

La metodologia Six Sigma nello sviluppo nuovi prodotti

Ing. Pier Giorgio DELLA ROLE – Six Sigma Master Black Belt

e-mail: pgrole@yahoo.it

La metodologia Six Sigma è nota e la sua efficacia nel ridurre i costi della “non qualità” (COPQ – Cost Of Poor Quality) è documentata in numerose pubblicazioni e reports provenienti da aziende eccellenti (Motorola, GE, Honeywell/Allied Signal, Samsung, Ford, Johnson & Johnson per citarne qualcuna).

Tuttavia le applicazioni più frequenti e direi tradizionali della metodologia Six Sigma sono state e sono tuttora nell’area ‘manufacturing’ (notissimo è l’acronimo DMAIC composto dalle cinque fasi Define-Measure-Analyze-Improve-Control tipiche di un problem solving).

La ragione principale consiste nel fatto che i processi di fabbricazione producono parti fisiche con dovizia di dati che possono essere facilmente analizzati con strumenti statistici. Inoltre nelle aree produttive si possono vedere e contare i difetti ed analizzare i processi che li producono.

Variabilità nei processi e nelle parti possono essere definite in termini statistici e valori di dpu, dpmo, Cp, Cpk e “sigma level” possono essere calcolati ottenendo indicazioni sulla qualità dei processi o sui costi della “non qualità”.

Alcune aziende analizzando i progetti Six Sigma nell’area manufacturing hanno constatato che un’alta percentuale (molto vicina all’80%) degli stessi non sarebbe esistita se il prodotto fosse stato “progettato” in modo più “robusto”.

In pratica succede che il miglioramento dei processi di fabbricazione, sempre utilizzando metodi e strumenti Six Sigma, non porta come conseguenza ad un miglioramento della qualità del prodotto: i difetti sono sempre presenti, ma sono dovuti solo in minima parte ai processi di fabbricazione.

Il problema è tipico per le “performance” del prodotto stesso che possono essere ottenute solo selezionando parti e sotto-insiemi con costi alti di test e ispezioni.

Sorgono di conseguenza alcune domande spontanee:

- Può la variabilità o l’incertezza delle parti e dei sotto-insiemi essere considerata nel processo di sviluppo prodotto?
- Può la variabilità delle performance essere valutata nelle fasi iniziali di sviluppo limitando al minimo la costruzione di prototipi fisici?

La risposta alle suddette domande sta in una frase di Mikel Harry (famoso ‘architetto’ della metodologia Six Sigma e fondatore della Six Sigma Academy):

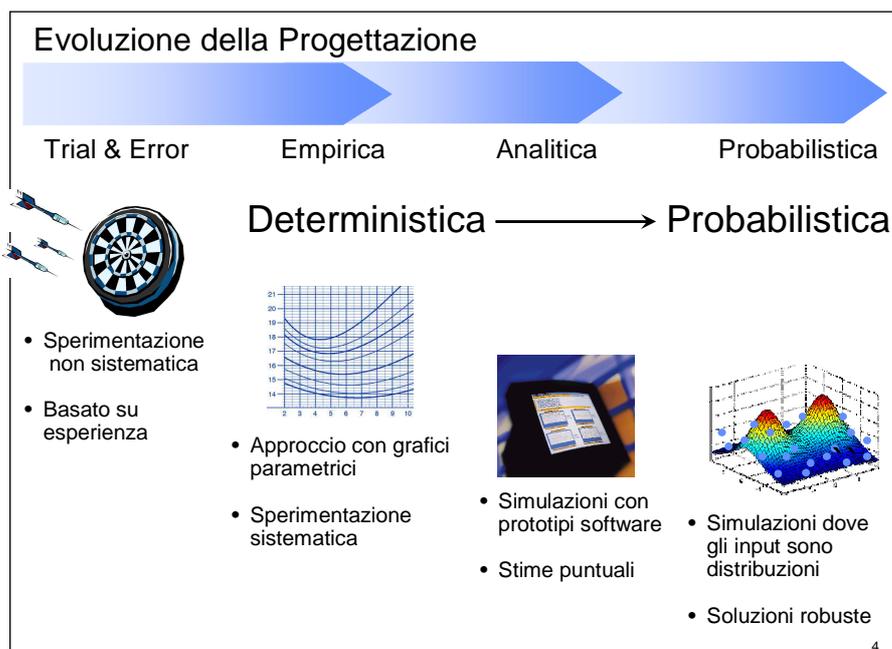
“Organizations that have adopted Six Sigma have learned that once they have achieved quality levels of roughly five sigma, the only way to get beyond the five sigma wall is to redesign their products from scratch using Design for Six Sigma (DFSS)”. (Harry, pag. 149)

La metodologia **DFSS** (Design for Six Sigma) riconosce quindi che l'obiettivo principale dello Sviluppo Prodotto è soddisfare le esigenze/richieste dei Clienti in presenza di "incertezza".

