

STRUMENTI PER LA COMPETITIVITA' DELLE PMI

Articolo su DOE Design of Experiments
RMO Rivista di Meccanica Oggi – N.2 Febbraio 1997

LUNGA VITA ALL'UTENSILE

DI GENNARO QUATRARO

La competizione dei mercati spinge le aziende ad utilizzare strumenti sempre più pratici ed efficaci per soddisfare le richieste della clientela; queste si riassumono praticamente in riduzione dei costi, aumento della produttività e miglioramento della qualità.

Il miglioramento della qualità dei processi costituisce una componente necessaria e integrata nella strategia aziendale.

I metodi di pianificazione degli esperimenti aiutano ad individuare gli effetti dei fattori che influenzano la qualità dei prodotti e dei processi che li generano, e ad utilizzare la conoscenza acquisita con i risultati delle prove per prevenire l'insorgere di problemi e ridurre la variabilità dei processi stessi.

Un approccio alla previsione razionale del comportamento di un processo al variare dei

UN ESEMPIO PER MIGLIORARE LA QUALITÀ DEI PROCESSI PRODUTTIVI, PIANIFICARE LE PROVE ED EFFETTUARE L'ANALISI DEI RISULTATI. ECCO COME HA OPERATO L'UFFICIO METODI DI UNO STABILIMENTO DI LAVORAZIONI MECCANICHE

parametri di funzionamento e al miglioramento della qualità e della efficienza operativa, si basa sull'integrazione dei metodi tradizionali della pianificazione degli esperimenti e del controllo statistico di processo, dei quali utilizza gli aspetti concettuali meno complessi, con l'impiego di metodi grafici per l'analisi dei risultati delle prove effettuate.

Il sistema proposto, pur tenendo conto delle necessità della sperimentazione, richiede, per il suo impiego, un livello concettuale matematico e statistico piuttosto limitato, e, non essendo prerogativa dei soli specialisti, come per lo più accade per i metodi tradizionali, può essere concretamente utilizzato anche dai tecnici e dai responsabili operativi.

IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ

Le attività per il miglioramento della qualità possono riguardare: il progetto di un nuovo prodotto; il riprogetto di un prodotto esistente; il progetto di un nuovo processo; il riprogetto di un processo esistente.

Lo studio analitico per il miglioramento della qualità di un processo esistente è l'oggetto di questo articolo.

Qui di seguito vengono riportate alcune definizioni che sono di riferimento per la corretta impostazione di uno

Foto Anonimata



studio di miglioramento di processo:

Variabile di risposta

Una variabile osservata o misurata in un esperimento.

È il risultato di un esperimento, e spesso è una caratteristica di qualità, o una misura di comportamento del processo. Un esperimento ha una o più variabili di risposta.

Fattore

Una variabile che è deliberatamente variata in modo controllato in un esperimento, per osservare la sua influenza sulla variabile di risposta.

Variabile ambientale

È una variabile che può avere influenza sulla variabile di risposta in un esperimento, ma non è di interesse come fattore. Esempi sono: il lotto, il tempo, l'operatore, lo strumento di misura.

Variabile di disturbo

Variabile sconosciuta che può influenzare la variabile di risposta in un esperimento. È, in pratica, una variabile ambientale non conosciuta al momento della pianificazione dell'esperimento.

L'influenza di tale variabile può essere minimizzata con: l'osservanza del principio della casualità nel pianificare le prove; l'analisi accurata dei dati di risposta. L'unità sperimentale è la quantità di materiale sulla quale, in un esperimento, agisce una definita combinazione di fattori. Per esempio: singoli particolari, un gruppo di particolari, un chilo di materiale, un singolo individuo...

Raggruppamenti: gruppi di unità sperimentali trattate in modo simile nella pianificazione dell'esperimento.

Sono, di solito, individuati dalle variabili ambientali: la variazione della variabile di risposta all'interno di un raggruppamento è prevista minore di quella entro l'intero esperimento.

Il livello è un dato valore o una determinata regolazione di un fattore quantitativo, o una specifica scelta di un fattore



La nuova fresa CoroMill 245 per splanatura di Sandvik Coromant.

qualitativo inclusi in un esperimento. I livelli di un fattore possono essere fissati a determinati valori di interesse, oppure consistono in una scelta casuale tra molti possibili valori.

L'effetto è il cambiamento nella variabile di risposta, quando un fattore o una variabile ambientale vengono cambiati da un livello ad un altro.

LA CORRETTA IMPOSTAZIONE DEGLI STUDI DI MIGLIORAMENTO

Gli studi analitici di miglioramento presuppongono: la configurazione dello schema sperimentale, cioè dei livelli dei fattori e delle unità sperimentali nel progetto; la pianificazione dei raggruppamenti delle unità sperimentali; il rispetto del principio di casualità nell'assegnazione delle combinazioni dei livelli dei fattori alle unità sperimentali; la replicazione delle prove.

