

# **CARTE DI CONTROLLO.**

## **(Parte Generale)**

### **INDICE**

---

#### **INTRODUZIONE**

CONFRONTO CON GLI ALTRI STRUMENTI STATISTICI SEMPLICI  
CAUSE COMUNI E CAUSE SPECIALI DI VARIABILITA'  
CONTROLLO SULLE CAUSE SPECIALI

#### **LOGICA DELLE CARTE DI CONTROLLO**

BASI STATISTICHE PER LE CARTE DI CONTROLLO

#### **LE CARTE DI CONTROLLO**

RAPPRESENTAZIONE IN FORMA GRAFICA  
RELAZIONE TRA I LIMITI DI SPECIFICAZIONE, DI PROCESSO E DI CONTROLLO

#### **TIPI DI CARTE DI CONTROLLO**

#### **CRITERI PER LA SCELTA DELLA CARTA DI CONTROLLO DA UTILIZZARE**

#### **UTILIZZO DELLE CARTE DI CONTROLLO**

REGOLE PER L'INDIVIDUAZIONE DI CAUSE SPECIALI  
LA CURVA ARL

IL PROBLEMA DEL RICAMPIONAMENTO

IL PIANO DI REVISIONE DELLE CARTE DI CONTROLLO

#### **SCELTA E DIMENSIONAMENTO DEI SOTTOGRUPPI**

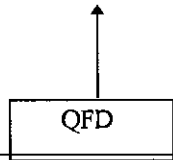
SCELTA DEI SOTTOGRUPPI

DIMENSIONAMENTO DEI SOTTOGRUPPI

SOTTOGRUPPI CON DIMENSIONI VARIABILI

# IL CONTROLLO STATISTICO DELLA QUALITA' APPLICATO NELLE DIVERSE FASI DEL CICLO DI VITA DI UN PRODOTTO O SERVIZIO

MARKETING



DESIGN



MANUFACTURING



USAGE

MAINTENENCE

SCRAPPING

## INTRODUZIONE

### ■ INTRODUZIONE

LE CARTE DI CONTROLLO SONO STATE INTRODOTTE DA SHEWART NEL 1931.

### □ CONFRONTO CON GLI ALTRI STRUMENTI STATISTICI SEMPLICI

PUR RIENTRANDO NEL GRUPPO DEI 7 STRUMENTI STATISTICI SI CARATTERIZZANO PER:

- L'APPROCCIO DINAMICO PIUTTOSTO CHE STATICO O DI SINTESI;
- I RIFERIMENTI ALLA STATISTICA INFERENZIALE;

#### **PER ESEMPIO**

IPOTIZZANDO DI RACCOGLIERE 5 DATI AL GIORNO, PER 20gg CONSECUTIVI SI PUÒ COSTRUIRE UN ISTOGRAMMA...

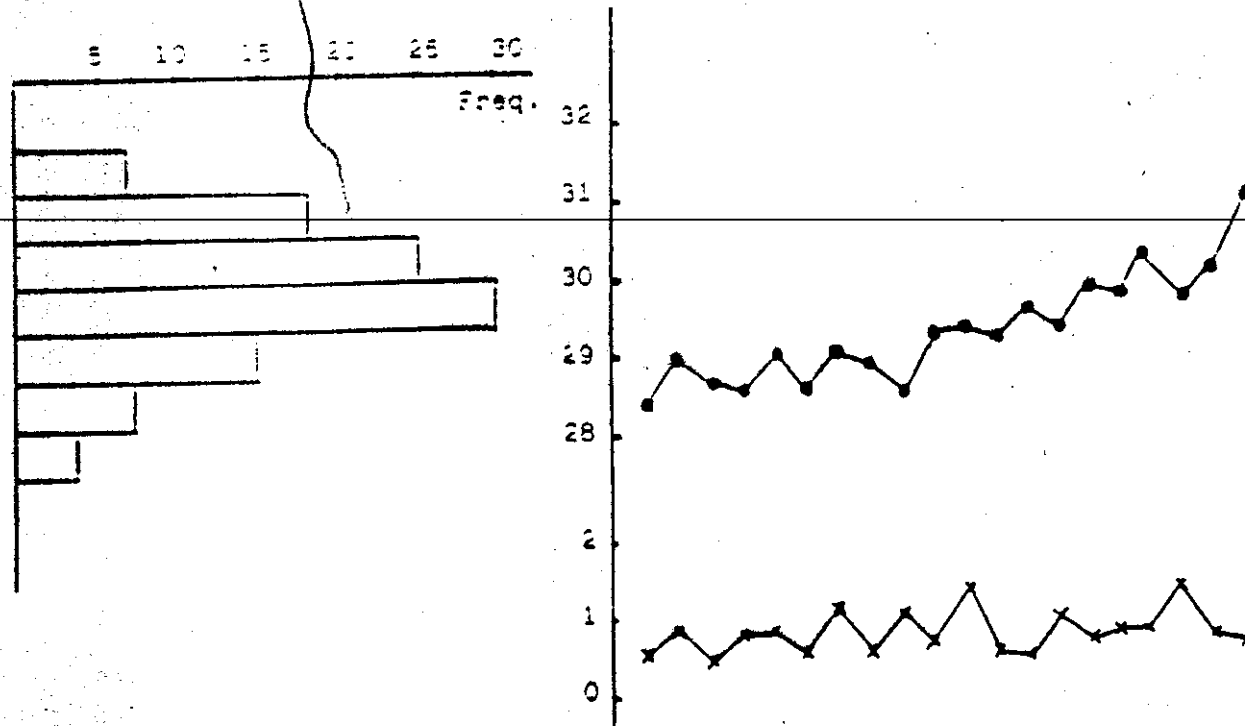
...MA DALL'ISTOGRAMMA NON POSSONO RICAVARSI INFORMAZIONI CIRCA L'ANDAMENTO DELLE MEDIE DELLE RILEVAZIONI GIORNALIERE O MAGARI DELL'ESCURSIONE (DIFFERENZA FRA MASSIMO E MINIMO).



GRAFICI NEL SEGUITO

continua

## INTRODUZIONE



**IN PIÙ, COME SI PUÒ GIUDICARE SE L'ANDAMENTO NEL TEMPO DEI CALCOLATI (Es. media ed escursione) PRESENTA ANOMALIE SIGNIFICATIVE**

**SE NON SI USA UN METODO RAZIONALE (statistico) NEL VALUTARE GLI ASPETTI, SI CORRE IL RISCHIO DI NON INTRAPRENDERE LE AZIONI PIÙ PROFITTEVOLI O, VICEVERSA, DI AGIRE A SPROPOSITO CREANDO CONFUSIONE E DANNO**

- **CAUSE COMUNI E CAUSE SPECIALI DI VARIABILITÀ**  
SONO DENOMINATE **CAUSE COMUNI** (o casuali) QUELLE SOTTOSTANTI LA VARIABILITÀ NATURALE DI UN PROCESSO.