Tradizionalmente tale problema era affrontato in modo "deterministico" cioè:

- facendo delle ipotesi su quello che poteva essere il "caso peggiore" o
- introducendo dei "coefficienti di sicurezza" o peggio
- ignorando l'incertezza e convivendo con prodotti difettosi.

La progettazione "**deterministica**" (deterministic design) fornisce una singola risposta per ogni set di parametri di progetto, ma la variabilità di tali parametri non è compresa nell'analisi. Il DFSS si basa invece su di un approccio "**probabilistico**" (probabilistic design) e, mediante analisi statistiche, definisce un certo grado di incertezza per i parametri di progetto con lo scopo di produrre non un singolo risultato (risposta puntuale), ma una distribuzione sulla quale valutare il **PNC** (Probability of Non Compliance) cioè la percentuale di difetti.



Nasce così la definizione di **DFSS** (Design For Six Sigma):

“Una specifica metodologia per sviluppare nuovi prodotti in cui le richieste e aspettative dei Clienti guidano la definizione dei parametri critici (CTQs) la cui variabilità è ottimizzata con lo scopo di predire la difettosità, la producibilità e l'affidabilità del prodotto stesso”

La metodologia DFSS per lo sviluppo di nuovi prodotti consta di quattro fasi: IDENTIFY – DESIGN – OPTIMIZE – VALIDATE e non sostituisce il Processo di Sviluppo Prodotto, ma è perfettamente integrabile in esso e ne costituisce un miglioramento sostanziale.

Nella figura successiva sono elencate, in modo sintetico, le attività principali relative alle quattro fasi della metodologia IDOV con i relativi strumenti.

Lista attività principali e relativi strumenti (IDOV)		
Fasi	Attività principali	Strumenti
Identify	<ul style="list-style-type: none"> . Identificare cosa è importante per i Clienti . Tradurre le richieste dei Clienti in CTQ del prodotto (target + campo di accettabilità) . Determinare come misurare i CTQ del prodotto . Dai CTQ del prodotto derivare i CTQ dei sotto-sistemi 	<ul style="list-style-type: none"> . Project Charter & Planning . VOC practices (Customer Research) . Systems Engineering . QFD . Gage R&R . Funzioni di trasferimento
Design	<ul style="list-style-type: none"> . Studiare alternative di progetto (soluzioni) . Identificare potenziali rischi . Scegliere la miglior soluzione concettuale . Per ogni CTQ dei sotto-sistemi identificare i parametri di progetto 	<ul style="list-style-type: none"> . Morphological Chart - TRIZ . FMEA - FTA . Matrice di Pugh – Axiomatic Design . Target Setting . Funzioni di trasferimento
Optimize	<ul style="list-style-type: none"> . Determinare la 'process capability' per ogni parametro di progetto . Ottimizzare il progetto mediante concetti di 'robust design' . Allocare a definire le tolleranze . Calcolare la 'capability' del prodotto partendo dalla 'capability' dei suoi componenti . Stimare il livello di difettosità e relativi costi 	<ul style="list-style-type: none"> . Zst , Zlt . DOE . Analisi sensitività . Tolleranze statistiche (RSS) . Funzioni di trasferimento . DFMA . Piano sperimentale di verifica . Analisi affidabilità
Validate	<ul style="list-style-type: none"> . Verificare su pre-serie le previsioni . Valutare il 'gap' tra prestazioni e previsioni . Compilare e mantenere il 'DFSS scorecard' per le caratteristiche critiche 	<ul style="list-style-type: none"> . DFSS scorecard per <ul style="list-style-type: none"> - CTQ's del prodotto - caratteristiche critiche interne - caratteristiche critiche (suppliers) . SPC

16

Un elemento essenziale del DFSS è la **“Funzione di Trasferimento”** cioè il modello analitico o empirico $Y = f(X)$ che lega le performance di un prodotto (Y) con i parametri di progetto (X).

