

ANALISI E STRUMENTI DI CAPABILITY

Si tratta degli strumenti qualitativi necessari per valutare determinati processi. Per gli strumenti quantitativi, le carte di controllo, sarà dedicata una opportuna una virtuale.

L'analisi e gli strumenti di capability determinano due indici, definiti con indici di capability, che sono l'indice Cp e l'indice Cpk.

Vedremo come utilizzare tali strumenti per riuscire ad identificare due cose fondamentali di un processo, cioè le cosiddette cause speciali e le cause comuni.

È necessario fare considerazioni di questo tipo perché nell'ambito di un processo fisico, di un processo produttivo, abbiamo in sostanza la necessità di capire se il processo stesso è in controllo, nel senso di controllo statistico, per cui saranno utilizzate le carte di controllo, ma abbiamo anche la necessità di capire se questo processo, che eventualmente è stato trovato in controllo, è in pratica capace. Cioè in pratica se le risposte di questo processo sono in qualche modo riconducibili a condizioni di cause speciali oppure a condizioni di cause comuni.

Una prima definizione piuttosto qualitativa per distinguere le cause speciali dalle cause comuni sarà dire che le cause speciali sono quelle legate a condizioni piuttosto particolari che possono affliggere un risultato di un processo produttivo, mentre le cause comuni sono quelle che interessano il processo produttivo nella sua interezza, la cui rimozione necessita una riprogettazione dell'intero processo produttivo.

Quindi le cause speciali sono riconducibili ad una maggiore semplicità operativa, mentre invece le cause comuni sono quelle più preoccupanti proprio perché interessano la revisione dell'intero processo produttivo.

L'analisi di capability utilizza quindi alcuni concetti fondamentali, il primo tra i quali è il concetto di tolleranza, cioè il concetto secondo il quale colui che ci ha commissionato un determinato prodotto ritiene che il prodotto debba rientrare in un intervallo; in altre parole, alcuni parametri di performance che caratterizzano il prodotto devono rientrare in un certo intervallo prestabilito e questo è definito tolleranza.

La tolleranza è dunque un dato di progetto. Tuttavia il prodotto viene realizzato attraverso un processo produttivo che può essere caratterizzato da criticità. Tali criticità possono determinare la mancata determinazione dei parametri di performance, che diventano variabili stocastiche. In pratica i parametri di performance del processo produttivo possono essere caratterizzati da una certa variabilità. Una variabilità secondo la quale i parametri di un prodotto sono non deterministici costituisce la cosiddetta variabilità naturale.

Un primo concetto fondamentale sta nel fatto che bisogna confrontare la variabilità naturale del processo con la tolleranza del prodotto. Dobbiamo quindi essere in grado di fare in modo che il prodotto altri parametri di performance che siano, anche se variabili, all'interno dell'intervallo di tolleranza. In questo modo diremo che il processo e quindi prodotto che ne consegue possono essere considerati accettabili e quindi non essere considerati, dualmente, scarti. Nel caso in cui non si verificasse questa condizione di appartenenza della variabilità naturale alla tolleranza avremo degli scarti.

Per fare questo ci avvaliamo di alcuni parametri, il primo dei quali è il parametro Cp, il parametro di Capability.

Il parametro Cp

In prima approssimazione tale parametro è definito come il rapporto tra la tolleranza e la variabilità naturale.

$$Cp = \frac{\text{Tolleranza}}{\text{Var. Naturale}}$$

La tolleranza è l'intervallo di variabilità entro il quale le variabili di performance del prodotto si collocano. È l'intervallo nel quale posso accettare le

variabilità naturali delle performance del prodotto.

La tolleranza è definibile come la differenza degli estremi di intervallo di variabilità, in sostanza l'ampiezza dell'intervallo.

Ad esempio, se una piastra può avere uno spessore di 21 mm. \pm 1 mm, allora la tolleranza è 2 mm.

Gli estremi dell'intervallo sono definiti USL (Upper Specification Limit) e LSL (Lower Specification Limit). Quindi, la tolleranza T è definita come

$$T = USL - LSL$$

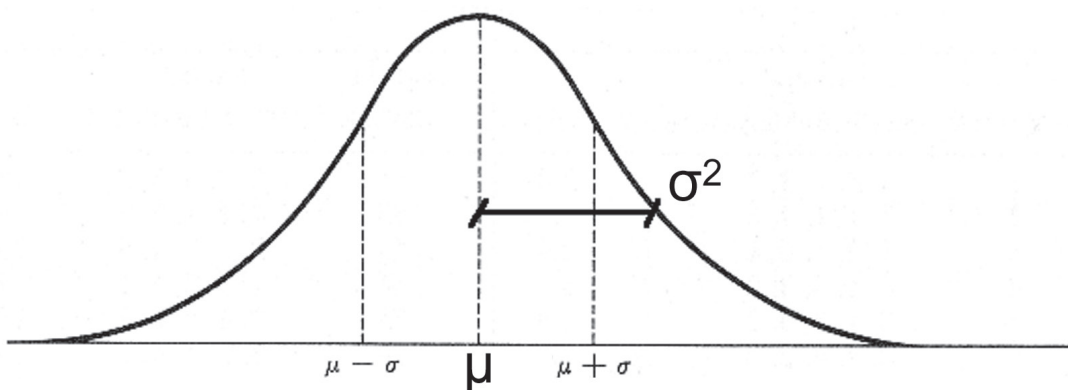
Si dice che il processo è in specifica se è all'interno dell'intervallo di tolleranza T.