TALE VARIABILITÀ E' DOVUTA AD UN COMPLESSO DI CAUSE MINORI CHE NON SI POSSONO NE' SELEZIONARE NE PREVEDERE E SULLE QUALI NON VALE LA PENA DI INDAGARE.

SONO **CAUSE SPECIALI** (o assegnabili) QUELLE IL CUI EFFETTO PUÒ ESSERE INDIVIDUATO E CONTROLLATO

POSSONO ESSERE CAUSE DI DISTURBO OCCASIONALI O ANCHE SISTEMATICHE CHE ALTERANO LA VARIABILITÀ NATURALE DEL PROCESSO  
(Es. usura di un utensile, fuori centratura di una macchina, fuori taratura di uno strumento, operaio con poca esperienza)



LE CAUSE SPECIALI DI DISTURBO DEVONO ESSERE DETERMINATE ED ELIMINATE IN MODO DA RIPORTARE IN CONTROLLO IL PROCESSO PRODUTTIVO.

□ **CONTROLLO SULLE CAUSE SPECIALI**  
IL CONTROLLO SULLE CAUSE SPECIALI RICHIEDE:

- UN MECCANISMO, OPERANTE SUGLI EFFETTI, CHE SEGNALI LA PRESENZA DI CAUSE SPECIALI;
- UNA RICERCA DELLE SPECIFICHE CAUSE;
- UNA CORREZIONE ED ELIMINAZIONE DEI PROBLEMI.

IL **MECCANISMO** E' DATO DALLE CARTE DI CONTROLLO, LA **RICERCA DELLE CAUSE** E DELLE POSSIBILI **AZIONI CORRETTIVE** PUO' AVVENIRE PER INTUITO, ESPERIENZA, TENTATIVI ED ERRORI O, MEGLIO ANCORA, CON DIAGRAMMI CAUSA-EFFETTO E DIAGRAMMI DI PARETO.



E' OPPORTUNO INDIVIDUARE LA LOGICA DEL MECCANISMO DI SEGNALAZIONE (CARTE DI CONTROLLO) DELLE CAUSE SPECIALI.

## LOGICA DELLE CARTE DI CONTROLLO

### ■ LOGICA DELLE CARTE DI CONTROLLO

LE CARTE DI CONTROLLO PERMETTONO DI DETERMINARE SE LE DIFFERENZE  
RISCONTRATE TRA VARIE STIME CAMPIONARIE POSSONO ESSERE ATTRIBUITE  
A CAUSE SPECIALI.

ESSE NON SONO ALTRO CHE L'USO RIPETUTO, IN FORMA GRAFICA, DI

**TEST STATISTICI PER LA VERIFICA DELL'IPOTESI.**

- ❑ **BASI STATISTICHE PER LE CARTE DI CONTROLLO**  
SUCCESSIVI CAMPIONI (o subgroups, sottogruppi) DI NUMEROSITÀ  $n$  SONO RACCOLTI DALL'OUTPUT DI UN PROCESSO...(che e' la popolazione statistica di riferimento)

SUI CAMPIONI E' APPLICABILE UNA FUNZIONE DELLE  $n$  OSSERVAZIONI CAMPIONARIE DETTA STIMATORE DEL PARAMETRO  $\theta$  INCOGNITO DELLA POPOLAZIONE ( $\theta$  potrebbe essere la media o la varianza di una misura di caratteristiche fisiche, qualitative dell'output del processo...).



NEL SEGUITO E' PROPOSTA LA FORMA DELLO STIMATORE.

LA FUNZIONE STIMATORE SI ESPRIME CON:

$$\hat{\theta} = H(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

IN CUI LE  $X_1$   $X_2$   $X_3$  .... $X_n$  SONO LE VARIABILI CASUALI RELATIVE ALLA PRIMA, SECONDA, TERZA ED ENNESIMA OSSERVAZIONE CAMPIONARIA.

LO STIMATORE HA UNA PROPRIA DISTRIBUZIONE CAMPIONARIA.

SOSTITUENDO NELLA FUNZIONE I VALORI OSSERVATI  $x_1$   $x_2$   $x_3$  .... $x_n$ , SI OTTIENE UN VALORE  $\hat{\theta}$  DETTO STIMA DEL PARAMETRO INCOGNITO  $\theta$ .



LA SCELTA DELLA FUNZIONE STIMATORE DEVE ESSERE IN STRETTA ANALOGIA CON QUANTO SI VUOLE STIMARE DEL PROCESSO...

- se si vuole stimare il valore medio  $\mu$  del processo, si sceglie una funzione stimatore che sia una funzione lineare delle osservazioni campionarie, come ad esempio  $\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$
- se si vuole stimare la varianza  $\sigma^2$  del processo, si sceglie una funzione stimatore che sia una funzione quadratica delle osservazioni campionarie, come ad esempio  $\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$
- se si vuole stimare la probabilità  $p$  di un difetto, si sceglie una funzione stimatore che sia una funzione lineare delle osservazioni campionarie, come ad esempio  $\hat{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$

PER STIMARE LA MEDIA DELLA POPOLAZIONE (OUTPUT DEL PROCESSO) SI PUO' UTILIZZARE LA MEDIA DEL CAMPIONE,

PER STIMARE LA VARIANZA DELLA POPOLAZIONE (OUTPUT DEL PROCESSO) SI PUO' UTILIZZARE LA VARIANZA DEL CAMPIONE



**UN TEST PER PROVARE UN'IPOTESI STATISTICA È UN CRITERIO O UNA REGOLA PER ACCETTARE O RESPINGERE L'IPOTESI IN BASE ALLE RISULTANZE DI UN DETERMINATO CAMPIONE.**

PER POTER REALIZZARE IL TEST SUI VALORI DEI PARAMETRI INCOGNITI DEL PROCESSO, di regola  $\cong N(\mu, \sigma^2)$ , BISOGNA VEDERE SODDISFATTE LE SEGUENTI CONDIZIONI:

- DEVE AVERSI UNA **STIMA** (IPOTESI STATISTICA) PER I PARAMETRI DEL PROCESSO;
- BISOGNA **CONOSCERE O FARE DELLE IPOTESI** SULLA DISTRIBUZIONE DELLA STATISTICA (funzione test) AL VARIARE DEI CAMPIONI NELL'UNIVERSO CAMPIONARIO

LA STIMA DEI PARAMETRI INCOGNITI DEL PROCESSO SI EFFETTUA:

- LASCIANDO CHE IL PROCESSO OPERI PER UN CERTO PERIODO DI TEMPO,
- ESTRAENDO CAMPIONI DELL'OUTPUT DEL PROCESSO,
- EFFETTUANDO LA MEDIA DELLE STIME  $\hat{\theta}$  CALCOLATE SUI CAMPIONI STESSI.

