

CONTROLLO STATISTICO DEL PROCESSO



MANUALE DI UTILIZZO

INTRODUZIONE

1.0 PREVENZIONE CONTRO INDIVIDUAZIONE.

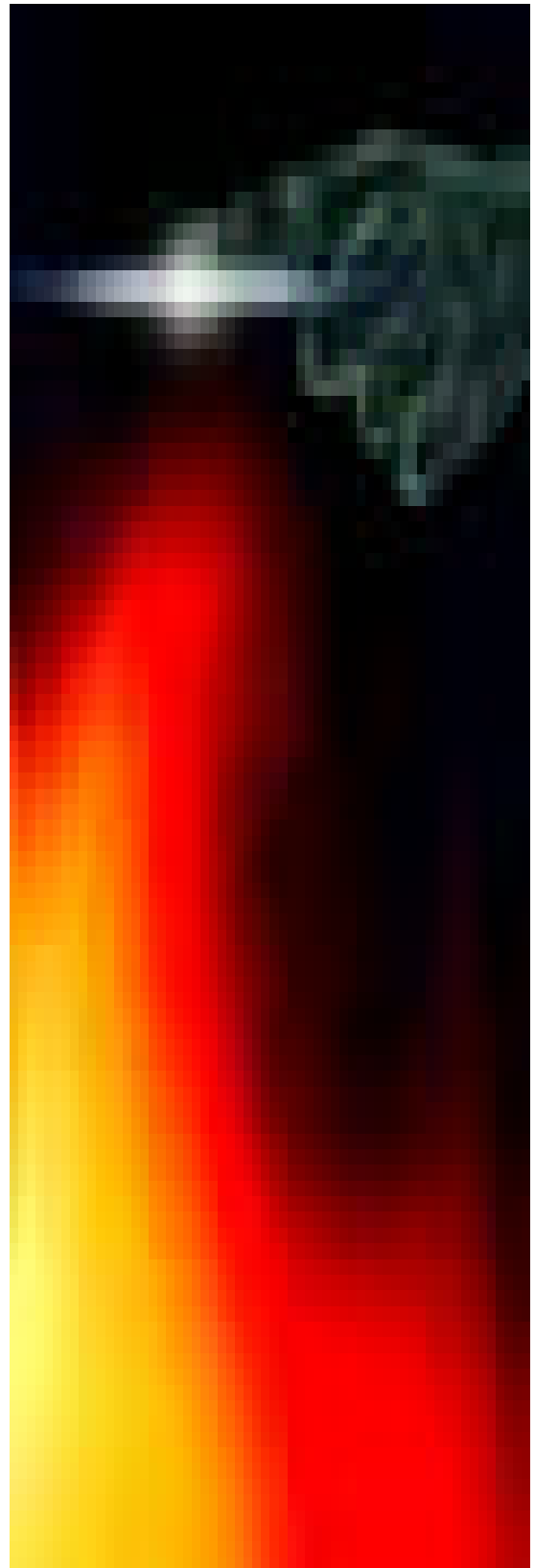
L'approccio tradizionale nella fabbricazione dei prodotti consiste nel controllo del prodotto finito da parte del Controllo Qualità per scoprire eventuali difetti su una o più caratteristiche.

Molto spesso sono necessari più passaggi di verifica per scoprire tutti gli errori presenti.

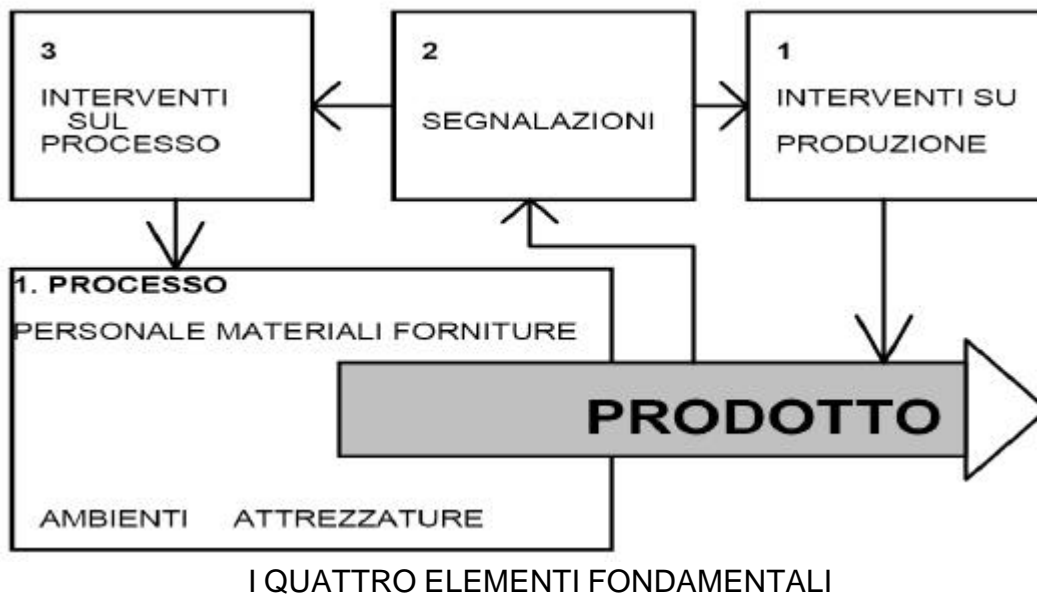
Questa strategia la possiamo definire di individuazione: è evidente che tutto il materiale scartato da origine ad un costo e quindi una strategia impostata per scoprire un difetto ormai presente non permette di massimizzare l'efficienza dell'impresa.

