

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Per progettare le carte  $\bar{x}$  e R è necessario specificare:

- la dimensione del campione
- i limiti di controllo
- la frequenza del campionamento da utilizzare.

Non è possibile fornire una soluzione esatta al problema della progettazione della carta di controllo, a meno che l'analista non disponga di informazioni dettagliate sia sulle caratteristiche statistiche del processo sia sui fattori economici che influenzano la progettazione di una carta.

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Una soluzione completa del problema richiede la conoscenza del costo del campionamento, dei costi di indagine e possibilmente della correzione del processo in risposta a segnali fuori controllo e dei costi associati alla produzione di un prodotto che non soddisfa le specifiche.

Dato questo tipo di informazioni, potrebbe essere costruito un modello di decisione economica per consentire la progettazione economicamente ottimale della carta di controllo.

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Tuttavia, è possibile fornire alcune linee guida generali che aiuteranno nella progettazione della carta di controllo.

Se la carta  $\bar{x}$  viene progettata per individuare principalmente scostamenti del valore medio di ampiezza relativamente grande (ovvero maggiori o uguali a  $2\sigma$ ), allora saranno sufficienti campioni relativamente di piccole dimensioni ( $n = 4, 5$  o  $6$ ).

Se, invece, si è interessati a rilevare piccoli scostamenti, allora i campioni dovranno essere di dimensione maggiore ( $n = 15$  o  $25$ ).

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Quando si usano campioni più piccoli, il rischio che si verifichi uno spostamento del processo mentre viene prelevato un campione è minore.

Se si verifica uno spostamento mentre viene prelevato un campione, la media del campione può oscurare questo effetto. Di conseguenza, è necessario usare una dimensione del campione tanto piccola quanto coerente con l'entità del cambiamento di processo che si sta tentando di rilevare.

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Un'alternativa all'aumento della dimensione del campione consiste nell'utilizzare i limiti di sorveglianza e altre procedure di sensibilizzazione per migliorare la capacità della carta di controllo di rilevare piccoli spostamenti di processo.

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

La carta R è relativamente insensibile ai cambiamenti nella deviazione standard del processo per piccoli campioni.

Ad esempio, i campioni di dimensione  $n = 5$  hanno solo circa il 40% di probabilità di rilevare sul primo campione uno spostamento nella deviazione standard del processo da  $\sigma$  a  $2\sigma$ .

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Campioni più grandi sembrano essere più efficaci, ma il metodo del range campionario per stimare la deviazione standard diminuisce drasticamente in efficienza man mano che  $n$  aumenta.

Di conseguenza, per  $n$  grande ( $n > 10$  o  $12$ ) è probabilmente meglio usare una carta di controllo per  $s$  o  $s^2$  invece della carta di controllo  $R$ .

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Il problema di scegliere la dimensione del campione e la frequenza del campionamento dipende dalle risorse a disposizione da allocare al processo di ispezione.

Generalmente, le strategie disponibili saranno:

- prelevare campioni piccoli e frequenti
- prelevare campioni più grandi con minore frequenza.

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Ad esempio, la scelta può essere tra campioni di dimensione 5 ogni mezz'ora o campioni di dimensione 20 ogni due ore.

È impossibile dire quale sia la strategia migliore in tutti i casi, ma l'attuale pratica industriale favorisce campioni piccoli e frequenti.

Se l'intervallo tra i campioni è troppo grande, si produrrà un prodotto troppo difettoso prima che si verifichi un'altra opportunità per rilevare lo spostamento del processo.

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Da un punto di vista economico, se il costo associato alla produzione di articoli difettosi è elevato, i campioni più piccoli e più frequenti sono migliori di quelli più grandi e meno frequenti. Naturalmente, è possibile utilizzare schemi di intervallo di campionamento e dimensioni del campione variabili.

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Anche il tasso di produzione influenza la scelta della dimensione del campione e della frequenza di campionamento.

Se il tasso di produzione è elevato, ad esempio 50.000 unità all'ora, è necessario un campionamento più frequente rispetto a un tasso di produzione estremamente lento.

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Con alti tassi di produzione, molte unità di prodotto non conformi verranno prodotte in brevissimo tempo quando si verificano cambiamenti di processo.

Pertanto, se i costi di ispezione e test per unità non sono eccessivi, i processi con alti tassi di produzione sono spesso monitorati con campioni di dimensioni moderatamente grandi.

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

L'uso di limiti di controllo a 3sigma sulle carte di controllo  $\bar{x}$  e R è una pratica diffusa.

Vi sono tuttavia situazioni in cui è utile prendere in considerazione altri valori di deviazioni.