E' PREFERIBILE PRENDERE UNA GRANDE QUANTITÀ DI CAMPIONI (sottogruppi):  
ALMENO 20-25 CAMPIONI PER GIUNGERE A STIME ATTENDIBILI.

**PER ESEMPIO**

PER LA STIMA DELLA MEDIA  $\mu$ :

- SI POSSONO ESTRARRE k CAMPIONI OGNUNO DI 5 RILEVAZIONI,
- SI APPLICA LO STIMATORE MEDIA DI CIASCUN CAMPIONE (sottogruppo)  
 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_k$
- SI CALCOLA LA MEDIA DELLE MEDIE:  $\bar{\bar{X}}$

SULLA BASE DELLA DISTRIBUZIONE DELLA STATISTICA CAMPIONARIA SI PUO' DEFINIRE UN INTERVALLO DI RIGETTO **R** ED UNO DI ACCETTAZIONE **A** PER L'IPOTESI FORMULATA.

SE IL VALORE  $s$  DELLA STATISTICA CADE IN **R** SI RIGETTA L'IPOTESI NULLA (con un certo livello di significatività);

SE IL VALORE  $s$  DELLA STATISTICA CADE IN **A** SI ACCETTA L'IPOTESI NULLA (con un certo livello di significatività).

**PER ESEMPIO**

LA DISTRIBUZIONE DELLA MEDIA CAMPIONARIA E'  $\cong N(\mu, \frac{\sigma^2}{n})$ ; CON UN'IPOTESI NULLA  $\mu=\mu_0$ , SI RIGETTA L'IPOTESI SE:

$$|z| = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}} > z_\alpha$$



NELLE CARTE DI CONTROLLO QUESTE AREE SONO DELIMITATE DAI LIMITI DI CONTROLLO (in genere  $\alpha=0,0027$  corrispondente a  $z_\alpha=3$ ).

## LE CARTE DI CONTROLLO

### LE CARTE DI CONTROLLO

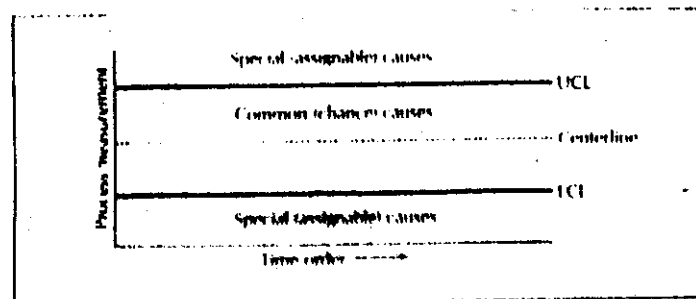
### RAPPRESENTAZIONE IN FORMA GRAFICA.

#### L'ASSE ORIZZONTALE

SULL'ASSE ORIZZONTALE DI UN SISTEMA DI ASSI CARTESIANI SI POSIZIONA LA  
VARIABILE "NUMERO DEL SOTTOGRUPPO"

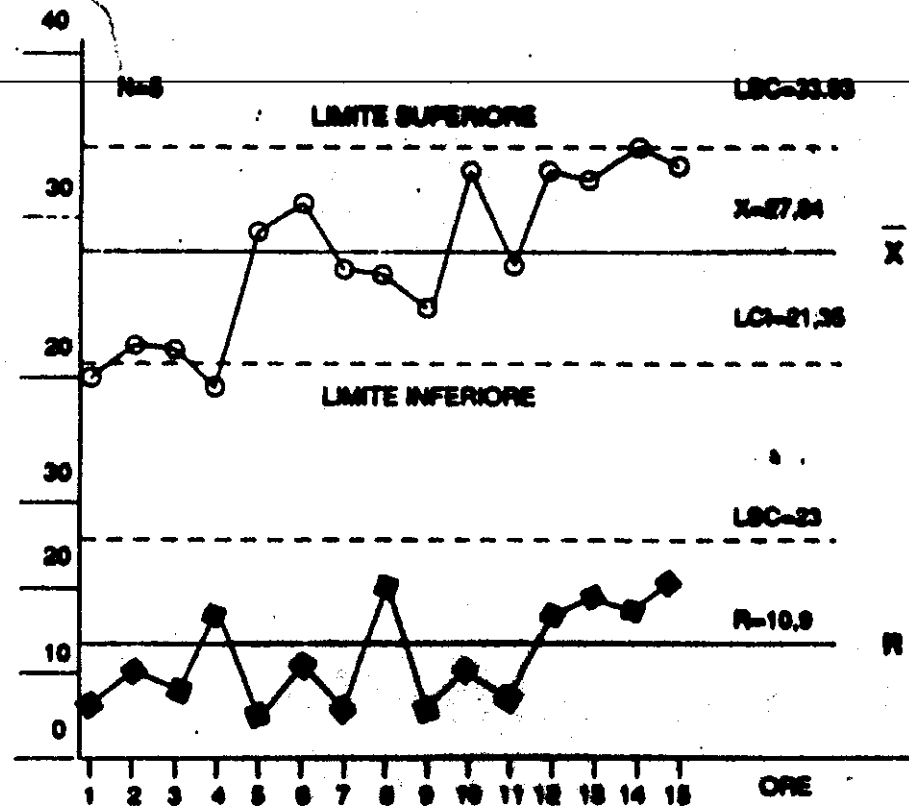
#### L'ASSE VERTICALE

SULL'ASSE VERTICALE SI POSIZIONA LA STATISTICA (O LE STATISTICHE)  
CALCOLATE SUL SOTTOGRUPPO



# LE CARTE DI CONTROLLO

## ESEMPIO DI CARTA DI CONTROLLO X-R



**LE STATISTICHE**

LE STATISTICHE PIU' COMUNI PRESE A RIFERIMENTO SONO:

$\bar{X}$  (MEDIA)

s (SCARTO QUADRATICO MEDIO)

R (CAMPO DI VARIAZIONE)

$\tilde{X}$  (MEDIANA)

p (PROPORZIONE DI NON CONFORMITÀ)

np (NUMERO DI NON CONFORMITÀ')

c (NUMERO DI NON CONFORMITÀ' PER UNITÀ' DI ISPEZIONE)

u (NUMERO DI NON CONFORMITÀ' PER UNITÀ' DI ISPEZIONE  
VARIABILE)

IN RELAZIONE ALLE DIVERSE STATISTICHE SI HANNO DIVERSE CARTE DI CONTROLLO.

A VOLTE POSSONO AVERSI SOLO SOTTOGRUPPI DI DIMENSIONE 1, ALTRE VOLTE SI VANNO AD ACCUMULARE LE INFORMAZIONI DI PIU' SOTTOGRUPPI...

...IN QUESTI CASI SI CREANO ULTERIORI TIPI DI CARTE DI CONTROLLO.

