

4.20 Tecniche statistiche

Molti ricorderanno il punto 4.20 Tecniche Statistiche della norma ISO 9001:1994 sulle tecniche statistiche: quante aziende erano terrorizzate dalla presunta necessità di adottare tecniche statistiche che potevano anche risultare estremamente impegnative, soprattutto con gli strumenti informatici in dotazione al tempo (dal 1994 al 2000 circa).

Vediamo di rileggere il requisito nell'ottica odierna, ove le tecniche statistiche sembrano aver perso di importanza nell'ambito dei requisiti di norma, ma risultano molto utili per prendere decisioni importanti, per scoprire le cause di problemi e tanto altro ancora.

Anzitutto l'utilizzo di tecniche statistiche non era obbligatorio; occorre solo procedere all'identificazione delle tecniche statistiche necessarie.

Per quest'attività non era richiesta procedura documentata, ma soltanto l'evidenza del risultato.

Le aree nelle quali possono essere utilizzate tecniche statistiche includono:

- analisi di mercato (se queste sono inserite nel sistema);
- progettazione del prodotto;
- previsioni di affidabilità, longevità e durata;
- controllo e capacità di processo;
- piani di campionamento;
- analisi dei dati.

La progettazione degli esperimenti (DOE), il controllo statistico di processo (SPC) e le tecniche dell'analisi del caso (Case Analysis) sono alcuni dei tipi di tecniche statistiche utilizzate.

È abbastanza comune nelle imprese utilizzare tecniche statistiche ai fini di prova e controllo. In questi casi tutto il personale che impiega tali tecniche dovrebbe essere competente nella scelta della grandezza del campione ed essere consapevole delle prescrizioni quando il lotto originale viene trovato non accettabile.

Le procedure da documentare citate al 2.20.2 erano quelle relative all'impiego delle tecniche statistiche individuate in precedenza. Occorre notare che le tecniche statistiche considerate in questo paragrafo erano solo quelle che servono per valutare i prodotti e i processi (statistica inferente) e non quelle relative, per esempio, agli andamenti qualitativi (statistica descrittiva). In quest'ottica, sono ad es. applicabili tecniche statistiche all'analisi di mercato (nel senso di scelta del campione, ecc.) se questa serve per definire le specifiche di progettazione.

Questa però non era l'interpretazione di tutti gli enti di certificazione, per cui si poteva anche citare statistiche di tipo descrittivo (a posteriori) su andamenti delle non conformità (es. analisi ABC o di Pareto), delle indagini di *customer satisfaction*, ecc...

Salvo casi particolari non era (e non lo è tuttora) consigliabile predisporre una procedura apposita, ma piuttosto rimandare le modalità di utilizzo delle tecniche statistiche al contesto nel quale vengono utilizzate (es. procedura di controllo qualità per controlli statistici di processo).

Dunque nel Manuale Qualità o in Procedura è opportuno predisporre una tabella dove sono riportate le tecniche statistiche utilizzate con i relativi riferimenti (scopo, impiego, strumenti, ecc.).

Il corrispondente paragrafo del Manuale, per una generica azienda manifatturiera, poteva essere il seguente.

“L’azienda ha identificato alcune tecniche statistiche come idonee a tenere sotto controllo e verificare la capacità dei processi e le caratteristiche dei prodotti, in accordo con le attività di pianificazione della qualità e in funzione dei seguenti principali criteri:

- i risultati da raggiungere;*
- i costi;*
- le risorse operative necessarie;*
- il necessario addestramento del personale;*
- gli aspetti organizzativi e gestionali.*

La tabella seguente riporta le tecniche statistiche identificate e le responsabilità legate al loro impiego:

Controllo - verifica - analisi	Tecnica statistica	Scopo dell’impiego	Responsabile
<i>controlli al ricevimento</i>	<i>piani di campionamento</i>	<i>prendere decisioni su un lotto collaudando solo un campione</i>	<i>Controllo Qualità</i>
<i>controllo in produzione</i>	<i>piani di campionamento</i>	<i>prendere decisioni su un lotto collaudando solo un campione</i>	<i>Controllo Qualità</i>
<i>controllo in produzione</i>	<i>carte di controllo</i>	<i>monitorare la continua capacità del processo rispetto ai requisiti qualitativi definiti</i>	<i>Controllo Qualità</i>

Le modalità operative di applicazione delle tecniche statistiche utilizzate (modalità di campionamento, registrazione, ecc..) sono descritte direttamente nelle procedure che trattano delle attività di controllo e verifica; per alcune operazioni sono predisposte opportune istruzioni.

I dati ricavati dall’utilizzo di tecniche statistiche vengono direttamente utilizzati dal responsabile della Qualità per tenere sotto controllo l’andamento del Sistema Qualità, evidenziando eventualmente la necessità di intraprendere azioni correttive e/o preventive.”

D’altro canto se si ritiene non applicabile il ricorso a tecniche statistiche per tenere sotto controllo i processi occorre giustificarlo nel Manuale. Questo può verificarsi tutte le volte che l’azienda produce un numero limitato di prodotti simili – per i quali non sono applicabili i metodi statistici – oppure realizza prodotti o servizi sensibilmente differenti da commessa a commessa (ad es. aziende installatrici di impianti, Studi di Ingegneria, Imprese di costruzioni o software house).