L'eliminazione dell'inefficienza ed il corrispondente spreco di materiali è maggiore se viene applicata una strategia di prevenzione.

Questa dispensa intende analizzare per sommi capi la strategia della prevenzione.



SISTEMA DI CONTROLLO DEL PROCESSO



2. SISTEMA DI CONTROLLO DEL PROCESSO.

Un sistema di controllo del processo può essere descritto come un sistema con retroazione, in cui vi sono quattro elementi importanti che agiscono.

IL PROCESSO

Si intende l'insieme di personale, materiali, materie prime, metodi e ambiente, che lavorano in comune per realizzare il prodotto. Il livello ottenuto dal prodotto è massimo se il processo è stato progettato bene e viene correttamente gestito.

SEGNALAZIONI

Studiando il prodotto si possono avere moltissime informazioni sul processo. Da questo studio devono partire le segnalazioni utili per determinare le azioni correttive.

INTERVENTI SUL PROCESSO

Sono interventi utili per scongiurare che nel futuro si ripresentino le stesse anomalie riscontrate nel presente. Gli effetti delle misure prese devono essere controllati.

INTERVENTI SULLA PRODUZIONE

Sono interventi orientati verso il passato, con lo scopo di eliminare dal prodotto finito gli articoli non conformi. Risulta evidente che questa procedura è solo un accorgimento scadente, in quanto il risultato da ottenere deve essere ottenuto all'origine. Di conseguenza noi metteremo l'accento sulla necessità di utilizzare metodi statistici, coadiuvati da carte di controllo, come migliore scelta per il miglioramento del processo.

CAUSE ALEATORIE

- Un gran numero di piccole fonti
- Stabilità
- Previsione relativamente possibile
- Permanenza susseguente l'intervento

CAUSE ASSEGNABILI

- Una sola o poche fonti importanti
- Possibilità di irregolarità
- Difficoltà di previsione
- Nuove manifestazioni possibili dopo interventi

3. VARIAZIONI: CAUSE ALEATORIE E CAUSE ASSEGNABILI

Non esistono mai due prodotti o due caratteristiche uguali. Le differenze potranno essere minime o importanti, ma sempre presenti.

Le dimensioni di un pezzo potranno variare per molte cause tra le quali possiamo supporre:

- precisione della macchina
- materia prima con diverse caratteristiche
- regolazioni fatte dall'operatore in momenti diversi
- dati ambientali differenti

La combinazione di differenti cause, esse stesse variabili di intensità, causano diversità del prodotto ultimato. Questa differenza tra i pezzi prodotti si può definire variazione e può essere ridotta analizzando le sue causali che a loro volta possono essere distinte in assegnabili e aleatorie.

Queste ultime sono le fonti di variazione sempre presenti nel processo, ma che variano in due processi diversi: si avrà quindi un processo costante per un certo tempo se saranno presenti solo cause aleatorie; non ci sono basi per poter migliorare il processo, ma è possibile prevedere il suo andamento.

Le cause assegnabili si estendono a fattori identificabili, normalmente irregolarità ed instabilità, e di conseguenza sono imprevedibili. Spesso si manifestano ad intermittenza a monte degli interventi correttivi.

4. UTILITÀ DELLA STATISTICA

A: PERCHÉ LA STATISTICA?

Si è vista la nozione di variazione: per poter avere a disposizione un metodo efficace di controllo è necessario misurare questo parametro.

