}}$$

Esempio:

Immaginiamo di voler costruire un piano di campionament per qsto tipo di condizioni:

FOTO

Definiti i punti di F e C vogliamo trovare i valori di n e c tramite il Nomogramma di Larson

FOTO → $n = 90$, $c = 5$ } sono valori approssimati

LOTTI PICCOLI O LOTTI GRANDI?

FOTO | Tabella: secondo qst tabella, per trasferire 1000 oggetti dal fornitore al cliente fornisce diverse possibilità es: lotti da 100 unità in 10 lotti

Supponiamo che le condizioni con cui costruisco il piano di campionamento sono

$n/N = 0.5$

58

Proporzione dei lotti accettati è pari alla probabilità di accettazione

Se $N = 20$, $n = 10$, $c = 0$ → $Pa = \frac{\binom{Np}{0}\binom{N-Np}{n}}{\binom{N}{n}} = \frac{\binom{1}{0}\binom{19}{10}}{\binom{20}{10}} = 0.5$

⇒ Dalla tabella risulta che il fornitore per garantirsi una probabilità di accettazione più elevata dovrebbe fornire lotti più piccoli possibili.
Al contrario, il committente per proteggersi dal rischio di avere una fornitura difettosa preferisce lotti grandi, perchè in qst caso il piano di controllo è di un livello di severità maggiore.

La Pa in verità può avere 2 significati, in base alla condizione di avere 1 unico lotto o una fornitura continua → curva caratteristica di tipo A
curva caratteristica di tipo B

X

		TIPO A	TIPO B
1/8	0,125	0,5	0,586
2/8	0,25	0,214	0,316
3/8	0,375	0,071	0,152
	0,5	0,014	0,0625
Se	p=0,1		0,656

$p = \frac{D}{N} = 0,1 \Rightarrow D = 0,8$

Si può notare che dalla curva A a quella B i risultati sono piuttosto diversi, quindi non sarebbe corretto approssimare l'ipergeometrica con la binomiale.
Se si fanno i calcoli con N=16 ⇒ l'approssimazione è più coerente

non si può avere un num di difettosi pari a 0,8
Qst curva caratteristica non può assumere qualunque valore di difettosità.

p può assumere solo valori discreti, il valore della curva in corrispondenza del valore di p=0,1 non esiste

La curva di tipo B può essere calcolata x qualunque valore di p perché qui in qst caso è la dif. del processo e non del singolo lotto.

- Per il piano N=8, n=4, c=0, calcolare AOQ:

p	AOQ
0,125	0,035
0,25	0,039
0,375	0,028
0,5	0,015

→ tipo B perché la difettosità in uscita sul lungo periodo non ha senso con un lotto singolo
⇒ con un lotto isolato non posso calcolare la AOQ

$AOQ = \frac{N-n}{N} \, p \, P_a$

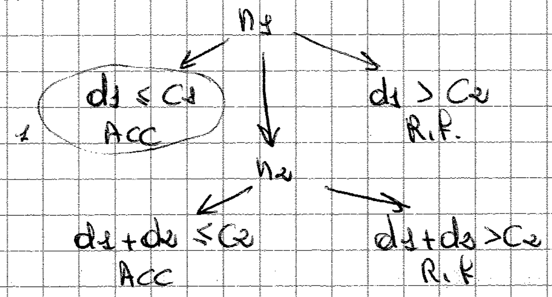
AOQ è sempre < p ⇒ qst condizione è verificata.

Più è grande p, più AOQ è bassa

2/12/14

Curva operativa piani doppi

(n_1, c_1) ; (n_2, c_2)



$$P_a = \underbrace{\mathbb{P}(d_1 \le c_1 | n_1)} + \sum_{d_1 = c_1 + 1}^{c_2} \mathbb{P}(d_1 | n_1)\,\mathbb{P}(d_2 \le c_2 - d_1 | n_2)$$

probabilità di trovarsi nella situazione 1

Trasformiamo qst relazione in modo da avere una situazione a piani singoli

$$P_a = \underbrace{\sum_{i=0}^{c_1} \frac{\binom{Np}{i}\binom{N-Np}{n_1-i}}{\binom{N}{n_1}} + \sum_{h=c_1+1}^{c_2} \frac{\binom{Np}{h}\binom{N-Np}{n_1-h}}{\binom{N}{n_1}} \cdot \left[\sum_{j=0}^{c_2-h} \frac{\binom{Np-h}{j}\binom{N-Np-(n_1+h)}{n_2-j}}{\binom{N-n_1}{n_2}} \right]}_{\text{espressione curve di TIPO A (lotto singolo)}}$$

Curve di tipo B:

(1) $$P_a = \sum_{0}^{c_1} \binom{n_1}{i} p^i (1-p)^{n_1-i} + \sum_{h=c_1+1}^{c_2} \binom{n_1}{h} p^h (1-p)^{n_1-h} \cdot \left[\sum_{j=0}^{c_2-h} \binom{n_2}{j} p^j (1-p)^{n_2-j} \right]$$

Esempio:

$N = 1000$ $\quad n_1 = 40$ $\quad c_1 = 2$

$\quad n_2 = 40$ $\quad c_2 = 3$

n_1/N e n_2/N sono $< 1/10 \Rightarrow$ possiamo usare la binomiale.

Un altro modo è:

$$P_a = \mathbb{P}(d_1=0) + \mathbb{P}(d_1=1) + \mathbb{P}(d_1=2) + \mathbb{P}(d_1=3)\,\mathbb{P}(d_2=0)$$

TIPO B

$$\mathbb{P}_0^{(1)} = \binom{36}{0} 0{,}01^0 (1-0{,}01)^{36} = 0{,}696$$

$$\mathbb{P}_1^{(1)} = \binom{36}{1} 0{,}01^1 (1-0{,}01)^{37} =$$

$$\mathbb{P}_0^{(2)} = \binom{59}{0} 0{,}01^0 (1-0{,}01)^{59}$$

- - - - - - -

$P_a = 0{,}985$

TIPO A $\quad n_1/N \le 1/10 \quad n_2/N \le 1/10 \Rightarrow$ binomiale, ma provando ad usare comp la distribuz. ipergeometrica:

Usando la notazione $\binom{N}{n} = C_n^N$:

$$P_a = \frac{C_{36}^{990} C_0^{10}}{C_{36}^{1000}} + \underbrace{\frac{C_{35}^{990} C_1^{10}}{C_{36}^{1000}}}\left[\frac{C_{59}^{955} C_0^{9}}{C_{59}^{964}} + \frac{C_{58}^{955} C_1^{9}}{C_{59}^{964}} + \frac{C_{57}^{955} C_2^{9}}{C_{59}^{964}}\right] +$$

54

→ x che essendo $p = 1\% \Rightarrow$ i difettosi nel lotto sono $d = pN = 10$

→ Probabilità di avere 1 difettoso nel 1° camp.

→ prob. di trovare 2 difettosi nella 2° estrazione

$$+ \frac{C_{34}^{990} C_2^{10}}{C_{36}^{1000}}\left[\frac{C_{59}^{956} C_0^{8}}{C_{59}^{964}} + \frac{C_{58}^{956} C_1^{8}}{C_{59}^{964}}\right] + \frac{C_{33}^{990} C_3^{10}}{C_{36}^{1000}} \cdot \frac{C_{59}^{957} C_0^{7}}{C_{59}^{964}}$$

1:02

Consideriamo il piano con rettifica: o si accetta il lotto oppure si fa un controllo a tappeto. Siccome il controllo è costoso → ATI: qual è il numero medio di unità che ispeziono Average Total Inspection

$ATI = E[x]$ numero di unità ispezionate

$$ATI = \underbrace{nP_a}_{\substack{\text{accetto il lotto subito}\\ \text{quindi ispeziono}\\ nP_a \text{ unità}}} + \underbrace{N(1-P_a)}_{\substack{\text{ispeziono}\\ \text{tutto il lotto}}} = n + (N-n)(1-P_a)$$

$$\Rightarrow \boxed{ASN = n_1 + n_2 \, \mathbb{P}(c_1 < d_1 \leq c_2)}$$

Esempio:

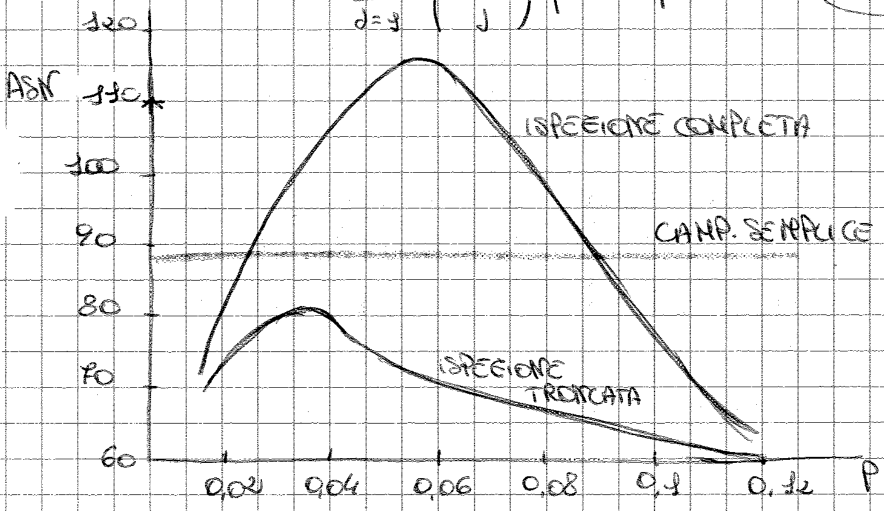
$n_1 = 100$ $\quad c_1 = 0 \quad p = 0{,}01 \quad ASN?$
$n_2 = 200$ $\quad c_2 = 2$

$$ASN = n_1 + n_2 \sum_{d=1}^{2} \binom{n_1}{j} p^j (1-p)^{n_1 - j} =$$

$$= 100 + 200 \sum_{d=1}^{2} \binom{100}{j} p^j (1-p)^{100-j} = 210{,}8$$

→ unità da ispezionare in un lotto con $p = 0{,}0$[illegible]

→ ASN varia con la difettosità



si ha un picco di unità ispezionate quando p non è né troppo alto né troppo basso

(29)

A seconda che si decida di troncare o meno l'ispezione a seconda del valore trovato, si parla di ispezione troncata o completa.

La troncatura può essere fatta anche al 1° campione:

piano doppio n_1, se $d_1 > c_2 \Rightarrow$ troncamento

In genere nonostante si verifichi questa situazione, si continua l'ispezione per poter stimare la difettosità del lotto

$p_1 = \dfrac{d_1}{n_1}$ — se arresto l'ispezione $\Rightarrow p_1 = \dfrac{d_1}{n_1 - k}$

↳ elementi non ispezionati

$\dfrac{d_1}{n_1 - k} \neq \dfrac{d_1}{n_1} \Rightarrow$ la stima della difettosità è diversa con il troncamento: se tronco avrò una sovrastima del numero di difettosi $\rightarrow p$ è maggiore

Nella pratica, quindi, si effettua la troncatura al 2° campione:

n_2, se $d_1 + d_2 > c_2 \Rightarrow$ troncamento dell'ispezione

Il metodo di camp. CSP genera le seguenti curve operative (FOTO) che hanno le stesse caratteristiche delle curve viste in precedenza, ma i ed f variano al variare della severità del piano

Consideriamo f = 0,08 e f = 0,02 → più aumenta f, più il piano è severo perchè più controllo più sono selettivo nell'accettazione.

Più i aumenta, più il piano è selettivo

↳ la severità cresce con i e con f

CSP2 → è una variante del campionamento CSP1 → ricalca il procedimento di CSP1, ma se nel controllo frazionato si trova un difettoso anziché passare subito di nuovo al controllo a tappeto, si continua con il frazionato

FOTO

X **PIANI PER VARIABILI** → sono piani che controllano grandezze che possono essere espresse su scale di varia natura.

Hanno 2 vantaggi → lavorano con numerosità dei campioni piccola
→ richiedono un'informazione + ricca di contenuti

Svantaggi → richiede la distribuzione statistica della difettosità del lotto | 4/12/14
→ chiedono l'uso di un piano per ogni caratteristica esaminata (anche xchè ognuna avrà la propria distribuzione)
→ Nonostante si estragga degli elementi buoni (entro limiti specifiche) in un campione, potrei rifiutare il lotto

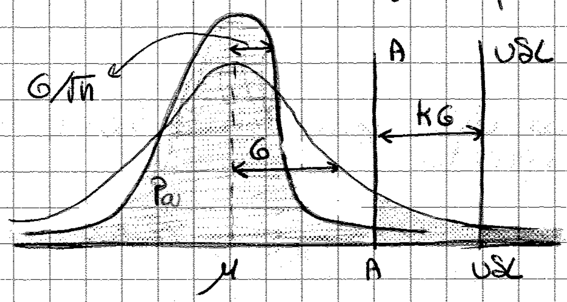
Piano singolo x attributi e piano per variabili → FOTO

$\bar{x}$ → valore medio del campione che si confronta con una costante A

se $\bar{x} < A$ → accetto
$\bar{x} > A$ → rifiuto

Il piano per variabili ricalca il campionamento semplice ma a

Supponiamo di avere una distribuzione della grandezza esaminata di qst tipo:



- distribuzione campionaria

p = difettosità della distribuzione

tutto ciò che è sotto il limite superiore è buono

Supponiamo che tutti i pezzi che considero siano compresi in qsta zona => anche il valore medio $\bar{x}$ cadrà in qst zona ma pur avendo tutti pezzi buoni, rifiuto il lotto

Curva operativa

La prob. di accettazione P_a è rappresentata dall'area sotto la distribuz. campionaria a destra di A

La cumulata della dist. normale z_{USL}, $\Phi(z_{USL})$ è:

$\Phi(z_{USL}) = 1-p$ → tutto ciò che è a monte della difettosità generata

$$z_{USL} = \frac{USL-\mu}{\sigma} \qquad \bar{z}_{USL} = \frac{USL-\mu}{\sigma_{\bar{x}}} = \frac{USL-\mu}{\sigma/\sqrt{n}} \qquad \bar{z}_{USL} = z_{USL}\sqrt{n}$$

assume 2 valori diversi in base che considero la ~~media~~ distribuz. campionaria o della distribuz.: quella campionaria è amplificata del valore $\sqrt{n}$

→ Da qsta relazione: → $z_{USL} = \Phi^{-1}(1-p)$

Noto z_{USL}, possiamo ricavare z_A: → $z_A = z_{USL} - K$

perché $K = z_{USL} - z_A$

$\Rightarrow \bar{z}_A = z_A\sqrt{n}$

$$\boxed{P_a = \Phi(\bar{z}_A)}$$

Piano di accettazione di cavi da computer

Il cavo ha una resistenza caratteristica ed una determinata caduta di tensione.

Supponiamo che:

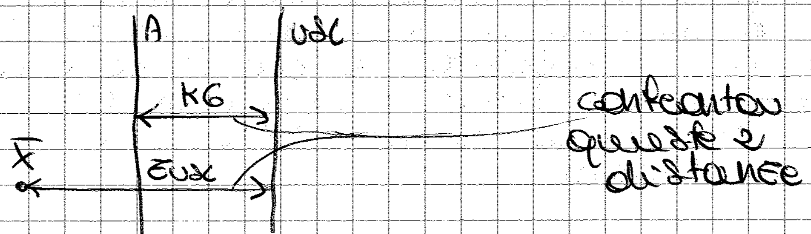
$USL = 125$ mV
$N = 1000$
$n = 10$
$K = 3$
$\sigma = 2$ mV

$\bar{x} = 100$ mV → caduta di tensione media di 10 cavi

$$\varepsilon_{USL} = \frac{125 - 100}{2} = 12{,}5$$

$\varepsilon_{USL} \geq K \Rightarrow$ accetto la fornitura

L'operazione effettuata dal metodo K è:



- METODO M → lavora sui valori (n, M) ← Parametro di difettosità

Piani per attributi

$$\begin{cases} d \leq c \\ p = \frac{d}{n} \leq \frac{c}{n} = M \end{cases}$$

→ si può fare il confronto anziché tra difettosi e num di campionamento, tra la proporzione di difettosi e la proporzione del num di camp. → i 2 metodi sono equivalenti.

variabili

$\varepsilon = (U - \bar{x})/\sigma \geq K$

$Q = \frac{U - \bar{x}}{\sigma} \Rightarrow p \leq M$

Nel caso del piano per variabili i 2 metodi non sono equivalenti!