Lo schema sperimentale costituisce lo strumento principale per perseguire gli obiettivi dell'esperimento. È il 'piano delle prove', con la

schedulazione necessaria, per effettuare l'esperimento: ciascuna prova o misurazione da effettuare è identificata nello schema. Con la pianificazione dei raggruppamenti si controllano opportunamente le variabili ambientali in modo che: gli effetti dei fattori non ne siano distorti; risultino ampie, e il più possibile senza effetto sulle prestazioni del processo, le condizioni di variabilità.

Le variabili ambientali possono essere tenute sotto controllo: tenendole costanti nelle prove; misurandole e considerandole opportunamente nell'analisi dei dati; pianificando opportunamente i raggruppamenti delle unità sperimentali.

La pianificazione dei raggruppamenti si basa sul concetto di unità sperimentali omogenee. Esempi di variabili ambientali utilizzate per formare raggruppamenti sono: periodo di un giorno, operatore, macchina, turno, lotto di materia prima.

Il principio di casualità

consiste nell'assegnazione casuale delle combinazioni dei fattori alle unità sperimentali, o l'ordine di effettuazione di qualche aspetto dello studio.

In molti casi, il lancio di una moneta (testa o croce) rappresenta il metodo più comodo. La replicazione ha un importante ruolo nel misurare l'ampiezza della variazione in un esperimento, dovuta alle variabili di disturbo.

Ci sono differenti tipi di repliche, tra le quali: misurazioni ripetute di unità sperimentali; unità sperimentali multiple per ciascuna combinazione di fattori; replicazione parziale del piano sperimentale; replicazione completa del piano sperimentale.

UN CASO PRATICO

L'ufficio metodi di un stabilimento di lavorazioni meccaniche ha suggerito una procedura di attrezzamento di un macchinario, in alternativa a quella correntemente utilizzata, con lo scopo di migliorare il periodo di vita degli utensili.

Con la procedura attuale, la vita utensile è, mediamente, di metà turno. Viene predisposto per l'analisi un piano sperimentale in cui: il fattore è uno solo: la procedura di attrezzamento; i livelli del fattore sono due: la procedura attuale e la procedura alternativa; la variabile di risposta è una sola: l'entità dell'usura dell'utensile.

Si considera variabile ambientale la qualità del lotto dell'acciaio acquisito per la lavorazione: ciascun lotto corrisponde ad una specifica colata dell'acciaieria fornitrice, e le sue dimensioni corrispondono ad un turno di lavorazione nello stabilimento meccanico.

Qui di seguito viene descritta la scheda utilizzata per la documentazione e la pianificazione delle prove sperimentali necessarie.

1. Obiettivo

Verificare l'effetto di una procedura di attrezzamento alternativa sulla vita dell'utensile.

Si considera significativa, per l'adozione di una nuova procedura, la riduzione dell'usura utensile di almeno 10%.

2. Informazioni sulla situazione iniziale di riferimento

Usando la procedura attuale, la vita dell'utensile è, in media, di mezzo turno (valore medio usura 0,1 mm/ora, con variazione tra valore massimo e minimo 0,036).

L'usura dell'utensile è influenzata significativamente dal lotto di acciaio da lavorare.

3. Variabili sperimentali

Variabili di risposta, Entità dell'usura; Fattori in studio, Procedura di attrezzamento; Variabili ambientali, Lotto dell'acciaio.

Tecnica di misura; Pendenza (mm/ora) della retta di adattamento sull'insieme di valori (mm di usura) rilevati nel tempo su ciascun utensile; Livelli, sono due: procedura

metodo di controllo, con raggruppamento di due unità sperimentali (una per ciascun livello) sullo stesso lotto di acciaio.

4. Regole per la raccolta e la rappresentazione dei dati di prova

Si prelevano, durante la lavorazione, quattro utensili (costituiscono l'unità sperimentale) ogni 15 minuti, e su ciascuno di essi si misura una dimensione critica soggetta ad usura.

Si utilizza un grafico che riporta in funzione del tempo, ogni 15 minuti, il Valore

Medio dei 4 valori di usura rilevati (mm). L'entità dell'usura è espressa in mm/ora, e si misura tramite la pendenza della retta di adattamento che, sul grafico, interpola i Valori Medi indicati.

5. Replicazioni

Giorni disponibili per le prove: 10; ciò permette 10 confronti delle due procedure.

6. Principio di casualità

Mediante il lancio di una moneta si definisce, ogni giorno, con quale procedura iniziare le prove.