Ma la verifica di tutta la produzione è sicuramente antieconomica, per cui è necessario utilizzare un sistema che dia le stesse conclusioni, valutando un campione modesto di prodotti e prevedendo la variazione globale.

La statistica ci fornisce i mezzi per fare questa previsione.

Vi sono vari metodi per l'analisi statistica: quelli che seguono sono applicabili concretamente, e consentono un grado di precisione molto elevato.

ARRANGIAMENTO DEI DATI

Dati di base: 50 misure

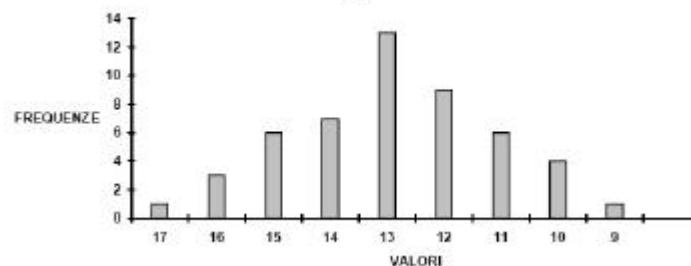
13	14	10	10	15	13	13	13	15	14
11	16	10	9	15	12	10	11	12	13
11	14	17	16	14	12	12	14	13	13
13	14	13	12	13	15	15	11	13	16
12	12	13	13	12	11	11	15	12	12

10 scartati, 40 accettati

Registrazione frequenze

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
9	x																
10	x	x	x	x													
11	x	x	x	x	x	x											
12	x	x	x	x	x	x	x	x	x								
13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
14	x	x	x	x	x	x											
15	x	x	x	x													
16	x	x	x														
17	x																

Istogrammi



B: ARRANGIAMENTO DEI DATI MISURATI

Supponiamo di dover misurare il diametro di un cilindro il cui valore nominale deve essere di 25,10 mm con tolleranza + 0,04 mm. In tabella sono stati riportati i valori riscontrati su 50 pezzi usciti consecutivamente dalla produzione (sono stati registrati solo i valori decimali a noi utili). Presi singolarmente non danno una visione chiara della situazione, semmai appare evidente il fatto che 10 pezzi su 50 sono fuori tolleranza, e quindi di scarto.

Ma con un metodo semplice come la tabella della registrazione delle frequenze, si vedranno come i valori misurati sono ripartiti. Ancora non sappiamo prevedere la variazione o distribuzione del nostro processo, ma è molto chiara a questo punto la visione che variazione esiste, ed è quantificabile (almeno sul campione misurato).

La tabella di registrazione delle frequenze può essere sostituita da un grafico di istogrammi, i quali comprenderanno i valori compresi nell'intervallo rappresentato.

Tutto questo ci permette di introdurre il concetto di distribuzione del processo e suo posizionamento.

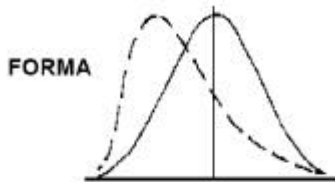
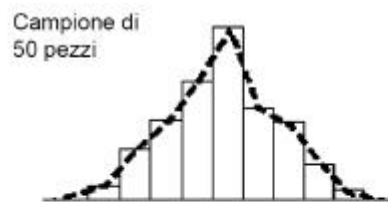
C: DISTRIBUZIONE DEI DATI MISURATI

Abbiamo analizzato la rappresentazione dei dati misurati con il metodo degli istogrammi. Nelle figure a parte abbiamo rappresentato i dati misurati unendo le estremità degli istogrammi con una linea tratteggiata.

Se il campione ha una numerosità sufficientemente importante in statistica, sarà possibile disegnare una curva regolare che rappresenterà l'insieme della popolazione dei pezzi prodotti.

Un numero di campioni pari a 50 è un numero adatto per avere un'eccellente approssimazione.

Questo modello è chiamato distribuzione.



Esistono vari tipi di distribuzioni ed ognuno si distingue per alcune caratteristiche quali **la forma, la dispersione, la posizione.**

D: LA CURVA DI GAUSS

La curva rappresentata è definita curva di Gauss e rappresenta la distribuzione del prodotto analizzato. Caratteristica fondamentale di questa curva è che può essere utilizzata ogni volta che vi sia una distribuzione non alterata da cause particolari.

Si veda per esempio il caso in cui vi sia un controllo integrato nel processo che scarti i pezzi al di fuori del campo di tolleranza: ebbene in questo caso, anche se matematicamente è possibile ricostruire la curva gaussiana, statisticamente il procedimento non è più utilizzabile.