Regole di commutazione per la normativa MIL STD 414 → (FOTO)

Elementi di controllo statistico di processo

Lo scopo è sempre quello di ridurre la variabilità cercando di produrre degli oggetti che siano il più simili possibile tra di loro.

Il progettista fornisce → una specifica nominale dell'oggetto da realizzare
→ una tolleranza di specifica: quanto si può variare nel produrre l'oggetto

Es: $D = 10 \pm 0{,}1$ mm → campo entro il quale il diametro di una matita può variare

È un modo per tenere conto della variabilità in termini progettuali

Dall'altra parte, c'è chi si preoccupa di misurare la variabilità di un processo.

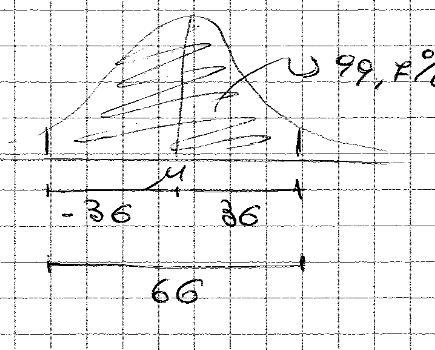
- Come si stabiliscono le specifiche di prodotto? (Problema del progettista)
- Come si misura la variabilità naturale che caratterizza il processo? (Problema del processista)

VARIABILITA' NATURALE → tendenza del processo a realizzare, sotto condizioni operative normali (cioè senza cause esogene che possono alterare il processo), prodotti differenti rispetto agli obiettivi produttivi.
→ Rumore bianco → non presenza di cause esogene

La TOLLERANZA NATURALE viene usata per misurare la variabilità naturale. Per determinarla, sono a disposizione diversi strumenti → strumenti grafici di rappresentazione
→ diagrammi delle frequenze
→ strumenti analitici (calcolo di σ)

$\boxed{TN \triangleq 6\sigma}$

→ PROCESSO NORMALE



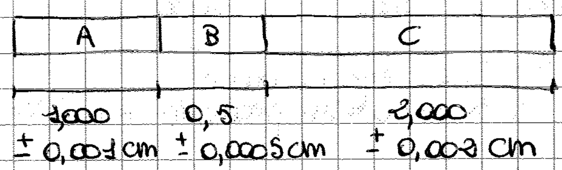
TOLLERANZA DELL'UNITÀ E DELL'INSIEME

Gli oggetti quando sono da soli hanno un comportamento, in gruppo ne hanno un altro.

Come varia la TN di un oggetto che risulta dalla composizione di più oggetti elementari ciascuno caratterizzato da una propria TN?

Esempio:

Un prodotto meccanico composto da 3 componenti:



L'assemblato realizzato che valore medio e che TN avrà?

$VN = 1000 + 0,5 + 2000 = 3,500$ cm valore nominale
$TN = \pm 0,0035$ cm

→ questo metodo fa delle assunzioni: tutti gli oggetti sono ugualmente probabili.

In realtà i valori sono variabili e nell'assemblaggio ci possono essere delle forme di compensazione. Un altro metodo che tiene conto di questa variabilità è:

$I = A + B + C$ → prodotto assemblato
$V(I) = V(A) + V(B) + V(C)$ → varianza dell'assemblato

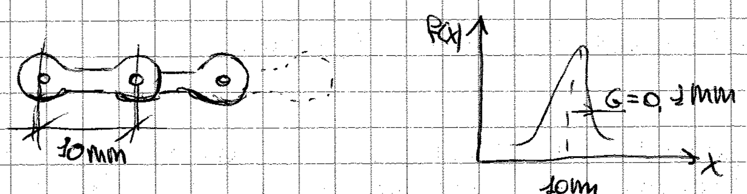
→ $\sigma_I^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \sigma_C^2$

$TN = \sqrt{TN_A^2 + TN_B^2 + TN_C^2}$ $TN_A = 6\,\sigma_A$

$\boxed{TN = \pm 0,0023}$ → logica compensativa

$\boxed{TN = \pm 0,0035}$ → logica additiva

Esempio: consideriamo gli anelli di una catena per biciclette costruite tramite dei macchinari.



15/12/14

Quanto è frequente questo evento?

Immaginiamo di avere 3 componenti che si distribuiscono normalmente

$A, B, C \sim N(\mu_i, \sigma_i) \quad i = A, B, C$

Che probabilità abbiamo di trovare dei valori di $I \leq 3,4965$?

$$P(I \leq 3,4965) = P\left(\varepsilon \leq \frac{3,4965 - 3500}{0,0035/3}\right)$$

$TN = 6\sigma$
$TN = \pm 3\sigma$
→ SONO EQUIVALENTI

$P(\varepsilon \leq -3) \cong 0,15\%$

Su 1000 pezzi prodotti, in media 3 cadono fuori dalla tolleranza naturale.

$P(I \leq 3,494) = P(\varepsilon \leq -5,14) \to 0$ ⇒ il fatto che io abbia un assemblato inferiore a 3,494 è circa zero

I problemi delle tolleranze sono 2:

1. Fissata la TN dell'insieme determinare quella delle singole parti
2. Fissata la TN delle parti determinare quella dell'insieme (problema appena affrontato)

① ESEMPIO: Sia fissata una certa quota $\varphi = 2,510$ cm con una tolleranza $T_\varphi = \pm 0,008$ cm

— Si desidera che il rischio di insiemi difettosi sia pari allo 0,3%

Sia $\varphi = x_1 + x_2 + x_3 + x_4$ dove: $x_1 = 0,370$ cm
$x_2 = 0,625$ cm
$x_3 = 0,750$ cm
$x_4 = 0,765$ cm

⇒ bisogna assegnare una TN a ciascuna di queste parti

→ si accetta che 3 su 1000 assemblati superi il valore delle TN

Essendo $\varphi = x_1 + x_2 + x_4 + x_3$:

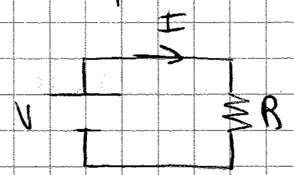
$$\boxed{TN_{x_i} = \frac{TN_\varphi}{4} = \pm\frac{0,008}{4} = \pm 0,002}$$ → TN che si ottiene per i vari componenti se si utilizza la LOGICA ADDITIVA (supponendo che non esista la compensazione)

$TN_\varphi = \sqrt{TN_{x_1}^2 + TN_{x_2}^2 + TN_{x_3}^2 + TN_{x_4}^2}$

$TN_{x_1} = \pm 3\sigma_1$

$\sigma_\varphi = \sqrt{\sigma_{x_1}^2 + \sigma_{x_2}^2 + \sigma_{x_3}^2 + \sigma_{x_4}^2}$

Esempio:



$\boxed{V = RI}$

$I = 25 \pm 1\ A$
$R = 4 \pm 0{,}06\ \Omega$

$V \pm 3\sigma_V$?

$$V = \mu_I \cdot \mu_R + (I-\mu_I)\frac{\partial V}{\partial I}\bigg|_{\mu_I \mu_R} + (R-\mu_R)\frac{\partial V}{\partial R}\bigg|_{\mu_I \mu_R} + \text{Resto}$$

$$V = \mu_I \mu_R + (I-\mu_I)\mu_R + (R-\mu_R)\mu_I$$

$$\mu_V = \mu_I \mu_R = 25 \cdot 4 = 100V$$

$$\sigma_I = \frac{1}{3} A \qquad \sigma_R = \pm \frac{0{,}06}{3} = \pm 0{,}02\ \Omega$$

$$\sigma_V^2 = \left(\frac{\partial V}{\partial R}\bigg|_{\mu_I \mu_R}\right)^2 \cdot \sigma_R^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial I}\bigg|_{\mu_I \mu_R}\right)^2 \cdot \sigma_I^2$$

$$= \mu_I^2 \sigma_R^2 + \mu_R^2 \sigma_I^2 = 25^2 \sigma_R^2 + 4^2 \sigma_I^2 = 1{,}99\ V^2$$

$$\sigma_V = 1{,}41\ V$$

$$\Longrightarrow \boxed{V = 100 \pm 3 \cdot 1{,}41\ V}$$

16/12/14

Carte di Controllo

Sono strumenti che permettono di fare un controllo man mano che il processo si sviluppa (e non a valle del processo come per gli altri strumenti visti finora)

Si articolano su 2 fasi:

1° FASE: costruzione delle carte

2° FASE: uso delle carte, monitoraggio dei processi

Parlare di carte di controllo significa fare questa verifica:

$$\boxed{f(x,\theta,0) = f(x,\theta,t) \qquad \forall t}$$

Hanno un limite di controllo superiore UCL (o LCS), un limite di controllo centrale CL e inferiore LCL (LCI). Riportano come la variabile che stiamo controllando varia nel tempo

↳ asse x → tempo, asse y → grandezza controllata

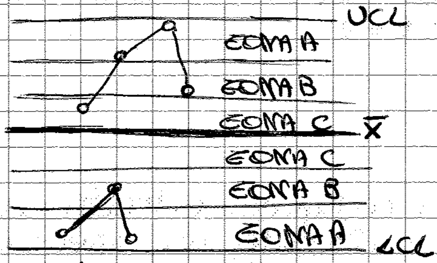
Regole: (individuano eventi che hanno una P di accadimento $< 0,5\%$)

① Se 1 o + punti cadono fuori dai limiti di controllo, probabilmente si sta verificando una anomalia.

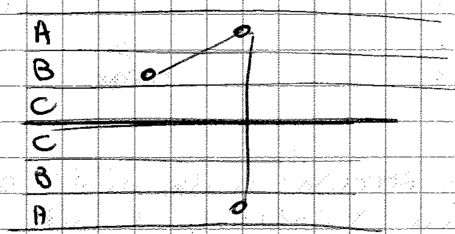
② 2 punti su 3 che cadono oltre la linea di demarcazione 2σ ma ancora interni ai limiti di controllo

③ 4 su 5 punti consecutivi oltrepassano il limite σ

Esempio: Regola ②

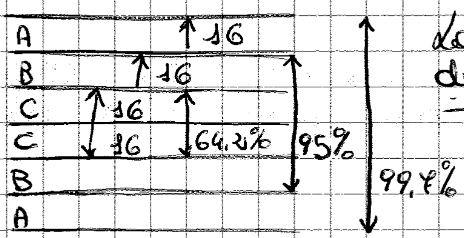


ANOMALIA
→ vale per i 2 semipiani della carta di controllo



NON È UN'ANOMALIA

Ipotizziamo che la grandezza controllata segua una distribuzione normale. Calcoliamo la probabilità che si verifichi la situazione descritta dalla regola 2:

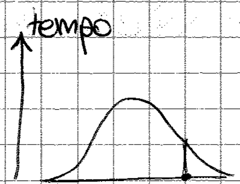


La probab. che 1 punto cada tra $\pm\sigma$ è di 64,2%, tra $\pm 2\sigma \rightarrow 95\%$ e tra $\pm 3\sigma \rightarrow 99,7\%$. Oltre B $p \cong 2,5\%$

$$P(2 \text{ out } 3) = \binom{3}{2} p^2 (1-p)^1 = 0,2\%$$

Infatti tutti i test delle regole hanno una P di accadimento $< 0,5\%$

Consideriamo un processo:



Di tutta la distribuzione, le carte di controllo considerano solo un punto e con solo questo si fanno delle previsioni di comportamento, quindi sono strumenti molto delicati e può succedere che sembra che ci siano situazioni anomale che in verità non ci sono.

~~In~~ molti processi industriali hanno un andamento ciclico e alternant per diversi motivi, ad esempio perché sensibili alla variazione della temperatura o all'affaticamento dei lavoratori ecc.

È molto importante riuscire a capire perché si verificano dei comportamenti anomali.

carte $\bar{X}$, $\bar{R}$, S
test dei punti di svolta
2 lezioni prima Natale

/ 7/01/2015 /

CARTE $\bar{X}$ - S

Gli elementi che contano sono la media e la deviazione standard

Esempio

Consideriamo un set di dati: abbiamo 10 campioni di numerosità = 50 unità, per ogni campione abbiamo la media e S:

CAMPIONI N.	Ampiezza campione n	Media	Deviazione Std
1	50	35,1	5,35
2	50	34,6	4,73
3	50	33,2	3,73
4	50	34,8	4,55
5	50	33,4	4,00
6	50	33,9	4,30
7	50	34,4	4,98
8	50	33,0	5,30
9	50	32,8	3,30
10	50	34,8	3,76
TOTALE	500	340,0	44,00
MEDIA	50	34,0	4,40

Costruire la carta $\bar{X}$ - S.

$UCL_x = 34 + A_3 \bar{S}$ $\quad A_3 = ?$ $\longrightarrow$ le tavole che in genere si hanno, hanno che la numerosità del campione si ferma a 20 - 30 $\Rightarrow$ non abbiamo il valore di A_3 per $n = 50$

Quando n tende ad essere grande si dà l'espressione analitica di C_4 che è un parametro che si trova sulle tabelle:

$$\boxed{C_4 = \frac{4(n-1)}{4n-3}} = \frac{4 \cdot 49}{4 \cdot 50 - 3} = 0,995$$

se $n \to \infty \Rightarrow C_4 \to 1 \Rightarrow$ tanto + n è grande tanto più la stima della deviazione è prossima alla popolazione [$\hat{\sigma} = \bar{S}/C_4$

$$\Rightarrow \boxed{A_3 = \frac{3}{C_4 \sqrt{n}}} = \frac{3}{0,995\sqrt{50}} = 0,42$$

Carta di controllo per misure singole

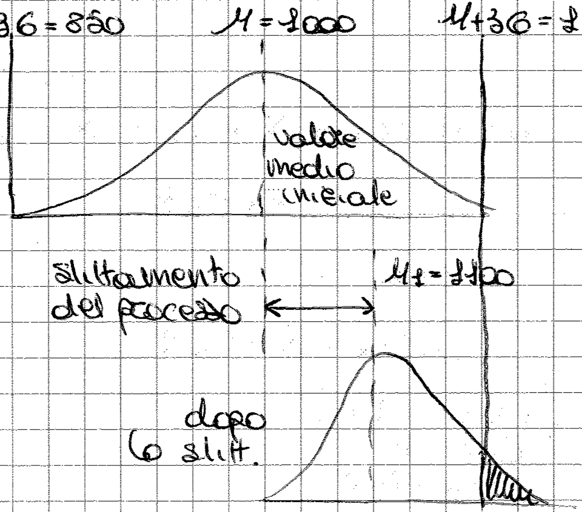
Finora i dati sono stati usati calcolando per ogni campione $\bar{x}$, R, S, $\bar{\bar{x}}$, $\bar{R}$, $\bar{S}$. Ci sono dei casi in cui non si può costruire un campione $\Rightarrow$ si può costruire una carta per valori singoli (es: caso in cui facendo un controllo su un campione si distrugge tutto il campione).