Un riferimento normativo per l’applicazione delle tecniche statistiche potrebbe essere dato dall’elenco seguente:

UNI 4723 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Termini, simboli e definizioni

UNI 4724 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Rappresentazione tabellare, numerica e grafica di dati aventi carattere di variabile

UNI 4725 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Determinazione della tolleranza naturale

UNI 4726 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Grafico di probabilità normale

UNI 4727 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Carte di controllo per attributi

UNI 4840 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Qualità delle forniture di prodotti industriali di serie in unità discrete

UNI 4842 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Procedimento di collaudo statistico per attributi - Istruzioni per l'impiego

UNI 7371 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Procedimento di collaudo statistico per variabili (scarto tipo noto; protezione unilaterale)

UNI 7680 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Procedimento di collaudo statistico per variabili sulla base del valore caratteristico

UNI ISO 2859/1-2-3-Procedimenti di campionamento nel collaudo per attributi.

UNI 7371 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Procedimento di collaudo statistico per variabili (scarto tipo noto; protezione unilaterale)

UNI 7680 - Metodi statistici per il controllo della qualità - Procedimento di collaudo statistico per variabili sulla base del valore caratteristico

UNI ISO 2859/1-2-3-Procedimenti di campionamento nel collaudo per attributi.

Alcune delle normative sopra elencate sono piuttosto datate, per cui potrebbero essere state sostituite o essere in corso di modifiche, anche se questo non varia la relativa validità dal punto di vista concettuale.

In ogni caso un buon testo di statistica è sempre meglio, e costa meno!

I famosi sette strumenti statistici per la qualità, nati oltre trent'anni fa, sono i seguenti:

- 1) il foglio di raccolta dati
- 2) l'istogramma
- 3) il diagramma causa – effetto
- 4) il diagramma di Pareto
- 5) l'analisi di stratificazione
- 6) l'analisi di correlazione
- 7) la carta di controllo.

Alcuni di essi trovano una brillante applicazione pratica attraverso l'uso di strumenti informatici, che rendono la raccolta e l'elaborazione delle informazioni efficace, efficiente e tempestiva rispetto agli fatti che si intende misurare.

Accanto ad essi sono stati introdotti alcuni anni fa anche i *sette strumenti manageriali della qualità totale*, che mantengono un approccio statistico ai problemi, ma non solo.

Tra i metodi statistici per la qualità si segnalano anche gli indici di capacità dei processi (C_p e C_{pk}) ed i piani di campionamento, oltre alla grande varietà di carte di controllo (vedi strumento n° 7).

Capability di processo

Gli **indici di capability** permettono di determinare se il processo è ben centrato sul valore nominale della specifica oppure se la variabilità del processo stesso è troppo ampia rispetto alla specifica (intervallo di tolleranza).

Diamo qui solo una breve descrizione per il calcolo degli indici di capacità:

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot \sigma}$$

$$C_{pk} = \text{Min} \left(\frac{L_{sup} - X_m}{3 \cdot \sigma}; \frac{X_m - L_{inf}}{3 \cdot \sigma} \right)$$

dove T = tolleranza totale di progetto = $L_{sup} - L_{inf}$; σ = deviazione standard; X_m = valor medio.

Il calcolo di C_p e C_{pk} viene generalmente effettuato per lotti di dimensioni elevate, per prodotti particolarmente importanti, o in base a quanto stabilito dal Sistema Qualità.

Per individuare la tolleranza naturale di lotti soggetti a controllo statistico si usa uno schema di calcolo che utilizza i limiti di controllo a 3σ (sigma). Dove σ è la deviazione standard dei valori rilevati.

Quindi, in base al valore medio X_m delle quote, che è la somma delle quote rilevate divisa per il numero di pezzi:

si ottengono i limiti inferiore e superiore di controllo:

$$LIC = X_m - 3 \cdot \sigma \text{ e } LSC = X_m + 3 \cdot \sigma$$

L'interpretazione dei risultati è la seguente:

$C_p < 1$	Il processo non è in grado di produrre articoli con le tolleranze richieste.
$1 < C_p < 1,33$	Il processo è (appena) in grado di produrre articoli come da specifiche ma si corre il rischio di uscire dalle tolleranze.
$C_p \geq 1,33$	Il processo è in grado di produrre correttamente senza controlli frequenti.
$C_{pk} < 1$	Il processo è andato fuori controllo (utensile usurato, nuovo lotto di materiale, ecc.).
$1 < C_{pk} < 1,33$	I pezzi sono conformi ma il processo non è centrato.
$C_{pk} \geq 1,33$	Buona regolazione della macchina.

Piani di campionamento

I **piani di campionamento** invece consentono di stabilire la conformità di un lotto di produzione esaminandone solo un campione limitato, in funzione della probabilità di commettere un errore di valutazione che decidiamo di accettare.