7. Tabella del piano delle prove

La tabella 1 presenta lo schema di pianificazione delle prove da condurre nei 10 giorni disponibili.

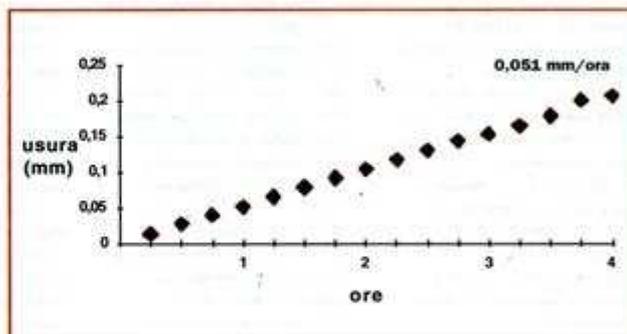


Figura 1 Entità dell'usura (mm/ora) relativa a procedura di attrezzamento nuova (PN). Primo giorno di prove; rilevamento dell'usura (mm) su ciascun gruppo di 4 utensili (valore medio); frequenza rilevamento ogni quarto d'ora per 4 ore; interpolazione dei valori sulla retta e determinazione della pendenza.

Giorno(Lotto)	Prime 4 ore		Seconda 4 ore		V.Medio (Vmu)
	Procedura	Usura (Vu)	Procedura	Usura (Vu)	
1	PN	0,051	PV	0,076	0,063
2	PN	0,107	PV	0,135	0,121
3	PV	0,046	PN	0,028	0,037
4	PN	0,091	PV	0,112	0,102
5	PV	0,104	PN	0,076	0,090
6	PV	0,071	PN	0,048	0,060
7	PV	0,079	PN	0,051	0,065
8	PN	0,066	PV	0,102	0,084
9	PN	0,081	PV	0,099	0,090
10	PN	0,102	PV	0,132	0,117
PV = Procedura Vecchia PN = Procedura Nuova				Valore Medio Vmmu (media delle medie)	0,083

Tabella 1
I risultati delle prove. L'entità dell'usura è espressa in mm/ora.

Utilizzo di rappresentazioni grafiche che: a) riportano l'entità dell'usura rilevata, in successione, nelle singole prove effettuate; b) riportano l'entità dell'usura raggruppata per procedura di attrezzaggio adottata; c) riportano l'entità dell'usura "depurata" dall'effetto lotto dell'acciaio lavorato.

LE MISURE PRELIMINARI

In particolare, con riferimento al punto 4 della scheda citata, si riporta, nel grafico di figura 1, la retta che interpola le medie dei valori di usura rilevati durante il 1° giorno con la procedura di attrezzamento nuova (PN). La pendenza di tale retta (0,051 mm/ora) rappresenta l'entità dell'usura in funzione del tempo nelle condizioni indicate.

I grafici relativi alle altre condizioni, per brevità, non sono riportati: i valori della tabella 1 riassumono tutte le misurazioni effettuate per tutte le condizioni programmate.

ANALISI DEI RISULTATI DELLE PROVE

La prima fase dell'analisi consiste nel riportare in un grafico i dati ottenuti riguardanti la variabile di risposta, l'usura

utensile, nei giorni di prova previsti, evidenziando il comportamento delle due procedure di attrezzamento considerate. La figura 2 riporta questo grafico. Le principali osservazioni preliminari conseguenti all'analisi grafica sono: la componente più significativa della variabilità dell'usura è identificabile nella "variabile ambientale": giorno/lotto di acciaio lavorato. Gli effetti della "variabile di risposta" (l'usura) e delle "variabili di disturbo" sono

difficilmente distinguibili a causa della variabilità indotta dalla variabile ambientale. L'entità dell'usura con la nuova procedura è decisamente minore di quella riscontrata con la vecchia procedura.

REMOZIONE DELL'EFFETTO DELLA VARIABILE AMBIENTALE

È possibile rimuovere l'effetto della variabile ambientale e valutare l'entità dell'usura a ciascun livello della variabile ambientale. La rimozione avviene attraverso i seguenti punti: a) determinazione del valore medio (Vmu) della variabile di risposta (usura) nell'ambito di ciascun raggruppamento (giorno/lotto di acciaio); b) sottrazione del valore medio Vmu da ciascun valore di usura rilevato (Vu); c) aggiunta del valore medio di tutti i valori medi calcolati (Vmmu) a ciascun valore ottenuto in b). La tabella 2 riporta i calcoli e i valori determinati secondo i punti a,b,c sopra indicati.

I valori corretti dell'usura della tabella 2 sono riportati nel grafico di figura 3. Il grafico di figura 3 mostra chiaramente la differenza di comportamento delle due procedure nei confronti dell'entità dell'usura. L'adozione della nuova procedura comporta una riduzione media dell'entità dell'usura pari a 0,026 mm/ora.