**LA LINEA CENTRALE**

E' DATA DAL VALORE ATTESO DI LUNGO PERIODO PER LA STATISTICA DI RIFERIMENTO ED E' LA STIMA DEL PARAMETRO INCOGNITO DEL PROCESSO.

**I LIMITI DI CONTROLLO**

L'ASSE VERTICALE DEL SISTEMA DI ASSI CARTESIANI VIENE DISTINTO IN DUE REGIONI ATTRAVERSO LA RAPPRESENTAZIONE DEI **LIMITI DI CONTROLLO (INFERIORI E SUPERIORI)**

I LIMITI DI CONTROLLO (**LSC** e **LIC**) SONO POSIZIONATI A LIVELLI DIPENDENTI DALLA DISTRIBUZIONE DELLA STATISTICA DI RIFERIMENTO.



SEGUE UN ESEMPIO

AD ESEMPIO PER LA **STATISTICA MEDIA** CON DISTRIBUZIONE  $\cong N(\mu, \frac{\sigma^2}{n})$ , I  
LIMITI DI CONTROLLO SONO DI REGOLA DATI DA

$$\mu \pm 3 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

NELLA PRATICA I VALORI  $\mu$  E  $\sigma$  DEL PROCESSO NON SONO NOTI...MA POSSONO  
ESSERE STIMATI:

$\mu$  CON IL VALORE DELLA LINEA DI CENTRO

$\sigma$  RICORRENDO ALLA LINEA DI CENTRO DI ALTRE CARTE PORTATE IN  
CONTROLLO STATISTICO QUALI PER ESEMPIO:

LA CARTA DI CONTROLLO DELLE ESCURSIONI (R CHART)

O

LA CARTA DI CONTROLLO DELLA DEVIAZIONE STANDARD (s CHART)

L'AREA CHE SI TROVA ALL'ESTERNO DEI LIMITI DI CONTROLLO E' CONSIDERABILE **AREA DI RIFIUTO**, L'AREA CHE SI TROVA ALL'INTERNO DEI LIMITI E' CONSIDERABILE **AREA DI ACCETTAZIONE**, VALE A DIRE:



IL FATTO CHE UNA **STATISTICA** CADA ALL'ESTERNO DEI LIMITI DI CONTROLLO E' INTERPRETABILE COME UN SEGNALE DELLA **POSSIBILE PRESENZA DI CAUSE SPECIALI** CHE INFLUENZANO I PARAMETRI DEL PROCESSO.



SOLO QUANDO LE CARTE DI CONTROLLO INDICANO CHE IL PROCESSO E' IN CONTROLLO STATISTICO **HA SENSO PARLARE DI VALORE ATTESO E DEVIAZIONE STANDARD DEL PROCESSO** COME MISURE ATTENDIBILI



SENZA QUESTO CONTROLLO, SIA IL VALORE ATTESO CHE LA MEDIA **POSSONO CAMBIARE NEL TEMPO** PER CUI BASARE DECISIONI SU QUESTE MISURE VOLATILI DIVIENE RISCHIOSO.

### **I LIMITI DI SPECIFICAZIONE**

I LIMITI DI SPECIFICAZIONE DESCRIVONO CIO' CHE SI DESIDERA IL PROCESSO FACCIA.

POSSONO AD ESEMPIO INTERPRETARSI COME IL LIMITE SUPERIORE ED INFERIORE DI TOLLERANZA DEL DISEGNO.

### **I LIMITI DI PROCESSO**

POSSONO ESSERE INSERITI NELLA CARTA DI CONTROLLO.

INDICANO COME IL PROCESSO SI STA COMPORTANDO ALLO STATO E QUINDI L'INTERVALLO ENTRO IL QUALE LA MAGGIORANZA DELLE MISURE DEL PROCESSO SI POSIZIONANO.

POSSONO DENOMINARSI ANCHE *LIMITI DI TOLLERANZA NATURALE*

SE SI ASSUME, PER IL PROCESSO, UNA DISTRIBUZIONE  $\cong N(\mu, \sigma)$  I LIMITI DI PROCESSO POSSONO ESSERE DATI DA:

$$\mu \pm 3\sigma \quad \text{O DAI CORRISPONDENTI VALORI STIMATI } \hat{\mu} \pm 3\hat{\sigma}$$

DATO CHE L'AREA DELLA CURVA NORMALE CADE IN MAGGIORANZA ENTRO QUESTI LIMITI.

❑ **RELAZIONE TRA I LIMITI DI SPECIFICAZIONE, DI PROCESSO E DI CONTROLLO**

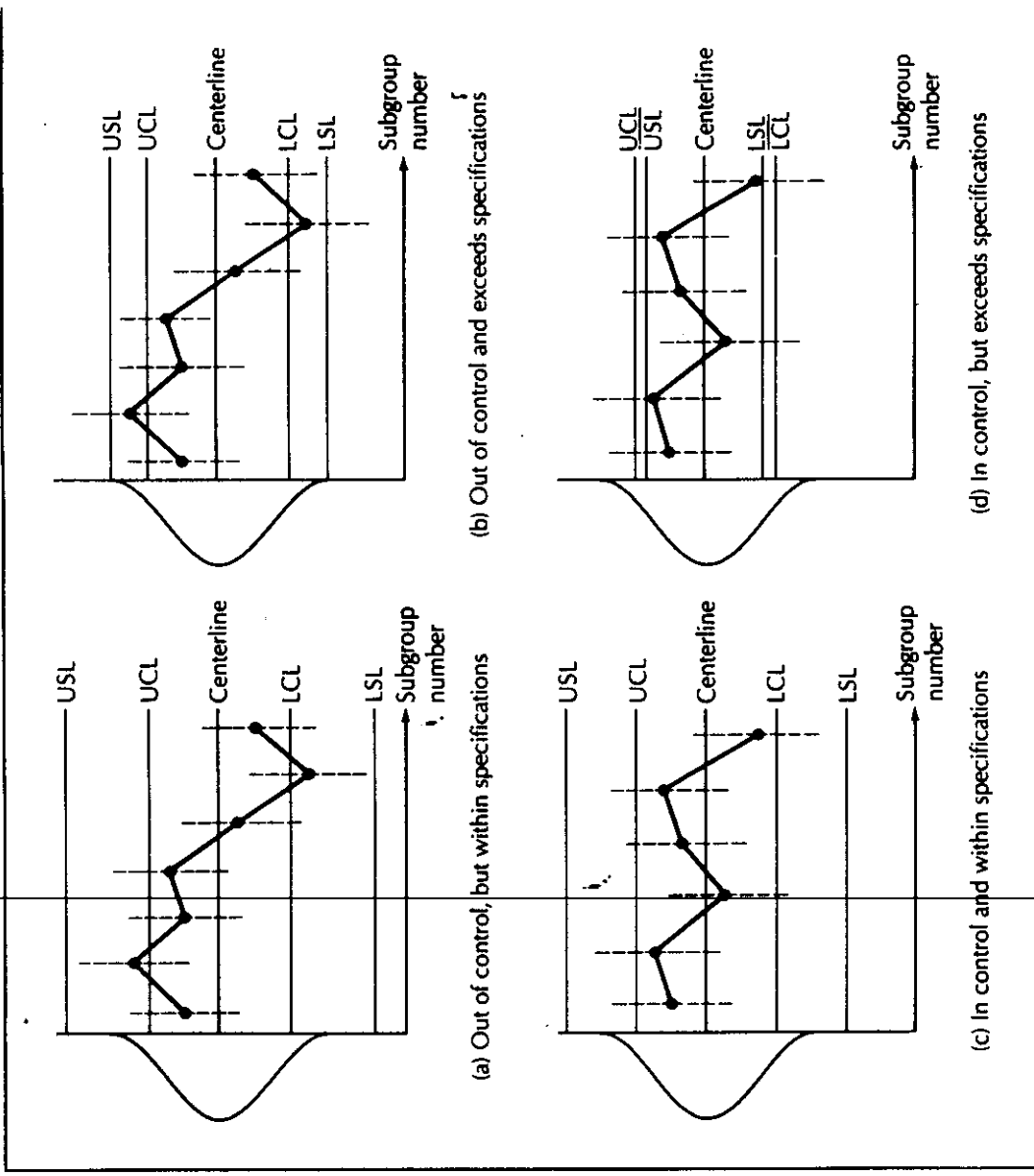
- I LIMITI DI SPECIFICAZIONE SONO ASSEGNATI A PRIORI;
- I LIMITI DI PROCESSO SONO RICAVABILI AVENDO A RIFERIMENTO IL VALORE ATTESO, LA DEVIAZIONE STANDARD E LA DISTRIBUZIONE DEL PROCESSO;
- I LIMITI DI CONTROLLO SONO RICAVABILI AVENDO A RIFERIMENTO IL VALORE ATTESO, LA DEVIAZIONE STANDARD E LA DISTRIBUZIONE DELLA STATISTICA.