Generalmente si utilizzano piani di campionamento stabiliti dalla norma UNI 4842-65, che concordano con quelli della ISO 2859 e le Military Standard del Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti (MIL-STD-105 D).

I termini principali sono riportati di seguito.

Campionamento:	Si definisce campionamento il processo secondo il quale viene analizzato un lotto mediante il prelievo e successivo collaudo di un campione, estratto secondo modalità stabilite da specifiche normative (UNI ISO 2859).
Grado di severità del collaudo:	In riferimento alla normativa UNI ISO 2859, per ogni tipo di campionamento (semplice, doppio, multiplo) sono presenti 3 gradi di severità del collaudo: <ul style="list-style-type: none"> - ORDINARIO - RIDOTTO - RINFORZATO Il collaudo ordinario è quello solitamente utilizzato. Si ricorre al collaudo ridotto o al rinforzato quando la qualità media della fornitura risulta nettamente superiore o inferiore a quella accettabile.
Livello di Qualità Accettabile (LQA):	Definiamo Livello di Qualità Accettabile (LQA) la percentuale di unità non conformi che si accetta di riscontrare, mediamente, nei lotti ricevuti.
Numero di accettazione (NA):	Massimo numero di unità non conformi che possono essere ammesse nel campione, per giudicare accettabile il lotto.
Numero di rifiuto (NR):	Minimo numero di unità non conformi nel campione, che rende inaccettabile il lotto.
Piano di campionamento:	Si definisce piano di campionamento l'insieme delle regole che stabiliscono l'entità del campione da estrarre dal lotto in esame ed i relativi numeri di accettazione e di rifiuto.

Un piano di campionamento in accettazione prevede l'utilizzo di una metodologia in base alla quale per ogni lotto di prodotti da controllare, in base alla dimensione del lotto ed al piano scelto, si preleva un determinato campione; il lotto viene accettato se il numero di prodotti risultati non conformi nel controllo è pari o superiore a NR.

Diversa è la metodologia da utilizzare per i piani di campionamento utilizzati per le produzioni in continuo: in questo caso il lotto è in corso di produzione e solitamente si prelevano da uno a tre pezzi ogni N unità prodotte e se ne verifica la conformità. Eventuali non conformità rilevate comportano l'arresto della produzione e le attuazioni di azioni idonee alla situazione: cernita dei prodotti già realizzati con selezione dei conformi, scarto del lotto di produzione, ecc.; oltre naturalmente all'individuazione delle cause della non conformità ed il ripristino delle condizioni di produzione adeguate.

La discussione sulla procedura da seguire per l'impostazione di un piano di campionamento comporta la conoscenza dell'uso delle tavole di campionamento. Le tavole di campionamento trattate in questo testo **sono quelle esposte nella specifica MIL-STD-105D.**

Le tavole di campionamento, sia semplice, o doppio, o multiplo contengono tutti i parametri necessari ad impostare un piano di campionamento, e cioè:

N = dimensione o numerosità del lotto

n = dimensione o numerosità del campione

LQA = livello di qualità accettabile

NA = numero di accettazione

NR = numero di rifiuto.

Un piano di campionamento viene individuato fissando i parametri LQA ed n; i punti in cui si incontrano la linea verticale per LQA e la linea orizzontale per n ci forniscono i valori di NA ed NR. La dimensione del campione, che è in funzione della dimensione N del lotto, viene rappresentata a mezzo di una lettera di codice. Questa lettera di codice si ricava dalla tavola dei livelli di controllo di cui alla specifica citata. 1 livelli di controllo definiscono la dimensione del campione in funzione della dimensione del lotto. Vengono considerati tre livelli di controllo generali, indicati da numeri romani **1-11-111**, e da quattro livelli di controllo speciali, indicati come S-1, S-2, S-3, SA Diciamo subito che il livello di controllo di uso generale, e a cui noi faremo sempre riferimento, salvo contrario avviso, è il livello II. A parità di N, la dimensione del campione n è inferiore a livello I e maggiore a livello III del corrispondente livello II. Poiché, come già sappiamo, maggiore è la dimensione del campione e maggiore è la discriminazione tra lotti buoni e cattivi, la scelta del livello di controllo dipenderà dal rischio che si vuole affrontare di accettare lotti con percentuale di difettosi diversa dal prefissato LQA, rischio che sarà maggiore con il I livello e minore con il III livello, rispetto al livello medio II. I livelli speciali sono proposti come livelli da usare quando il controllo non si può fare se non su campioni di dimensioni relativamente piccole, e per ciò stesso coscienti di tollerare grossi rischi di accettazione. In definitiva possiamo dire che fissato il LQA e la dimensione del lotto, stabilito il livello di controllo, quasi sempre il II, si viene a determinare la lettera di codice che ci darà la dimensione del campione; da qui è possibile risalire al numero di accettazione NA ed al numero di rifiuto NR. A questo punto siamo in possesso di tutti i parametri per partire con il nostro piano di campionamento. La lettera M, per esempio, significa un campione di 315 elementi per il campionamento semplice, due campioni di 200 elementi ciascuno per il campionamento doppio, e sette campioni di 80 elementi ciascuno per il campionamento multiplo.