Sensitivity Analysis & Funzione di trasferimento

Una funzione di trasferimento (modello matematico) relativa ad un sistema può assumere varie forme. Può essere un'equazione derivata da leggi fisiche, meccaniche, etc.. una simulazione fatta al computer, un prototipo fisico le cui performance sono state misurate, o un set di dati storici. Indipendentemente dal tipo di modello può essere rappresentata da una 'black box':

Gli input della black box sono i parametri "X" che influenzano le prestazioni del sistema. Esempi sono : proprietà del materiale, dimensioni, temperatura,....

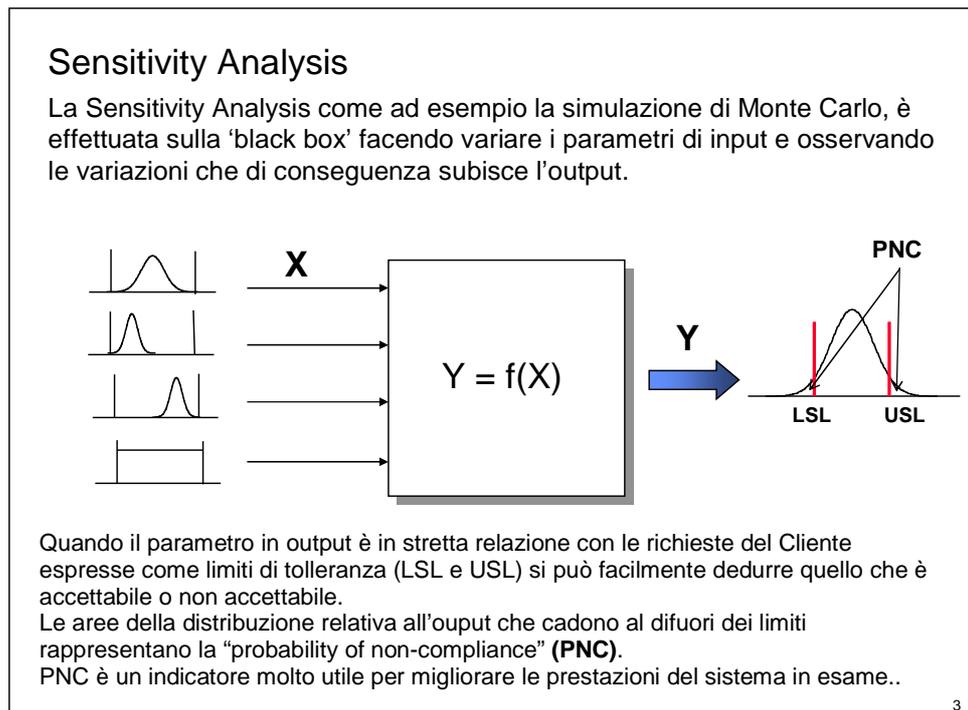
L'output del 'black box' è un parametro quantitativo che solitamente è in relazione a delle richieste del Cliente e per il quale esistono dei limiti. Esempi sono: peso, costo, efficienza,

2

Nota la funzione di trasferimento si possono effettuare analisi di “sensitivity” con l’obiettivo di definire i **parametri critici** per le prestazioni del sistema. La definizione dei parametri critici (o caratteristiche critiche) è in stretta relazione con la “tolerance allocation” dove gli stessi verranno classificati in categorie come ad esempio:

- parametri non critici → tolleranze di tipo economico
- parametri critici → tolleranze definite in base alle difettosità (PNC) e tenute sotto controllo su base statistica (control plan)

Il metodo è la simulazione di Monte Carlo.



Segue a titolo di esempio un’applicazione di “sensitività analysis” su di un sistema meccanico di cui si conosce la funzione di trasferimento $Y = f(X)$.

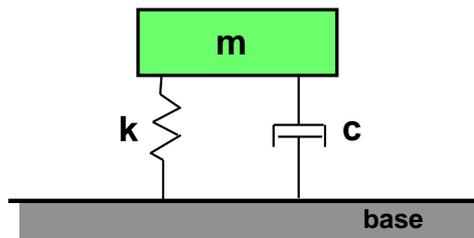
In questo esempio gli input non sono valori puntuali, ma variabili statistiche con valore medio e deviazione standard (ipotizzando un processo 3 sigma – short term).

