

METODI E STRUMENTI DEL CONTROLLO DELLA QUALITÀ

Piero Mella

METODI E LIVELLI DEL CONTROLLO DELLA QUALITÀ PROGETTUALE

Il controllo della qualità progettuale del prodotto può essere attuato secondo due metodi e due livelli :

- 1) i metodi di controllo individuano quanta parte della produzione deve essere assoggettata al controllo;
- 2) i livelli di controllo definiscono, invece, quale parte del prodotto deve essere sottoposta agli accertamenti.

In relazione al metodo di controllo distinguiamo tra:

- 1) controllo integrale: l'intera produzione viene controllata per singola unità ottenuta; oltre al controllo dei componenti e della correttezza delle lavorazioni, tutte le unità di prodotto vengono sottoposte a collaudo e a test di qualità;
- 2) controllo per campioni: si attua il controllo solo su una parte delle produzioni, cioè su un campione di unità prodotte e, sulla base dei risultati del controllo del campione, vengono decisi ulteriori interventi su altre unità di prodotto; poiché questo metodo di controllo si basa su tecniche statistiche, esso viene solitamente denominato controllo statistico di qualità, che si

avvale di strumenti alquanto sofisticati dei quali daremo un cenno nel seguito.

In relazione al livello di controllo si distingue tra:

- 1) controllo generale: è attuato su ogni componente del prodotto e/o per tutte le sue funzioni, come avviene per esempio per i sommergibili, per i chip e per i telescopi ad alte prestazioni;
- 2) controllo parziale: si rivolge solo a dati componenti e/o a date funzioni del prodotto; così, i computer vengono sottoposti a controllo mediante test che verificano il funzionamento in condizioni standard e vengono, in particolare, controllati i drive; le automobili vengono controllate specificatamente nell'impianto elettrico, mentre il motore è collaudato al banco.

LA SCELTA DEL METODO E DEL LIVELLO

La scelta di un metodo e di un livello per il controllo di qualità dipende da numerosi fattori, tra i quali ricordiamo quelli che seguono.

- a) Tipo di produzione. Il controllo integrale a livello generale può essere effettuato convenientemente per le produzioni su commessa (controllo del grado di finitura di appartamenti); più

TAVOLA 1			
PROCESSO		LIVELLI DI CONTROLLO	
		GENERALE: RIGUARDA TUTTE LE CARATTERISTICHE CONTROLLABILI	PARZIALE: RIGUARDA SOLO ALCUNE CARATTERISTICHE CONTROLLABILI
METODI DI CONTROLLO	INTEGRALE: RIGUARDA L'INTERA PRODUZIONE	NAVETTE SPAZIALI SOMMERSIBILI CENTRALI NUCLEARI AEREI DI LINEA	COMPUTER FOTOCAMERE OROLOGI DI MARCA AUTO DI LUSO
	CAMPIONARIO: RIGUARDA UNA FRAZIONE DELLA PRODUZIONE	MATERIALE CHIMICO AUTOMOBILI SCARPE SCI	UOVA PASQUALI CONFEZIONI ALIMENTI PRODOTTI AGRICOLI FORMAGGI DURI

difficoltoso si presenta per quelle di serie e di massa (controllo dell'avviamento del motore al termine del processo di assemblaggio di automobili).

b) Grado di tolleranza di funzionamento del prodotto. Alcuni prodotti devono essere venduti come prodotti garantiti perfetti; il loro utilizzo deve avvenire sempre con la massima efficienza, come accade, ad esempio, per i macchinari medici, per gli impianti nucleari, per i grandi computer.

Non è ammissibile alcuna tolleranza nel funzionamento di tali prodotti; in questi casi è necessario il controllo integrale di ogni unità e a livello generale. In altri casi è consentita una tolleranza nelle specifiche del prodotto; in questi casi è attuabile il controllo statistico, come avviene, per esempio, nell'abbigliamento, nelle automobili, nei prodotti alimentari e in prodotti similari e a livello parziale.

c) Tipo di intervento necessario per accertare la qualità. Il controllo può essere attuato:

c.1) con distruzione del prodotto, come avviene quando si deve verificare che l'uovo pasquale contenga il giusto regalo o quando si deve vuotare una bottiglia di champagne per verificare il grado di acidità dei depositi; appare evidente che il controllo integrale in questo caso non è possibile, in quanto l'applicazione di tale metodo comporterebbe la distruzione della complessiva produzione;

c.2) con disassemblaggio del prodotto e successivo ripristino, come avviene per le automobili e per i computer;

c.3) con interventi non distruttivi del prodotto, come accade per la verifica del grado di maturazione dei formaggi e dei salumi mediante sonde;

c.4) con semplice esame del prodotto, come nel caso dell'abbigliamento ove si verifica la qualità delle cuciture e si controllano le dimensioni degli abiti nelle varie taglie, oppure nel caso del collaudo delle automobili quando si percorrono pochi chilometri senza procurare alcun logorio al mezzo.

d) Entità del costo sopportabile. Tutte le forme di controllo di qualità comportano dei costi; il controllo della qualità è una vera e propria funzione aziendale e come tale può essere attuata con costi di struttura e costi di funzionamento; altri costi sono rappresentati dai prodotti che vengono distrutti per le prove; in genere, il controllo integrale richiede costi maggiori del controllo statistico; per questo il controllo integrale e generale può essere effettuato solo quando è possibile scaricare i costi sul prezzo di vendita.