DA UN CONFRONTO FRA I LIMITI DI PROCESSO ED I LIMITI DI SPECIFICAZIONE POSSONO DEDURSI INFORMAZIONI CIRCA LA **CAPABILITY** DEL PROCESSO.



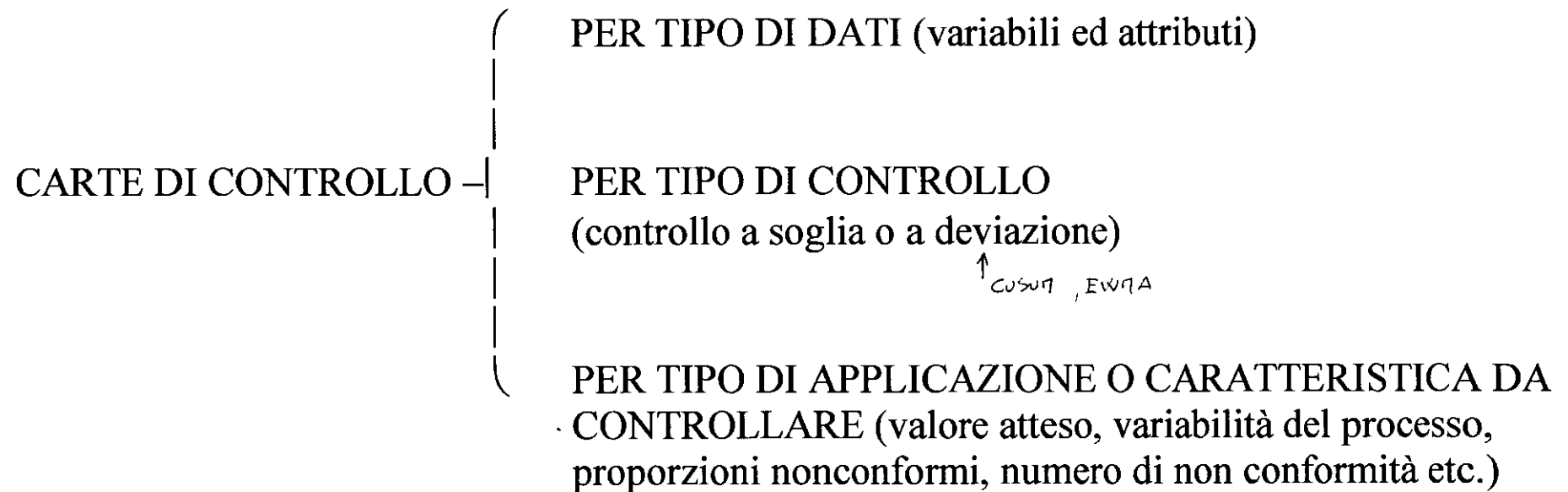
NEL SEGUITO SONO PRESENTATE ALCUNE POSSIBILI COMBINAZIONI DEI LIMITI SUCCITATI.

# CONFRONTO FRA LIMITI DI CONTROLLO E LIMITI DI SPECIFICAZIONE



■ **TIPI DI CARTE DI CONTROLLO**

LE CARTE DI CONTROLLO POSSONO CLASSIFICARSI IN BASE A CRITERI DIVERSI:



SEGUONO DEGLI SCHEMI DI CLASSIFICAZIONI DELLE CARTE DI CONTROLLO IN RELAZIONE AI DIVERSI CRITERI

TABLE 6.1 Control Charts Classified by Type of Data

| Variables Control Charts                    | Attributes Control Charts                           |
|---|---|
| $\bar{x}$ , sample mean                     | $p$ , percent nonconforming                         |
| $\tilde{x}$ , sample median                 | $np$ , number nonconforming                         |
| $x$ , individual measurement                | $c$ , number of nonconformities                     |
| $R$ , sample range                          | $u$ , number of nonconformities per inspection unit |
| $s$ , sample standard deviation             | CUSUM, cumulative sum of deviations                 |
| MR, moving range                            |   |
| Narrow- limit gage charts                   |   |
| CUSUM, cumulative sum of deviations         |   |
| EWMA, exponentially weighted moving average |   |

TABLE 6.2 Control Charts Classified by Type of Application

| Characteristic to Control | Chart                   |
|---------------------------|-------------------------|
| Process average           | $\bar{x}$ & $\tilde{x}$ |
| Process variation         | $R$ & MR                |
| Proportion nonconforming  | $p$                     |
| Number nonconforming      | $np$                    |
| Number of nonconformities | $c$ & CUSUM             |

## CRITERI PER LA SCELTA DELLE CARTE DI CONTROLLO

- **CRITERI PER LA SCELTA DELLE CARTE DI CONTROLLO DA UTILIZZARE.**  
MOLTI FATTORI INFLUENZANO LA SCELTA DELLE CARTE DI CONTROLLO DA ADOTTARE:

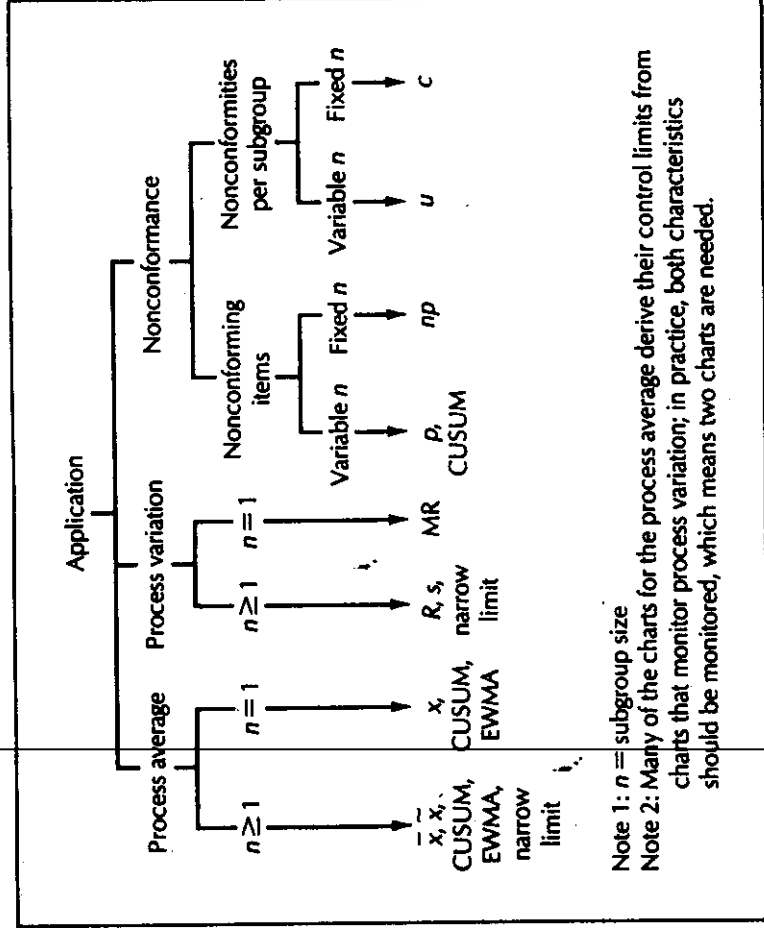
- LE DIMENSIONI DEL SOTTOGRUPPO,
- LA FREQUENZA DEL CAMPIONAMENTO
- IL TIPO DI CONTROLLO (controllo a soglia o a deviazione)
- LE CARATTERISTICHE DEL PROCESSO
- LE EVENTUALI LIMITAZIONI IMPOSTE DAL PROCESSO



NEL SEGUITO E' PROPOSTO UNO SCHEMA UTILE PER LA SELEZIONE DELLA  
CARTA DI CONTROLLO PIU' ADATTA.

**PARTICOLARE ATTENZIONE VA POSTA AL FATTO CHE MOLTE DELLE CARTE PER  
LA MEDIA DEL PROCESSO DERIVANO I LORO LIMITI DI CONTROLLO DALLE  
CARTE DELLA VARIAZIONE DEL PROCESSO.**

LEGENDA PER LA SELEZIONE DELLA CARTA DI CONTROLLO DA UTILIZZARE



Note 1:  $n$  = subgroup size

Note 2: Many of the charts for the process average derive their control limits from charts that monitor process variation; in practice, both characteristics should be monitored, which means two charts are needed.

## UTILIZZO DELLE CARTE DI CONTROLLO

### ■ UTILIZZO DELLE CARTE DI CONTROLLO

#### □ REGOLE PER INDIVIDUARE CAUSE SPECIALI

LA REGOLA INDICATA FINORA PER INDIVIDUARE LA PRESENZA DI UN PROCESSO FUORI CONTROLLO E' QUELLA BASATA SUL SUPERAMENTO DEI LIMITI DI CONTROLLO.

PIU' DISTANTI FRA LORO SONO I LIMITI DI CONTROLLO E MINORE DIVENTA LA PROBABILITÀ DI INDIVIDUARE CAUSE SPECIALI, ESSENDO IN TAL MODO RIDOTTA LA SENSITIVITÀ DELLA CARTA DI CONTROLLO.



PER ESPANDERE LA SENSITIVITÀ DI UNA CARTA DI CONTROLLO SI PUO' USARE UN ELENCO AMPLIATO DI REGOLE PER IL CONTROLLO CHE TENGONO CONTO DI:

UNA SERIE ANOMALA DI DATI CONSECUTIVI  
UNA TENDENZA ANOMALA DEI DATI  
UNA PERIODICITA' DI COMPORTAMENTO DEI DATI

...continua

## UTILIZZO DELLE CARTE DI CONTROLLO

- A) 1 PUNTO FUORI DAI LIMITI DI CONTROLLO (3-sigma)
- B) 8 PUNTI SUCCESSIVI NELLO STESSO LATO RISPETTO ALLA LINEA CENTRALE
- C) 6 PUNTI SUCCESSIVI CHE CRESCONO ( O DECRESCONO )
- D) 2 PUNTI DI UN GRUPPO DI 3 CHE SONO SULLO STESSO LATO RISPETTO ALLA LINEA CENTRALE, ALLA DISTANZA DI 2 sigma
- E) 4 PUNTI DI UN GRUPPO DI 5 CHE SONO DALLO STESSO LATO RISPETTO ALLA LINEA CENTRALE, ALLA DISTANZA DI 1 sigma

LE REGOLE ELENcate SONO STATE DEFINITE IN MODO CHE ABBIANO TUTTE LA STESSA PROBABILITA' DI DARE UN FALSO ALLARME.

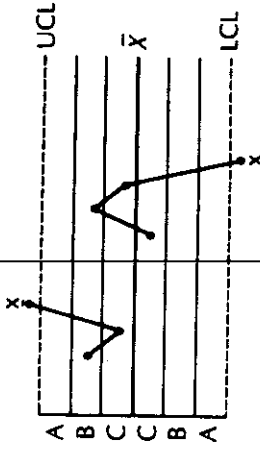
AD ESEMPIO LA PROBABILITA' DI UN FALSO ALLARME CON LA REGOLA A E' 0.0027.