Considerando una carta per valori singoli:

1° CASO

VALORE SINGOLO

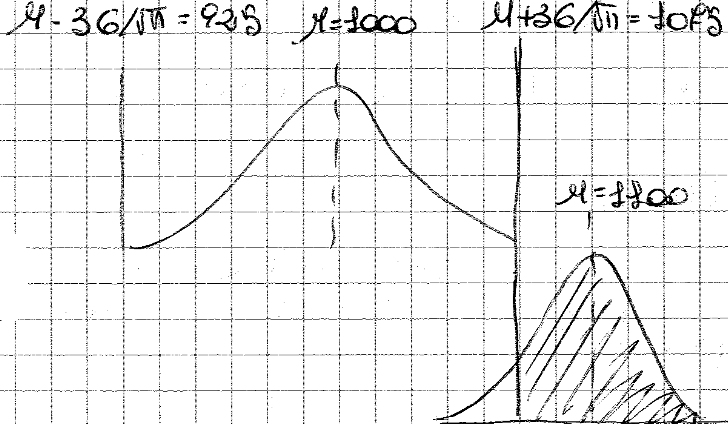
$\sigma = 50$



Con 1 valore singolo si evidenzia l'esistenza dello slittamento nel 15,9 % dei casi

2° CASO

MEDIA POPOLAZIONE
$n = 4$
$\sigma = 50$



Con un campione $n = 4$ si evidenzia l'esistenza dello slittamento nel 84,1 % dei casi

$\Rightarrow$ qst carte sono molto più sensibili di quelle sui valori singoli quindi quando si può si usano i campioni

COSTRUZIONE CARTE PER VALORI SINGOLI

1) x_1
2) x_2
— — —
k) x_k

CARTA X $\rightarrow$ $\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{k}$

$$\begin{cases} UCL_x = \bar{x} + 3\sigma = \bar{x} + A_2\bar{R} \\ CL_x = \bar{x} \\ LCL_x = \end{cases}$$

Se $n = 1$ il range non è definito, non si può calcolare e non si può calcolare neanche $S = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$

$\Rightarrow$ Non si può usare l'espressione $UCL_x = \bar{x} + A_2\bar{R}$

12-01-15

Carte p con numerosità variabile

Ci sono 3 possibilità:

(A) Si mettono insieme carte con limiti variabili
(B) Si introduce un campione medio che viene costruito sulla base della numerosità degli altri campioni ma non esiste
(C) Carte standard

(A) CARTE CON LIMITI VARIABILI

$$\begin{cases} UCL_p = \hat{p} + 3\sqrt{\dfrac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n_i}} \\ CL_p = \hat{p} \\ LCL_p = \hat{p} - 3\sqrt{\dfrac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n_i}} \end{cases}$$

$$\hat{p} = \frac{\sum_{1}^{k} n_i p_i}{\sum_{1}^{k} n_i}$$

1) p_1	n_1
2) p_2	n_2
-- --	--
k) p_k	n_k

Esempio: (libro)

$$\hat{p} = \frac{\text{num tot difettosi}}{\text{num tot controllati}} = \frac{234}{2450} = 0{,}096 \quad \text{oppure:} \quad \hat{p} = \frac{\sum p_i n_i}{\sum n_i}$$

↳ stima della difettosità del processo

$$\begin{cases} UCL_p = 0{,}096 + 3\sqrt{\dfrac{0{,}096(1-0{,}096)}{n_i}} \\ LCL_p = 0{,}096 - 3\sqrt{\dfrac{0{,}096(1-0{,}096)}{n_i}} \end{cases}$$

La carta di controllo che si ottiene ha dei limiti variabili. La lettura è come per tutte le altre carte ma non vale il test 2 ed è difficile da leggere

(B) CAMPIONE MEDIO

Di tutti i valori di n non costanti, si utilizza l'approssimazione che tutti qst n siano riconducibili al loro valore medio:

$$\bar{n} = \frac{\sum_{1}^{k} n_i}{k} = \frac{2450}{25} = 98$$

$$\begin{cases} UCL_p = \hat{p} + 3\sqrt{\dfrac{\hat{p}(1-\hat{p})}{\bar{n}}} = 0{,}096 + 3\sqrt{\dfrac{0{,}096(1-0{,}096)}{98}} \\ CL_p = \hat{p} = 0{,}096 \\ LCL_p = \hat{p} + 3\sqrt{\dfrac{\hat{p}(1-\hat{p})}{\bar{n}}} \end{cases}$$

In questo modo, i punti della carta sono gli stessi (speculare) ma i limiti sono costanti ed i punti cadono in qst limiti mentre nel caso precedente vi era un punto fuori dai limiti.

Dimensionamento della carta di controllo

Dato un processo, come si decide quale la numerosità del campione?

Progettare una carta significa definire 3 aspetti:

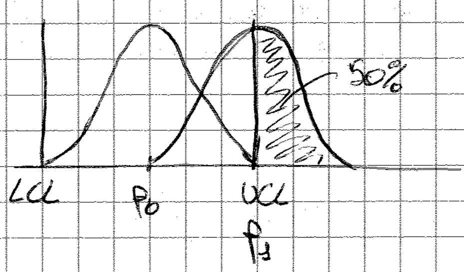
- progetto dei limiti
- dimensione del campione
- frequenza di campionamento

Dimensione del campione

CRITERIO DUNCAN

Il campione deve essere dimensionato in modo da avere il 50% di probabilità di individuare una deriva del processo di una quantità definita.

La distribuzione può subire una deriva, cioè la difettosità può passare da p_0 a p_1, può spostarsi.



Qst metodo vuole che si abbia una P del 50% di accorgersi della deriva.

Se avviene la deriva, vuol dire che p_1 coincide con il limite UCL

$$UCL = p_0 + 3\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \qquad p_1 = p_0 + 3\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}}$$

$$\underbrace{p_1 - p_0}_{\delta} = 3\sqrt{\frac{p_0(1-p_0)}{n}} \longrightarrow \delta^2 = 9\,\frac{p_0(1-p_0)}{n}$$

$\Rightarrow$ Bisogna avere un valore di n $\rightarrow$ $\boxed{n = \frac{9}{\delta^2}\,p_0(1-p_0)}$

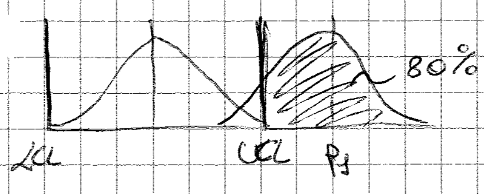
è un valore che permette di accorgersi al 50% della deriva

Esempio:

$p_0 = 0{,}01$
$p_1 = 0{,}05$

Se si vuole osservare una deriva del 50%, quanto vale n? $\longrightarrow$ $\boxed{n = 56}$

Se si volesse una P = 80% di osservare la deriva, p_1 non coincide con UCL, quindi n non è più lo stesso



$\boxed{n?}$

Esempio: FOTO

Ogni giorno viene estratto dal ~~~~ processo un campione di 100 schede e viene registrato il num di difetti

1° giorno → 21 difetti nelle 100 schede ⇒ si possono trovare 2 schede che hanno 21 difetti o 1 scheda con 21 difetti → è la somma su 100 schede, non direnulla sul numero di difettosi

$$\hat{c} = \frac{\sum c_i}{K} = \frac{516}{26} = 19,85$$

$$\begin{cases} UCL_c = 19,85 + 3\sqrt{19,85} = 33,216 \\ CL_c = 19,85 \\ LCL_c = 6,48 \end{cases}$$

Disegnare carta → FOTO

C'è un punto più basso del LCL_c: da 1 punto di vista statistico è un punto critico fuori controllo, ma dal punto di vista pratico è un buon punto xchè i difetti nel campione sono pochi.

I punti di svolta sono ($c_i = 7,5$, $c_s = 24,5$)

⇒ si eliminano le cause che hanno determinato i 2 punti fuori controllo. Con i punti rimanenti si ricalcolano i limiti e si verifica se hanno eventuali altri punti fuori controllo e così in maniera iterativa.

Eliminando i punti fuori dai limiti:

$$\begin{cases} UCL_c = \hat{c} + 3\sqrt{\hat{c}} = 19,67 + 3\sqrt{19,67} = 32,97 \\ CL_c = 19,67 \\ LCL_c = 6,37 \end{cases}$$

CARTA U

È un derivato della carta c: $\hat{U} = \frac{\hat{c}}{n}$ → guarda il num di difetti in 1 singola unità del campione

~~Derivata e cioè sono equivalenti~~

$$\boxed{\begin{cases} UCL_{nU} = n\hat{U} + 3\sqrt{n\hat{u}} \\ CL_{nU} = n\hat{U} \\ LCL_{nU} = n\hat{U} + 3\sqrt{n\hat{U}} \end{cases}}$$

Se la numerosità del campione non è costante, i limiti sono variabili,

$$\Rightarrow \boxed{\begin{cases} UCL_U = \hat{U} + 3\sqrt{\hat{U}} \\ CL_U = \hat{U} \\ LCL_U = \hat{U} - 3\sqrt{\hat{U}} \end{cases}}$$

Consideriamo l'esempio:

	n	D	u_i	
1)	20	20	1	(difetti/unità)
2)	40	10	0,25	(difetti/unità)

$$\hat{U} = \frac{\sum_{i=1}^{2} U_i}{2} = \frac{1+0,25}{2} = 0,625 \text{ dif/unità}$$

$\hat{U}$ può essere calcolato anche come: $\hat{U} = \frac{\sum_{i=1}^{2} D_i}{\sum_{i=1}^{2} n_i} = \frac{20+10}{40+20} = 0,5$ dif/un

Quale dei 2 risultati è corretto?

La formula scorretta è la 1° perché i campioni non sono uguali quindi non si possono sommare i valori di U_i perché calcolati su basi diverse. La formula che si potrebbe usare sarebbe essere la somma ponderata di U_i:

$$\hat{U} = \frac{\sum_{i}^{K} n_i U_i}{\sum_{i}^{K} n_i} \longrightarrow \text{che coincide con la formula } \hat{U} = \frac{\sum_i D_i}{\sum_i n_i} \qquad D_i = n_i U_i$$

La formula $\hat{U} = \frac{\sum U_i}{\sum n_i}$ può essere usata solo se n è uguale per tutti i campioni

Tornando all'esempio precedente, allora, il risultato corretto è il 2° pari a $\boxed{\hat{U} = 2,3}$

$\Rightarrow$ i limiti della carta u sono:

$\boxed{n=20}$
$$\begin{cases} UCL_U = \hat{U} + 3\sqrt{\frac{\hat{U}}{n_{20}}} = 2,3 + 3\sqrt{\frac{2,3}{20}} = 3,32 \\ CL_U = 2,3 \\ LCL_U = \hat{U} - 3\sqrt{\frac{\hat{U}}{n_{20}}} = 1,28 \end{cases}$$

$\boxed{n=25}$
$$\begin{cases} UCL_U = \hat{U} + 3\sqrt{\frac{\hat{U}}{n_{25}}} = 2,3 + 3\sqrt{\frac{2,3}{25}} = 3,21 \\ CL_U = 2,3 \\ LCL_U = 1,39 \end{cases}$$

$\boxed{n=40}$
$$\begin{cases} UCL_U = 3,01 \\ CL_U = 2,3 \\ LCL_U = 1,58 \end{cases}$$

$\Rightarrow$ Più è grande la numerosità del campione più la forbice che definisce il limite inferiore e superiore è piccola, l'area compresa tra i 2 limiti diminuisce (UCL diminuisce mentre LCL aumenta)

Disegno carta $\rightarrow$ $\boxed{\text{FOTO}}$

~~Guida~~

- Carte per variabili: campioni grandi o singoli?
  - $n>1$ ⇒ È necessario costruire ~~frequente~~ uno strumento molto sensibile o no? Bisogna catturare derive grandi o piccole?
    - grandi ⇒ $\bar{X}, R$ / $\bar{X}, S$
    - piccole ⇒ carte CUSUM e EWMA

      Sono carte estremamente sensibili alle derive del processo
  - $n=1$ ⇒ bisogna porsi la stessa domanda
    - grandi derive ⇒ x individuali MR
    - piccole derive ⇒ CUSUM EWMA

⇒ Se si usano le carte viste finora ci si aspetta che il processo sia abbastanza stabile e che in casi particolari subisce cambiamenti sostanziali

- carte per attributi → carte per difettosi (distr. binomiale)
  - → carte per difetti (distr. Poisson)
- carte difettosi → piccole derive → CUSUM EWMA
  - → grandi derive → p, np
- carte x difetti → piccole derive → CUSUM, EWMA
  - → grandi derive → c, u

VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI DI UNA CARTA DI CONTROLLO

Come si dimensiona una carta di controllo? Stabilito il numero di unità da controllare, abbiamo 3 possibilità:

1. prendiamo dei piccoli campioni ad elevata frequenza
2. prendere grandi campioni a bassa frequenza
3. prendere grandi campioni ad elevata frequenza (dispendiosa)

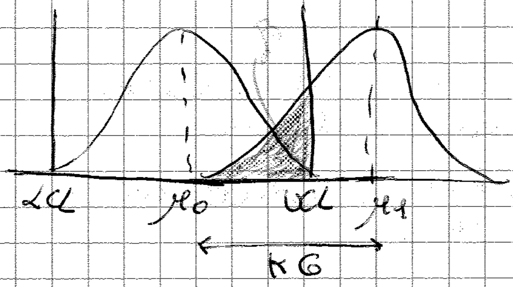
Progettare una carta significa dare determinate indicazioni:

- n: numerosità del campione

13/11/15

$X \sim N(\mu_0, \sigma) \qquad \bar{X} \sim N\left(\mu_0, \frac{\sigma^2}{n}\right) \qquad \mu_1 = \mu_0 + k\sigma \qquad \sigma = \text{cost}$

$\beta = P\{LCL \leq \bar{X} \leq UCL \mid \mu_1 = \mu_0 + k\sigma\}$



	Accett. H_0	Decisione rifiuto H_0
H_0 vera	$1-\alpha$	α
H_0 falsa	β	$1-\beta$

β = condizione di non accorgersi del fatto che è avvenuta 1 deriva

$$\begin{cases} UCL = \mu_0 + L\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \\ LCL = \mu_0 - L\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \end{cases}$$

l'area verde può essere definita come

$\beta = \Phi(UCL) - \Phi(LCL)$ ← cumulata sul limite inferiore

Trasformiamo i limiti di controllo riportandoli alla normale standardizzata:

$z_U = \frac{UCL - \mu_1}{\sigma/\sqrt{n}} \qquad z_L = \frac{LCL - \mu_1}{\sigma/\sqrt{n}}$

$$\Rightarrow \beta = \Phi(z_U) - \Phi(z_L) = \Phi\left(\frac{UCL-\mu_1}{\sigma/\sqrt{n}}\right) - \Phi\left(\frac{LCL-\mu_1}{\sigma/\sqrt{n}}\right)$$

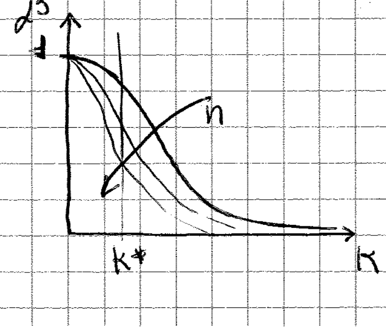
$$= \Phi\left(\frac{\cancel{\mu_0} + L\sigma/\sqrt{n} - \cancel{\mu_0} - k\sigma}{\sigma/\sqrt{n}}\right) - \Phi\left(\frac{\cancel{\mu_0} - L\sigma/\sqrt{n} - \cancel{\mu_0} - k\sigma}{\sigma/\sqrt{n}}\right)$$

↳ μ_0 non ha effetto

$$= \Phi\left(\frac{L\cancel{\sigma}/\sqrt{n} - k\cancel{\sigma}}{\cancel{\sigma}/\sqrt{n}}\right) - \Phi\left(\frac{-L\sigma/\sqrt{n} - k\sigma}{\sigma/\sqrt{n}}\right)$$

Entrambi i termini contengono σ sia al denom. che al num. ⇒ può essere semplificato quindi anche σ non ha nessun effetto su β

↳ $\boxed{\beta = \Phi(L - k\sqrt{n}) - \Phi(-L - k\sqrt{n})}$



se non vi è una deriva, quindi se $k = 0 \Rightarrow \beta \cong 1$ (circa = 1 perché l'area della distribuzione è 99,7%). Se k è molto elevato, quindi per grandi derive, $\beta \to 0$

↳ più è grande la deriva + è bassa la probabilità di accorgersi di questa deriva.

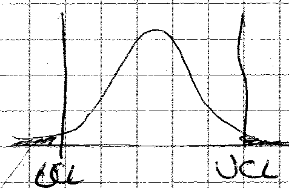
$$\sum_{1}^{\infty} r\beta^{r-1} = \frac{1}{(1-\beta)^2}$$

$$\underbrace{(1-\beta)\sum_{1}^{\infty} r\beta^{r-1}}_{ARL} = \frac{1}{1-\beta} \quad \Rightarrow \quad \boxed{ARL = \frac{1}{1-\beta}}$$

(Ma la somma delle probabilità di accorgersi della deriva all'estrazione di ogni campione è $= 1$?

$(1-\beta) + \beta(1-\beta) + \beta^2(1-\beta) + \dots + \beta^{r-1}(1-\beta) =$?

$\underbrace{\left(\sum_{0}^{\infty} \beta^r\right)}_{\text{serie geometrica}}(1-\beta) = \cancel{(1-\beta)} \cdot \frac{1}{\cancel{1-\beta}} = 1$)



$ARL_0 \rightarrow$ se il processo è fermo, non deriva

$$ARL_0 = \frac{1}{\alpha} \Leftarrow$$

α ci sono le code fuori perchè i limiti sono calcolati con L

In particolare con $\boxed{L = 3} \rightarrow \boxed{ARL_0 \cong 370 \text{ campioni}}$ ($\alpha = 2,7$ per mille)

Il sistema è tanto più buono quanto più ARL_0 è elevato.