Il controllo di qualità, a seconda del tipo di impresa e di produzione controllata, può portare all'individuazione:

a) di prodotti da scartare irrimediabilmente; occorre allora risolvere il problema del loro smaltimento (per es. formaggi andati a male);
 b) di prodotti difettosi da ripristinare con ulteriori interventi (per es. anelli con brillanti male incastonati che devono essere sottoposti a un lavoro di rinforzo del castello portabrilanti);
 c) di prodotti irrimediabilmente difettosi, ma ugualmente vendibili a prezzi ridotti; si definiscono prodotti di seconda scelta; occorre allora individuare per questi un mercato collaterale a quello dei prodotti di prima scelta (per esempio le scarpe di seconda scelta, che presentano qualche lieve difetto nel pellame possono essere smerciate nei mercati regionali, mentre quelle di prima scelta sono destinate ai negozi del centro).

LOGICA E FORME DEL CONTROLLO STATISTICO DI QUALITÀ: TOLLERANZA E DIFETTOSITÀ

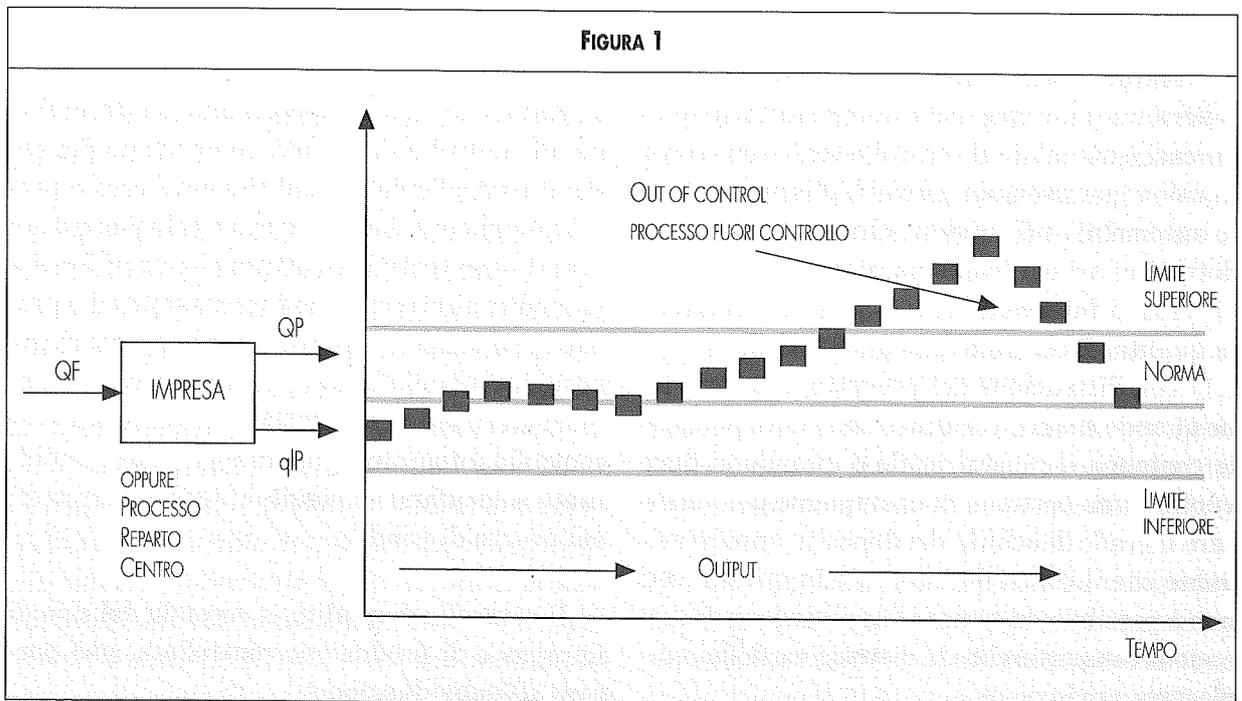
Abbiamo osservato nel precedente paragrafo come il controllo statistico di qualità (d'ora in avanti, SQC, da Statistical Quality Control) intervenga quando non sia tecnicamente pos-

sibile o economicamente conveniente il controllo integrale. Lo SQC viene adottato solo quando le caratteristiche del prodotto e dei processi produttivi rendono applicabile il metodo campionario; si può accertare allora la qualità relativa a un campione di n elementi della produzione di N unità che rappresenta la popolazione di riferimento; la qualità accertata per il campione viene riferita alla popolazione. La logica è semplice: l'impresa (o qualche suo processo, o reparto, o centro operativo particolare) si considera come un sistema di trasformazione produttiva che deve tendere a uno standard di comportamento nel tempo, standard che deve essere controllato (figura 1).

Procederemo ora a un breve esame di tale metodo, considerando solo gli aspetti più elementari, rinviando ai testi specialistici di statistica l'approfondimento della parte formale.

Il controllo statistico della qualità può essere considerato in due tipiche forme:

- 1) controllo della tolleranza (o controllo per variabili);
- 2) controllo della difettosità (o controllo per attributi).



La prima forma di controllo si attua per tutte le produzioni caratterizzate da parametri quantitativi che devono essere conformi a una misura prestabilita in un modello o in un prototipo con una prescelta tolleranza. È normale, infatti, che le unità di prodotto, per quanto le lavorazioni siano effettuate accuratamente, presentino delle deviazioni rispetto alla misura standard. Così, per esempio, se un vestito di taglia 44 deve avere maniche lunghe 52 cm, perché questa è la misura stabilita nel modello (o prototipo) elaborato dallo stilista, è facile intuire che la lunghezza effettiva delle maniche difficilmente sarà sempre proprio di 520 mm; in alcuni casi sarà di 521, in altri di 519, in altri ancora di 522 e di 518, in altri di 523 e di 517 e così via.

È intuitivo che se si eseguono, per esempio, 1.000 misurazioni, la maggior parte delle maniche avrà una lunghezza che differisce di poco da quella del prototipo, mentre il numero delle maniche con differenze notevoli diminuisce quanto più aumenta l'errore.