Per ipotesi si suppone che la variabilità naturale sia definita attraverso una distribuzione di probabilità di tipo normale, con media μ e varianza pari a σ^2 , in pratica

$$\text{IPOTESI: VARIABILITÀ NATURALE} \sim N(\mu, \sigma^2)$$

La variazione dello spessore della piastra di esempio non è deterministica ma lo spessore varia in maniera stocastica seguendo una distribuzione di tipo normale di media μ e di varianza σ^2 .

La media, nella distribuzione di probabilità normale, rappresenta la centralità della distribuzione, la varianza rappresenta la dispersione dei dati rispetto alla media, dandoci una idea della forma della curva normale.



Nell'ipotesi di distribuzione di probabilità normale, possiamo affermare che la maggior parte dei dati della curva, pari al 99,73%, ricadono in un intervallo caratteristico definito come $\pm 3\sigma$.

Quindi l'ampiezza dell'intervallo è pari a 6σ .

Le code contengono dati esterni all'intervallo.

Sarebbe opportuno confrontare la tolleranza con la variabilità naturale corrispondente al 99,73%, definendo quindi il parametro Cp come

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

avremmo una definizione abbastanza esatta del parametro Cp, di capability. Esso è stato dunque definito come il rapporto di due intervalli.

Se $C_p < 1$ allora $USL - LSL < 6\sigma$; in questo caso la variabilità naturale che riusciamo ad intercettare in riferimento al nostro fenomeno è più grande dell'intervallo di specifica dettato dal committente, quindi siamo in una condizione di inaccettabilità per cui siamo fuori specifica.

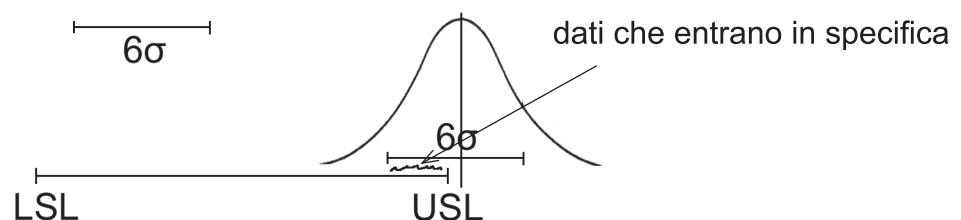
Quindi deve essere $C_p > 1$, quindi $USL - LSL > 6\sigma$; l'intervallo ha un valore inferiore alla variabilità naturale, quindi la variabilità naturale rientra nella possibile variabilità accettata dal committente.

In realtà il valore più interessante è $C_p = 2$ perché in questo caso avremo che $USL - LSL = 2 \cdot 6\sigma = 12\sigma$ riuscendo a coprire un maggior intervallo di dati, pari al 99,99%, quasi la totalità dei dati. La condizione $C_p = 2$ è la migliore possibile, ma rimane ideale.

Verosimilmente la condizione più vicina alla realtà è $C_p = 1,33$, che rappresenta il valore più frequente.

L'indice Cp fornisce l'informazione secondo la quale il modulo nell'intervallo di tolleranza è più elevato del modulo caratterizzante l'intervallo di variabilità naturale, ma non fornisce l'informazione della centratura del fenomeno.

Nell'esempio che segue, l'intervallo 6σ è contenuto nell'intervallo di tolleranza $USL - LSL$ numericamente, ma la curva di variabilità naturale è spostata



La curva di variabilità naturale è spostata rispetto all'intervallo tolleranza, $USL - LSL$. I dati che entrano in specifica sono pochi.

Questa è una condizione che non viene intercettata dall'indice Cp, che nell'esempio è maggiore di 1, quindi una condizione positiva.

Questa è una condizione per cui non sappiamo se il processo è inspecifica

o meno. A tale scopo abbiamo bisogno di un secondo parametro, definito come C_{pk} , che è un parametro di centratura..