~~ARL0 che~~

$ARL_1 = \dfrac{1}{1-\beta}$ $\rightarrow$ si misura quando è avvenuta effettivamente 1 deriva, deve essere il più piccolo possibile perchè se avviene una deriva voglio accorgermene entro un numero più piccolo possibile di campioni

Esempio:

$k = 1,5 \qquad L = 3 \qquad n = 5$

$$\boxed{\begin{array}{l} ARL_0 = 370 \\ ARL_1 = 1,57 \end{array}}$$

Più β è grande, più ARL cresce, più campioni devo utilizzare per vedere la deriva

A volte succede che senza deriva ARL segnala cmq la deriva

Presi 20 punti che P ho di trovarne 1 fuori $\rightarrow$ circa il 5%

19/1/15

INDICATORE Cp

Esempi in cui la dispersione del processo è circa pari alla differenza tra i limiti

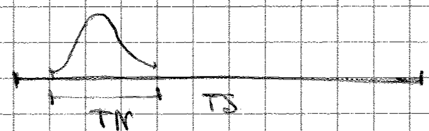
L'indicatore Cp nasce come rapporto tra:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{TS}{TN}$$

TS → tolleranza di specifica
TN → tolleranza naturale

Si spera che Cp sia ≥ 1 — Indica la potenzialità generale del processo

$\boxed{C_p = 10}$ significa che TS è molto più grande di TN:



Abbondare troppo nel valore di Cp significa usare sistemi + raffinati di quello che serve e ciò comporterebbe uno spreco di denaro.

Cp può essere calcolato in maniera stimata quando conosco S:

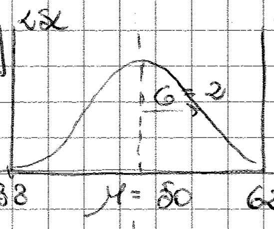
$$\hat{C}_p = \frac{USL - LSL}{S}$$

S → scarto quadratico medio

Questo rapporto fa riferimento alla distribuzione normale ma Cp si può calcolare anche per distribuzioni non normali.

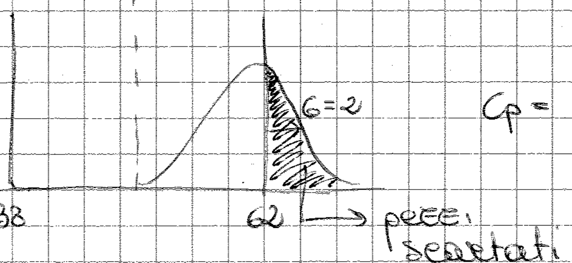
Esempio:

1° CASO



$$C_p = \frac{62-38}{6 \cdot 2} = 2$$

2° CASO



$$C_p = \frac{62-38}{6 \cdot 2} = 2$$

⇒ Cp è sempre lo stesso quindi non è in grado di discriminare la differenza tra le 2 ≠ situazioni: nel 1° caso non ci sono pezzi scartati nel 2° sì

⇒ L'indicatore Cp non basta da solo, bisogna introdurne altri

INDICATORE C_{pkm}

C_{pkm} è calcolato come:

$$\boxed{C_{pkm} = \frac{USL - LSL}{6\tau}}$$

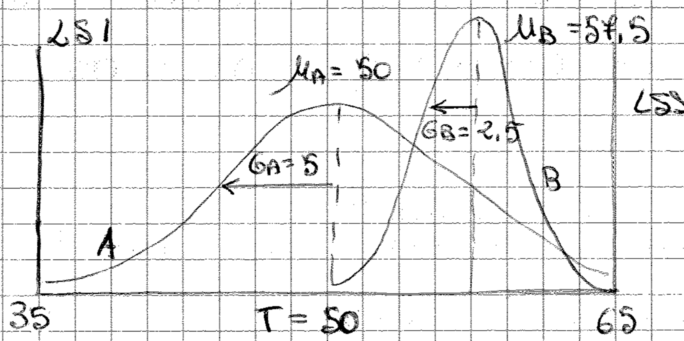
È simile a C_p ma al posto di σ vi è τ che è una sorta di varianza:

$\sigma^2 = E[(x-\mu)^2]$ → distanza rispetto al valore medio

$\boxed{\tau = E[(x-T)^2]}$ → distanza rispetto al valore target

Esempio:

2 processi A e B che hanno qst tipo di distribuzione



$C_p^A = \frac{65-35}{6\cdot 5} = 1$ $\qquad$ $C_p^B = \frac{65-35}{6\cdot 2,5} = 2$

$C_{pk}^A = \min\left(\frac{50-35}{3\cdot 5}; \frac{50-35}{3\cdot 5}\right) = 1$ $\qquad$ $C_{pk}^B = 1$

↳ il processo A usa al massimo le sue potenzialità ($C_p^A = 1$) rispetto invece al processo B.
C_{pk} indica quanto si usano bene le potenzialità del processo.

$\boxed{\tau^2 = \sigma^2 + (\mu - T)^2}$ → Dimostrazione: $\tau^2 = E[(x-T)^2] = E[(x+\mu-\mu-T)^2]$

↳ $$C_{pkm} = \frac{USL-LSL}{6\sqrt{\sigma^2+(\mu-T)^2}} = \underbrace{\frac{USL-LSL}{6\sigma}}_{\to C_p}\cdot\frac{1}{\sqrt{1+\Big(\underbrace{\frac{\mu-T}{\sigma}}_{\to \xi}\Big)^2}}$$

$$\Rightarrow \boxed{C_{pkm} = \frac{C_p}{\sqrt{1+\xi^2}}}$$

Calcoliamo la probabilità che il processo assuma valori < ad LSL o > di USL, cioè calcoliamo la percentuale di non conformi:

$$\% NC^A = \mathbb{P}(X \leq LSL) + \mathbb{P}(X \geq USL)$$

$$= \Phi\left(\frac{LSL-\mu}{\sigma}\right) + 1 - \Phi\left(\frac{USL-\mu}{\sigma}\right)$$

$$= \Phi\left(\frac{70-75}{5}\right) + 1 - \Phi\left(\frac{110-75}{5}\right) = \Phi(-1) + 1 - \underbrace{\Phi(5)}_{1} = \Phi(-1) = 15,8\%$$

$$\% NC^B = 0,1\%$$

Nel caso A, T non è simmetrico rispetto ai valori di specifica, mentre nel caso B T=40 → a metà strada tra LSL e USL.

Questa situazione fa sì che ci sia una grande differenza tra i numeri di non conformi

FORMULARIO INGEGNERIA DELLA QUALITA'

Metodi statistici per il Controllo Qualità

DISTRIBUZIONE DI POISSON

Si utilizza per lo studio di eventi rari (es: num infortuni sul lavoro in 1 settimana, num fermo macchina in un giorno ...) e quando non si ha accesso ai valori N e p ma si possiede un'unica informazione numerica: il parametro λ (es: ho solo il num di difettosi in un giorno)

$$\boxed{\mathbb{P}(x) = e^{-\lambda}\frac{\lambda^x}{x!}}$$

Probabilità che la variabile X assumi il valore $x = 1, 2 ...$

$\lambda \rightarrow$ numero medio di realizzazioni dell'evento nell'intervallo assegnato $\boxed{\lambda > 0}$

$\left.\begin{array}{l}\mu = \lambda \\ \sigma^2 = \lambda\end{array}\right\}$ valor medio e varianza della distribuzione di Poisson

Il num di prove è ∞ e la P di avere x successi decresce al crescere di x.

Qndo n è grande e la prob. di successo p è piccola $\Rightarrow$ la distribuz. binomiale può essere approssimata con Poisson avente media $\lambda = np$. (Se $n \geq 50$ e $p \leq 0,1$)

RELAZIONE DI RICORRENZA PER LA DISTR. DI POISSON

$$\boxed{\mathbb{P}(X = x+1) = \frac{\lambda}{x+1}\,\mathbb{P}(X = x)}$$

Es: $\mathbb{P}(x=0) = e^{-\lambda}$
$\mathbb{P}(x=1) = \lambda\,\mathbb{P}(x=0)$
$\mathbb{P}(x=2) = \frac{\lambda}{2}\,\mathbb{P}(x=1)$

FREQUENZA TEORICA $\quad \mathbb{P}(x)\cdot n$

DISTRIBUZIONE BINOMIALE O DI BERNOULLI

Si usa quando in un esperimento, che consiste nell'eseguire ripetutamente una data prova, si cerca la probabilità di ottenere x successi in n prove. Sono noti n, x e p $\rightarrow$ probabilità di successo uguale per ogni prova. (estrazione con reimissione)

$$\boxed{\mathbb{P}(X = x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}}$$

PROBABILITA' CHE IN n PROVE X ASSUMA IL VALORE x

$n - x \rightarrow$ numero di insuccessi
$1 - p \rightarrow$ probabilità di insuccesso

$\hat{p} = \frac{x}{n}$

$\left.\begin{array}{l}\mu = np \\ \sigma^2 = np(1-p)\end{array}\right\}$ media e varianza di una distr. binomiale con parametri n e p

PROPRIETA':

Es: $n = 4 \quad p = p \quad x = 2$

$\mathbb{P}(x \geq 2) = 1 - [\mathbb{P}(x=0) + \mathbb{P}(x=1)]$
$= \mathbb{P}(x=2) + \mathbb{P}(x=3) + \mathbb{P}(x=4)$

- $\mathbb{P}(X \geq x) = 1 - \mathbb{P}(X \leq x-1)$
- $\mathbb{P}(X < x) = \mathbb{P}(X \leq x-1)$
- $\mathbb{P}(X > x) = 1 - \mathbb{P}(X \leq x)$

Es: $\mathbb{P}(x>2) = 1 - (\mathbb{P}(x=0) + \mathbb{P}(x=1) + \mathbb{P}(x=2))$

RELAZIONE DI RICORRENZA PER LA DISTR. BINOMIALE

$$\boxed{\mathbb{P}(X = x+1) = \frac{n-x}{x+1}\,\frac{p}{1-p}\cdot\mathbb{P}(X = x)}$$

COEFFICIENTI BINOMIALI O COMBINAZIONI

Le combinazioni sono tutti i gruppi di k oggetti che si possono formare da un insieme di n oggetti distinti.

$$\boxed{\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}} = C_{n,x} = \frac{D_{n,x}}{x!}$$

disposizioni semplici senza ripetizioni

$4! = 4\cdot3\cdot2\cdot1$

$\binom{90}{5} = \frac{90\cdot89\cdot88\cdot87\cdot86}{1\cdot2\cdot3\cdot4\cdot5}$

PROPRIETA':

- $0! = 1$
- $\binom{n}{0} = \binom{n}{n} = 1$
- $\binom{n}{x} = 0$ se $x < 0$, $x > n$
- $\binom{n}{1} = n$

LEGGE DI COMPOSIZIONE DELLA VARIANZA

Se 2 variabili casuali sono INDIPENDENTI $\Rightarrow$ la loro covarianza è nulla $\rightarrow$ cov = 0

Se sono DIPENDENTI $\Rightarrow$ alla formula della legge di composizione della varianza bisogna aggiungere la covarianza

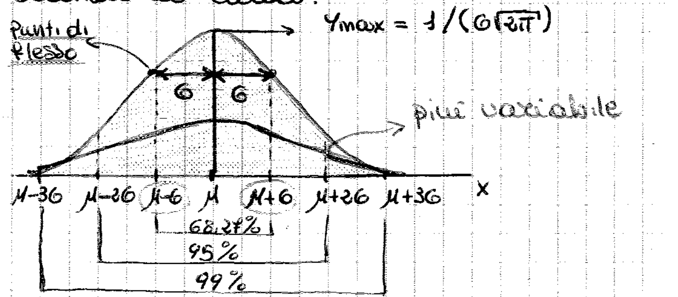
$$\sigma_f^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2\sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2\sigma_y^2 + \underbrace{2\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)\sigma_x\sigma_y}_{\text{COVARIANZA}}$$

...se ... naturali ... $\pm 3\sigma$ ... $(x, y, z) = xyz$ ... variabile

$$\sigma_f = \left(\frac{\partial f(x,y,z)}{\partial x}\right)\sigma_x + \left(\frac{\partial f(x,y,z)}{\partial y}\right)\sigma_y + \left(\frac{\partial f(x,y,z)}{\partial z}\right)\sigma_z$$

DISTRIBUZIONE NORMALE O DI GAUSS

Quando una variabile segue una distribuzione normale significa che si distribuisce secondo la curva:



1

RAGGRUPPAMENTO PER CLASSI

- Individuare il valore max Vmax e il Vmin tra gli n dati
- calcolare il campo di variazione R o range
  ↳ R = Vmax - Vmin
- Calcolare approssimativamente il numero K di classi usando una delle 2 relazioni

$\boxed{K \cong \sqrt{n}}$ oppure $\boxed{K \cong 1 + 3{,}322 \log_{10} n}$

- Per ogni classe si indica la frequenza assoluta: q.nti dati ∈ ad 1 classe.

TEST DI IPOTESI

H_0: ipotesi nulla, si ritiene vera fino a prova contraria. In qst appare sempre l'= (=, ≤, ≥)
H_1: ipotesi alternativa, vera solo se H_0 è falsa. In H_1 viene messo ciò che si spera di poter ottenere. H_0 ha lo scopo di essere screditata.

Conclusioni → se H_0 è rifiutata, H_1 è probabilmente vera;
↳ se H_0 non è rifiutata, i dati non forniscono una sufficiente evidenza per dire che H_1 è vera

Siccome si usano le info di 1 campione per trarre delle conclusioni su un'intera popolazione, si possono commettere 2 tipi di errori:

α: errore di 1° specie, si commette qndo si rifiuta H_0 pur essendo vera → LIVELLO DI SIGNIFICATIVITA'
β: errore di 2° specie, si commette qndo si accetta H_0 pur essendo falsa.
↳ RISCHIO DEL CONSUMATORE

$1-\alpha$: LIVELLO DI CONFIDENZA

Procedimento:

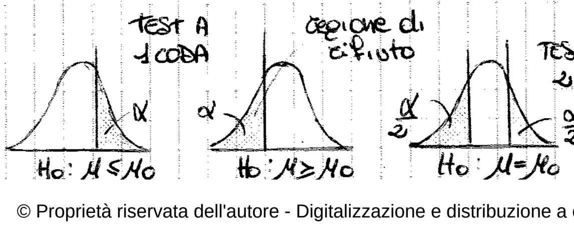
	IPOTESI H_0 vera	H_0 falsa
Rifiuto	$1-\alpha$	$1-\beta$
Accetto	α	β

① Si scelgono H_0 e H_1, qste sono complementari: se considerate insieme, racchiudono tutte le possibilità riguardanti il valore che può assumere il parametro.
② Si sceglie il livello di significatività α a cui si vuole eseguire il test (in genere $\alpha = 1\%$; $\alpha = 5\%$ → siamo fiduciosi al 95% di aver preso la decisione giusta).
③ A seconda di α e del tipo di test (1 coda → regione di rifiuto costituita da 1 intervallo; reg. rif. 2 code → 2 intervalli) si determinano i valori critici (si ricavano dalle tabelle es:

z	0,045
1,6	0,9495

→ tab. ; → $1-\alpha \Rightarrow z_{1-\alpha} = 1{,}645$

④ Si calcola dai dati del campione il valore della statistica test e si vede se appartiene o no alla regione di rifiuto
⑤ Si prende la decisione se rifiutare o no H_0



① Test d'ipotesi sulla media, varianza σ^2 nota

Distribuzione della statistica test: Dist. normale

$$\boxed{z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}}$$

— in genere è dato: bisogna vedere se μ del campione ($\bar{x}$) è ≤ μ_0.