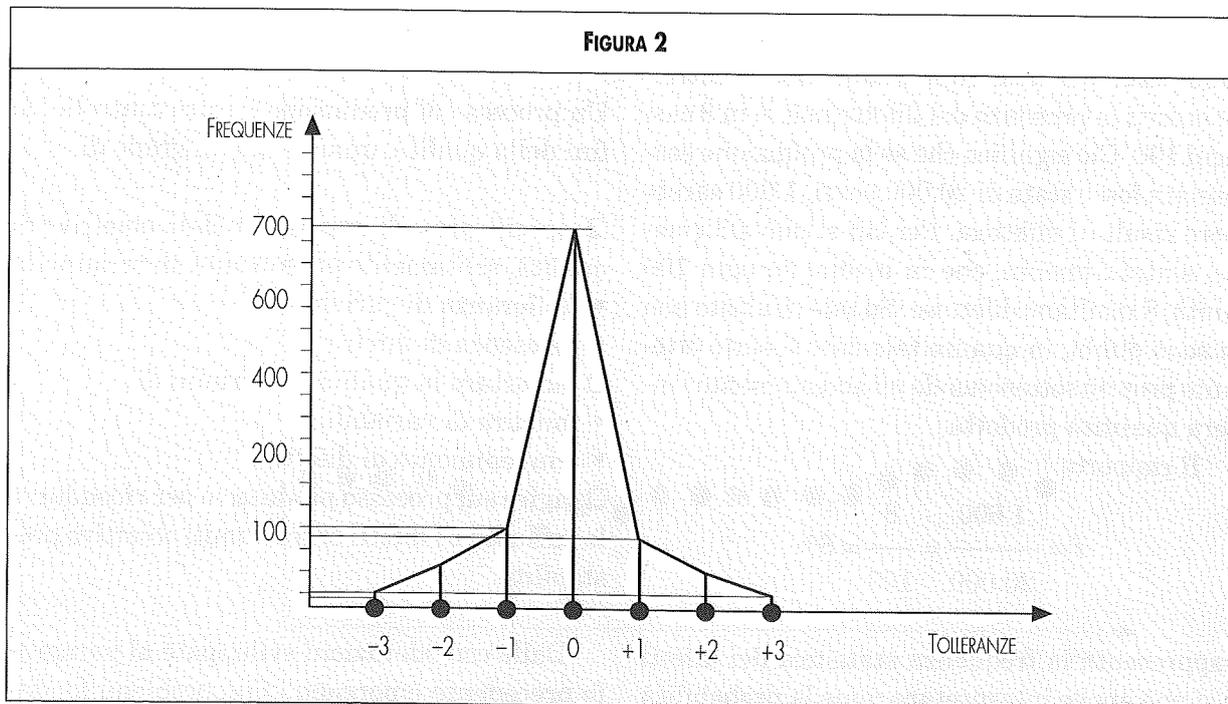
Si può allora pensare che il numero di casi che presenti errori sia inversamente proporzionale all'entità dell'errore. Per esempio, su $n =$

1.000 casi osservati, su una popolazione di N elementi possono riscontrarsi le seguenti misure (tolleranza espressa in cm con misure discrete di un centimetro):

- 13 presentano una misura inferiore a 49: tolleranza -3;
- 45 una misura di 50: tolleranza -2;
- 100 una misura di 51: tolleranza -1;
- 700 presentano una misura di 52: tolleranza 0;
- 85 una misura di 53: tolleranza +1;
- 40 una misura di 54: tolleranza +2;
- 17 una misura oltre 55: tolleranza +3.

I dati riportati nella colonna di sinistra sono le frequenze delle maniche osservate e per ciascuna è indicata la tolleranza rispetto al prototipo.

Possiamo riportare i dati in un sistema di assi cartesiani come indicato nella figura 2, che presenta la curva definita "normale" dell'errore in quanto evidenzia una riduzione della frequenza all'aumentare dell'errore e tale riduzione è simmetrica rispetto alla frequenza massima, sia a sinistra sia a destra.



Se lo stilista che ha disegnato quei vestiti (che ne ha predisposto il prototipo) ha stabilito una tolleranza massima di più o meno 20 mm, significa che tutti i vestiti con maniche lunghe da 500 a 540 saranno giudicati buoni, in quanto la lunghezza delle maniche rientra nella tolleranza stabilita; i vestiti con maniche di lunghezza eccedente l'intervallo di accettabilità sono considerati difettosi, in quanto non conformi al modello.

Anche la logica del controllo statistico della difettosità è semplice da comprendere, in quanto rappresenta un caso estremo della forma precedente; occorre verificare che nel prodotto vi sia la presenza di dati attribuiti in assenza o in difformità dai quali il prodotto è difettoso. Tale forma di controllo statistico si applica pertanto per le produzioni le cui unità possono presentare un difetto tale da renderle completamente inutilizzati, quindi invendibili, come accade per esempio per le lampadine che possono non accendersi, per i relè che possono non scattare, per i chip che possono avere collegamenti alterati e così via.

Supponiamo che si proceda al controllo integrale sottoponendo l'intera produzione a un test volto ad accertare la presenza di un attributo, che chiameremo A, o di un difetto che chiameremo non-A. Supponiamo che il controllo accerti la presenza del difetto non-A in 8 casi ogni 100. Ciò significa che se la produzione esaminata fosse stata di 20.000 pezzi, 1.600 sarebbero risultati difettosi. Per cui si può affermare, sinteticamente, che in media, su ogni 100 unità, 8 risultano difettose. Su tale risultato non ci sono dubbi, in quanto tale dato è stato ottenuto proprio sottoponendo ad accertamento l'intera quantità prodotta.