Le tavole mostrano delle frecce il cui significato è il seguente:

- a. se la freccia è rivolta in basso bisogna usare il piano di campionamento immediatamente sotto la freccia;
- b. se la freccia è rivolta verso l'alto bisogna usare il piano di campionamento immediatamente sopra la freccia.

Supponiamo che un piano di campionamento semplice corrispondente ad un LQA = 0,10 richieda una dimensione di campione corrispondente alla lettera di codice L, e cioè a 200 elementi. Poiché in corrispondenza di questi dati troviamo una freccia rivolta verso l'alto dovremo usare il piano di campionamento corrispondente alla lettera K, dovremo cioè formare un campione di 125 elementi anziché di 200, con il numero di accettazione uguale a 0. Possiamo, viceversa, imbatteci, per uno stesso LQA = 0,10, in un piano di campionamento che richieda una dimensione di campione corrispondente alla lettera di codice M; **la dimensione del campione dovrebbe** essere, in questo caso, assunta pari a 315 elementi. Ai valori LQA = 0,10 e n = 315 corrisponde una freccia rivolta verso il basso, il che sta ad indicare che dovremo assumere una dimensione di campione pari alla lettera N, dovremo cioè formare campioni di 500 elementi al posto dei 315 indicati dal piano.

Si sarà notato, per esempio, che tutti i piani di campionamento semplice aventi uno stesso LQA = 0,10 ma con lettere di codice da A sino ad L richiedono la stessa dimensione di campione, pari a 125 elementi, corrispondente alla lettera di codice K. Ora, per le lettere di codice da A ad E la dimensione del lotto è inferiore alla dimensione del campione corrispondente a K, e appare ovvio che in questi casi occorra sottoporre il lotto al controllo al 100%. Diremo, allora, che in tutti quei casi in cui la dimensione del campione sia superiore alla dimensione del lotto il controllo va eseguito al 100%.

Il LQA è dato sulle tavole in percentuale a partire da 0,010% a 1000%, e quei valori rappresentano tanto la percentuale di elementi difettosi, o unità di prodotto, quanto i difetti per 100 elementi, o unità di prodotto. Nel corso di questo testo abbiamo già avuto occasione di chiarire la differenza che passa tra difettoso e difetto, e non ci ripeteremo. Riteniamo però utile riportare qui di seguito alcune definizioni che aiutano a meglio comprendere i valori LQA della tavola di campionamento.

Unità di prodotto: è l'elemento ispezionato al fine di classificarlo come difettoso o non difettoso, o al fine di contarne il numero dei difetti. L'unità di prodotto può essere un singolo elemento, o un paio o un gruppo di elementi; può essere una lunghezza, un'area, un volume, oppure un componente o l'assieme finito.

Percentuale di difettosi: è il rapporto delle unità di prodotto difettose al totale numero delle unità ispezionate moltiplicato 100.

Difetti per 100 unità: è il rapporto tra il numero dei difetti contenuti in tutte le unità di prodotto ispezionate e il totale delle unità stesse moltiplicate per 100.

Nel corso della nostra trattazione abbiamo inteso un lotto come un insieme di elementi tali da essere accettati o rifiutati come un tutto sulla base del controllo di un certo numero di elementi campioni estratti a caso da esso. La formazione di un lotto da sottoporre al controllo non è operazione così semplice ed ovvia, come a prima vista si potrebbe supporre; basti pensare che un lotto è l'insieme di un prodotto che proviene da quell'assieme infinito di elementi che, statisticamente, abbiamo chiamato popolazione. Una popolazione ha caratteristiche ben definite e tali da distinguerla da altra popolazione. Sappiamo che una popolazione si caratterizza attraverso i suoi due parametri della media e dello scarto quadratico medio; ogni variazione dell'uno o dell'altro, o di entrambi i parametri, ci induce sempre a pensare che è avvenuto un cambiamento nella popolazione. La difficoltà di formare un lotto risiede nella difficoltà di saper determinare, appunto, con una accettabile certezza la popolazione dalla quale quel lotto proviene. Senza una certa conoscenza della provenienza del lotto si correrebbe il rischio di trovare in esso elementi provenienti da diverse popolazioni, ed ognuno vede come tale accadimento inficerebbe il giudizio sulla qualità del lotto. Non dimentichiamo che i piani di campionamento hanno come punto di partenza il LQA, inteso come compromesso tra la qualità del prodotto che si vorrebbe ottenere e la qualità del prodotto ottenibile con il materiale, macchinario e impianti disponibili; se varia uno solo dei tre componenti citati non possiamo affermare che i secondi lotti appartengano alla stessa popolazione dei primi, e la qualità del prodotto sarà diversa da quella prefissata. Facilmente accade, per esempio, che in magazzino ci siano delle barre di acciaio pervenute da uno stesso fornitore in tempi diversi. Le barre, in magazzino, vengono suddivise in partite in base ai documenti di controllo, emessi dal fornitore, allegati a quelli di spedizione, i quali specificano la composizione chimica, il trattamento termico e quant'altro necessario a ben identificare il materiale grezzo di origine. Se mescoliamo prodotti provenienti da materiali di partita diversa ricaveremo lotti che non si possono definire omogenei. La C.O. per il fissato LQA e per la data dimensione di lotto sarebbe la stessa in ogni caso, e potrebbe accadere che il prodotto ricavato da una partita di materiale si dimostri peggiore di quello ricavato da un'altra partita. Il rimescolamento dei prodotti così ottenuti darebbe quindi luogo all'accettazione di lotti di qualità peggiore del LQA prefissato. Ogni sforzo si deve compiere per raccogliere gli elementi in modo che ciascun lotto sia quanto più possibile omogeneo, intendendo per omogeneo un lotto il quale in qualsiasi modo lo si divida contenga in ogni sua divisione circa la stessa percentuale di elementi difettosi; se differenza ci sarà dovrà attribuirsi soltanto alla casualità della

