



ORDINE INTERPROVINCIALE
DEI CHIMICI E FISICI
DELLA LOMBARDIA



ORDINE DEI
CHIMICI E FISICI
DEL PIEMONTE E VALLE D'AOSTA

PARTE SECONDA

DESIGN OF EXPERIMENTS

RENATO A. TOMASSO

Milano, 18 aprile 2024

Argomenti del Corso

1. La variabilità (variabile e disturbo)
2. La capacità di processo
3. Il Design of Experiments

Qualità ISO 9000:2015

- Un'organizzazione focalizzata sulla qualità promuove una cultura che ha per risultato comportamenti, attitudini, attività e processi tali da apportare valore attraverso il soddisfacimento delle esigenze e delle aspettative dei Clienti e delle altre parti interessate rilevanti.
- La qualità dei prodotti e servizi di un'organizzazione è determinata dalla capacità di soddisfare i Clienti e dall'impatto previsto e non previsto sulle parti interessate rilevanti.
- La qualità di prodotti e servizi comprende non solo le loro funzioni e prestazioni previste, ma anche il loro valore percepito e il beneficio per il Cliente.

Definizioni ISO 9000:2015

- **Qualità**
 - Grado in cui un insieme di caratteristiche intrinseche di un oggetto soddisfa i requisiti.

Definizioni ISO 9000:2015

- **Caratteristica**
 - Elemento distintivo.
 - Una caratteristica può essere
 - intrinseca o assegnata.
 - qualitativa o quantitativa.

Definizioni ISO 9000:2015

- **Caratteristica**

- Esistono vari tipi di caratteristiche:

- a) Fisiche (per esempio, caratteristiche meccaniche, elettriche, chimiche o biologiche).
 - b) Sensoriali (per esempio, relativa a odore, tatto, guato, vista, udito).
 - c) Comportamentali (per esempio, cortesia, onestà, veridicità).
 - d) Temporalì (per esempio, puntualità, affidabilità, disponibilità, regolarità).
 - e) Ergonomiche (per esempio, caratteristiche fisiologiche o riferite alla sicurezza delle persone).
 - f) Funzionali (per esempio, la velocità massima di un aereo).

Definizioni ISO 9000:2015

- **Requisito**
 - Esigenza o aspettativa che può essere esplicita, generalmente implicita o obbligatoria.

Definizioni ISO 9000:2015

- **Capacità**

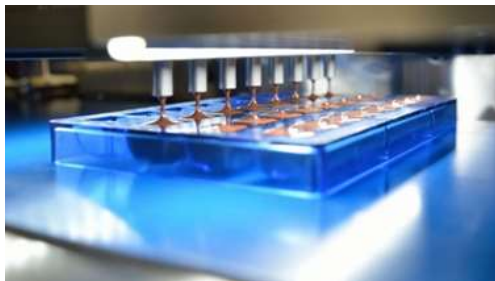
- Abilità di un **oggetto** di realizzare un **output** che soddisfi i requisiti per quell'output.
 - **Oggetto**; entità; elemento: Qualsiasi cosa percepibile o concepibile. Esempio: Prodotto, servizio, processo, persona, organizzazione, sistema, risorsa.
 - Gli oggetti possono essere materiali (per esempio, un motore, un foglio di carta, un diamante), immateriali (per esempio, rapporto di conversione, un piano di progetto) o immaginati (per esempio, lo stato futuro dell'organizzazione).
 - **Output**: Risultato di un processo.

Capacità di processo

$$C_p = \frac{\text{Voce del Cliente}}{\text{Voce del Produttore}}$$

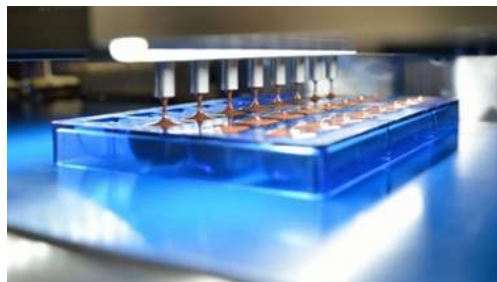
- Voce del Cliente = (Specifica Tecnica Superiore – Specifica Tecnica Inferiore)
- Voce del Produttore = $6 * \sigma$ (σ = *Deviazione Standard*)