Il rapporto:

$$f = \frac{1.600}{20.000} = \frac{8}{100} = 8\%$$

rappresenta la frequenza statistica dei difetti e si può anche interpretare come la probabilità

di trovare difetti nell'ambito di quel tipo di produzione.

Che cosa ci si deve aspettare quando si esamina solo una parte della produzione? Quando, cioè si sottopongono ad accertamento 2.000 unità, o anche solo 200? Se il difetto A fosse uniformemente distribuito, cioè fosse diffuso regolarmente nell'ambito della produzione, allora ci si dovrebbe aspettare che ogni campione, di qualunque dimensione, presentasse la stessa frequenza di difetti. In genere i difetti non sono uniformemente distribuiti, per cui campioni di diversa grandezza o campioni estratti in date differenti di norma presentano frequenze di difetti diverse. Quando si impianta un sistema di controllo della qualità, sia esso controllo di tolleranza o di difettosità, in grado di consentire di rilevare i periodi nei quali la produzione viene ottenuta con tolleranza al di fuori dei limiti ammissibili, si parla di sistema di produzione sotto controllo, nel senso che si può mantenere la produzione ai desiderati livelli di qualità.

COME TENERE SOTTO CONTROLLO UN SISTEMA DI PRODUZIONE. FREQUENZA E DIMENSIONE DEL CAMPIONAMENTO

Un processo di produzione è sotto controllo, ai fini della qualità, quando si è in grado di:

- specificare e di imporre un dato obiettivo di qualità, solitamente progettuale, in termini di:
 - tolleranza di variabili;
 - presenza di difetti;
- accertare la qualità, in termini di:
 - misura di variabili;
 - rinvenimento di difetti;
- agire sul processo produttivo per ricondurre le variabili o i difetti entro i limiti obiettivo pre-stabiliti.

Dalle considerazioni sviluppate al paragrafo precedente emergono i due problemi fonda-

mentali, spesso complementari, del controllo statistico della qualità.

1) Problema della frequenza del campionamento: si presenta prevalentemente nel controllo di tolleranza; occorre decidere:

- quando accertare, cioè quando procedere al rilevamento delle misure da tenere sotto controllo;
- ogni quanto accertare, vale a dire la frequenza degli accertamenti.

2) Problema della dimensione del campione: si presenta prevalentemente nel controllo della difettosità e consiste nello stabilire:

- quanto controllare dell'intera popolazione, vale a dire quale dimensione deve avere il campione per offrire un certo grado di fiducia nei risultati delle misurazioni su di esso effettuate.

Supponiamo, nel primo caso, che occorra tenere sotto controllo il diametro dei cilindri da inserire nei motori di un dato tipo di automobile e che si sia stabilito un diametro standard di 45 mm con tolleranza più o meno 0,001 mm. Ciò significa che se un cilindro presenta un diametro di 45,00082, il cilindro è considerato accet-

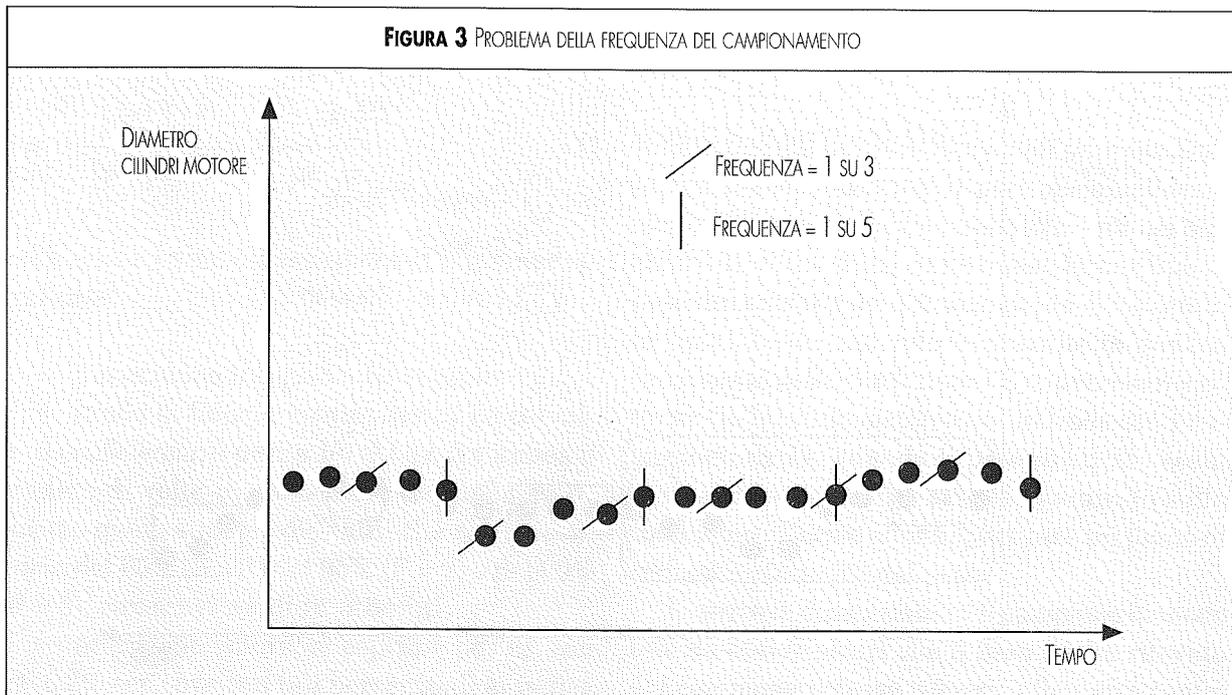
tabile; se il diametro è di 45,0021, il cilindro deve essere scartato.