CON LA REGOLA B, NELL'IPOTESI CHE LA LINEA CENTRALE FACCIA DA MEDIANA (PER CUI SI HA IL 50% DI PROBABILITA' CHE UN PUNTO SI TROVI SOPRA LA LINEA CENTRALE) SI HA:

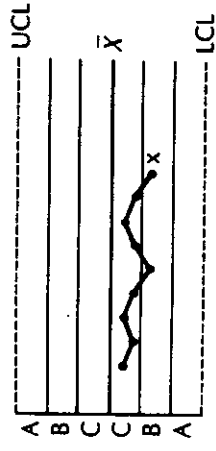
$$P(8 \text{ punti sopra la linea centrale}) = P(1^\circ \text{ sopra}) * P(2^\circ \text{ sopra}) \dots * P(8^\circ \text{ sopra}) = (0.5)^8 = 0.0039$$

CHE E' PROSSIMO ALLO 0.0027 DELLA REGOLA A

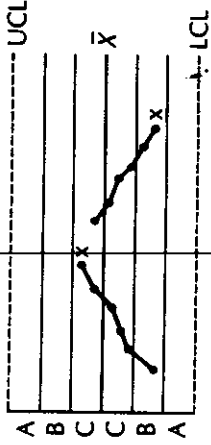
REGOLA BASE (Test 1) E REGOLE AGGIUNTIVE  
PER L'INDIVIDUAZIONE DI UN FODD CONTROLLO



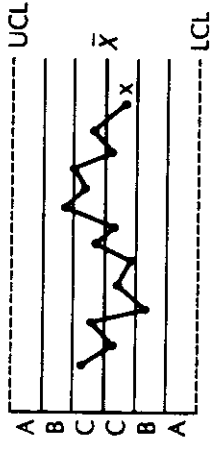
Test 1. One point beyond Zone A



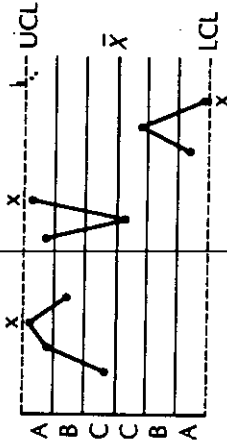
Test 2. Nine points in a row in Zone C or beyond



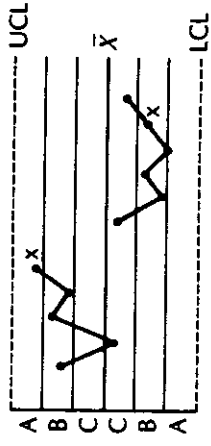
Test 3. Six points in a row steadily increasing or decreasing



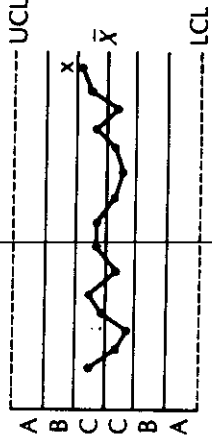
Test 4. Fourteen points in a row alternating up and down



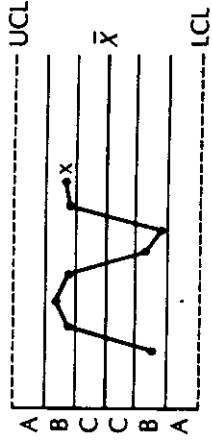
Test 5. Two out of three points in a row in Zone A or beyond



Test 6. Four out of five points in a row in Zone B or beyond



Test 7. Fifteen points in a row in Zone C (above and below centerline)



Test 8. Eight points in a row on both sides of centerline with none in Zones C

- **LA CURVA “ARL” (AVERAGE RUN LENGHT)**  
E’ UN METODO DI VALUTAZIONE DELLA SENSITIVITA’ DELLE CARTE DI CONTROLLO.  
L’ **ARL** E’ IL NUMERO ATTESO DI SOTTOGRUPPI CHE SI DEVONO ESAMINARE, E RAPPRESENTARE SU CARTA, PRIMA CHE SI VERIFICHINO UNA SITUAZIONE DI FUORI CONTROLLO IN BASE ALLA REGOLA A) SUCCITATA.

$$ARL = \frac{1}{p_d}$$

IN CUI  $p_d$  E’ LA PROBABILITA’ DI AVERE UN FUORI CONTROLLO CON UN SINGOLO SOTTOGRUPPO.

**AD ESEMPIO,**

SE NON SI SONO VERIFICATE SITUAZIONI DI FUORI CONTROLLO PER IL PROCESSO, LA PROBABILITA’ DI UN FALSO ALLARME E’ 0.0027 E L’ARL =  $1/0.0027=370.4$

VALE A DIRE CHE PER UN PROCESSO STABILE CI SI ASPETTA DI AVERE UN SOTTOGRUPPO FUORI CONTROLLO OGNI 370-371 SOTTOGRUPPI.

L'ARL E' COSTRUITO IN MODO DA TENER CONTO DI EVENTUALI DERIVE (shift) DEI PARAMETRI DEL PROCESSO RISPETTO ALLE IPOTESI FATTE.

**PER ESEMPIO**

IPOTIZZANDO UNA DERIVA DI  $k$  sigma = 2 sigma PER LA MEDIA DEL PROCESSO, IN UNA CARTA  $\bar{X}$ , CON SOTTOGRUPPI DI NUMEROSITA' 5...

$$p_d = P(\bar{x} > LSC) = P\left[z > \frac{\mu + 3\sigma/\sqrt{n} - (\mu + 2\sigma)}{\sigma/\sqrt{n}}\right] = p(z > 3 - 2\sqrt{n}) = p(z > -1.47) = 0.9292$$

PER CUI  $ARL = 1/0.9292 = 1.08$ :

LA DERIVA DEL PROCESSO DOVREBBE ESSERE INDIVIDUATA, IN MEDIA, GIA' NEL SOTTOGRUPPO IMMEDIATAMENTE SUCCESSIVO AL SUO VERIFICARSI.

**❑ IL PROBLEMA DEL RICAMPIONAMENTO**

IN SEDE DI UTILIZZO DELLE CARTE DI CONTROLLO SI ADOTTA SPESSO UN COMPORTAMENTO ERRATO ECCESSIVAMENTE PRUDENZIALE...

...NEL MOMENTO IN CUI UNA REGOLA PREDEFINITA VIENE INFRANTA SI ASPETTA IL SUCCESSIVO CAMPIONE COME CONFERMA DELLA SITUAZIONE DI FUORI CONTROLLO PER IL PROCESSO...

...IL CHE PUO' PORTARE A TRASCURARE IMPORTANTI SEGNALI D'ALLARME.

**❑ IL PIANO DI REVISIONE DELLE CARTE DI CONTROLLO**

PER LA LORO STESSA NATURA LE CARTE DI CONTROLLO SONO DIPENDENTI DAL TEMPO...

...INFATTI, INDIVIDUATE ED ELIMINATE LE CAUSE SPECIALI, LA VARIABILITA' DEL PROCESSO TENDE A RIDURSI O LA MEDIA TENDE A MODIFICARSI PER CUI LA LINEA CENTRALE ED I LIMITI DI CONTROLLO NON DESCRIVONO PIU' ADEGUATAMENTE IL PROCESSO.