Esempio di calcolo della Capacità di processo



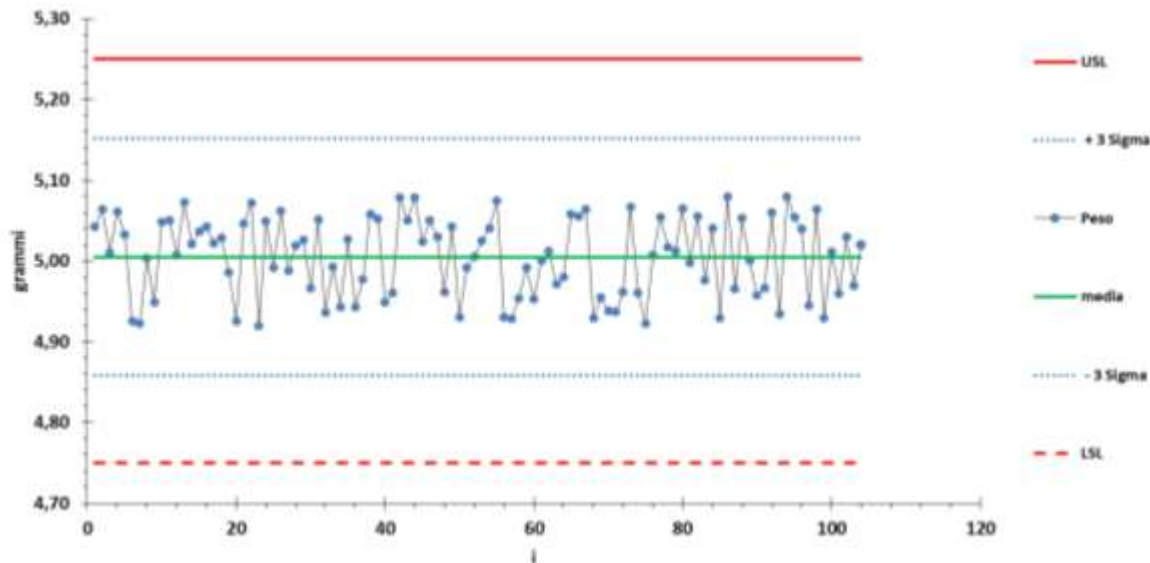
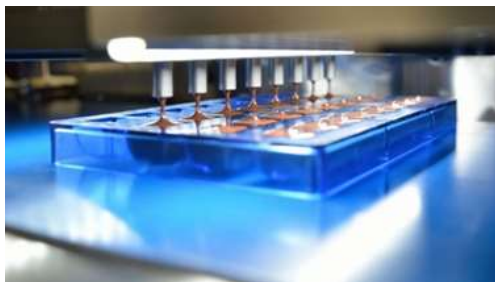
- Dosatrice industriale di cioccolatini modellati su stampo
 - Peso nominale: 5,00 grammi
 - Voce del Cliente (Legislazione) = Specifica Tecnica Inferiore max - 5% (0,25 grammi)
 - Voce del Produttore = Specifica Tecnica Superiore max + 5% (+ 0,25 grammi)
-
- Voce del Cliente = (Specifica Tecnica Superiore – Specifica Tecnica Inferiore) = 0,5 grammi
 - Voce del Produttore = $6 * \sigma$ (σ = *Deviazione Standard*)

Esempio di calcolo della Capacità di processo



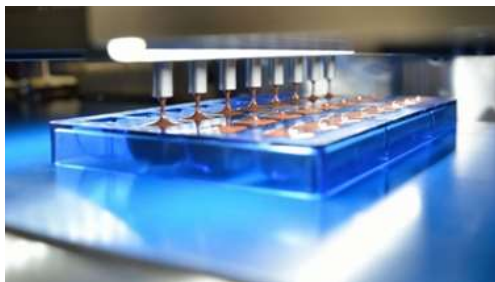
Attributo		Peso
Unità di misura		grammi
Valore nominale		5,00
Limite inferiore di specifica LIS		4,75
Limite superiore di specifica LSS		5,25
Capacità processo <	1,33	Processo non capace
Capacità processo	tra	Processo capace in modo limitato
Capacità processo >	1,66	Processo capace
Dimensione del campione		104
Media		5,01
Deviazione standard		0,05

Esempio di calcolo della Capacità di processo



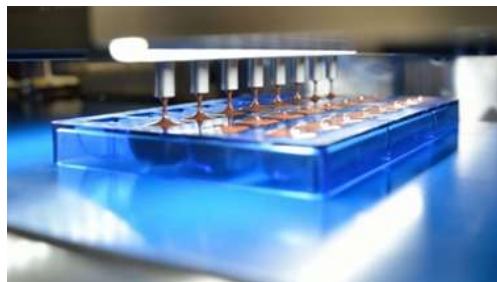
Capacità di processo = 1,71

Cpk



Attributo		Peso
Unità di misura		grammi
Valore nominale		5,00
Limite inferiore di specifica LIS		4,75
Limite superiore di specifica LSS		5,25
Cpk <	1,33	Processo non capace
Cpk	tra	Processo capace in modo limitato
Cpk >	1,66	Processo capace
Dimensione del campione		104
Media		5,01
Deviazione standard		0,05