Poiché il costo del controllo integrale sarebbe troppo elevato, risulta opportuno effettuare solo un certo numero di rilevazioni, una ogni n cilindri prodotti; se il cilindro prescelto per il controllo ha grado di tolleranza entro i limiti di accettabilità allora la produzione continua; se il cilindro prescelto ha diametro con misura eccedente il grado di tolleranza, allora la produzione deve essere arrestata per procedere, per esempio, alla ritaratura dei macchinari o alla sostituzione degli attrezzi.

Il problema della frequenza del campionamento, nel nostro esempio, è proprio quello di stabilire il numero n di cilindri oltre il quale effettuare l'accertamento della qualità. Se n è piccolo, il campione risulta ampio e aumenta, pertanto, il grado di sicurezza della qualità del prodotto, ma aumentano anche i costi di controllo; viceversa, con n troppo grande, si riduce la probabilità di accertare un difetto di tolleranza (figura 3).

Consideriamo ora il secondo caso e supponiamo che si voglia tenere sotto controllo la vita media delle lampadine prodotte. Occorre sce-

FIGURA 3 PROBLEMA DELLA FREQUENZA DEL CAMPIONAMENTO



gliere un dato numero n di lampadine da sottoporre al test di durata, tenendole in funzione fino a quando non vadano fuori uso per misurare il numero di ore di funzionamento. È ovvio che non potendo effettuare il controllo integrale occorre scegliere il campione di n di lampadine da sottoporre al test in numero adeguato.

Con n piccolo si riducono i costi, ma si riduce anche il grado di fiducia sui risultati ottenuti, perché le n lampadine prescelte per il test potrebbero avere una durata anomala, o troppo breve o troppo lunga, e si correrebbe il rischio di pensare (di indurre) che anche le altre lampadine non provate presentassero la stessa durata. Viceversa, quando n aumenta, cresce il grado di fiducia nei risultati conseguiti, ma si incrementa anche il costo del controllo.

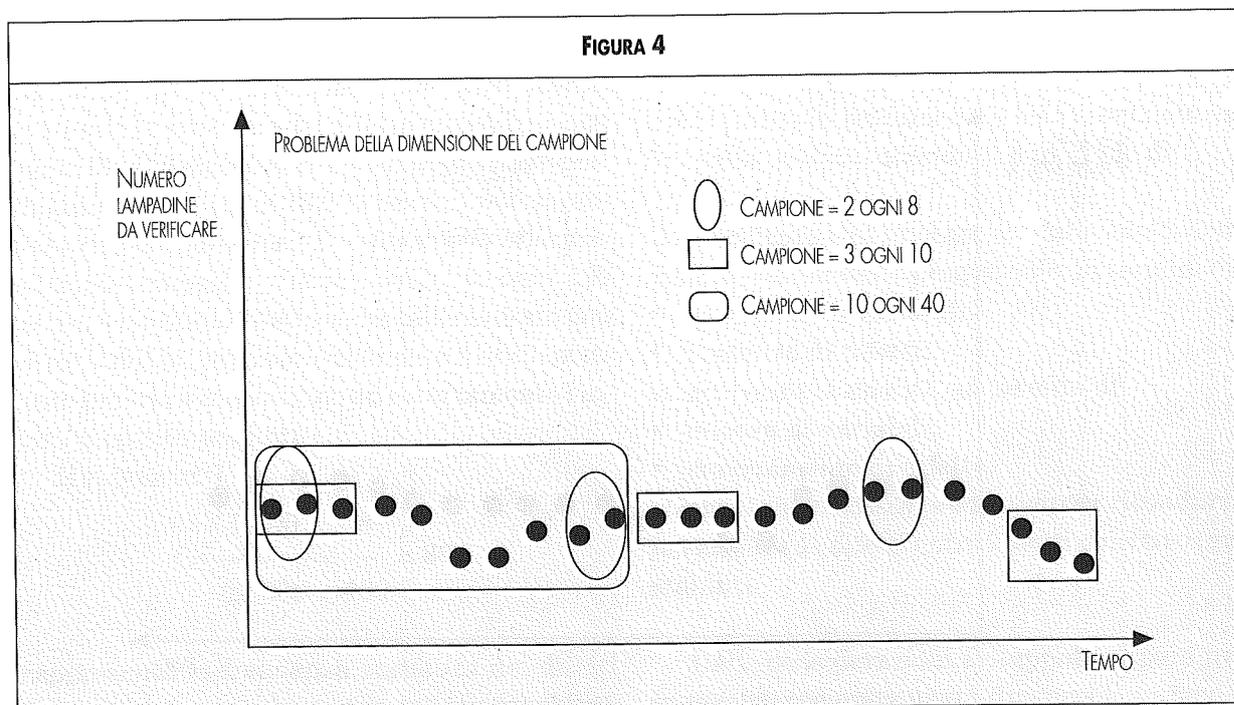
Il problema della dimensione del campione consiste proprio nel determinare il numero n di unità di prodotto da sottoporre ad accertamento della qualità, bilanciando il grado di significatività dei risultati con i costi per ottenere una maggiore precisione (figura 4).

I due problemi precedenti, quello della frequenza del controllo e quello della dimensione

del campione, sono correlati, poiché stabilire la frequenza del controllo in effetti implica anche lo stabilire il numero di elementi controllati e viceversa.