H_0	H_1	RIFIUTARE H_0 se
$\mu = \mu_0$	$\mu \neq \mu_0$	$z < -z_{\alpha/2}$; $z > z_{\alpha/2}$
$\mu \leq \mu_0$	$\mu > \mu_0$	$z > z_\alpha$
$\mu \geq \mu_0$	$\mu < \mu_0$	$z < -z_\alpha$
$\mu = \mu_0$	$\mu > \mu_0$	$z > z_\alpha$

α = 1% → $z_\alpha = 2{,}326$ − $z_\alpha = -2{,}326$
→ $z_{\alpha/2} = 2{,}576$
α = 5% → $z_\alpha = 1{,}645$
→ $z_{\alpha/2} = 1{,}96$

1 popolazione

② Test d'ipotesi sulla media, σ^2 incognita

Dist. statistica test: Dist. t di student, $v = n-1$

$$\boxed{t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}} \rightarrow n < 30 \; ; \; z = \frac{\bar{x} - \mu_0}{S/\sqrt{n}} \rightarrow n \geq 30$$

↳ approssimazione si usa anche t

H_0	H_1	RIFIUTARE H_0 SE
$\mu = \mu_0$	$\mu \neq \mu_0$	$t > t_{\alpha/2,v}$; $t < -t_{\alpha/2,v}$
$\mu \leq \mu_0$	$\mu > \mu_0$	$t > t_{\alpha,v}$
$\mu \geq \mu_0$	$\mu < \mu_0$	

1 popolazione

H_0: $\mu \neq \mu_0$ rifiuto se t non è compreso nell'int $[-t_{\alpha/2,v}; +t_{\alpha/2,v}]$

③ Test d'ipotesi sulla differenza fra 2 medie, σ^2 nota

Viene usato nelle indagini comparative: si hanno 2 campioni n_1 e n_2, aventi μ_1 e μ_2 e σ_1^2 e σ_2^2, di 2 popolazioni diverse.

$$\boxed{z = \frac{(\mu_1 - \mu_2) - d}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}}$$

→ costante specificata, in genere = 0

H_0	se d=0	H_1(d=0)	RIFIUTARE H_0
$\mu_1 - \mu_2 \leq d$	→ $\mu_1 \leq \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$z > z_\alpha$
$\mu_1 - \mu_2 \geq d$	→ $\mu_1 \geq \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$z < -z_\alpha$
$\mu_1 - \mu_2 = d$	→ $\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 \neq \mu_2$	$z < -z_{\alpha/2}$, $z > z_{\alpha/2}$

④ Test d'ipotesi sulla differenza fra 2 medie σ^2 incognita

2 campioni n_1, n_2 estratti da 2 ≠ popolazioni normali con varianze incognite.

$$\boxed{t = \frac{\mu_1 - \mu_2 - d}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (y_{1i} - \mu_1)^2}{n_1 - 1}$$

$v = n_1 + n_2 - 2$

H_0	se d=0	H_1(d=0)	RIFIUTARE H_0
$\mu_1 = \mu_2 + S$	→ $\mu_1 = \mu_2$	$\mu_1 \neq \mu_2$	$t < -t_{\alpha/2}$; $t > t_{\alpha/2}$
$\mu_1 \leq \mu_2 + S$	→ $\mu_1 \leq \mu_2$	$\mu_1 > \mu_2$	$t > t_\alpha$, v
$\mu_1 \geq \mu_2 + S$	→ $\mu_1 \geq \mu_2$	$\mu_1 < \mu_2$	$t < -t_\alpha$, v
$\mu_1 = \mu_2$		$\mu_1 < \mu_2$	

l'intervallo di confidenza della varianza di una distribuzione normale è:

$$\boxed{\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{\frac{\alpha}{2};n-1}} \le \sigma^2 \le \frac{(n-1)S^2}{\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2};n-1}}}$$

$\boxed{N.B}$: Calcolando l'intervallo di confidenza si può più capire se Ho può essere rifiutato o no:
Se $H_0: \mu = \mu_0$ e μ_0 non è compreso nell'intervallo di confidenza (calcolato con lo stesso α del test) ⇒ è più evidente che Ho dovrà essere rifiutata!

⑧ Test su una proporzione della popolazione

Verifica l'ipotesi che la proporzione p di 1 popolazione sia = a un valore standard p_0. n = num campione, x = elementi nel campione e alla classe associata a p → Es: p = frazione non conformi, x = elementi difettosi nel campione

$$\boxed{z = \frac{(x \pm 0,5) - np_0}{\sqrt{np_0(1-p_0)}}} \begin{cases} \to + \text{ se } x < np_0 \\ \to - \text{ se } x > np_0 \end{cases}$$

Ho	H1	RIFIUTO Ho SE
$p = p_0$	$p \neq p_0$	z non ∈ all'intervallo $[-z_{\alpha/2}; z_{\alpha/2}]$

↳ come test ①

Intervallo di confidenza: $\hat{p} = x/n$

$$\hat{p} - z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}} \le p \le \hat{p} + z_{\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$$

DISTRIBUZIONE CONTINUA → la variabile casuale può assumere qualunque valore su una scala continua (Es: diametro = 3; 4,5; ...)

→ DISTRIBUZIONE NORMALE

→ DISTRIBUZIONE ESPONENZIALE → $\boxed{f(x) = \lambda e^{-\lambda x}}$ $\boxed{\mu = \frac{1}{\lambda} \quad \sigma^2 = \frac{1}{\lambda^2}}$

DISTRIBUZIONE DISCRETA → Quando il parametro da misurare può assumere solo determinati valori, come gli interi (Es: num difettosi: 1; 2; 3; ...)

→ DISTRIBUZIONE IPERGEOMETRICA → estrazione di un campione casuale n senza rimessa da 1 popolazione finita (lotto) N.

↳ $\boxed{p(x) = \frac{\binom{D}{x}\binom{N-D}{n-x}}{\binom{N}{n}}}$

D = num elementi di interesse presenti (es: num difettosi in N)
N = popolazione
n = elementi campione
x = variabile (es: num difettosi nel campione)

$$\boxed{\mu = \frac{nD}{N} \qquad \sigma^2 = \frac{nD}{N}\left(1 - \frac{D}{N}\right)\left(\frac{N-n}{N-1}\right)}$$

→ DISTRIBUZIONE DI POISSON → approssima ogni fenomeno casuale che avviene in 1 unità (di spazio, di volume, di tempo ecc) (Es: num di difetti in 1 unità di prodotto).

→ DISTRIBUZIONE BINOMIALE → è adatta per il campionamento su una popolazione di ampiezza infinita, dove p è la frazione di elementi non conformi nella popolazione. Estrazione con reimmissione.

APPROSSIMAZIONI:

- $\frac{n}{N} \le 0,1$ ⇒ Approssimo la distribuz. ipergeometrica con la binomiale
- $\frac{n}{N}$ 0,1 e $p < 0,1$ ⇒ Approssimo la binomiale con Poisson
  ↳ n è grande ($n \ge 50$)
- $p \cong 0,5$ e $n > 10$ ⇒ Approssimo la binomiale con la normale
  ↳ oppure per altri valori di p, n deve essere + grande.

Scale di Misura

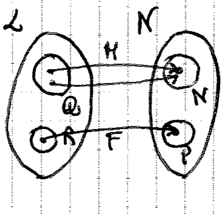
TEORIA RAPPRESENTAZIONALE DELLA MISURAZIONE

La misurazione è un'operazione empirica che consiste nell'assegnazione di valori numerici alle manifestazioni di una proprietà, è un OMOMORFISMO del sistema relazionale empirico ($\mathcal{L} = \langle Q, R \rangle$) su quello numerico ($N = \langle N, P \rangle$)

Condizione di rappresentazione:

$\mathcal{L} = \langle Q, R \rangle$ → Q = insieme delle manifestazioni
→ $R = \langle \sim, <, \circ \rangle$ insieme delle relazioni empiriche

$N = \langle N, P \rangle$ → N = insieme di numeri
→ $P = \langle =, \leq, + \rangle$ insieme delle relazioni che qualificano i numeri



OMOMORFISMO: $\boxed{H: Q \to N}$
↳ + elementi empirici corrispondono ad 1 elemento numerico

ISOMORFISMO: $\boxed{F: R \to P}$
↳ ad ogni elemento empirico corrisponde 1 solo elemento numerico.

Condizione di unicità: dato un sistema empirico, esistono più condizioni di rappresentazione, esistono cioè più relazioni H che sono tra loro equivalenti. Per passare da una condizione H ad una condizione H' si utilizzano le funzioni di trasformazione, che permettono di definire le scale di misura.

TEORIA DEL SIGNIFICATO

Un enunciato è significativo se la sua verità (o falsità) rimane inalterata a seguito di una trasformazione di scala.

SCALE DI MISURAZIONE

TIPI DI SCALA	TRASFORMAZIONI AMMISSIBILI	RELAZIONE EMPIRICA	ESEMPI
Nominale	tutte	equivalenza / non equi.	Maglie giocatori
Ordinale	$\phi(x) = f_1(x)$ funz. crescente $= x^{1/2}$ (conteggi, somme) $= x^{4}$ (media)	= / ≷, non indica di quanto sono ≷	Durezza Mohs e HRB Qualità aria num civici
Intervallo	Lineare: $\phi(x) = \alpha x + \beta$	= / ≠ / ≷ / distanza tra le categorie / combinazione	Temperatura °C, °F Tempo (calend.)
Rapporto	Similitudine $\phi(x) = \alpha x$ Lineare ...	= / ≷ / distanza / rapporto	Massa, Tempo (intervalli), Temperat. Kelvin, sonorità, lucentezza

↓ Dalla più povera di relazioni empiriche alla più severa

↑ Dalla scala che ammette più trasformazioni di scala

Esempi:

- Normalizzazione: $y = \dfrac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$ rapporto o intervallo?

rapporto → Similitudine: $\phi(x) = \alpha x$

attenzione! $y = (x - x_{min})/(x_{max} - x_{min})$ nasce dalla proporzione: $y - 0 : x - x_{min} = 1 - 0 : x_{max} - x_{min}$

$$\Rightarrow \frac{\alpha_y (y-0)}{\alpha_y (1-0)} = \frac{\alpha_x (x - x_{min})}{\alpha_x (x_{max} - x_{min})} \Rightarrow \text{scala rapporto}$$

Su scala nominale la MEDIA non è un indice di tendenza centrale, mentre lo è la MODA

Le scale di intervallo non hanno lo zero assoluto ⇒ è falso l'enunciato $x_A = 2 x_B$ mentre è vera la media

Metodi di classificazione a confronto:

Dato 1 obiettivo di rappresentazione, non esiste 1 unica condizione di rappresentazione, quindi non c'è un metodo migliore di un altro, dipende da quale è il nostro obiettivo e da quali aspetti si vogliono mettere in evidenza.

© Proprietà riservata dell'autore - Digitalizzazione e distribuzione a cura del CENTRO APPUNTI - Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino / Pagina 231 di 294

INDICATORI

INDICATORE HDI

Quantifica lo sviluppo umano di un Paese.
Usi: → classificare le regioni in base al livello di sviluppo
→ pianificare lo sviluppo
→ indirizzare i sussidi ai Paesi più poveri
È la media di 3 indicatori:

① Indicatore di speranza di vita:

$$LEI = \frac{\text{Aspettativa di vita alla nascita} - 25}{85-25} \in [0,1]$$

② Indicatore di istruzione

$$EAI = \frac{2ALI + ERI}{3}$$ → ALI = tasso alfabetiz. adulta /100
→ ERI = rapporto iscrizioni /100

③ Indicatore di PIL

- Formula di Atkinson

$$W(y) \begin{cases} y & \text{se } 0<y<y^* \\ y^*+2[(y-y^*)^{1/2}] & y^*<y<2y^* \\ y^*+2(y^*)^{1/2}+3[y-2y^*]^{1/3} & 2y^*\le y\le 3y^* \\ y^*+2(y^*)^{1/2}+3(y^*)^{1/3}+\dots+n[y-(n-1)y^*]^{1/n} & (n-1)y^*\le y\le ny^* \end{cases}$$

$$GDPI = \frac{W(y) - W(100)}{W(40000) - W(100)}$$
y = reddito pro capite
$W(y)$ = reddito adattato
y^* = media annua mondiale

'94: $y^* = 5835$ \$
$W(40000) = 6154$ → reddito max percepibile
$W(100) = 100$ → reddito min percepibile

Difetto: I parametri variano di anno in anno: non è possibile fare un confronto diretto

⇒ - Logaritmo: $$GDPI = \frac{\log(GDP\ \text{pro-capite}) - \log 100}{\log 40000 - \log 100}$$

N.B: Passando da un algoritmo di adattamento del reddito all'altro possono cambiare le posizioni di alcuni paesi (che si trovano ai margini di una categoria) dal punto di vista dello sviluppo

$$\boxed{HDI = \frac{LEI + EAI + GDPI}{3}}$$

Caratteristiche:

- NORMALIZZAZIONE DELLA SCALA: la scelta dei valori limiti è arbitraria ma non esente da conseguenze. Esistono diverse forme di normalizzazione:

① $y = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$ ② $y = \frac{x_i}{x_{max}}$ → solo se x è su una scala di rapporto

*③ $y = \frac{x_i}{\sum_j (x_i)_j}$ ④ $y = \frac{x_i}{\sqrt{\sum_j (x_i^2)_j}}$

- INDIPENDENZA DEGLI INDICATORI: la normalizzazione ② fornisce valori indipendenti dagli altri, la ③ fornisce valori dipendenti gli uni dagli altri. The Shanghai ranking usa la normalizzazione ②: se si cambia il valore max, l'unica posizione che non cambia è quella dell'università con valore max, le altre che hanno lo stesso valore di prima, cambiano posizione.

- PROPRIETÀ DI COMPENSAZIONE: se un indicatore (ALI, LEI, EAI o GDPI) assume un valore basso, questo viene compensato dai valori degli altri indicatori.

- TASSO DI SOSTITUZIONE: arbitrariamente è stato deciso di non considerare un adattamento per gli indicatori LEI ed EAI. Il risultato è che, ad esempio, l'aumento di 1 anno della vita in un Paese in cui l'aspettativa è di 30 anni non è paragonabile ad 1 anno in un Paese con aspettativa di 80. 1: perdita di 1 anno a Cipro è compensata da ΔGDP = 23084 \$, in Chad ΔGDP = 100,9 \$

NB: In generale, il rapporto tra 2 grandezze non è = al rapporto tra le 2 grandezze normalizzate.

INDICE ATMO

È un indicatore della qualità dell'aria. È basato sulla concentrazione di 4 elementi inquinanti a cui sono associati degli indici espressi su una scala da 1 a 10.

$$\boxed{ATMO = \max\{I_{NO_2}, I_{SO_2}, I_{O_3}, I_{PM10}\}}$$

Inquinante	NO_2	O_3	SO_2	PM10	
livello	2	3	2	8	⇒ ATMO = 8

Proprietà

- DI MONOTONIA: non è in grado di discriminare tra 2 situazioni diverse xchè non gode della proprietà di monotonia: se anche O_3 è pari a 8, l'indice di ATMO resta = 8.

- DI NON COMPENSAZIONE: se vi è un valore tra i 4 molto elevato, questo non viene compensato dai valori degli altri indicatori più bassi.

Assunzione: si assume che ci sia 1 inquinante alla volta e che siano indipendenti l'uno dall'altro.

INDICE h (Hirsch)

Uno scienziato ha indice h se h dei suoi Np lavori hanno almeno h citazioni

- le pubblicazioni vengono ordinate da quella con più citazioni a quella meno e numerate
- Quando il numero d'ordine < del numero di citazioni ci si ferma → indice h

Limitazioni:

- Non sempre riesce a descrivere l'importanza di uno scienziato: uno scienziato con una carriera breve è penalizzato
- Perde la proprietà di consistenza

7

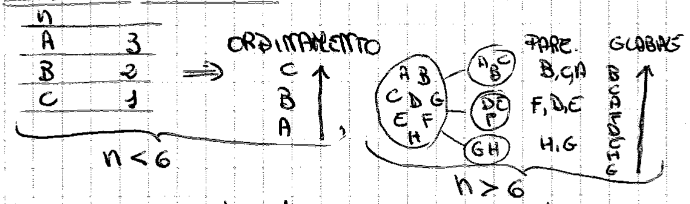
Tecniche di misurazione nelle scienze cognitive

Scale per la misurazione dell'atteggiamento:

SCALE SINGLE - ITEM → 1 voce, 1 scala

① SCALE DI CLASSI NOMINALI, per giudicare l'oggetto, l'intervistato deve scegliere 1 sola alternativa o classe.
RELAZIONE TRA LE CLASSI: non coincidenza

② SCALE DI CLASSI ORDINATE, (rank-order scale)
il soggetto attribuisce ad ogni oggetto un ordinamento secondo le proprie preferenze.
Se gli oggetti sono >6 => si raggruppano gli oggetti in sottoinsiemi, si ordinano i sottoinsiemi (ordinamento parziale) e poi si uniscono gli ordinamenti creando un ordinamento globale
RELAZIONE TRA CLASSI: ordinamento, non coincid.