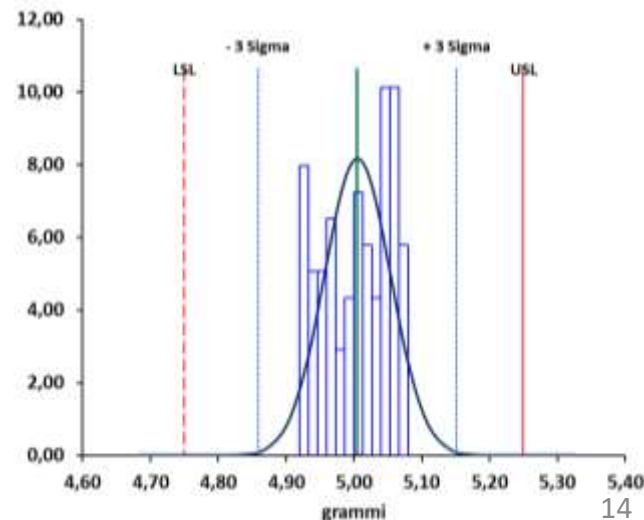
Esempio di calcolo della Cpk



- Minima distanza della media del processo dai limiti di specifica, normalizzato a 3 volte la deviazione standard.

$$Cpk = \text{Min}\left(\frac{LSS - \bar{X}}{3\sigma}; \frac{\bar{X} - LIS}{3\sigma}\right)$$

Valori di probabilità	CpkI	1,74
	CpkS	1,67
	Cp	1,71
	Cpk	1,67
Valutazione		Processo capace



Il Design of Experiments

- Tecnica statistica prevalentemente utilizzata per la pianificazione, progettazione e analisi di esperimenti, con lo scopo di definire le relazioni esistenti tra un set di variabili.
- Alternativa vantaggiosa rispetto all'OVAT (One Variable At a Time), tecnica ancora molto usata, in cui si modifica una variabile alla volta, mantenendo le altre fisse nell'esperimento.

Il Design of Experiments

- Rispetto al DoE, l'OVAT richiede **grandi** quantità di risorse per ottenere una quantità **limitata** di informazioni sul processo.
- **L'OVAT non prende in considerazione alcuna possibile interazione tra due o più fattori di interesse.**

Il Design of Experiments

- Il DOE contribuisce in modo significativo al campo dell'ingegneria di qualità.
- Secondo la filosofia dell'Ing. Genichi Taguchi, la qualità dovrebbe essere progettata direttamente nel prodotto stesso e non ispezionata quando questo viene commercializzato.

Il Design of Experiments

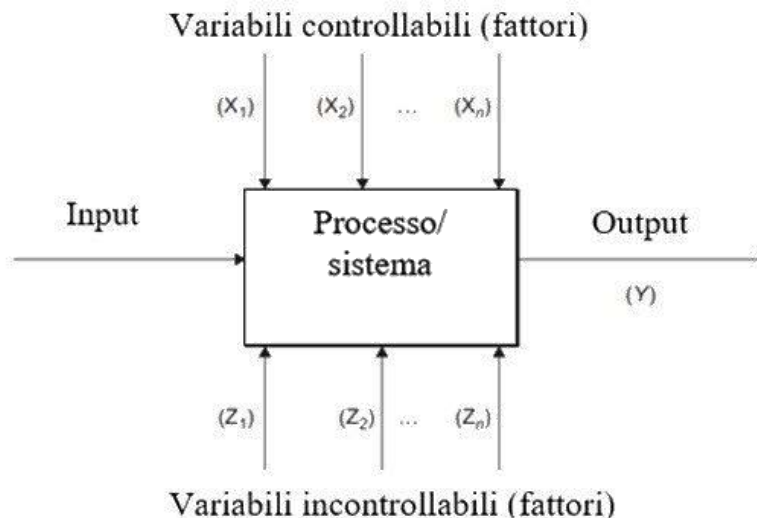
- La qualità desiderata può essere raggiunta riducendo al minimo la deviazione dal valore target voluto.
- Il design del prodotto dovrebbe essere costruito in modo tale che le sue prestazioni siano insensibili ai fattori incontrollabili (rumore).
- Il design del prodotto dovrebbe essere costruito con una **progettazione robusta**.