Particolarmente interessante è la correlazione tra i due problemi quando si deve eseguire il controllo sulla produzione ottenuta da un processo continuo, in quanto occorre porre sotto controllo un campione di n elementi ciascuno prescelto ogni m unità prodotte. Occorre, in tale caso, stabilire:

- 1) la dimensione del campione (per es.: su 20.000 uova pasquali, quante ne controllo?); maggiore è il campione e migliore è l'attendibilità;
- 2) la frequenza del campionamento (per es.: avendo stabilito di controllare solo 100 uova pasquali, come le scelgo? 1 ogni 200, oppure 10 vicine ogni 2.000, oppure 100 estratte a caso con una tavola di numeri casuali?); più ravvicinata è la frequenza maggiore è il campione e migliori sono i risultati conseguibili;
- 3) il numero massimo di difetti riscontrabili nel campione; tanto più alto deve essere il livello di controllo quanto minore deve essere il numero di difetti ammessi nel campione;



- 4) il grado di errore ammissibile nei risultati del test;
5) il grado di fiducia nei risultati ottenuti.

L'AIUTO DELLA STATISTICA

La statistica offre gli strumenti fondamentali per risolvere i problemi del controllo di qualità su base campionaria. Per quantificare la dimensione n del campione, possiamo utilizzare formule diverse a seconda che:

- a) sia nota la dimensione dell'universo da cui deve essere estratto (per esempio quante lampadine esaminare delle 40.000 prodotte di un certo lotto);
b) l'universo non sia conoscibile, in quanto la produzione da sottoporre a test è ottenuta da processi continui (tenere sotto controllo la produzione di lampadine mentre la produzione si svolge per evitare che lo spessore medio del vetro scenda al di sotto di un dato livello).

Nel caso a) in cui non si tenga conto dell'universo di partenza, per il calcolo della dimensione del campione si può utilizzare la formula seguente:

$$n = \frac{F^2 \cdot (1-P) \cdot P}{S^2 \cdot P^2} = \frac{F^2 \cdot (1-P)}{S^2 \cdot P} \quad [1]$$

nella quale i simboli assumono il seguente significato:

n = dimensione incognita del campione;
 F = grado di fiducia voluto; indica l'intervallo di confidenza; è pari a 1 o a 2 o a 3 e indica il numero di volte in cui occorre moltiplicare σ_p (scarto quadratico medio) affinché si abbia fiducia del 65% ($F = 1$) del 95% ($F = 2$) o del 99% ($F = 3$), circa, nei risultati ottenuti;
 S = precisione voluta; si esprime per es. con 5% o 2% ecc., ove con tali percentuali si indica

l'errore massimo tollerato nei risultati; non si deve confondere con F ;

P = tasso di errore stimato; quando si impiega la [1] nel controllo statistico di qualità, occorre considerare P come la percentuale di pezzi nei quali *non* vi è errore o difetto. Se per es. si suppone che gli errori o i difetti siano presenti nel 5% dei pezzi ottenuti da una data macchina, allora $P = 0,05$.

Nel caso in cui si debba tenere conto della dimensione N dell'universo da cui debba essere scelto il campione di dimensione n , allora si può utilizzare la formula seguente:

$$n = \frac{F^2 \cdot N \cdot [P \cdot (1-P)]}{[S^2 \cdot (N-1)] + \{F^2 \cdot [P \cdot (1-P)]\}} \quad [2]$$

Avvertenza: quelle presentate sono solo due tra le più semplici formule da impiegarsi nel controllo statistico della qualità. Nei due prossimi paragrafi considereremo due casi per illustrarne l'applicazione.

PRIMO CASO. DIMENSIONE DEL CAMPIONE SENZA CONOSCERE LA DIMENSIONE DELL'UNIVERSO DI PROVENIENZA

Il direttore della produzione dell'impresa Delta era preoccupato per il pericoloso abbassamento del peso della marmellata colata nei bicchieri di vetro della confezione; la perdita di peso dimostrava un abbassamento della qualità progettuale, ma riduceva anche la qualità funzionale della confezione. Era necessario ritardare la bilancia elettronica, in linea con l'impacchettatrice, quando il peso misurato scendeva al di sotto del 5% del peso garantito sulla confezione. Decise allora di attuare un piano di controllo statistico del peso.

Occorreva dimensionare il campione in modo tale da essere sicuri che il peso medio rilevato sul campione potesse riferirsi alle unità confe-

zionate dell'intera produzione. Poiché il controllo doveva essere attuato *durante* la lavorazione, non si poteva conoscere l'ammontare dell'universo statistico. La dimensione del campione fu determinata con la [1].

Il direttore di produzione pose i seguenti obiettivi:

- grado di precisione desiderato pari a $S = 4\% = 0,04$;
- percentuale errore sul peso medio pari al 5%; per cui $P = 0,95$;
- grado di confidenza nei risultati (livello di fiducia) pari al 95%, per cui $F = 2$.

Inseriti questi dati nella formula [1]:

$$n = \frac{4 \cdot (1 - 0,95)}{0,04 \cdot 0,95} = \frac{4 \cdot 0,05}{0,0016 \cdot 0,95} = \frac{0,2}{0,00152} = 132$$

si ottiene quale risultato il numero n di controlli da effettuare. Occorre ora stabilire quale frequenza adottare per estrarre dalla produzione le 132 unità da controllare. Pur essendo consapevole dell'opportunità di estrarre il campione in modo casuale, il direttore decise di semplificare al massimo la procedura e di renderla automatica. Poiché in una giornata si confezionano 36.000 unità di marmellata, il direttore decise di controllare una confezione ogni 280 ($\approx 36.000/132$), predisponendo un apposito meccanismo per estrarre dalla linea di confezionamento le unità da controllare.

SECONDO CASO. DIMENSIONE DEL CAMPIONE NOTA LA DIMENSIONE DELL'UNIVERSO DA CUI DEVE ESSERE ESTRATTO

Il direttore commerciale dell'impresa Gossler SpA Cioccolati e affini era furibondo perché aveva appena ricevuto un sacco postale colmo di reclami di clienti che non avevano trovato il buono regalo, così tanto decantato nella cam-

pagna pubblicitaria di lancio del prodotto, nella confezione di cioccolatini. Inoltrò quindi una formale censura al collega della produzione e, per conoscenza, al direttore generale.