Per definire questa curva sono necessari due parametri: **media** (rappresentata normalmente da una \bar{X} barrata) e **scarto tipo** (normalmente indicato con S o con la lettera greca σ).

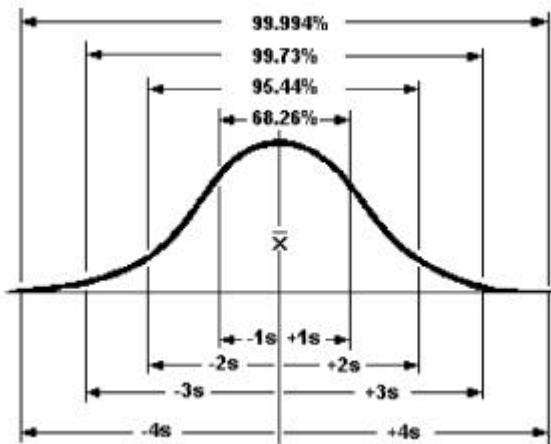
La media è il valore a cui sono più prossime il maggior numero di misure effettuate, ed infatti coincide con il punto in cui la curva ha il suo massimo valore. Definire la media dei valori misurati significa in pratica dire dove la curva di Gauss si posiziona.

Lo scarto tipo indica invece quanto la curva è larga: infatti per comodità la si suppone terminata al di là di due punti noti, anche se in realtà la curva tende a 0 all'infinito, punti i quali sono distanti tra loro 8 volte lo scarto tipo.

Come mostrato in figura, nello spazio compreso tra il punto minimo ed il punto massimo, equivalente a 6σ , sono compresi il 99,73% dei pezzi dell'intero lotto.

La formula per il calcolo dello scarto tipo (detto anche **deviazione standard**) vale nel caso in cui, misurato il campione, si voglia ottenere la distribuzione di tutto il lotto di pezzi: se invece si volesse calcolare la distribuzione dei soli pezzi misurati, il divisore sotto radice deve essere sostituito da n (numero pezzi campione), anziché $n-1$.

Nella formula, per X_i si intendono le misure effettuate.



$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

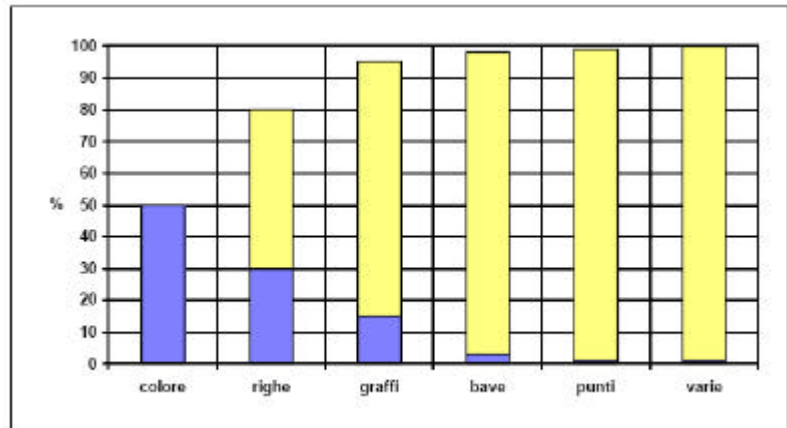
E: IL GRAFICO DI PARETO

Il grafico di Pareto è un metodo di rappresentazione delle cause di non conformità, per ordine di grandezza, che rappresenta anche l'ordine di priorità delle azioni correttive.

Le cause di non conformità possono essere elencate secondo il criterio di frequenza o contate totalmente: al termine del computo sarà necessario disegnare la linea della percentuale cumulata.

La legge di Pareto dice che nelle aziende ben organizzate le cause di non conformità importanti sono raggruppate in pochissimi fattori.

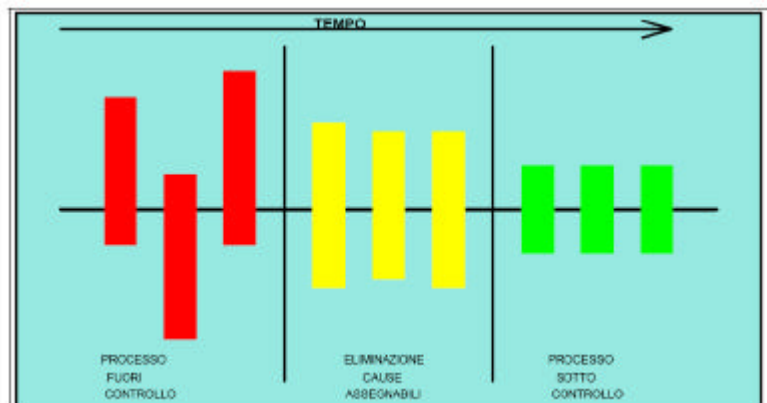
Si può applicare lo stesso sistema su un processo, per identificare le cause del maggior numero di difetti.