Il Design of Experiments

- Permette di studiare la variazione di una o più risposte (o variabili di output Y) di un processo o un prodotto, in funzione dei fattori in ingresso (o variabili di input X).
- Consente di valutare l'effetto della variazione di più variabili contemporaneamente per un processo, le loro possibili relazioni e quali variabili hanno il maggior impatto sulla risposta.

Il Design of Experiments

- Modello generale di un sistema o processo:



Il modello di pianificazione DOE

1/21

- Qual è il problema?
 - Definire il problema è il punto di partenza.

Il modello di pianificazione DOE

2/21

- Qual è l'obiettivo?

- Non solo per risolvere il problema, ma avere conoscenza del processo:
 - Raggiungere un valore bersaglio?
 - Trovare un punto debole per più obiettivi?
 - Trovare un'impostazione robusta?
 - Trovare impostazioni più economiche?

Il modello di pianificazione DOE

3/21

- **Quanto tempo si ha a disposizione per i test?**
 - Un DOE è sempre un compromesso e una delle cose che fa scendere a compromessi è il tempo a disposizione per condurre il test.
 - Se l'attrezzatura è libera solo per 2 giorni, il test pianificato deve essere eseguito in quel periodo.

Il modello di pianificazione DOE

4/21

- Quali risposte si devono misurare?
 - Vanno misurate tutte le risposte del processo e non solo la risposta che sta creando dei problemi.
 - Quindi è possibile trovare un punto debole per colpire tutti i bersagli contemporaneamente, oppure il DOE dirà che non è possibile e fornirà le informazioni per progettare le impostazioni di compromesso.

Il modello di pianificazione DOE

5/21

- **Che tipo di dati sono le risposte?**
 - **Le risposte devono essere rappresentate da dati variabili o misurabili.**
 - È necessario evitare misurazioni passa/non passa perché così si può mantenere la dimensione del campione al di sotto di 50 unità.
 - Se non si ha a disposizione una misura variabile per le risposte, è preferibile creane una!
 - (Ad esempio, è meglio creare un sistema di valutazione da 1 a 5 invece di superato/fallito).

Il modello di pianificazione DOE

6/21

- **Quale intervallo dovranno coprire i sistemi di misurazione?**
 - Il DOE proverà gli estremi del processo, quindi potrebbe portare a risultati inattesi da misurare.
 - Il sistema di misura potrebbe non avere la portata per misurare tutti i risultati generati co gli esperimenti.
 - E' importante eseguire un'analisi del sistema di misurazione, per dimostrare che può essere considerato attendibile.

Il modello di pianificazione DOE

7/21

- **Quali fattori (input) devono essere testati?**
 - Consultare un team di esperti per elencare tutti gli input che si ritiene possano avere un impatto sugli output di interesse.

Il modello di pianificazione DOE

8/21

- Quali sono i tipi di variabili?

- Le variabili sono di tipo continuo o discreto?
 - Temperatura su una scala, una variabile con regolazione completa.
 - Fornitore A vs Fornitore B con solo 2 impostazioni.
 - Non è assolutamente fondamentale avere variabili continue, **ma consentono la completa regolazione del processo per raggiungere qualsiasi obiettivo desiderato.**

Il modello di pianificazione DOE

9/21

- **La variabile è controllabile o no (rumore)?**
 - È molto importante, durante la progettazione del test, conoscere se una variabile è un rumore che non si può controllare.
 - Bisognerà progettare il test in modo da consentire al rumore di entrare nei dati, come proposto da Taguchi, per trovare un'impostazione robusta.

Il modello di pianificazione DOE

10 a/21

- Qual è l'intervallo di interesse per ogni variabile che si vorrebbe testare?
 - Questa è una decisione molto importante che può influire negativamente sulla conoscenza che si può ottenere dal DOE.
 - Se si impostano i livelli alto (+1) e basso (-1) troppo vicini tra loro, non verrà creato un segnale abbastanza grande nei dati per vedere qualcosa di importante.
 - Questa è una delle principali differenze tra DOE e test qualificati casuali.
 - Il DOE, spostandosi lungo il processo, genera segnali e conoscenza di ciò che accade.

Il modello di pianificazione DOE

10 b/21

- Qual è l'intervallo di interesse per ogni variabile che si vorrebbe testare?
 - Se si va troppo oltre con le impostazioni, si potrebbe portare il processo in una zona in cui non vengono generati risultati o prodotti.
 - Bisognerebbe essere audaci con la scelta di livelli alto e basso e portare il processo a condizioni che non hai mai provato prima.
 - Fuori dalle normali condizioni di processo si impara sempre qualcosa di nuovo.