Quest'ultimo convocò il responsabile del confezionamento insieme con il direttore della produzione e chiese loro di sottoporli entro 24 ore un piano di controllo di qualità del confezionamento con la stima dei costi relativi. Diede ordine poi al direttore commerciale di stimare il danno economico derivante dall'inconveniente riscontrato.

Il direttore della produzione, il giorno successivo, sottopose il seguente prospetto compilato assumendo una produzione giornaliera di 20.000 confezioni:

PROGETTO DI CONTROLLO DI QUALITÀ SULLE CONFEZIONI DI CIOCCOLATINI (PER UNA PRODUZIONE GIORNALIERA PARI A N = 20.000 CONFEZIONI)

PRODUZIONE GIORNALIERA	20.000 CONFEZIONI
+ COSTO DEL CONTROLLO	20.500 LIRE PER UNITÀ
+ MATERIALE CONSUMATO	10.500 LIRE PER UNITÀ
= TOTALE COSTO	31.000 LIRE PER UNITÀ
- MATERIALE RECUPERATO	-2.000 LIRE PER UNITÀ
= COSTO MEDIO NETTO DEL CONTROLLO	29.000 LIRE PER UNITÀ

PIANO DI CAMPIONAMENTO

PRIMA IPOTESI: ALTA PRECISIONE

PRODUZIONE GIORNALIERA	N = 20.000
TASSO DI ERRORE ACCETTABILE PARI AL 2%	P = 0,02
PRECISIONE DESIDERATA (+/-)1%	S = 0,01
INTERVALLO DI CONFIDENZA DEL 95,5%	F = 2

APPLICANDO LA FORMULA [2] CALCOLÒ CHE SAREBBE STATO NECESSARIO UN CONTROLLO SU UN CAMPIONE DI 754 CONFEZIONI. IL COSTO DEL CAMPIONAMENTO È DUNQUE:

$$\text{COSTO CAMPIONAMENTO 1ª IPOTESI} = 29.000 \times 754 = 21.866.000$$

SECONDA IPOTESI: MEDIA PRECISIONE

PRODUZIONE GIORNALIERA	N = 20.000
TASSO DI ERRORE ACCETTABILE PARI AL 5%	P = 0,05
PRECISIONE DESIDERATA (+/-)2%	S = 0,02
INTERVALLO DI CONFIDENZA DEL 95,5%	F = 2

Applicando la formula [2] calcolò che sarebbe stato necessario un controllo su un campione di 464 unità di confezione. Il costo del campionamento è dunque:

$$\text{COSTO CAMPIONAMENTO SECONDA IPOTESI} = 29.000 \times 464 = 13.456.000$$

Il direttore commerciale stimò una flessione della domanda pari al 20% nel caso in cui i difetti fossero continuati. Ogni confezione ha un prezzo di vendita di 19.000 lire e un costo di produzione di 14.000. Il mancato margine risulta pari, quindi, a 5.000 per confezione invendibile e la perdita commerciale complessiva ammonterebbe a:

$$\text{PERDITA COMMERCIALE} = 4.000 \times 5.000 = 20.000.000$$

Il direttore generale decise di dare il via al progetto di controllo a media precisione e di attendere qualche tempo per valutare i miglioramenti di qualità.

COME ESTRARRE UN CAMPIONE CASUALE

Una volta determinato il numero di unità del campione da selezionare, impiegando le formule indicate in precedenza, occorre provvedere alla scelta degli elementi da controllare. Il metodo più appropriato è la scelta con il metodo casuale, o random, perché elimina l'intervento soggettivo umano per selezionare gli elementi del campione.

Un campione è estratto con metodo random (la scelta è puramente casuale) se il metodo garantisce che ogni elemento dell'universo abbia la stessa probabilità di essere estratto e incluso nel campione. Se si dovesse tenere sotto controllo la produzione giornaliera di una vetreria e il responsabile del controllo di qualità decidesse di analizzare tutti i pezzi ottenuti dalle 16 alle 17 del giorno, l'estrazione non sarebbe casuale in quanto verrebbero escluse le unità

prodotte nelle altre ore, che non avrebbero alcuna probabilità di essere incluse nel campione da controllare.

Tutti i testi di statistica, anche elementari, riportano le tavole dei numeri casuali, vale a dire successioni di numeri le cui cifre presentano nella successione la stessa probabilità di verificarsi. Per estrarre un campione casuale possono essere utilizzate tali tabelle ad esempio con la procedura descritta di seguito.

- a) Prendiamo una penna e con gli occhi chiusi puntiamola sulla tabella dei numeri casuali. Cominciamo la selezione dei numeri random da questo punto, preferibilmente verso destra.
- b) Usiamo tante cifre quante sono quelle del numero dei componenti l'universo, per esempio 4 cifre per un universo fino a di 9.999 unità; 6 cifre per universi fino a 999.999 unità e così via.
- c) Proseguiamo senza deviazioni nella colonna in verticale; le deviazioni possono implicare la soggettività della selezione.
- d) Quando un numero non è applicabile viene saltato; se, per esempio abbiamo un universo di 450 unità, devono essere saltati i numeri 451, 452 e successivi.

Supponiamo che il responsabile del controllo di qualità voglia esaminare 10 motori in un lotto di 750 motori pronti per l'assemblaggio. Per utilizzare i numeri casuali deve innanzitutto numerare i motori da 1 a 750. Prende poi la tabella di numeri random e decide di cominciare dal punto in cui appare il numero 898, e procede come indicato nella tavola 2.