formazione del lotto. Il lotto sarà tanto più omogeneo quanto più i suoi elementi saranno stati fabbricati sotto le stesse condizioni.

Basta riflettere un poco su quanto sinora detto per comprendere come sia difficoltoso formare lotti omogenei. Si devono attentamente esaminare tutti i fattori che possono incidere sulla formazione di un lotto ponendosi le domande: proviene il materiale dallo stesso fornitore o da fornitori diversi? — se dallo stesso fornitore, qual è la partita? — è sicuro che ogni singolo elemento provenga da una stessa linea di produzione? — è sicuro che ogni elemento provenga da uno stesso turno di lavoro? e così via. Appare chiaro che i fattori che influenzano la formazione di un lotto sono tanti da non potere essere sempre possibile prenderli tutti in considerazione per la evidente impraticabilità di potere risalire alla origine del materiale dal quale è ricavato l'elemento. Non resta, ad un certo momento, che affidarsi al buon senso, limitandosi a prendere in esame quei fattori che appaiono i più importanti per la formazione del lotto in quel preciso momento.

Superata la fase di come formare il lotto, resta da definire la dimensione. La tavola dei livelli di controllo ci fa vedere che aumentando la dimensione del lotto aumenta la dimensione del campione. Per esempio, per lotti compresi tra 501-1200 elementi la lettera di codice J conduce ad una dimensione di campione di 80 elementi, mentre per lotti compresi tra 1201-3200 elementi la lettera di codice K conduce ad una dimensione di campione di 125 elementi. Abbiamo già avuto occasione di mettere in evidenza, trattando della C.O., che maggiore è la dimensione del campione e maggiore è la discriminazione ottenibile tra lotti buoni e lotti cattivi. Una maggiore dimensione del campione significa una maggiore dimensione del lotto, e da ciò si deduce che è sempre meglio ricorrere a lotti, per quanto possibile, grandi. Un'altra considerazione vi è da aggiungere, e che rafforza la convenienza di sottoporre al controllo lotti di grandi dimensioni, ed è una considerazione di natura economica. Il controllo, come qualsiasi operazione, ha un costo, e questo costo è tanto minore quanto più il lotto è grande. È vero che più il lotto è grande più sono gli elementi del campione da controllare, ma è pur vero che il costo unitario, rispetto al totale degli elementi che formano il lotto, è inferiore. Poniamo, per esempio, la nostra attenzione su di un lotto di 1000 elementi con codice J, e su un altro lotto di 2000 elementi con codice K. La percentuale degli elementi da ispezionare è per il primo lotto di $80/1000 = 8\%$, mentre per il secondo lotto la percentuale è di $125/2000 = 6,25\%$; il costo varia, evidentemente, nella stessa proporzione.

I lotti che giungono ai posti di controllo non sempre sono di uguali dimensioni ma possono variare l'uno dall'altro. I lotti vengono formati secondo certi criteri stabiliti a priori, come quello per esempio di formare i lotti con elementi prodotti in una certa unità di tempo quale: l'ora, il giorno o il turno di lavoro. È evidente che non sarà sempre possibile produrre nella stessa ora, o nello stesso giorno, o nello stesso turno una quantità di elementi uguali a quelli prodotti in analoghe precedenti unità di tempo. Poiché per un determinato piano di campionamento la dimensione del campione rimane la stessa per qualsiasi dimensione di lotto che si viene a formare, per non aumentare il costo unitario del controllo occorre che le variazioni delle dimensioni dei lotti siano contenute entro limiti quanto più possibile ristretti.

Quello che siamo venuti sin qui esponendo sulla formazione dei lotti dimostra la convenienza di ricorrere a lotti di grandi dimensioni, e per la maggiore discriminazione ottenibile tra lotti buoni e lotti cattivi, e per la diminuzione del costo unitario del controllo. Il lotto deve però soddisfare anche alla esigenza di essere omogeneo, e questa basilare condizione per l'attendibilità del lotto non può in pratica essere sempre applicabile nella formazione dei grandi lotti. È intuitivo come sia più facile raggiungere l'omogeneità quando si debbano costituire piccoli lotti. Ci troviamo quindi in presenza di due condizioni in certo qual modo contrapposte, e i nostri sforzi devono pertanto essere indirizzati a trovare un giusto equilibrio nella formazione di lotti che siano sufficientemente grandi e nello stesso tempo il più possibile omogenei.