Il modello di pianificazione DOE

10 c/21

- Qual è l'intervallo di interesse per ogni variabile che si vorrebbe testare?
 - Se si dovessero avere delle riserve sul fatto che le condizioni siano troppo estreme, è consigliabile eseguire un rapido test preliminare per vedere cosa succede.
 - È davvero importante, in un DOE, che l'intero schema sia completato come previsto.
 - Se una combinazione impostata fallisce e si hanno dati mancanti, l'intero test sarà inutile.

Il modello di pianificazione DOE

11 a/21

- **Quanti livelli si vorrebbe testare: 2 livelli o 3 livelli?**
 - Bisogna stabilire che tipo di relazione hanno gli input con gli output.
 - Se la risposta è lineare, è sufficiente testare i livelli alto e basso.
 - Se la risposta è quadratica ovvero curva, dovrà essere testato un punto intermedio per rilevare la curvatura.

Il modello di pianificazione DOE

11 b/21

- **Quanti livelli si vorrebbero testare: 2 livelli o 3 livelli?**
 - Spesso le persone decidono che tutto è a 3 livelli. E' meglio iniziare sempre con il livello 2 e, se necessario, passare a un test di livello 3 in seguito.
 - Passare direttamente a un DOE di livello 3 significa fare più test del necessario e perdere tempo, denaro e risorse.

Il modello di pianificazione DOE

12/21

- **Come verrà misurato o impostato ciascun fattore?**

- Alcune delle variabili potrebbero non essere mai state testate prima o mantenute a un livello controllato.
 - Per esempio, sette macchine in un'officina condividono l'acqua di raffreddamento da un sistema centrale. Il tecnico pensa che per prima cosa al mattino, quando solo una macchina è in funzione, la sua macchina funziona meglio senza che nessun'altra macchina chieda acqua di raffreddamento. Nel corso della giornata, quando le altre 6 macchine vengono accese, le prestazioni del processo iniziano a migliorare. Come controllare i livelli massimo e il minimo nel test? Accendere una macchina e poi sette macchine come descritto dal tecnico o forse montare un flussometro e una valvola? Ciò va deciso prima di eseguire il test.

Il modello di pianificazione DOE

13/21

- **Quanti pezzi di prova ci si può permettere di testare?**
 - Il DOE, in genere, richiede 40 unità come dimensione del campione: in questo modo l'analisi della deviazione standard è corretta, mentre l'analisi media sarebbe soddisfatta anche con 20-25 pezzi.
 - Ridurre la dimensione del campione può portare a risultati peggiori, risparmiare denaro sulla dimensione del campione non è gratuito. Si potrebbe risparmiare un centesimo a questo punto e poi sprecare migliaia di Euro con gli scarti in produzione.
 - Scoprire in anticipo è sempre più economico.

Il modello di pianificazione DOE

14/21

- **Quale tipo di progettazione DOE si vuole utilizzare?**
 - 2 livelli o 3 livelli?
 - Screening o creazione di un modello?
 - Robustezza?

Il modello di pianificazione DOE

15/21

- **Selezionare il miglior design.**
 - La scelta sarà basata sulla conoscenza che si desidera ottenere, sul tempo a disposizione e sul costo del test: un DOE è sempre un compromesso.
 - Ottenere le migliori conoscenze dal DOE ora per risparmiare molti soldi in seguito.
 - La maggior parte delle aziende, eseguono test durante lo sviluppo e devono superare i test in produzione quando non possono garantire la qualità utilizzando l'ispezione al 100%.

Il modello di pianificazione DOE

16 a/21

- Il modello di test DOE può essere randomizzato?
 - Testare 2 variabili negli stessi schemi o in schemi simili è un problema conosciuto come Aliasing o confusione.
 - Questa è sempre una brutta cosa da evitare. A volte questo può accadere per caso quando una variabile di rumore a cui non si è pensato e che non è stata messa nel test, aumenta o diminuisce man mano che il test viene condotto.

Il modello di pianificazione DOE

16 b/21

- Il modello di test DOE può essere randomizzato?
 - Mentre si procede in ordine dall'esperimento 1 fino all'ultimo, il lento cambiamento di questa variabile di rumore segue essenzialmente uno schema simile alla variabile che si è posizionata nella colonna A dello schema ortogonale (prima colonna con l'elenco degli esperimenti da effettuare).
 - Se questa variabile di rumore ha un effetto sui risultati, questo effetto sarà "aggiunto" all'effetto della variabile A, che ora sembrerà molto più importante di quanto non sia in realtà.

Il modello di pianificazione DOE

16 c/21

- Il modello di test DOE può essere randomizzato?