VANTAGGI → semplici da usare e presentare
→ veloci da gestire
SVANTAGGI → fornisce informazioni parziali
→ se n>6, l'ordinamento globale può non essere effettivo xchè derivante dal parziale

③ SCALE PER LA COMPARAZIONE A COPPIE. Gli oggetti vengono confrontati a 2 a 2 e si indica a quale dei 2 va la preferenza. Ci sono + metodi:
- COMPARAZIONE A COPPIE SEMPLICE: coppia i,k: il soggetto assegna 1 se i>k, 0 altrimenti.
- COMPARAZIONE A COPPIE A SOMMA COSTANTE: 100 punti da dividere tra le 2 alternative
- COMPARAZIONE A COPPIE A SOMMA NON COSTANTE: si valutano gli oggetti con 1 scala da 1 a 100 punti la somma x le coppie non è costante

RELAZIONE TRA CLASSI: distanza, ordin, non coinc.

VANTAGGI → poche informazioni trattate in ogni comparazione
→ è facile esprimere giudizi in termini relativi
→ esistono tecniche di scaling per portare i dati su scala ordinale o di intervallo
SVANTAGGI → gli elementi a confronto devono essere <10
→ l'ordine del confronto può alterare i risultati
→ sono meno efficienti delle rating

④ SCALE RATING, possono essere:
- CONTINUE: retta continua sulla quale il soggetto esprime il suo giudizio con un segno
- DISCRETA: è costituita da un insieme di categorie
- VERBALE: alle categorie vengono associate delle etichette che indicano il livello di prestazione.
Per progettarla bisogna tener conto di ≠ elementi:
  - Numero categorie della scala (in genere 5o7)
  - Numero pari o dispari di categorie: 3 casi:
    - scelta forzata: se pari, non c'è la categoria neutra
    - presenza di 1 punto neutro: categ. dispari
    - categoria non so
  - Numero di etichette da inserire
  - Assegnazione di numeri alle categorie
  - Bilanciamento tra categorie favorevoli e non favorevoli
- GRAFICA: continue o a ideogrammi

RELAZIONI TRA CLASSI: proprietà ordinali, di intervallo o di rapporto

VANTAGGI → versatilità di impiego
→ qualità delle informazioni
→ semplicità con cui i soggetti rispondono

SCALE MULTI - ITEM → più voci, più scale

① SCALE LIKERT, analizzano 1 solo oggetto proponendo + item riferiti ad esso, ciascuno accompagnato da una scala ad elenco composta da 5/7 categorie etichettate con solo etichette che indicano il livello di accordo o disaccordo verso l'item.

VANTAGGI → con + item è possibile capire se il soggetto è coerente
→ è facile e misura l'intensità dell'atteggiamento verso gli item
→ le preferenze sono espresse in termini ordinali
SVANTAGGI → l'efficacia della scala dipende fortemente da come sono stati selezionati gli item

② SCALE DEL DIFFERENZIALE SEMANTICO, scale ad n punti (in genere 7) ai cui estremi sono indicati 2 aggettivi o 2 affermazioni riferite all'oggetto da valutare. Per effettuare l'analisi aggregata dei dati, si riportano le valutazioni di + soggetti e per ogni soggetto si uniscono i punti indicanti la sua valutazione per ogni attributo del prodotto. Delineando così i profili si possono suddividere le varie tipologie di clienti.
RELAZIONI TRA CLASSI: ordinamento, intervallo

(COMODO) ▭ ▭ ▭ ▭ ▭ (SCOMODO)

③ SCALE DI STAPEL, sono scale a 10 o 6 punti con un unico aggettivo che qualifica la scala e il soggetto deve indicare quanto l'aggettivo qualifica l'oggetto. Sono una variante delle scale del differenziale semantico.

| -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | ~~1~~ | 2 | 3 | 4 | 5 | COMODO

TECNICHE DI SCALING

Le valutazioni raccolte dalle scale vengono convertite in dati numerici in modo da poterli analizzare ed elaborare. I dati ottenuti dalle scale nominali non possono essere sottoposti a nessun operazione di scaling.

Tecniche di scaling per la comparazione a coppie

Utilizzano i dati raccolti con il metodo delle scale per la comparazione a coppie. Ci sono diverse tecniche di scaling utilizzabili:

7) Dall'insieme di item di partenza, ne viene selezionata una parte in modo da realizzare 1 scala di elementi equispaziati. Vengono eliminati gli item:
- ad elevata dispersione Q; minore e la dispersione, maggiore è il num di persone che valuta l'item allo stesso modo quindi l'item è ben formulato
- con valutazione ambigua – confusi
- doppioni

La scala costruita contiene 20-22 voci

FASE II: USO DELLA SCALA PER MISURARE L'ATTEGGIAMENTO

1) Gli item selezionati vengono assegnati in ordine casuale ai soggetti ai quali viene chiesto di individuare quelli con cui essi concordano
2) Ogni item ha un valore di scala, quindi si calcola il valore medio dei valori di scala associati agli item scelti dal soggetto. La media indica la misura dell'atteggiamento.

VANTAGGI → se si aggiunge 1 nuovo stimolo non bisogna rifare la scala
→ è semplice da gestire e da usare
→ si possono inserire nella scala item ridondanti
SVANTAGGI → richiede tempi lunghi ed elevati cost.

TECNICA DEGLI INTERVALLI SUCCESSIVI (SI)

Permette di costruire una scala di intervallo lineare

FASE I: COSTRUZIONE DELLA SCALA

1) Generazione degli item come nella tecnica EAI
2) Costruzione di una tabella per ogni item in cui vengono riportati i valori della frequenza F, proporzioni P e cumulate Pc associate ad ogni categoria k della scala
3) Dalle proporzioni cumulate Pc si calcola la matrice E → $P(E_{ik}) = P_{cik}$ → E → tabella
→ $P(E_{ik}) = 1 - P_{cik}$ → E → tabella
→ se $P_{cik} < 0,5$ (come punto 3 Pc)
→ Se $P_c < 0,02$ o $P_c > 0,98$ ⇒ si escludono i corrispondenti valori di E
4) Si costruisce la matrice degli intervalli tra le categorie:

$$(W_{k,k-1})_i = E_{k,i} - E_{k-1,i}$$ Ampiezza degli intervalli tra le categorie adiacenti

5) Si sommano tutte le colonne e le somme si dividono per il numero di elementi presenti nella colonna in modo da calcolare così il valore medio

$$\overline{W}_{k,k-1} = \frac{\Sigma (W_{k,k-1})_i}{n}$$

6) Si associano dei valori numerici alle categorie:

Esempio: 5 item (A,B,C,D,E), K=8

3) MATRICE E

	1	2	3	4	5	6	7	8
A	-	-1,83	-1,34	-1,04	-0,58	0,1	0,97	1,86
B	-	-	-	-	-1,83	-1,13	0,18	1,56
C	-	-1,48	-0,74	-0,33	0,13	0,88	1,48	2,06
D	-1,75	-1,13	-0,55	-0,1	0,55	1,04	1,65	1,83
E	-2,05	-1,08	-0,47	-0,03	0,2	0,64	1,08	1,75

→ siccome la cumulata della categoria 9 è tutta uguale a 1 ⇒ passando a E si perde l'ultima categoria

4) MATRICE DEGLI INTERVALLI TRA LE CATEGORIE

	2-1	3-2	4-3	5-4	6-5	7-6	8-7
A	-	0,54	0,30	0,45	0,68	0,89	0,89
B	-	-	-	-	0,75	1,30	1,38
C	-	0,74	0,41	0,46	0,75	0,60	0,58
D	0,62	0,57	0,45	0,65	0,48	0,61	0,24
E	0,97	0,61	0,5	0,18	0,44	0,44	0,67
Σ	1,6	2,46	1,66	1,74	3,10	3,84	3,76
N°	2	4	4	4	5	5	5
$\overline{W}_k$	0,8	0,61	0,42	0,43	0,62	0,77	0,75
VA	0,8	1,41	1,83	2,26	2,88	3,65	4,4

5) 6)

$(W_{2-1})_A = (E_2 - E_1)_A$ $(W_{2-1})_D = (E_2 - E_1)_D = -1,13 + 1,75$

VA_{2-1} = valore associato alla categoria = $\overline{W}_{k\,2-1} = 0,8$

$VA_{3-2} = VA_{2-1} + \overline{W}_{k\,3-2} = 0,8 + 0,61 = 1,41$ - - -

7) Si calcolano i valori mediani per tutti gli item considerando che, a differenza del metodo EAI, $i \neq 1$:

$$S_i = e + \left(\frac{0,5 - P_{c<0,5}}{P_w} \right) \overline{W}_k$$

Esempio: cat. precedente; valori dalla matrice delle cumulate Pc

$S_A = 2,26 + \frac{0,5 - 0,28}{0,54 - 0,28} \, 0,62 = \boxed{2,78}$ $S_C = \boxed{2,14}$

$S_E = \boxed{1,81}$

$S_B = 2,22 + \frac{0,5 - 0,13}{0,55 - 0,37} \cdot 0,77 = \boxed{3,53}$ $S_D = \boxed{1,90}$

8) Come nel metodo EAI vengono eliminati gli item che hanno una valutazione ambigua o un'elevata dispersione Q e viene creata una scala di 20-22 voci. Es:

ITEM	E	D	C	A	B
MEDIANA	1,81	1,9	2,14	2,78	3,53

FASE II: MISURAZIONE DELL'ATTEGGIAMENTO

Il procedimento è lo stesso che con la tecnica EAI

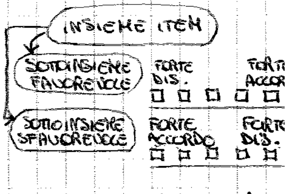
Esempio: Supponendo che tutti e 5 gli item vengano selezionati nella FASE I, se 1 soggetto individua gli item D e C nella fase II, il valore medio che identifica il suo atteggiamento è $(S_D + S_C)/2 = \boxed{2,02}$

VANTAGGI → essendo i dati espressi su una scala lineare di intervallo si possono fare operazioni matematiche
→ si possono aggiungere nuovi item senza rifare la scala

METODO DI LIKERT O DELLE VALUTAZIONI SOMMATE

Semplifica le tecniche EAI e SI: non prevede una vera e propria costruzione della scala.

1) Generazione degli item
2) Suddivisione degli item di partenza in 2 sottoinsiemi della stessa numerosità: item favorevoli e item sfavorevoli



3) valutazione preliminare degli item da parte dei soggetti: ai soggetti viene dato l'insieme di item favorevoli e sfavorevoli in ordine casuale, ad ogni item è associata una scala a categorie elencate ⇒ non è necessario costruire 1 scala come con il metodo EAI o SI si usa una scala precostituita da 1 a 5
→ per gli item favorevoli → da forte disaccordo a forte accordo
→ per gli item sfavorevoli → da forte accordo a forte disaccordo 1

Schema Tecniche di Scaling

SCALING ORDINAMENTO

1. MATRICE DELLE FREQUENZE $f_{i,k}$
2. MATRICE BINARIA A

	OGGETTI A CONFRONTO
OGG. A CONFR.	• $a_{i,k} = 1$ se $f_{ik} > N/2$ • $a_{i,k} = 0$ se $f_{ik} \leq N/2$ • Diagonale principale –

3. SOMMA PER RIGHE DELLA MATRICE A E ORDINAMENTO DELLE ALTERNATIVE DAL MAGGIORE AL MINORE (0 X COLONNE)

Oppure:

2. MATRICE DELLE PROPORZIONI P

$P_{i,k} = f_{ik}/N$

3. MATRICE BINARIA A → $a_{ik} = 0$ se $P_{ik} \leq 0.5$; $a_{ik} = 1$ se $P_{ik} > 0.5$
4. come 3

TECNICA COMPARAZIONE A COPPIE PC

Comparazione a coppie a somma costante

Valutazioni di più soggetti:

1. MATRICE DELLE FREQUENZE F ↓ somma delle matrici individuali

	Alternative
Alternative	$f_{ii} = N/2$ $f_{ik} = N - f_{ki}$

2. MATRICE DELLE PROPORZIONI P

	Alternative
Alternative	$P_{ik} = \frac{f_{ik}}{N}$

È una misura di quanto lo stimolo i sia inferiore / equivalente / superiore a k. $P_{ik} > 0.5 \rightarrow i > k$

!! 1° riga e 1° colonna devono esserci i valori del servizio più bassi (il servizio - valutato)

3. MATRICE E *

	Alternative
Alternative	Se $1 - P_{ik} \geq 0.5 \Rightarrow 1 - P_{ik} = \Phi(E_{ik})$ $\quad E_{ik} = \Phi^{-1}(E_{ik})$ $1 - P_{ik} < 0.5 \Rightarrow 1 - (1 - P_{ik}) = \Phi(E_{ik})$ $\quad E_{ik} = -\Phi^{-1}(E_{ik})$ Si escludono i valori associati a $P_{ik} < 0{,}02$ e $P_{ik} > 0{,}98$
4	
5	Gli 0 della diagonale si contano come elementi
6	$M_i = \Sigma$ colonna / Num elementi colonna
7	$M_1' = 0 \quad M_2' = M_1 + D_{21} \quad M_3' = M_2 + D_{32} \quad M_k' = M_{k-1} + D_{k(k-1)}$

I valori sotto la diagonale principale (= a 0) sono tutti con segno –

4. Σ colonne
5. NUM ELEMENTI COLONNA
6. VALORI DI SCALA
7. VALORI DI SCALA TRASLAT. ↳ scala lineare di intervallo

$D_{21} = M_2 - M_1$ da scala ordinale a →

Es: $M_2 = 0{,}05$ $M_1 = -0{,}59 \Rightarrow D_{21} = 0{,}05 - (-0{,}59)$

Valutazioni di 1 soggetto:

1. MATRICE INDIVIDUALE

	Alternative
Alternative	Diagonale pr. – $b_{i,k}$ = punteggi attribuiti dal sogg. nella compar.

2. MATRICE BINARIA A

	Alternative
Alternative	$a_{ik} = 1$ se $b_{ik} > \frac{S}{2}$ $a_{ik} = 0$ se $b_{ik} < \frac{S}{2}$

S = somma costante dei punti da attribuire alle 2 alternative

3. SOMMA RIGHE MATRICE A e ORDINAMENTO DELLE ALTERNATIVE DAL MAX al MIN ↳ 0 COLONNE

TECNICA DEGLI INTERVALLI SUCCESSIVI SI

Introdotta per superare il limite della EAI dell'equispaziatura: ammette differenze nelle ampiezze

1) MATRICE DELLE FREQUENZE F

categorie della scala k

item i: $f_{i,k}$

2) MATRICE DELLE PROPORZIONI P

categorie della scala k

item i: $P_{i,k} = \frac{f_{i,k}}{N}$

2) MATRICE DELLE PROPORZIONI CUMULATE

categorie della scala k

item i: $Pc_{1,1} = P_{1,1}$ $\quad Pc_{1,2} = Pc_{1,1} + P_{1,2}$

3) MATRICE E (escludendo $Pc < 0,02$ e $Pc > 0,98$)

categorie della scala k

item i:

Se → $Pc_{ik} > 0,5 \Rightarrow \Phi(E_{ik}) = Pc_{ik} \rightarrow E_{ik} = \Phi^{-1}(E)$

→ $Pc_{ik} < 0,5 \Rightarrow \Phi(E_{ik}) = 1 - Pc_{ik} \rightarrow E = -\Phi^{-1}(E$

4) MATRICE DEGLI INTERVALLI TRA LE CATEGORIE

Intervalli tra le categorie

2-1	3-2	4-3	----	k, k-1
$(W_{2-1})_1 = E_{1,2} - E_{1,1}$ $(W_{3-2})_1 = E_{1,3} - E_{1,2}$ → item 1				–
Σ colonna				
# elementi				
$\overline{W}_{k,k-1} = \Sigma$ colonna / #				
$VA_{2-1} = \overline{W}_{2-1}$	$VA_{3-2} = VA_{2-1} + \overline{W}_{3-2}$			

→ si calcola come le cumulate

i trattini non si conteggiano come elementi sulla colonna e non consentono di calcolare l'intervallo (derivano dai trattini nella E)
→ o cumulate e $Pc < 0,02$ e $Pc > 0,98$)

SOMMA ELEMENTI IN COLONNA
NUMERO ELEMENTI PRESENTI IN COLONNA
VALOR MEDIO $\overline{W}_{k,k-1}$
VALORI ASSOCIATI ALLE CATEGORIE VA

5) INDICI STATISTICI

$$S_i = \ell_{<0,5} + \left(\frac{0,5 - Pc_{<0,5}}{Pc_{>0,5} - Pc_{<0,5}}\right) \overline{W}_{k,k-1}$$

→ VA alla categoria precedente a quella in cui cade 0,5

→ ampiezza dell'intervallo in cui cade la mediana

$$Q_i = \ell_{<0,75} + \left(\frac{0,75 - Pc_{<0,75}}{Pc_{>0,75} - Pc_{<0,75}}\right) \overline{W}_{k,k-1_{0,75}} - \ell_{<0,25} - \left(\frac{0,25 - Pc_{<0,25}}{Pc_{>0,25} - Pc_{<0,25}}\right) \overline{W}_{k,k-1,0,25}$$

Quality Function Deployment

STRUMENTI DI SUPPORTO

PROCESSO INNOVATIVO: Tramite gli strumenti di indagine l'impresa carpisce le esigenze del mercato, che si esprime tramite Qualità attese QA. L'impresa, invece, comunica con il mercato attraverso la Qualità offerta QO. QA e QO si confrontano ed il confronto genera un differenziale dQ, il cui segno varia se il mercato è in anticipo o in ritardo rispetto alla QO. • Se QO < QA => l'impresa può usare 2 leve per recuperare

↳ leva interna → migliora il prodotto → migliora QO
↳ leva esterna → con la pubblicità migliora la qualità percepita QP, che a sua volta modifica QA

• Se QO > QA => il mercato non è pronto, rifiuta il prodotto che esce dal mercato.