Le figure sottostanti rappresentano nell’ordine:

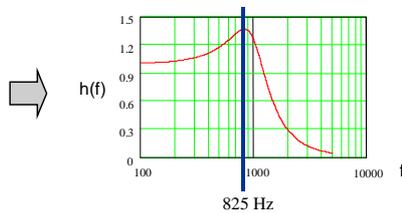
- la definizione del problema
- il “P-diagram” del sistema meccanico con i dati di progetto e loro variabilità
- il risultato in termini di variabilità dell’output e calcolo del PNC (probabilità of non conformance)
- la definizione dei parametri critici su base statistica

Problema – Sospensione meccanica

Il nostro obiettivo è effettuare un'analisi statistica su di un sistema di sospensione meccanica che consiste in una molla e un ammortizzatore che sostengono una massa

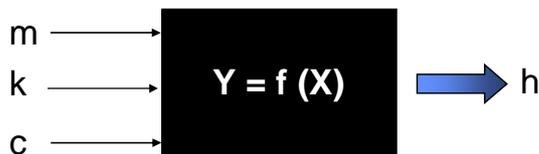


Le specifiche di prodotto richiedono che il rapporto tra il movimento della massa (m) rispetto alla base sia inferiore a 1.5 alla frequenza di 825 Hz.



5

P diagram della sospensione meccanica



Dati

$m = 0.3 \text{ kg } \pm 5\%$

$k = 1.185 \times 10^7 \text{ N/m } \pm 10\%$

$c = 1500 \text{ Ns/m } \pm 10\%$

$f = 825 \text{ Hz}$

. I componenti sono indipendenti

. Le tolleranze sono definite con processi 3 sigma

. Le variazioni delle singole parti sono distribuzioni normali

Richieste

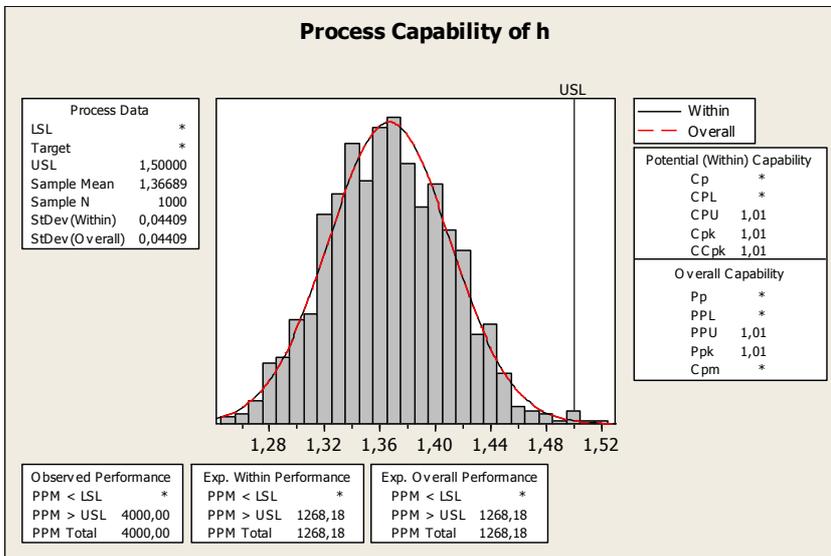
Predire il valore medio della risposta, la sua deviazione standard e PNC a 825 Hz.

Definire il contributo di ogni componente alla variabilità dell'output "h".

6

Calcolo di PNC (Probability of Non Compliance)

PNC = 1268 ppm = 0,127%



11

Contributo della variabilità delle parti alla variabilità di "h":

Best Subsets Regression: h versus m; k; c

Response is h

Vars	R-Sq	R-Sq(adj)	Mallows	C-p	S	m	k	c
1	79,1	79,1	44955,5	0,020154				X
1	15,8	15,7	184256,8	0,040466				X
2	95,0	95,0	9935,1	0,0098338		X	X	
2	82,8	82,7	36957,3	0,018325		X	X	
3	99,5	99,5	4,0	0,0029701		X	X	X

La massa, la rigidità della molla e il coefficiente di smorzamento contribuiscono rispettivamente con il 4%, 16% e 80% alla variabilità "h".

Il coefficiente di smorzamento "c" è una **caratteristica critica** del sistema.

12