- Per evitare questo problema, i matematici raccomandano di randomizzare il modello di test. Questo diffonde l'effetto della variabile del rumore attraverso il modello di test e "bilancia" il suo effetto in modo che nessuna variabile venga influenzata. Il problema con la randomizzazione è il tempo e la complessità che può aggiungere al test.

Il modello di pianificazione DOE

16 d/21

- Il modello di test DOE può essere randomizzato?

- Per esempio, si consideri l'idea di fare dei test su nuove idee di design sulle auto di Formula 1, per valutare l'effetto della velocità. Ma è noto che le gomme si degraderanno molto rapidamente, di solito entro 2 giri e il tempo per effettuare un giro di pista scenderà: se questo effetto viene lasciato nel DOE farà sembrare il fattore design, nella prima colonna, come se stesse rallentando la macchina. Per compensare si potrebbero fare 2 giri veloci e montare gomme nuove, altri 2 giri veloci e di nuovo gomme nuove e così via. Alla fine della giornata ci sarà una montagna di gomme costose usate non più utilizzabili!

Il modello di pianificazione DOE

16 e/21

- Il modello di test DOE può essere randomizzato?
 - In alternativa, si può randomizzare il test ed eseguire l'intero test su un set di pneumatici.
 - La randomizzazione distribuisce l'effetto del degrado degli pneumatici in modo "uniforme" lungo il modello di test in modo che non abbia alcun effetto matematico sulla nuova conoscenza generata dalle variabili del test.
 - Bisogna randomizzare se necessario; in alternativa, si deve controllare accuratamente il processo.

Il modello di pianificazione DOE

17/21

- **Quanto tempo impiegherà il DOE?**
 - Eseguire sempre una prova teorica preliminare sulla carta.
 - Assicurarsi che l'orario rientri nel tempo in cui si ha il processo libero per condurre il test.

Il modello di pianificazione DOE

18/21

- Scrivere una SOP (Standard Operating Procedures) completa.
 - Concentrarsi sulla gestione ed etichettatura dei campioni.
 - Ricordare che tutti le 40 risposte sono necessarie **nell'ordine in cui sono state realizzate** per far funzionare l'analisi.
 - Ogni punto dati viene utilizzato in ogni calcolo. Se si mescolano i risultati, nessuno dei risultati servirà allo scopo!

Il modello di pianificazione DOE

19/21

- **Eseguire il test e registrare i risultati.**
 - Essere presenti alle prove, in caso contrario si potrebbe perdere qualcosa di importante che non è stato considerato.
 - L'unica cosa che dovrebbe cambiare durante il DOE sono le variabili nel DOE, tutte le altre variabili sono fisse.
 - Per evitare cambiamenti imprevisti è molto importante che il DOE avvenga come previsto!

Il modello di pianificazione DOE

20/21

- **Analizzare i risultati, quindi eseguire un ciclo di conferma.**
 - Non si impara nulla finché non si può ripetere il risultato, oppure si può fare in modo che il processo raggiunga un valore previsto.
 - Il modo corretto per farlo è testare con tutte le variabili impostate sul **punto medio fra il livello basso (-1) e il livello alto (+1)**.
 - Ciò conferma che la relazione che si pensava fosse lineare è in realtà lineare. In caso contrario, si dovranno aggiungere alcune prove per creare la conoscenza e per vedere la curvatura nel processo.

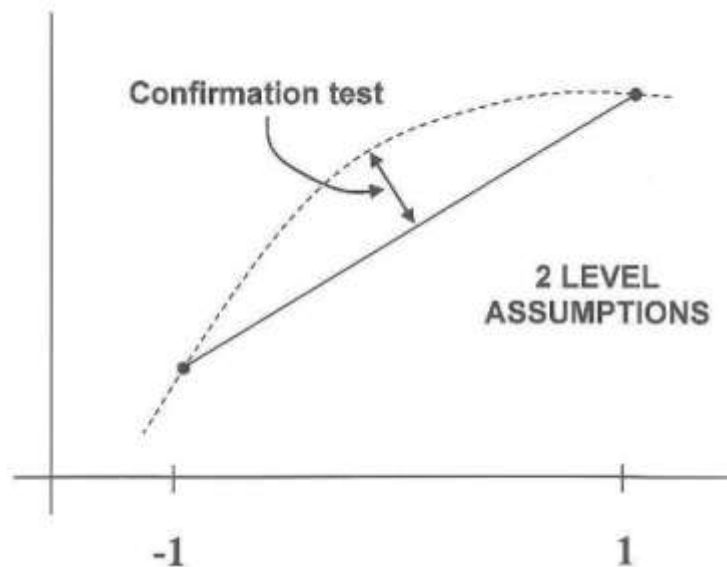
Il modello di pianificazione DOE

20/21

- **Analizzare i risultati, quindi eseguire un ciclo di conferma.**
 - Il diagramma seguente mostra il test di conferma eseguito nel punto medio cercando di vedere se c'è un adattamento.
 - Se la linea tratteggiata è davvero la relazione, il punto medio è il punto più debole e mostrerà l'errore maggiore, indicando che potrebbe essere necessario un test a 3 livelli.