Dal punto di vista degli strumenti utilizzati, un'impresa può essere rappresentata attraverso 2 insiemi → LEAN PRODUCTION → produzione
↳ CONCURRENT ENGINEERING → progettazione → QFD

IMPOSTAZIONE DEI PROGETTI: IERI
- l'impostazione del progetto era affidata al Project Leader
- tempi, modi e criteri di sviluppo non erano conosciuti in anticipo
- l'impostazione del progetto avveniva per analogia, cioè usando metodi già utilizzati in passato per progetti simili.

IMPOSTAZIONE DEI PROGETTI: OGGI
Per risolvere i problemi derivanti dall'impostazione dei progetti iniziale, si utilizzano degli strumenti che permettono di codificare in modo organizzato le fasi preliminari di impostazione dei progetti. Lo strumento più importante è il QFD.
Le attività che accompagnano lo sviluppo di un prodotto sono:

1. Analisi dei bisogni del mercato e definizione dei requisiti del prodotto
2. Analisi funzionale (esplicitare le funzioni del prodotto e le caratteristiche tecniche)
3. Individuazione delle attività progettuali e delle responsabilità interne ed esterne
4. Progetto preliminare (verifiche fattibilità nel rispetto delle specifiche)
5. Scelta della soluzione ed ottimizzazione dei parametri tecnici di progetto
6. Analisi di fabbricabilità (definizione processo produttivo e valutazione tecnico-economica)
7. Riesame del progetto (eliminazione eventuali problemi in produzione e commercializzazione)
8. Progettazione di dettaglio (dei singoli componenti e dei documenti)
9. Ingegnerizzazione (verifica delle specifiche, riduzione num componenti e standardizzazione...)
10. Qualifica del progetto (realizzazione prototipi e verifica risultati)
11. Gestione delle modifiche e aggiornamento del progetto

Il QFD è uno strumento che permette di comunicare con il mercato, ha un ruolo chiave nell'analisi del mercato e nella definizione dei requisiti.
Le aziende, appartenenti a diversi settori merceologici, che sono passate dai metodi tradizionali all'utilizzo del QFD hanno diminuito notevolmente sia i tempi di sviluppo dei propri progetti sia il numero di modifiche a ridosso del avvio di produzione: con il QFD la maggior parte delle modifiche vengono effettuate all'inizio dello sviluppo del prodotto e andando avanti nel tempo si riducono sempre di più; con i metodi tradizionali avviene il contrario. La riduzione delle modifiche durante la produzione permette di ridurre i costi.

QFD

È utile per: → definire le caratteristiche del prodotto che rispondano alle reali esigenze del cliente
→ avere tutte le informazioni necessarie per lo sviluppo del nuovo prodotto su appositi moduli in modo sintetico e chiaro
→ fare una analisi comparativa con i prodotti concorrenti
→ rendere informati tutti i responsabili delle singole fasi del processo
→ garantire coerenza tra le esigenze manifestate dal cliente e le caratteristiche del prodotto
→ facilitare l'integrazione tra le diverse funzioni del prodotto

Per definire la tabella della qualità attesa bisogna riuscire a recepire la voce del cliente

1. Il cliente si esprime in modo vago, quindi i responsabili devono riuscire a decifrare il linguaggio del cliente mantenendolo inalterato quando possibile ed esprimendolo in modo più chiaro e specifico quando non è possibile.
2. Si compila una lista delle richieste rielaborate
3. Ogni esigenza viene dettagliata e viene individuata una gerarchia delle richieste
4. Se la lista è troppo lunga, i bisogni vengono raggruppati in categorie più generali fino ad avere massimo 20-30 categorie di richieste.
5. I dati raggruppati sotto una stessa etichetta vengono suddivisi in sottocategorie o livelli (in genere 3).

DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE

I requisiti di 3° livello richiesti dal cliente permettono di sviluppare le caratteristiche tecniche del prodotto.

Nel cercare di soddisfare i bisogni del cliente, subentrano 2 problematiche:

↳ i requisiti e la soddisfazione dei requisiti non sono costanti nel tempo
↳ è difficile valutare con continuità l'insoddisfazione dei clienti nei confronti di un prodotto.

QUALITY TRACKING → metodologia che consiste nel tracciare nel tempo come si muove la qualità percepita

→ TRACKING ORIZZONTALE → sullo stesso campione di clienti vengono effettuate più interviste distanziate nel tempo

→ TRACKING VERTICALE → si fanno delle interviste su un campione e poi si passa ad un altro campione e così via.

INDICE DI CRITICITA' → utilizza le informazioni ottenute tramite il quality tracking e viene usato per monitorare e prioritizzare le decisioni di intervento a fronte dei lamentati.

→ $\boxed{IC = Gm \cdot F}$

- G = gravità dell'anomalia = 1, 2, 4, 8
- Gm = gravità media dell'anomalia = (G · num volte risposta) / num risp
- F = frequenza di accadimento dei lamentati

→ Difetti: → non è in grado di distinguere situazioni diverse ($G=2, F=4$; $G=4, F=2 \rightarrow IC=8$
→ la metrica usata per G è arbitraria
↳ G ed F vengono considerati di pari importanza

MODELLO DI KANO

È un modello che classifica gli attributi in 5 macrocategorie:

B = BASIC: attributi fondamentali che derivano dai bisogni di base. Non danno né soddisfazione né insoddisfazione ma se assenti generano una forte insoddisfazione
O = ONE DIMENSION: non sono molto allettanti, ma incrementano la soddisfazione
E = EXCITEMENT: mandano in estasi il cliente e differenziano il prodotto dai concorrenti
I = INDIFFERENT: la loro presenza o assenza non provoca né soddisfazione né insoddisfaz.
R = REVERSE: la loro presenza provoca insoddisfazione, l'assenza soddisfazione.

Non è una classificazione costante nel tempo. La progettazione di un nuovo prodotto deve avere un buon mix di tutti qsti attributi. Nella tabella della QFA vi sono solo attributi B, O, E.

Es: più attributi E ci sono, più è alto il livello di soddisfazione del cliente.

Le categorie di Kano fanno riferimento alla scala ORDINALE O NOMINALE ??

15

GERARCHIZZAZIONE DELLE RICHIESTE DEL CLIENTE

Le richieste del cliente, che appartengono a categorie diverse a seconda della loro incidenza sul grado di soddisfazione globale del prodotto, vanno ordinate in base al suo sistema di preferenze, prima di essere inserite nella casa della qualità.
La gerarchizzazione può essere effettuata usando dei questionari: il cliente deve assegnare un grado di priorità ai requisiti ordinandoli secondo una scala da 1 a 5. Viene chiesto di valutare allo stesso modo anche i prodotti dei competitors.

1 trascurabile
2 preferibile
3 importante
4 molto importante
5 indispensabile

Se i risultati portano ad una distribuzione bimodale ⇒ probabilmente ci troviamo di fronte a 2 diversi segmenti di mercato quindi bisogna ripetere i dati raccolti.

VALUTAZIONE DELL'IMPORTANZA DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE

Utilizzando le informazioni contenute nella matrice delle relazioni è possibile, partendo dalla scala di priorità delle esigenze del cliente, determinare un'analoga scala di importanza o di priorità per le caratteristiche del prodotto.
Per farlo si possono usare diversi metodi:

INDIPENDENT SCORING METHOD ISM *

① Si trasformano i simboli contenuti nella matrice delle relazioni in numeri. In genere $c_{ij} = 1-3-9$, ma possono essere usati sistemi alternativi ($1-2-4$; $1-3-5$).

② Bisogna calcolare il livello di importanza di ogni caratteristica:

- Calcolo il PESO ASSOLUTO DELLA CARATTERISTICA ④ $\sum_i d_i c_{ij}$
- Calcolo il PESO RELATIVO DELLA CARATTERISTICA ⑤ $w_j / \sum_j w_j$
- Si ordinano le caratteristiche da quella a più alto peso a quella con il peso più basso

Svantaggi → si effettua una conversione dei simboli in numeri arbitraria. Cambiando la scala numerica di codifica (es: da $1-2-3$ a $1-3-9$) si possono ottenere 2 ordinamenti diversi → RANK REVERSAL

→ i simboli indicano semplicemente che una relazione è superiore ad un'altra, hanno solo la proprietà di ordinamento. Con la conversione dei simboli in numeri si introduce un'altra proprietà e cioè la distanza (tra 3 e 9 ci sono 6 unità): si introduce una metrica da una metrica non c'era → L'enunciato $w_j = \sum_i d_i c_{ij}$ non è significativo sulla scala lineare di intervallo.

METODO ELECTRE II

È un metodo MCDA. Gli MCDA sono dei metodi che possono produrre tra le alternative disponibili la migliore, oppure possono ordinare o categorizzare le alternative.

Per ordinare le caratteristiche:

$\boxed{1° \text{ FASE:}}$ Modellizzazione delle preferenze tra coppie di alternative

1. Le caratteristiche tecniche diventano le alternative $A = \{a_1, a_2 ... a_n\}$
2. I requisiti del cliente sono i criteri $G = \{g_1, g_2 ... g_n\}$
(che devono essere → esaustivi
→ non ridondanti
→ monotoni)
3. Per ogni requisito, viene fatto un ordinamento delle caratteristiche in base al tipo di legame tra a e g:

	a_1	a_2	a_3	a_4
g_1	△		○	⊙
...				

⊙ > ○ > △

⇒ g_1: $a_4 > a_3 > a_1 > a_2$
...

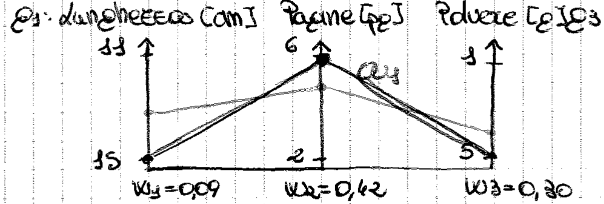
Dal metodo ISM al metodo electre II l'ordinamento delle caratteristiche tecniche può cambiare a causa dell'arbitraria conversione numerica effettuata dal metodo ISM sui simboli della matrice delle relazioni. Però il metodo ISM è più pratico e veloce e fornisce dei risultati non troppo discordanti.

__MINIMUM SET COVERING__ : per semplificare il problema, se ci sono tante caratteristiche, si cerca il numero minimo di caratteristiche che in 1° battuta soddisfano tutti i requisiti, cioè si crea un prospetto semplificato costituito da un sottoinsieme delle caratteristiche scelte in modo da toccare tutti i requisiti.

ALGORITMO QBENCH

Serve per identificare quali sono i valori che le caratteristiche devono assumere in modo da incontrare sia le richieste del cliente che i prodotti dei concorrenti.

1. Si definisce il dominio di ricerca: per ogni caratteristica si definisce il valore max e min che può assumere. Le scale vengono riportate secondo un ordine di preferenza crescente.
   Per ogni caratteristica si riportano i valori dei 5 PESI RELATIVI



L'asse cresce andando ad es. da 5 a 1 perché 1g di polvere è preferito a 5g

- concorrente a_x
- concorrente a_y

Si riportano i valori assunti dai prodotti concorrenti 7 8

2. 1° soluzione: si genera il 1° profilo avente → valore max per il criterio a più alto peso
   a_1 → valore min per tutti gli altri

3. Test di verifica: si verifica se i valori della soluzione determinata a_1 è la preferita tra le altre alternative per il cliente usando il metodo electre II:
   - Per ogni caratteristica g si ordinano le alternative
     Es: g_1: $a_y > a_x \vee a_1$
   - Si costruisce la tabella in cui le 3 alternative (concorrente x, y e a_1) vengono confrontate (fase 1)

(a,a')	$d^+(a,a')$	$J^=$	J^-	$\frac{w^+ + w^=}{w}$	$\frac{w^-}{w}$

   - Si costruisce il grafo di surclassamento
   - se a_1 S a_y, a_x ⇒ __a_1 è la soluzione migliore__

$a_1 \to a_x$, $a_1 \to a_y$

4. Se la soluzione a_1 non supera il test di verifica, si genera la soluzione 2 a_2 → si alza di un gradino il valore della 2° caratteristica con peso più alto lasciando inalterato il valore delle altre caratteristiche

5. Si ripete il test di verifica per la 2° soluzione e così via finché a^* non surclassa le alternative dei concorrenti.

__Limiti__ → il dominio di ricerca della soluzione è ridotto, la soluzione può assumere solo valori coincidenti con gli estremi della scala o valori assunti dalle alternative dei concorrenti.
→ La soluzione è approssimata
→ L'efficacia del metodo è legata al modello che si usa per il test

__Vantaggi__ → È un metodo semplice e rapido
→ garantisce sempre almeno 1 soluzione

MATRICE DELLE CORRELAZIONI TRA LE CARATTERISTICHE TECNICHE (tetto)

È il tetto della casa della qualità.

Se si hanno 2 caratteristiche:

- S_1 che si scompone in 9 sottospecifiche ognuna fortemente correlata con un bisogno poco importante con peso del 10%
- S_2 che si scompone in 2 sottospecifiche ognuna fortemente correlata con un bisogno molto importante avente peso del 90%

Usando il metodo Independent Scoring si ottiene che il peso di S_1 è del 33,3% mentre il peso di S_2 è del 66,7% → ci si aspettava che il rapporto fosse invece 1:9 visto i pesi dei bisogni a cui sono correlate.
Questo perché la 1° specifica è maggiormente dettagliata in sottospecifiche.

Per risolvere questo problema → normalizzazione dei coefficienti della matrice delle relazioni

NORMALIZZAZIONE DI LYMAN

$$\bar{c}_{i,j} = \frac{c_{i,j}}{\sum_{j=1}^{m} c_{i,j}}$$

$\bar{c}_{i,j}$ = coefficiente normalizzato

$\sum_{j=1}^{m} c_{i,j}$ = somma dei coefficienti $c_{i,j}$ di riga

La matrice che ne risulta ha la Σ degli elementi di ogni riga = 1

	PESO	S1 1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	S2 2.1	2.2
R1	10%	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙		
R2	90%										⊙	⊙

⊙ = 9

$\sum_i c_{ij} = 81$ $\quad \bar{c}_{1,j} = 9/81 = 0{,}111$

$\sum_i c_{ij} = 18$ $\quad \bar{c}_{2,j} = 9/18 = 0{,}5$

$w_{1j} = 0{,}1 \cdot 0{,}111 = 1{,}11\%$

$w_{2j} = 0{,}9 \cdot 0{,}5 = 45\%$

$w_1 = \sum w_{1j} = 45+45 = 90\%$

$w_2 = \sum_i w_{2j} = 1{,}11 \cdot 9 = 10\%$

⇒ RAPPORTO 1:9

Questo metodo fa sì che i pesi calcolati delle caratteristiche rispecchino effettivamente l'ordinamento dei bisogni, ma non tiene conto del fatto che le caratteristiche tecniche possono essere tra loro correlate.