Il lotto dovrà giungere al posto di controllo nella totalità dei suoi elementi, facilitando così il compito dell'ispettore che deve prelevare il campione in conformità dei principi che regolano la casualità. Ciò non appare sempre possibile in quanto il prodotto può essere un Filato, un tessuto, un composto chimico, ecc., vale

a dire un prodotto fabbricato, come suol dirsi, in continuo. Il prodotto in casi del genere scorre davanti all'ispettore, e può accadere che si raggiunga il numero di rifiuto prima che l'intero lotto sia stato esaminato. A questo punto la decisione da prendere non è facile; torneremo sull'argomento quando parleremo dei piani di campionamento in continuo.

Ciascun lotto dovrà essere identificato attribuendogli un numero di serie da conservare sino a quando una decisione sull'accettabilità o rifiuto del lotto non sia stata presa.

Al pari della procedura per la formazione del lotto, la procedura per la formazione del campione presenta le medesime difficoltà. I requisiti che deve avere un campione per essere considerato veramente rappresentativo del lotto dal quale proviene devono essere tali da soddisfare la primaria e fondamentale esigenza di essere stato estratto secondo le leggi della casualità. Solo il caso deve essere preposto al prelievo del campione, onde il lotto deve essere presentato al controllo in modo che l'ispettore possa prelevare il campione in base al principio che la probabilità di estrazione di un elemento sia uguale alla probabilità di estrazione di qualsiasi altro elemento. Perché l'ispettore possa prelevare gli elementi a caso occorre che il lotto gli sia presentato in modo tale da essere accessibile in ogni sua parte; in caso contrario l'ispettore sarebbe portato a prelevare gli elementi dai punti del lotto di più facile accesso. Così facendo egli introduce, nella operazione di estrazione un fattore legato alla sua volontà e non alle leggi della casualità; il concetto che sta alla base dei piani di campionamento verrebbe snaturato, e il campione sarebbe lungi dal rappresentare il lotto di provenienza. Ricordiamo che tutto quello che è stato sino ad ora costruito è stato costruito sulla base di principi statistici, ed è a questi che dobbiamo sempre far capo se vogliamo che i piani di campionamento abbiano un preciso significato. Si deve sempre poter raggiungere qualsiasi elemento del lotto con la massima facilità e ci si deve sempre assicurare che ciò sia possibile. Non si deve iniziare l'estrazione degli elementi del campione senza prima avere risolto i problemi atti a porre il lotto nella condizione di massimo affidamento per la estrazione casuale dei suoi elementi.

Porre un lotto nelle condizioni ideali per estrarre il campione è, purtroppo, operazione non sempre facile e possibile. Un lotto, per esempio viene spesso presentato al controllo suddiviso in diversi contenitori, e sorge quindi il problema di come comportarsi nella estrazione del campione, nel rispetto delle leggi della casualità. L'unico sistema che garantirebbe la giustezza dell'operazione sarebbe quello di svuotare tutti i contenitori formando un unico assieme di elementi e al quale si possa accedere facilmente in ogni parte. Una operazione del genere, come è facilmente intuibile, raramente è possibile eseguirla per cui bisogna ricorrere a qualche accorgimento che ci dia sufficiente approssimazione di garanzia sulla casualità dell'operazione. L'accorgimento da usare in casi consimili è quello di considerare il contenuto di ogni contenitore come sub-lotto e da ognuno di questi sub-lotti estrarre un sub-campione proporzionale alla dimensione del rispettivo sub-lotto. L'insieme dei subcampioni formeranno la dimensione del campione.

Non bisogna dimenticare inoltre un altro fattore di natura, diciamo, psicologica, e sul quale è bene richiamare l'attenzione dell'ispettore, consistente nel fatto che se l'ispettore intravede nel mucchio degli elementi chiaramente difettosi è portato istintivamente a separarli nel corso della formazione del campione. Non occorre mettere in evidenza che tale comportamento, dopo quanto è stato detto sull'argomento, falserebbe i risultati del piano di campionamento. L'ispettore deve agire come se avesse gli occhi bendati; la presenza di un elemento palesemente difettoso non deve indurlo né a separarlo nel corso del prelievo, né a scansarlo.

Vogliamo qui ricordare che tutti i testi che trattano del controllo statistico amano citare tre regole da tenere sempre presenti quando ci si accinge all'operazione di estrazione di un campione da lotti; esse sono:

Regola I: estrarre campioni da sub-lotti proporzionalmente;

Regola II: estrarre gli elementi per un campione da tutte le parti di un sub-lotto;

Regola III: estrarre gli elementi per un campione alla cieca.

In definitiva le tre regole si possono riassumere nell'unica regola fondamentale alla quale l'ispettore deve scrupolosamente attenersi, e che possiamo così enunciare: predisporre il lotto, o i sub-lotti, in modo da renderne possibile l'accesso in ogni suo punto, sicché l'estrazione degli elementi per la formazione del campione sia soggetta alla sola influenza del caso.