DEVE ESSERE PREVISTO UN PIANO DI REVISIONE PERIODICO PER LE CARTE DI CONTROLLO CHE PUO' CONSIDERARE:

- LA PROSECUZIONE NELL'UTILIZZO DELLA CARTA, SE LE CAUSE SPECIALI SONO, ALLO STATO, ANCORA UN PROBLEMA;
- L'AGGIORNAMENTO DEI CONTROL LIMITS E DELLA LINEA CENTRALE (sul medesimo grafico e sulla base dei più recenti dati del processo);
- L'UTILIZZO DI UNA NUOVA CARTA DI CONTROLLO PIU' SENSIBILE (ad esempio carte con controllo per deviazione piuttosto che controllo di soglia);
- L'INTERRUZIONE DELL'USO DELLA CARTA (per impiegare le risorse nello studio di altre caratteristiche di processo) SE LE CAUSE SPECIALI SONO STATE INDIVIDUATE ED ELIMINATE.



L'ULTIMO PUNTO DA CONSIDERARE, RELATIVAMENTE ALLA TEORIA DELLE CARTE DI CONTROLLO, E' IL PROBLEMA LEGATO ALLA SCELTA E DIMENSIONAMENTO DEI SOTTOGRUPPI.

## SCELTA E DIMENSIONAMENTO DEI SOTTOGRUPPI

### ■ SCELTA E DIMENSIONAMENTO DEI SOTTOGRUPPI

#### □ SCELTA DEI SOTTOGRUPPI

LA SCELTA DEI SOTTOGRUPPI DI RIFERIMENTO PER LE CARTE DI CONTROLLO NON E' ARBITRARIA.

ESSA INFLUENZA DIRETTAMENTE LA CAPACITA' DELLA CARTA DI EVIDENZIARE CAUSE SPECIALI E CAMBIAMENTI SISTEMATICI DEL PROCESSO.

**SHEWART** HA RISOLTO IL PROBLEMA CON I COSIDDETTI "**SOTTOGRUPPI RAZIONALI**".

- LA **VARIABILITÀ'** ALL'INTERNO DEI SOTTOGRUPPI DEVE ESSERE UNA BUONA STIMA DELLA VARIABILITÀ' NATURALE DEL PROCESSO.
- LA PRESENZA DI CAUSE SPECIALI PUO' ESSERE INDIVIDUATA TENENDO CONTO CHE QUESTE SONO RESPONSABILI DELLA **VARIABILITÀ'** FRA I **SOTTOGRUPPI**



NEL SEGUITO E' PROPOSTO UN ESEMPIO

...continua

## **SCelta E DIMENSIONAMENTO DEI SOTTOGRUPPI**

### **PER ESEMPIO**

SI VOGLIONO INDIVIDUARE CAUSE SPECIALI RELATIVE A DIFFERENZE DI PERFORMANCE FRA 5 OPERATORI NELLA PRODUZIONE DI ITEMS.

NON CONVIENE INSERIRE IN CIASCUN SOTTOGRUPPO (di dimensione 5) MISURE DI ITEMS PRODOTTI DAI 5 DIVERSI OPERATORI...

...CONVIENE ISOLARE LE PERFORMANCE DI CIASCUN OPERATORE COSTRUENDO SUCCESSIVI SOTTOGRUPPI CON LE MISURE DI 5 ITEMS PRODOTTI DA UN UNICO OPERATORE.

### **DIMENSIONAMENTO DEI SOTTOGRUPPI**

CAMPIONI (o sottogruppi) DI DIMENSIONI ELEVATE AUMENTANO L'ATTENDIBILITA' DEI RISULTATI A CUI SI GIUNGE...

...MA AUMENTARE LE DIMENSIONI DEI CAMPIONI E' COSTOSO.

IN GENERE VENGONO SCELTI CAMPIONI DI DIMENSIONI PARI A 5 IN QUANTO E' FACILE CALCOLARNE LA MEDIA. (si raddoppia la somma e si divide per 10)

ALTRE VOLTE E' IL PROCESSO STESSO CHE PORTA A SCEGLIERE CAMPIONI DI NUMEROSITA' =1...

...**AD ESEMPIO** QUANDO IL PROCESSO RICHIEDE MOLTO TEMPO PER PRODURRE L'OUTPUT PER CUI LE CAUSE SPECIALI POTREBBERO ESSERE INCLUSE ALL'INTERNO DEI SOTTOGRUPPI E NON SI AVREBBERO PIU' "CAMPIONI RAZIONALI".

- **SOTTOGRUPPI CON DIMENSIONE VARIABILE**  
PUO' CAPITARE CHE IL PROCESSO NON PRODUCA OUTPUT A SUFFICIENZA PER LA RACCOLTA DI CAMPIONI CON LA NUMEROSITA' PREFISSATA.



COME CI SI DEVE COMPORTARE QUANDO, PER LE CARATTERISTICHE DEL PROCESSO, TALE SITUAZIONE DIVENTA LA NORMA (come nelle carte per attributi) ?

E COME SI VANNO A CALCOLARE I LIMITI DI CONTROLLO?

- A) SI USA LA DIMENSIONE MEDIA DEI CAMPIONI PER CALCOLARE I LIMITI DI CONTROLLO,
- B) SI USANO LIMITI DI CONTROLLO VARIABILI,
- C) SI USANO LIMITI DI CONTROLLO STANDARDIZZATI.

L'IPOTESI A) E' APPLICABILE QUANDO LE DIMENSIONI DEI CAMPIONI SONO ELEVATE (come nel caso delle carte per attributi).

L'IPOTESI B) PORTA A CALCOLARE SEPARATAMENTE, CON L'AUSILIO DEL COMPUTER, I LIMITI DI CONTROLLO PER CIASCUN SOTTOGRUPPO.

L'IPOTESI C) SI BASA SULLA CONVERSIONE DELLE STATISTICHE DELLE CARTE DI CONTROLLO IN FORMA STANDARDIZZATA:

$$STANDARDIZED.VALUE = \frac{\theta_i - \bar{\theta}}{\hat{\sigma}_\theta}$$

↓  
IN CUI...

...IN CUI  $\bar{\theta}$  E' LA LINEA CENTRALE DELLA CARTA DI CONTROLLO,  $\hat{\sigma}_{\theta}$  E' UNA STIMA DELLA DEVIAZIONE STANDARD DELLA STATISTICA  $\theta$  ED INFINE  $\theta_i$  E' LA STIMA ASSOCIATA AL SOTTOGRUPPO  $i$ .

IN QUESTO CASO I LIMITI DI CONTROLLO SONO DATI SEMPRE DA  $z=+3$  (come LSC) E DA  $z=-3$  (come LIC).



NEL SEGUITO E' PROPOSTO UN GRAFICO ESEMPLIFICATIVO DELL' IPOTESI **B)**  
CON LIMITI DI CONTROLLO VARIABILI.

continua

# SCELTA E DIMENSIONAMENTO DEI SOTTOGRUPPI