NORMALIZZAZIONE DI WASSERMAN

Viene usata per risolvere il problema delle caratteristiche tecniche tra loro dipendenti

$$c^{w}_{i,j} = \frac{\sum_{k=1}^{m} (c_{ik} \cdot \gamma_{kj})}{\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} (c_{ij} \cdot \gamma_{jk})}$$

γ_{jk} = coefficiente che esprime l'intensità di correlazione tra le caratteristiche (stessa scala usata per i coefficienti della matrice delle relazioni, ma devono essere compresi tra 0 e 1 ⇒ 0,1 ; 0,3 ; 0,9), e

Questa trasformazione è riconducibile alla normalizzazione di Lyman nel caso in cui si abbiano specifiche di progetto tra loro indipendenti.

m = numero di caratteristiche tecniche $\quad i$ = requisito R

3 triangoli di base valgono tutti 1

	S1	S2	S3	S4	S5
R1	O			⊙	
R2		O	⊙		⊙
R3	Δ	O	⊙		⊙
R4	Δ			⊙	

c_{ij} : Δ = 1 ; O = 3 ; ⊙ = 9

$\gamma_{j,k}$: Δ = 0,1 ; O = 0,3 ; ⊙ = 0,9

Calcoliamo $c^{w}_{3,1}$ → $i = R3$; $j = S1$

$$c^{w}_{3,1} = \frac{\sum_{k=1}^{5} (c_{3,k} \cdot \gamma_{k1})}{\sum_{j=1}^{5}\sum_{k=1}^{5} (c_{3j} \cdot \gamma_{j,k})}$$

→ Σc della riga R3 e γ di S1

tutti i γ che legano S2 a tutte le altre S

$$c^{w}_{3,1} = \frac{c_{3,1}\gamma_{1,1} + c_{3,2}\gamma_{2,1} + c_{3,3}\gamma_{3,1} + c_{3,4}\gamma_{4,1} + c_{3,5}\gamma_{5,1}}{c_{3,1}(\gamma_{1,1}+\ldots+\gamma_{1,5}) + c_{3,2}(\gamma_{2,1}+\ldots\gamma_{2,5}) + c_{3,4}(\gamma_{3,1}+\ldots)}$$

$$c^{w}_{3,1} = \frac{1\cdot 1 + 3\cdot 0 + 9\cdot 0 + 9\cdot 0}{1(1) + 3(1+0{,}3+0{,}3) + 9(1+0{,}9+0{,}3) + 9(1+0{,}3+0{,}9} = 0{,}022$$

$c_{3,2} = 0$ → dove non c'è correlazione c^{w} potrebbe non essere = 0 !!!

20 bi

Carte di Controllo

Schema generico di una carta di controllo:

$$\begin{cases} UCL = \mu_w + L\sigma_w \\ CL = \mu_w \\ LCL = \mu_w - L\sigma_w \end{cases}$$ LIMITI DI CONTROLLO O OPERATIVI

L = distanza dei limiti di controllo dalla linea centrale

Se $L=3$ ⇒ LIMITI DI TOLLERANZA NATURALE (LS, LI) $TN = 6\sigma$

$$\begin{cases} UWL = \mu_w + L\sigma_w \\ LWL = \mu_w - L\sigma_w \end{cases}$$ LIMITI DI SORVEGLIANZA ↳ $L=2$

VN = VALORE NOMINALE → è il valore desiderato per 1 caratteristica

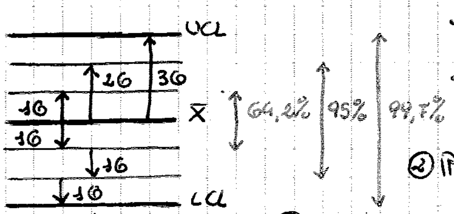
$\begin{cases} LSS \\ LSI \end{cases}$ LIMITI DI SPECIFICA → maggiore e minore valore ammissibile per 1 caratteristica

Non c'è nessun legame tra limiti di controllo e di specifica: i primi sono individuati in base alla variabilità naturale del processo, i 2° sono determinati dagli ingegneri o manager.

ANALISI DEGLI ANDAMENTI

Il manuale della Western Electric suggerisce delle regole per individuare un comportamento anomalo. Una carta può indicare un fuori controllo sia quando dei punti escono dai limiti di controllo sia quando l'andamento dei punti interni ai limiti non è casuale. Un processo è da considerarsi fuori controllo se:

1. 1 punto cade fuori i limiti di 3σ
2. 2 punti su 3 consecutivi cadono oltre i limiti di sorveglianza 2σ
3. 4 punti su 5 consecutivi cadono oltre 1σ di distanza dalla linea centrale



- 64,2%: P che 1 punto cada tra $\pm\sigma$
- 95%: P che 1 punto cada tra $\pm 2\sigma$

② $P(2 \text{ su } 3) = \binom{3}{2} p^2 (1-p)^1 = 0{,}2\%$

Le regole hanno una P di accadimento tutte < 0,5%

CARTE DI CONTROLLO PER VARIABILI → la caratteristica è numericamente misurabile

CARTA $\bar{X}-R$ - μ e σ sono STIMATI

$\bar{X}_i = \dfrac{\sum_{j=1}^{n} x_{j,i}}{n}$ media di ogni campione → $\bar{\bar{X}} = \dfrac{\sum_{i=1}^{K} \bar{X}_i}{K}$

$R_i = X_{max,i} - X_{min,i}$ range ogni campione → $\bar{R} = \dfrac{\sum R_i}{K}$

media e range del processo

n = numerosità del campione   K = num di campioni

CARTA $\bar{X}$

$$\begin{cases} UCL_x = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \\ CL_x = \bar{\bar{X}} \\ LCL_x = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \end{cases}$$

$\hat{\sigma}_x = \bar{R}/d_2$

CARTA R

$$\begin{cases} UCL_R = D_4\bar{R} \\ CL_R = \bar{R} \\ LCL_R = D_3\bar{R} \end{cases}$$

$\hat{\sigma}_R = d_3 \bar{R}$

La carta $\bar{x}$ → controlla la centralità del processo
La carta $\bar{R}$ → controlla la variabilità del processo

DERIVA: la media si sposta da $\bar{\bar{X}}$ a $\bar{\bar{X}}'$:

- P che la deriva venga colta con il 1° sottogruppo prelevato:

$1-\beta = P\{\varepsilon \geq \varepsilon_{UCL_x}\}$ $\varepsilon_{UCL_x} = \dfrac{UCL_x - \bar{\bar{X}}'}{\hat{\sigma}_x/\sqrt{n}}$

- β = probabilità di non identificare una deriv[a]

$\beta = \Phi(L - K\sqrt{n}) - \Phi(-L - K\sqrt{n})$

K = entità dello spostamento della media → $K = \left|\dfrac{\bar{\bar{X}}' - \bar{\bar{X}}}{\hat{\sigma}_x}\right|$

$K\sigma$ = deriva del processo

- P di accorgersi di 1 deriva nel 1° campionam[ento]
  ↳ $P_I = 1-\beta$

P di accorg. nel II campionamento → $P_{II} = \beta(1-\beta)$
P nel III campionamento → $P_{III} = \beta^2(1-\beta)$
P di acc. entro il III campion. $P_{III} = P_I + P_{II} + \ldots$

CURVA OPERATIVA CARATTERISTICA

- Valutare almeno 3 punti significativi della c[urva]
  - scelgo 3 valori di K (es: K=1,2,3)
  - calcolo i 3 valori corrispondenti di β
  - Numero campioni analizzati prima di rilevare un falso fuori controllo:
    ↳ $ARL_0 = \dfrac{1}{\alpha}$ → per $L=3$: $\alpha = 0{,}27\%$, $ARL_0 = 370$

    α = P(1 punto cada fuori controllo)
    $= P\{\varepsilon < \varepsilon_{LCL}\} + P\{\varepsilon > \varepsilon_{UCL}\}$
  - Numero medio di campioni analizzati prima di osservare un fuori controllo
    ↳ $ARL = \dfrac{1}{1-\beta}$ se $n\uparrow$, $ARL\downarrow$, $ATS\uparrow$, $\beta\uparrow$
  - Tempo di identificazione di un segnale di fuori controllo
    ↳ $ATS = ARL \cdot h$ h = tempo tra 1 campionamento e l'altro

% DI PRODOTTI FUORI LIMITI

- % prodotti fuori limiti di specifica:

$\hat{p} = P\{\varepsilon < \varepsilon_{LSI}\} + P\{\varepsilon > \varepsilon_{LSS}\}$

$\varepsilon_{LSI} = \dfrac{LSI - \bar{\bar{X}}}{\hat{\sigma}_x}$; $\varepsilon_{LSS} = \dfrac{LSS - \bar{\bar{X}}}{\hat{\sigma}_x}$ $\bar{\bar{X}} = CL_x$

- % prodotti fuori limiti di TN → ε_{LI}, ε_{LS}
- % non conformi se la media passa da $\bar{\bar{X}}$ a $\bar{\bar{X}}'$:
  $\varepsilon_{LSI} = \dfrac{LSI - \bar{\bar{X}}'}{\hat{\sigma}_x}$ → calcolato con la vecchia $\bar{\bar{X}}$

PROCEDURA FUORI CONTROLLO

Se le carte presentano dei punti fuori dai limiti di controllo:

1. Si rimuovono i campioni corrispondenti ai punti fuori controllo
2. Si ricalcolano i limiti di controllo tenendo conto che n diventa n - num di campioni eliminati
3. Se ci sono ancora fuori controllo si continua estraendo nuovi campioni possibilmente [illegible]

% NON CONFORMI

- Valore di p' da avere per ottenere un certo valore di β (es: $\beta = b$)

$\hat{p} = D/n$. D è una variabile casuale binomiale di parametri n e p. Una binomiale può essere approssimata ad una normale se:

① $\frac{1}{n+1} < p < \frac{n}{n+1}$ ② $np > 5$

Verificate queste 2 condizioni:

$$\beta = \phi\left(\frac{UCL_p - p'}{\hat{\sigma}_{p'}}\right) - \phi\left(\frac{LCL_p - p'}{\hat{\sigma}_{p'}}\right) = b$$

↳ in genere = 0 perché trascurabile

Dalla tabella:

ε	O
O	b

trovo il valore di ε ⇒ Pongo il valore nella parentesi = al valore di ε in tabella

→ calcolo p'

n CAMPIONE

- n minimo del campione per ottenere LCL > 0 o pari ad un certo valore:

$$LCL_p > 0 \Rightarrow \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} > 0 \Rightarrow \text{ricavo } n$$

CARTA np difettosi

Si usa con n costante. Si calcolano $\hat{p}_i$ e $\bar{p}$ nello stesso modo in cui si calcolano per la carta p

$$\begin{cases} UCL_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = nUCL_p \\ CL_{np} = n\bar{p} = nCL_p \\ LCL_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} = n\,LCL_p \end{cases}$$

se $LCL_{np} < 0 \Rightarrow LCL_{np} = 0$

CARTA C

Numero medio di difetti per campione:

$$\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{k} c_i}{k}$$

c_i = num difetti nel campione i
k = numero campioni

$$\begin{cases} UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \\ CL_c = \bar{c} \\ LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \end{cases}$$

→ se $LCL_c < 0 \Rightarrow LCL_c = 0$

CARTA u - n costante

Stima del numero medio di difetti per unità per ogni campione:

$$\hat{u}_i = \frac{c_i}{n} \qquad \bar{u} = \frac{\sum^{k} c_i}{k \cdot n}$$

Num medio di difetti per unità

$$\begin{cases} UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \\ CL_u = \bar{u} \\ LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n} \end{cases}$$

→ se < 0 ⇒ $LCL_u = 0$

CARTA u - numerosità n variabile

① LIMITI VARIABILI

$UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n_i}$
$CL_u = \bar{u}$

$\hat{u}_i = c_i/n_i$
$\bar{u} = \sum c_i / \sum n_i$

② CAMPIONE MEDIO

Come valore di n si usa $\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_i}{k}$

③ CARTA STANDARDIZZATA

$UCL_u = 3$
$CL_u = 0$
$LCL_u = -3$

$$\varepsilon_i = \frac{u_i - \bar{u}}{\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}}$$

SCELTA DELLE CARTE

Caratteristica espressa su scala:
- → NOMINALE, → ORDINALE } CARTA PER ATTRIBUTI
- ↳ INTERVALLO, ↳ RAPPORTO } CARTA PER VARIABILI

CARTE PER VARIABILI

- ↳ CARTA $\bar{X}$ - R → se n < 10
- ↳ CARTA $\bar{X}$ - Rmobile → se il prodotto non è scomponibile quindi n = 1
- ↳ CARTA $\bar{X}$ - S → se n > 10

CARTE PER ATTRIBUTI

- ↳ CARTE PER DIFETTOSI (distribuzione binomiale)
  - → CARTA p → se n è variabile
  - ↳ CARTA p o np → se n è cost
- ↳ CARTA PER DIFETTI (distribuzione di Poisson)
  - → CARTA C → se n = 1 e costante
  - ↘ CARTA u → se numerosità variabile
    - ↳ se si è interessati ai difetti per unità
  - ↳ CARTA NU ↳ campione scomponibile in unità con n costante

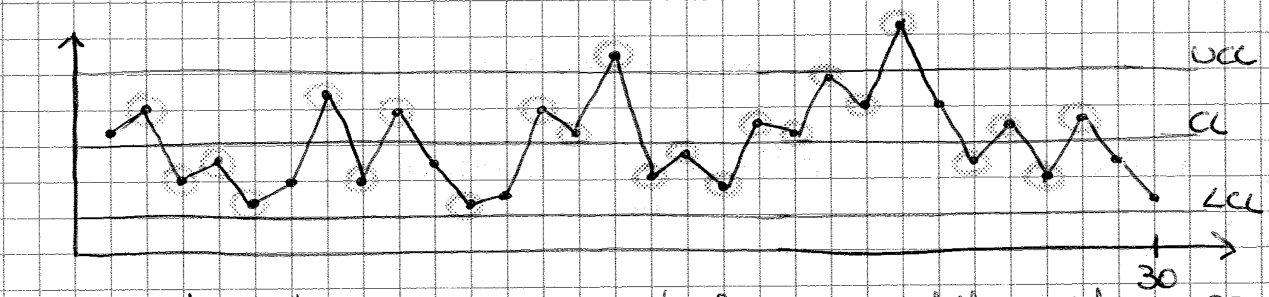
Differenza carta Rmobile e C: producono gli stessi risultati, ma la differenza è che la carta C è x attributi, mentre $\bar{X}$-Rmobile è per variabili che seguono una distribuzione normale.

Se b non è contenuto nella tabella (ad es è < 0.5 → b = 0,4) ⇒ nella tabella cerco il valore 1-b (= 0,6) e la ε è con il segno meno
↳ ($\Phi(0,6) = -0,26$)

↳ $\Phi^{-1}(b) = -\Phi^{-1}(1-b)$

TEST DEI PUNTI DI SVOLTA

Serve per verificare la casualità dell'andamento delle osservazioni sulla carta di controllo. Si può effettuare solo quando i campioni hanno la stessa numerosità n.



K = num di punti di cui si compone la sequenza della carta = 30
N = numero dei punti di svolta = 23

La distribuzione dei punti di svolta è normale con:

$\boxed{E[N] = \frac{2}{3}(K-2)}$ VALORE ATTESO DELLA STATISTICA N

$\boxed{VAR[N] = \frac{16K-29}{90}}$ VARIANZA DELLA STATISTICA N

TEST D'IPOTESI BILATERALE:

$$\begin{cases} H_0: \text{sequenza di punti CASUALE} \\ H_1: \text{sequenza di punti NON CASUALE} \end{cases}$$

È una condizione necessaria e sufficiente per la casualità dell'andamento, è condizione necessaria MA NON SUFFICIENTE per il controllo del processo.

Affinché H_0 non sia rifiutata, il numero dei punti di svolta N deve essere compreso nell'intervallo $[l_i, l_s]$:

$$\boxed{\left[\frac{2}{3}(K-2) - z_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{16K-29}{90}}\ ;\ \frac{2}{3}(K-2) + z_{1-\frac{\alpha}{2}}\sqrt{\frac{16K-29}{90}}\right]}$$

$\alpha \rightarrow$ Probabilità di 1 falso allarme su K campioni

Se la carta $\bar{X}$-R è a 3σ ($L=3$) $\Rightarrow \alpha = 0{,}0027$ (su 370 campioni)
Sia n il numero di falsi allarmi

$$\boxed{p\{n \text{ falsi allarmi}\} = \binom{K}{n}\alpha^n(1-\alpha)^{K-n}}$$

$\boxed{E[N] = K\alpha}$ VALORE ATTESO DEL NUMERO N DI FALSI ALLARMI

Quando di una carta ci vengono già forniti i limiti di controllo, bisogna controllare se è una carta a 3σ. Se non lo è bisogna calcolare α.

$\boxed{I_1 = ARL_1 \cdot n}$ $\rightarrow$ Numero di elementi controllati prima che si verifichi un fuori controllo

$\boxed{I_0 = ARL_0 \cdot n}$ $\rightarrow$ Numero di elementi controllati prima che si verifichi un falso allarme