Il modello di pianificazione DOE

Il test di conferma



Il modello di pianificazione DOE

21/21

- **Documentare l'apprendimento, aggiornare ISO 9000, cambiare il piano di controllo.**
 - La conoscenza acquisita deve essere registrata.
 - Evitare che un singolo Operatore tenga per sé la conoscenza.
 - Bisogna sfruttare il DOE per diventare un'organizzazione che apprende.

Esempio di Progettazione Robusta

- Un produttore copre le parti di una barca con vernice contenente una certa percentuale di zinco, per migliorare la resistenza agli impatti marini.
- L'obiettivo è determinare quali fattori influenzano la qualità della vernice e identificare il livello ottimale di ciascun fattore per ottenere la vernice di migliore qualità.
- **La qualità della vernice è determinata dalla percentuale di zinco (Risposta).**

Esempio di Progettazione Robusta

- Con XLStat, si procede a scegliere:
 - I fattori (Variabili)
 1. Temperatura ambiente.
 2. Il tempo di applicazione della vernice.
 3. Volume di catalisi.
 - I Livelli Inferiore (-1) e Superiore (+1)



Temperatura (°C)	Tempo (ore)	Volume (litri)
18	50	94
24	70	102

Esempio di Progettazione Robusta

- Con XIStat, si procede a generare il Design: 3 variabili ciascuna con 2 livelli porta a $2^3 = 8$ esperimenti. In questo caso con 2 repliche (Risposta 1 e 2)

Variabile	N° di categorie	Categoria 1	Categoria 2
Temperatura	2	18	24
Tempo	2	50	70
Volume	2	94	102

Esperimenti	Temperature	Tempo	Volume	Risposta 1	Risposta 2
1	18	50	94		
2	18	50	102		
3	18	70	94		
4	18	70	102		
5	24	50	94		
6	24	50	102		
7	24	70	94		
8	24	70	102		

Esempio di Progettazione Robusta

- Con XLStat, si procede a eseguire gli esperimenti del Design:

Variabile	N° di categorie	Categoria 1	Categoria 2
Temperatura	2	18	24
Tempo	2	50	70
Volume	2	94	102



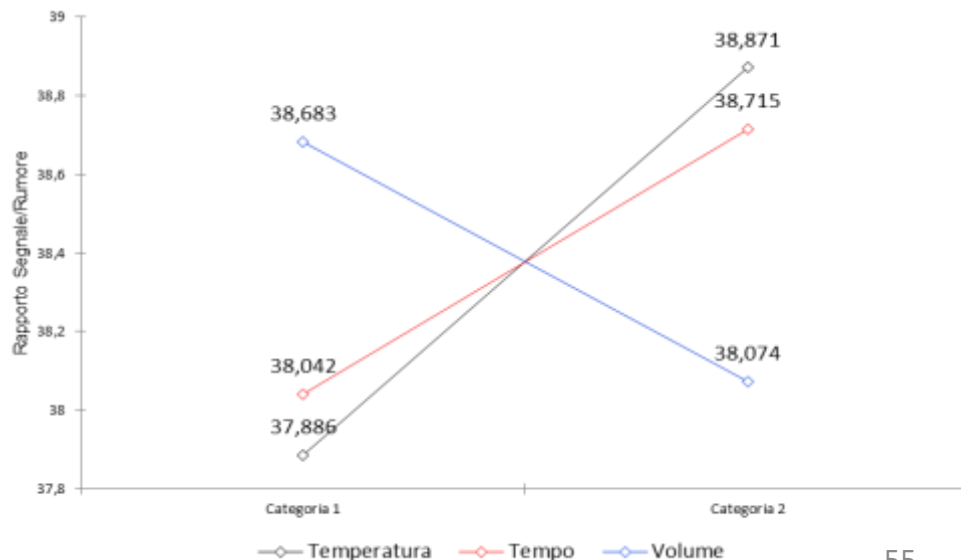
Esperimenti	Temperature	Tempo	Volume	Risposta 1	Risposta 2
1	18	50	94	77,000	79,000
2	18	50	102	70,000	70,000
3	18	70	94	84,000	87,000
4	18	70	102	80,000	82,000
5	24	50	94	88,000	88,000
6	24	50	102	85,000	84,000
7	24	70	94	92,000	94,000
8	24	70	102	86,000	86,000