I piani sino ad ora trattati sono piani che vengono definiti normali. Fissati il LQA e il livello di controllo abbiamo sufficiente protezione contro il rifiuto di buoni lotti e l'accettazione di cattivi lotti. Se il livello medio del processo è alto, cioè se la percentuale media di elementi difettosi o il numero medio di difetti per 100 elementi è basso, rispetto al LQA prefissato, la protezione contro l'accettazione di lotti cattivi sarà pure alta. Il contrario accadrà se il livello medio del processo è basso; molti lotti saranno rifiutati e quelli accettati saranno di bassa qualità. Se il prodotto di un fornitore dimostra una costante alta qualità, appare ragionevole ridurre l'ispezione, con notevole risparmio del costo del controllo, anche se si corre un maggiore rischio di accettare lotti di qualità inferiore; rischio accettabile tenendo presente che l'alta qualità della produzione di quel fornitore rende minima la probabilità di presentare al controllo lotti di qualità inferiore. Qualora il prodotto di un fornitore dimostri viceversa costante bassa qualità, allo scopo di premere sullo stesso perché migliori il suo prodotto, sembra logico rendere più severo il controllo ricorrendo ad un piano di campionamento che dia maggiore protezione contro l'accettazione di lotti di bassa qualità. I Piani a cui si ricorre per l'uno e l'altro caso citati sono: il piano ridotto e il piano rinforzato.

Piano ridotto

Si applicherà il piano ridotto dopo che alcune condizioni siano state verificate, e cioè:

- a. i 10 lotti precedenti alla decisione di passare dal piano normale a quello ridotto siano stati accettati al primo controllo, lotti cioè che non sono stati rifiutati una prima volta per essere ripresentati al controllo una seconda volta;
- b. il numero totale di elementi difettosi riscontrati nei 10 lotti precedenti sia uguale o minore del numero che si ricava dall'allegato prospetto VIII della MIL citata: Numeri limite per il passaggio al collaudo ridotto. Nel caso di campionamento doppio o multiplo devono considerarsi tutti i campioni sottoposti al controllo e non soltanto i primi della sequenza;
- c. la produzione non subisca interruzione.

La tavola dei numeri limiti è congegnata in modo da fissare un numero massimo di elementi difettosi, per giustificare il passaggio dal piano normale a quello ridotto, in corrispondenza di un determinato numero di elementi campioni. Sulla stessa tavola sono tracciati degli asterischi per indicare che H numero degli elementi campioni estratti dai precedenti 10 lotti non è sufficiente a garantirci H passaggio al piano ridotto per quel particolare LQA. Per esempio, per il LQA = 2,5% occorrerà un numero di elementi campioni compreso tra 80 e 129; se con 10 lotti non si riesce a totalizzare un numero di elementi campioni compreso nell'intervallo citato, bisognerà aumentare il numero dei lotti.

Un piano ridotto può essere realizzato in due modi: o agendo sul LQA, fissandone uno superiore, il che vuol dire di qualità inferiore; oppure ridurre la quantità di ispezione, passando al livello di controllo immediatamente inferiore. Agendo sul LQA non si avrebbe sovrappiù vantaggio mentre molto vantaggio se ne avrebbe agendo sul livello di controllo, dovendo controllare un numero minore di elementi del campione. Pertanto dal livello

normale di controllo Il dovremo passare al livello di controllo inferiore I. Per esempio, alla lettera di codice M del livello II corrisponderà la lettera di codice K a livello I, e questo sta a significare che da una dimensione di campione pari a 315 elementi passeremo ad un'altra di soli 125 elementi, con risparmio notevole sul costo dell'ispezione. Ad un LQA = 2,5% corrisponderebbe un numero di accettazione uguale a 14 per il codice M, e un numero di accettazione uguale a 7 per il codice K. Per facilitare l'impostazione di un piano ridotto sono state ricavate dalle tavole di campionamento normale altrettante tavole di campionamento ridotto. Delle tavole di campionamento ridotto vogliamo richiamare l'attenzione su due punti: 1. la colonna delle lettere di codice rimane invariata rispetto alla analoga colonna delle tavole di campionamento normale; 2. il numero di rifiuto non è superiore di una unità al numero di accettazione, e di conseguenza occorre prendere una delle seguenti decisioni: accettare il lotto se H numero dei difettosi è uguale o inferiore al numero di accettazione; rifiutare il lotto se il numero dei difettosi è uguale o maggiore del numero di rifiuto; se il numero dei difettosi è compreso tra il numero di accettazione e quello di rifiuto accettare H lotto e ritornare alla ispezione normale.

Il piano ridotto sarà mantenuto sino a quando lo si terrà conveniente, o sino a quando non si siano verificate le seguenti condizioni: un lotto viene rifiutato

il numero dei difettosi è compreso tra il NA e il NR la produzione non procede a ritmo costante.

Al verificarsi di una sola delle suddette condizioni si ritornerà all'ispezione normale.

Piano rinforzato

Si applicherà il piano rinforzato se su 5 consecutivi lotti 2 sono stati rifiutati al primo controllo, non valendo per questa regola i lotti rifiutati e ripresentati una seconda volta.