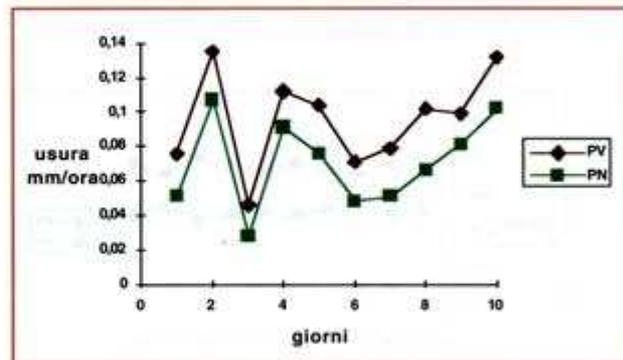


Figura 2
Usura rilevata nei giorni di prova (usura espressa in mm/ora, PV=Procedura Vecchia, PN=Procedura Nuova)

PROCEDURA VECCHIA (PV)							PROCEDURA NUOVA (PN)							
Giorno/ lotto	Usura Vu	-	Usura Vsu	+	Usura Vmmu	=	Usura Vcor	Usura Vu	-	Usura Vmu	+	Usura Vmmu	=	Usura Vcor
1	0,076	-	0,063	+	0,083	=	0,096	0,051	-	0,063	+	0,083	=	0,071
2	0,135	-	0,121	+	0,083	=	0,097	0,107	-	0,121	+	0,083	=	0,069
3	0,046	-	0,037	+	0,083	=	0,092	0,028	-	0,037	+	0,083	=	0,074
4	0,112	-	0,102	+	0,083	=	0,093	0,091	-	0,102	+	0,083	=	0,072
5	0,104	-	0,090	+	0,083	=	0,097	0,076	-	0,090	+	0,083	=	0,069
6	0,071	-	0,060	+	0,083	=	0,094	0,048	-	0,060	+	0,083	=	0,071
7	0,079	-	0,065	+	0,083	=	0,097	0,051	-	0,065	+	0,083	=	0,069
8	0,102	-	0,084	+	0,083	=	0,101	0,088	-	0,084	+	0,083	=	0,065
9	0,099	-	0,090	+	0,083	=	0,092	0,081	-	0,090	+	0,083	=	0,074
10	0,132	-	0,117	+	0,083	=	0,098	0,102	-	0,117	+	0,083	=	0,068
					(Vm)PV	=	0,096					(Vm)PN	=	0,070

Vu = valore di usura rilevato nella prova Vmmu = valore di usura medio delle medie dei 10 giorni
Vsu = valore di usura medio delle prove condotte nel giorno (media dei valori del "raggruppamento")
Vcor = valore di usura corretto

(Vm) = Valore di usura medio dei valori corretti
PV = Procedura di attrezzamento vecchia;
PN = Procedura di attrezzamento nuova

Tabella 2
I dati delle prove depurati dall'effetto giorno/lotto acciaio (l'entità dell'usura è espressa in mm/ora).

Sempre nello stesso grafico, la variazione presentata nei 10 valori di ciascuna procedura può essere attribuita alle "variabili di disturbo" non identificate.

Poiché la nuova procedura ha dato risultati migliori di quella vecchia in ciascuno dei 10 confronti, si deduce che l'applicazione della nuova procedura presenta un'alta probabilità di generare, in futuro, entità di usura più bassa.

La variazione dell'entità dell'usura, per la procedura di attrezzamento vecchia, è risultata compresa tra 0,071 e 0,135 mm/ora, includendo quindi un

ampio campo di condizioni. Se ne deduce che, dopo aver introdotto e consolidato la nuova procedura di attrezzamento, sarà conveniente programmare un ciclo di prove di miglioramento focalizzate sulla variabilità tra lotto e lotto di materiale. Adottando lo schema indicato d'impostazione delle prove, è possibile includere variabili ambientali che influenzano grandemente la variabile di risposta.

PER CONCLUDERE

L'esempio illustrato è caratterizzato da una

configurazione relativamente semplice: un solo fattore in gioco e due livelli di fattore. Un approccio analogo a quello indicato, con elaborazioni aggiuntive, può essere utilizzato per trattare casi più complessi: esistenza di più fattori e diversi livelli dei fattori.

Anche in tali situazioni si confermano le caratteristiche tipiche della metodologia proposta che non richiede sofisticati strumenti matematici e statistici, e che pertanto può adattarsi all'applicazione direttamente nei settori produttivi, per le analisi e le realizzazioni migliorative dei processi.

Figura 3
Valori corretti dell'entità dell'usura (eliminazione dell'effetto lotto)