Ad esempio, se falsi allarmi o errori di tipo I (quando viene generato un segnale fuori controllo quando il processo è realmente sotto controllo) sono molto costosi da investigare, allora potrebbe essere meglio usare limiti di controllo più ampi di tre sigma (ad esempio 3,5 sigma).

# Linee guida per la progettazione della carta di controllo

Tuttavia, se il processo è tale che i segnali di fuori controllo vengono rapidamente e facilmente investigati con un minimo di tempo e costi, allora limiti di controllo più stretti (ad esempio 2,5 o 2,75-sigma) possono essere appropriati.

## Modifica della dimensione del campione sui grafici $R$ e $\bar{x}$ .

Abbiamo visto finora carte di controllo della media e del range costruite ipotizzando che la dimensione del campione  $n$  sia costante da campione a campione.

Tuttavia, ci sono situazioni in cui la dimensione del campione  $n$  non è costante; cioè, ogni campione può essere formato da un diverso numero di osservazioni.

## Modifica della dimensione del campione sui grafici $R$ e $\bar{x}$ .

In genere in questi casi la carta del range non viene utilizzata, perché la linea centrale cambia continuamente, e questo fatto può risultare di difficile interpretazione.

Si preferisce utilizzare le carte della media e dello scostamento  $S$ .

Interpretazione delle carte  $\bar{x}$  e  $R$

## Andamenti non casuali delle carte $\bar{x}$ e $R$

Una carta di controllo può indicare una condizione fuori controllo anche se nessun punto singolo viene tracciato al di fuori dei limiti di controllo, se lo schema dei punti tracciati presenta un comportamento non casuale o sistematico.

In molti casi, lo schema dei punti tracciati fornirà utili informazioni diagnostiche sul processo e queste informazioni possono essere utilizzate per apportare modifiche al processo che riducono la variabilità.

## Andamenti non casuali delle carte $\bar{x}$ e $R$

Inoltre, questi schemi si verificano abbastanza spesso nella fase I (studio retrospettivo di dati passati) e la loro eliminazione è spesso cruciale per mettere sotto controllo un processo.

## Andamenti non casuali delle carte $\bar{x}$ e $R$

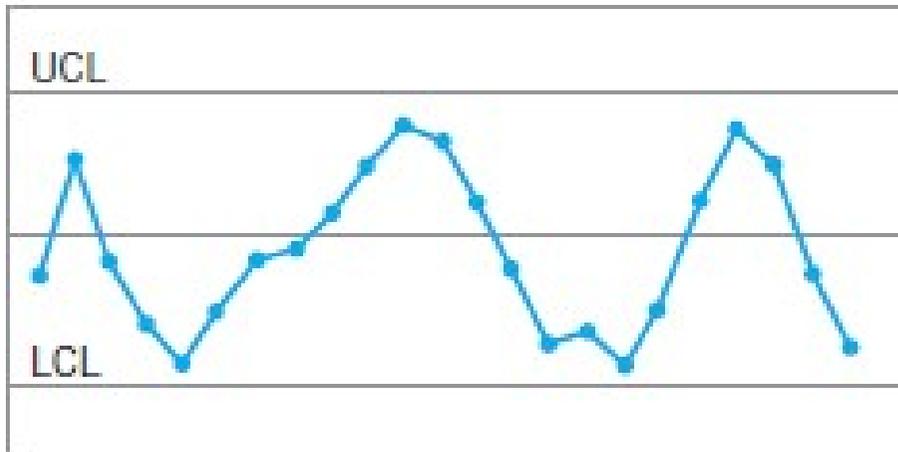
Anche se non ci sono punti fuori dai limiti di controllo, ci possono essere andamenti caratteristici dei dati che hanno valore di diagnostica.

Se sia  $\bar{x}$  che  $R$  sono fuori controllo, la strategia migliore è eliminare prima le cause speciali di  $R$ .

Mai tentare di interpretare la carta di controllo  $\bar{x}$  quando la  $R$  è fuori controllo.