Esempio di Progettazione Robusta

- Con XLStat, si procede a interpretare i risultati:

Rapporto Segnale / Rumore

	Temperatura	Tempo	Volume
Categoria 1 (-1)	37,886	38,042	38,683
Categoria 2 (+1)	38,871	38,715	38,074



Esempio di Progettazione Robusta

- Con XLStat, si procede a interpretare i risultati:

Regressione dei rapporti segnale/rumore:

Osservazioni	8,000
R^2	0,910
Adjusted R^2	0,843

Esempio di Progettazione Robusta

- Con XLStat, si procede a interpretare i risultati:

Modello dei rapporti segnale/rumore:

Source	Value	Standard error	t	Pr > t	Lower bound (95%)	Upper bound (95%)
Intercept	38,903	0,211	184,767	< 0,0001	38,319	39,488
Temperature-18	-0,985	0,211	-4,678	0,009	-1,570	-0,400
Temperature-24	0,000	0,000				
Time-50	-0,673	0,211	-3,198	0,033	-1,258	-0,089
Time-70	0,000	0,000				
Catalysis-94	0,609	0,211	2,893	0,044	0,025	1,194
Catalysis-102	0,000	0,000				

Rapporto Segnale / Rumore = 38,9031831545091 - 0,984928799787471* Temperatura -18 - 0,673276332835292 * Tempo - 50 + 0,609136530193658 * Volume - 94

Perché il modello DOE non ha confermato?

- Quando il DOE non riesce a confermare, prima di saltare alla conclusione che è necessario un modello a 3 livelli, ci sono cose che potrebbero essere successe.

Perché il modello DOE non ha confermato?

1/7

- **Disciplina sperimentale.**

- Se si segue il modello, ciò non dovrebbe accadere. Non raggiungere i massimi (+ 1) e i minimi (-1) è un errore comune. Bisogna essere disciplinati e ricordare che se una riga di dati viene compromessa, tutti i dati vengono compromessi.

Perché il modello DOE non ha confermato?

2/7

- **Errore di misurazione.**
 - Bisogna eseguire un'analisi del sistema di misurazione (MSA) per evitare errori di misurazione.

Perché il modello DOE non ha confermato?

3/7

- **Altri errori.**
 - Gli errori di battitura sono abbastanza comuni.
Ricordare che un dato sbagliato nella tabella dati e influenzerà ogni calcolo successivo.

Perché il modello DOE non ha confermato?

4/7

- **Troppa variazione nella risposta.**
 - Controllare tutte le variabili del processo nel miglior modo possibile. Ad esempio, se l'area di particolare interesse fosse la variabilità della manutenzione, la maggior parte dei problemi di processo sono causati da procedure di manutenzione inadeguate.

Perché il modello DOE non ha confermato?

5/7

- Effetti di aliasing.

- Utilizzare un software adeguato che eviti schemi di DOE complessi.

Perché il modello DOE non ha confermato?

6/7

- **Modello inadeguato.**

- DOE di livello 2 ma la risposta è di livello 3. Quando questo accade bisognerà costruire un DOE a 3 livelli dai dati a 2 livelli.
- Un buon test di ciò è che, oltre al test di conferma del punto medio, viene testato anche uno dei punti corrispondenti ai livelli inferiore (-1) o superiore (+1).

Perché il modello DOE non ha confermato?

7 a/7

- Qualcosa è cambiato.
 - Questo è deleterio per un DOE, se non si sa cosa è cambiato, i risultati saranno inutili.
 - Controllare sempre tutte le variabili che NON sono nel DOE.

Perché il modello DOE non ha confermato?

7 b/7

- Qualcosa è cambiato.
 - Annotare dove sono state corrette le impostazioni o, per le variabili di manutenzione, quale manutenzione è stata eseguita.
 - In questo modo si conosce lo stato del sistema da cui sono stati presi i risultati del DOE e si può sempre tornare ad essi.

Conclusioni

- **Il DOE serve per imparare**
 - Dobbiamo essere capaci di apprendere.
 - Per apprendere, devono succedere due eventi contemporaneamente:
 - Deve succedere qualcosa di significativo.
 - Qualcuno deve rendersene conto.

Conclusioni

- **Perché non siamo capaci di imparare:**
 - Non siamo capaci di tradurre dati in informazioni.
 - Non stiamo raccogliendo e analizzando i dati forniti.
 - Non siamo proattivi nella raccolta dati.
 - Non è successo nessun evento significativo.

Bibliografia