Parametro C_{pk}

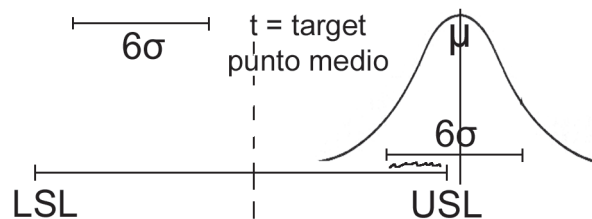
Il parametro C_{pk} definisce se il processo è centrato o meno, il parametro C_p definisce se il processo è in specifica o meno. Per definizione abbiamo

$$C_{pk} = C_p (1 - k)$$

in cui k rappresenta il confronto (per moduli) tra due intervalli. Ovvero

$$k = \frac{\mu - t}{\frac{1}{2} [USL - LSL]}$$

dove t è il target
 μ è la media



I valori che può assumere k sono i seguenti:

$k = 0 \Rightarrow \mu - t = 0 \Rightarrow \mu = t$, ovvero la media ed il target sono coincidenti; questa è la condizione più favorevole possibile. Quindi

se $k = 0 \Rightarrow C_{pk} = C_p$

$k = 1 \Rightarrow \mu - t = 0,5 \cdot [USL - LSL]$, ovvero la media è coincidente con uno dei due estremi di tolleranza, quindi avremmo metà curva all'interno dell'intervallo di tolleranza e metà curva all'esterno. Abbiamo che

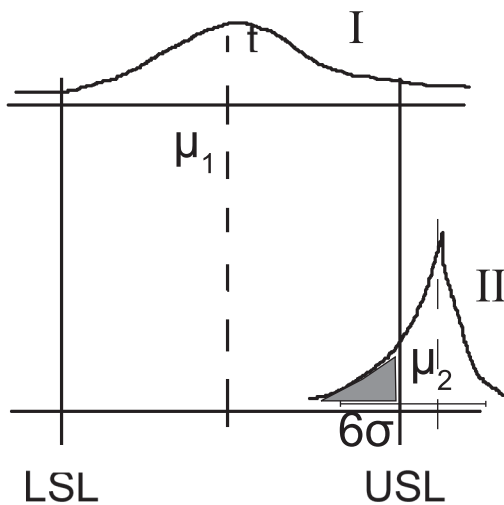
se $k = 1 \Rightarrow C_{pk} = 0$, che è una condizione non accettabile.

$k > 1 \Rightarrow$ lo spostamento della curva è oltre uno dei due limiti di tolleranza, anche questa è una condizione non accettabile.

Teoricamente la condizione migliore è dunque $k = 0$; in questo caso $C_{pk} = C_p$ e la condizione più interessante è tale per cui $C_{pk} = C_p = 2$, infatti in tale caso il processo è in specifica, e la variabilità è la più bassa possibile e la curva è piuttosto appuntita.

Cause speciali e cause comuni

Per determinare le cause comuni le cause speciali attraverso l'uso di questi coefficienti si traccia uno schema come segue.



Nel primo caso, in alto, si evidenzia subito che la variabilità del primo processo è elevata e questo vuol dire che se ci volessimo avvalere del coefficiente C_p , potremmo dire che esso è sicuramente minore dell'unità, perché la variabilità naturale pari a 6σ è superiore all'intervallo di tolleranza, pari a $USL - LSL$; dal punto di vista dell'altro parametro, il C_{pk} , notiamo che esso è pari a 0, perché la media e la tolleranza sono sostanzialmente identiche; quindi $C_{pk} = C_p$, ma C_p non è pari a 2, ma è minore dell'unità per cui, per quanto riguarda il primo caso, si può dire che il processo rappresentato non è in specifica.

Nel secondo caso, considerando il valore di C_p , notiamo che esso è maggiore dell'unità perché l'intervallo pari a 6σ , la variabilità naturale, è più piccolo dell'intervallo di tolleranza, pari a $USL - LSL$; quindi la capability legata al parametro C_p ci porta a considerazioni positive, però il processo non è centrato, in quanto abbiamo uno spostamento (shift) della media μ_2 rispetto al target t , per cui i soli parametri che entrano in specifica sono soltanto quelli evidenziati, che risultano essere troppo pochi per poter considerare il processo, o il prodotto, come accettabile.

Se volessimo interfacciare i due diagrammi con i concetti di cause speciale e di cause comuni possiamo dire che nel primo caso abbiamo una condizione molto probabilmente affetta da causa comune, cioè il processo è completamente centrato, la media è uguale al target, però la variabilità del processo è molto elevata, la campana è larga, questo significa che abbiamo a che fare con una causa sostanzialmente comune; nel secondo caso abbiamo l'indicatore di una causa speciale, perché la sola condizione non conforme

è lo spostamento della media rispetto al target. Dal punto di vista dell'intervento siamo in grado di intervenire più sul secondo processo piuttosto che sul primo, a costi ridotti (parametro fondamentale), perché potremmo essere in grado, con degli accorgimenti piuttosto particolari, di riportare il processo in specifica.

Per portare in specifica il primo caso avremo necessità di una ristrutturazione, di una revisione, di una reingegnerizzazione del processo produttivo, a costi molto alti.

□