# Andamenti non casuali delle carte $\bar{x}$ e $R$

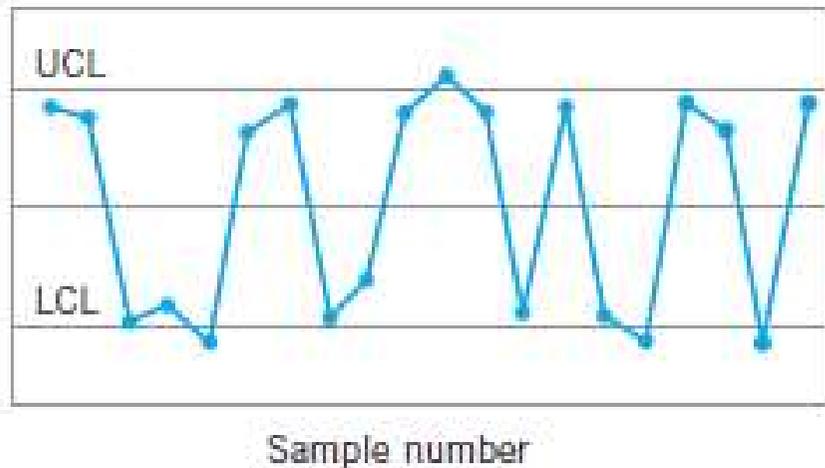
## Andamenti ciclici



Se tali andamenti si manifestano solo per la carta della media, le ragioni vanno ricercate nella continua variazione delle condizioni ambientali di funzionamento del processo, come la temperatura, l'affaticamento degli operatori o la turnazione degli addetti ai macchinari, l'oscillazione della tensione elettrica o della pressione o di qualche altra variabile specifica dei macchinari impiegati nella produzione.

## Andamenti non casuali delle carte $\bar{x}$ e $R$

Una mistura si presenta quando molti punti tendono a cadere vicino o leggermente al di fuori dei limiti di controllo, con relativamente pochi punti vicino alla linea centrale.



Un modello mistura viene generato da due (o più) distribuzioni sovrapposte che generano l'output del processo.

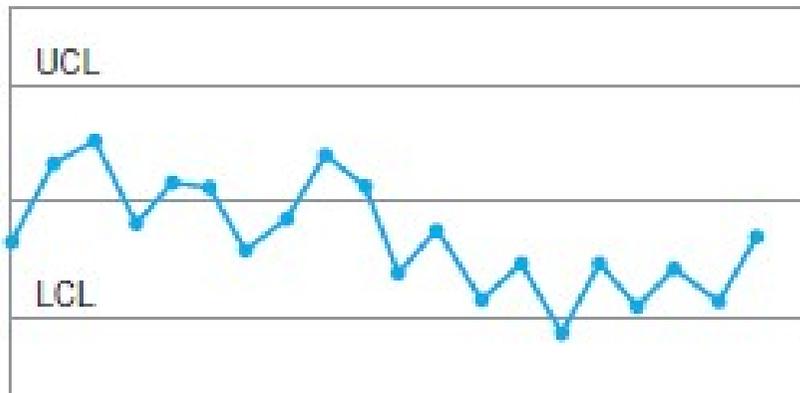
# Andamenti non casuali delle carte $\bar{x}$ e $R$

Ad esempio:

- gli output sono prodotti da macchine parallele
- un "supercontrollo", in cui gli operatori effettuano regolazioni di processo troppo spesso, rispondendo a variazioni casuali nell'output anziché a cause sistematiche
- due operatori che settano la macchina in modo diverso all'inizio dei turni

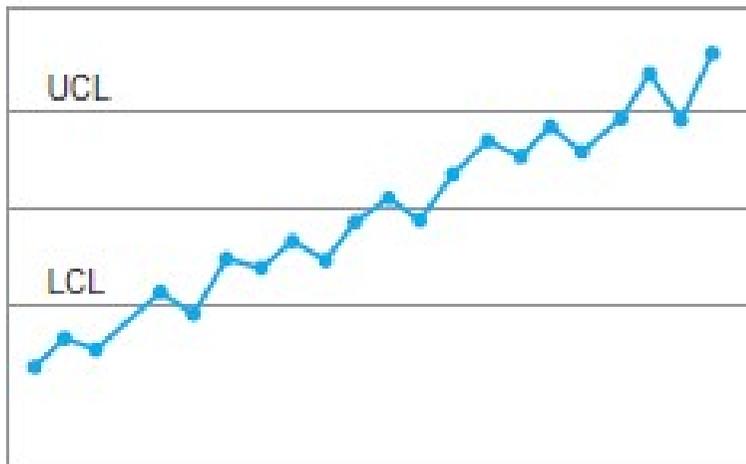
## Andamenti non casuali delle carte $\bar{x}$ e $R$

Uno spostamento del valore medio del processo può essere dovuto all'introduzione di nuovi operatori, macchine, materiali, o a cambiamenti nel metodo di ispezione del processo.



## Andamenti non casuali delle carte $\bar{x}$ e $R$

Un trend o una deriva, ossia movimento continuo in una direzione è dovuto al logorio di un componente oppure a stagionalità di lungo periodo (come la temperatura), oppure a cause umane come l'affaticamento di un operatore.



## Andamenti non casuali delle carte $\bar{x}$ e $R$

La stratificazione, ossia la tendenza dei punti ad accumularsi attorno alla centerline, denota una mancanza di variabilità naturale. Può essere dovuta ad un calcolo non corretto dei limiti di controllo, eterogeneità nei sottogruppi.