LE CARTE DI CONTROLLO

Le carte di controllo rappresentano un altro importante strumento statistico per il controllo di qualità; sono speciali prospetti utilizzati nel controllo di qualità quando si vuole tenere sotto controllo un processo continuo; in esse vengono indicati i limiti inferiore e superiore

TAVOLA 2		
COLONNE CONSIDERATE	NUMERI APPLICABILI	NUMERI NON APPLICABILI
898	-	898
307	307	-
976	-	976
906	-	906
322	322	-
691	691	-
641	641	-
197	197	-
512	512	-
970	-	970
334	334	-
719	719	-
880	-	880
027	027	-
401	401	-

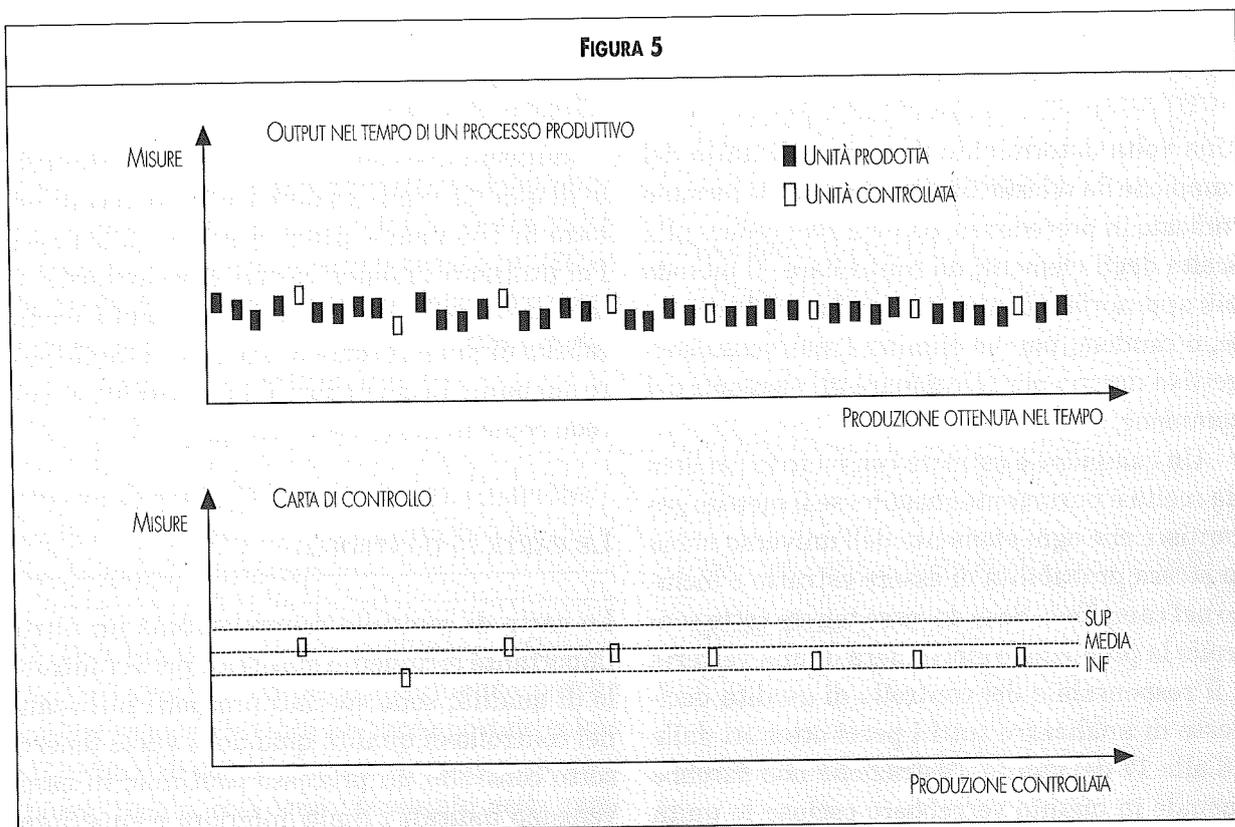
Nella figura 5 sono allora specificati, per ciascun accertamento, i risultati ottenuti così che anche visivamente sia possibile individuare il momento in cui si esce dai limiti di tolleranza.

In tale momento occorre fermare il processo produttivo per accertare e rimuovere la causa di malfunzionamento delle attrezzature. L'ampiezza dell'intervallo tra la linea che rappresenta il limite superiore e quella che rappresenta il limite inferiore di tolleranza viene determinato con tecniche statistiche; in generale, quanto più la caratteristica da tenere sotto controllo si può discostare dalla misura standard prevista, quanto più è ampio l'intervallo di tolleranza.

COME IMPIEGARE E LEGGERE LE CARTE DI CONTROLLO

delle misure massime di tolleranza di una data caratteristica delle unità o delle lavorazioni del processo. Si indicano sull'asse delle ascisse gli accertamenti effettuati; sull'asse delle ordinate sono riportate, invece, le misure ottenute.

Le carte di controllo consentono una semplice quanto immediata diagnosi degli inconvenienti del processo produttivo. Occorre, tuttavia, che il sistema di controllo adottato consenta di ot-



tenere le carte di controllo on-line (vale a dire con rilevazioni attuate sullo stesso processo mentre il ciclo si svolge) e in tempo reale, cioè prima che sia trascorso il termine ultimo utile per intervenire efficacemente sul processo, al fine di ricondurlo nei limiti di efficienza prestabiliti. Allorché la lettura delle carte di controllo consente di cogliere un segnale di anomalia

nel processo produttivo occorre: arrestare il processo; attuare un'indagine conoscitiva; attuare l'intervento di eliminazione dell'inconveniente che produce la variazione.

Nella figura 6 vengono rappresentati alcuni tipici andamenti di rilievi visualizzati con delle carte di controllo e le possibili cause di tali dinamiche.