5. CONTROLLO DEL PROCESSO E MIGLIORAMENTI

Il controllo del processo si applica in due situazioni: primo, nel caso in cui ci siano caratteristiche misurabili con delle variabili, secondo quando sia unicamente possibile dare un giudizio univoco di conformità sul pezzo (sì o no, passa o non passa, ecc..), controllo per attributi. Sotto è rappresentato l'andamento di un processo ipotetico, che presenta inizialmente delle cause assegnabili, e quindi, non essendo prevedibile, è fuori controllo: eliminate le cause assegnabili il processo si assesta, e diventa prevedibile, pur presentando ancora una elevata distribuzione. Riducendo al minimo l'influenza delle cause aleatorie, si ottiene un processo il meno disperso possibile.

Quindi abbiamo evidenziato tre fasi in cui sono stati utilizzati i metodi statistici: di studio nella fase 1, di controllo nella fase 2, di mantenimento nella fase 3. La fase di mantenimento della costanza del processo dovrà continuare all'infinito, con l'ausilio delle **CARTE DI CONTROLLO**.

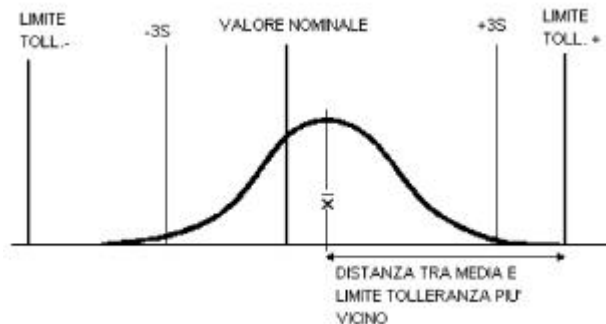


6. CAPACITÀ DI PROCESSO

Come si è visto la curva di Gauss è tanto più larga quanto sono distribuite le misurazioni effettuate. In ultima analisi si può affermare che la larghezza della curva esprime quanto la macchina che utilizzo nel processo è imprecisa. Se le cause assegnabili sono state eliminate le imprecisioni saranno determinate solo da cause aleatorie.

Per definire in modo più chiaro la precisione della macchina è necessario eseguire delle misurazioni, almeno 50, su pezzi che vengono prodotti di seguito dalla macchina stessa: calcolata la media e la deviazione standard, avendo quindi nota la posizione della curva è possibile verificare se sia possibile far rientrare la curva nel campo di tolleranza, che deve essere noto. Per farlo è necessario fare il rapporto tra campo di tolleranza e larghezza della curva, cioè 6σ : se il risultato è ≥ 1 possiamo dire che la nostra macchina ha la possibilità di produrre pezzi all'interno del campo di tolleranza. Questo risultato si definisce **capacità macchina Cm**. Se i pezzi misurati non fossero stati scelti sequenzialmente ma in modo casuale avremo una distribuzione che potrà essere influenzata anche da cause assegnabili, per esempio successive tarature compiute sulla macchina. In questo caso Cm si esprime con **Cp, capacità di processo**. È evidente che questi rilievi sono utili in fase preliminare per conoscere la macchina, ma non identificano il processo in quanto non verificano dove la gaussiana è posizionata, e quindi, che valore avranno i pezzi prodotti: so solo che potrei produrli correttamente oppure no. Per questa ulteriore verifica si utilizza un più rigoroso calcolo di **capacità di processo**, definito **Cpk**. Presi almeno 50 pezzi casualmente e disegnata con il solito metodo la curva di Gauss, si va a calcolare quale distanza vi sia tra la media delle misurazione effettuate e la tolleranza più prossima, ed il risultato sarà diviso per 3σ . Si noterà che Cpk potrà essere \leq a Cm ma mai maggiore.

Normalmente con risultati di Cpk $\geq 1,3$ si ha già una buona precisione del processo.



$$\text{Capacità Macchina CM} = \frac{\text{Campo di tolleranza}}{\text{Larghezza della curva (n } \sigma \text{)}}$$

$$\text{Capacità Processo CPK} = \frac{\text{Distanza tra media e limite tolleranza più vicino}}{\text{Metà della larghezza della curva}}$$