Un piano rinforzato può essere concepito agendo: o sul LQA, prendendone in considerazione uno minore, e quindi di qualità migliore, oppure aumentando il livello di controllo, passando a quello immediatamente superiore.

Aumentare il livello di controllo significa aumentare il costo della ispezione per cui si preferisce agire sul LQA. In base a questo concetto sono state sviluppate le tavole di campionamento rinforzato, come in appendice. Si ritornerà all'ispezione normale allorché siano stati accettati 5 lotti consecutivi.

Classificazione dei difetti

La scelta di un piano di campionamento è condizionata, tra l'altro, dal tipo di difetto che l'elemento o unità di prodotto può presentare. E abbastanza chiaro che non tutti i possibili difetti incideranno nello stesso modo sulla capacità, diciamo, funzionale dell'elemento. Il mancato funzionamento di una pompa carburante di un aereo porta a considerare la presenza di un tale difetto come gravemente pregiudizievole alla sicurezza dell'aereo, laddove il mancato funzionamento della pompa carburante di una automobile non provoca se non il solo disagio della sosta dell'auto per il tempo della riparazione o sostituzione della pompa. Ecco che lo stesso difetto di un elemento acquista diversa importanza a seconda dell'impiego cui lo stesso è destinato, ed ecco che l'impostazione di un piano di campionamento dovrà partire da parametri diversi. Nel caso della pompa per aereo, il suo mancato funzionamento è da considerarsi critico, mentre nel caso della pompa per auto, il suo mancato funzionamento è da considerarsi meno pericoloso. Non appare logico, quindi assumere uno stesso piano di campionamento per entrambe le pompe. Per la pompa di aereo si adotterà un piano di campionamento in base ad un livello di qualità accettabile più severo, e quindi di valore numericamente più basso, rispetto alla pompa per auto.

In base a queste semplici considerazioni si è indotti a stabilire una gerarchia (li difetti in funzione dei quali scegliere l'adatto piano di campionamento. Si è soliti classificare i difetti in tre categorie: difetto critico, difetto importante, difetto secondario. Attesa l'importanza della classificazione dei difetti, riteniamo più utile, anziché dare una nostra definizione riportare, per uniformità, le definizioni tratte dalla specifica MIL:

- a. difetto critico: si definisce critico quel difetto che, in base al giudizio e all'esperienza, può dare luogo a condizioni pericolose per le persone che usano il prodotto in esame o su di esso fanno affidamento, oppure può impedire il funzionamento di un prodotto finito importante;
- b. difetto importante: si definisce importante quel difetto, diverso da quelli critici, che può dare origine a guasti o ridurre sostanzialmente le possibilità di impiego dell'unità di prodotto per lo scopo a cui è destinata;
- c. difetto secondario: si definisce secondario quel difetto che non riduce materialmente l'utilizzabilità del prodotto per lo scopo a cui è destinato od è uno scostamento dalle prescrizioni che ha un piccolo peso nell'impiego o funzionamento effettivo dell'unità esaminata.

In breve, possiamo aggiungere che il difetto è critico quando il mancato funzionamento dell'elemento, o unità, può provocare la distruzione sua o del mezzo cui è montato, oppure causare la perdita di vite umane; il difetto è importante se il suo verificarsi comporta una riduzione di efficienza o di vita dell'elemento; il difetto è secondario in tutti gli altri casi.

Una volta che i difetti siano stati classificati, occorre scegliere per ogni classe di difetti il piano di campionamento più idoneo. Supponiamo di dovere controllare un elemento che può dare luogo sia a difetto critico che a difetto importante. In base a precedenti esperienze stabiliamo i seguenti piani di campionamento:

Piano di campionamento semplice

Dimensione del lotto N	= 1500
LQA per difetto critico	= 0,65
LQA per difetto importante	= 1,5

Sulla scorta di questi dati ricaviamo dalle tavole i seguenti piani di campionamento:

Codice K - dimensione del campione n = 125 per entrambe le classi di difetti

NA = 2 ed NR = 3 per il difetto critico

NA = 5 ed NR = 6 per il difetto importante

L'elemento difettoso può contenere: o un difetto critico, o un difetto importante, o un difetto critico ed un difetto importante. Per tenerne conto bisogna suddividere gli elementi difettosi in tre gruppi: del primo gruppo faranno parte gli elementi difettosi per il solo difetto critico, del secondo gruppo faranno parte gli elementi difettosi per il solo difetto importante, e del terzo gruppo faranno parte gli elementi difettosi che contengono entrambi i difetti. Sarà così facile alla fine del controllo conteggiare il numero di elementi con difetto critico e quelli con difetto importante, tenendo presente che gli elementi del terzo gruppo vanno conteggiati due volte: una volta come difetto critico ed una come difetto importante.

Può accadere in qualche caso di trovarsi di fronte a piani di campionamento come il seguente:

Piano di campionamento semplice

Dimensione del lotto N = 400

LQA per difetto critico = 0,15

LQA per difetto importante = 1,0

Le tavole di campionamento mostrano che ad un $N = 400$ corrisponde il codice H che conduce ad una dimensione di campione $n = 50$. La tavola ci dice, però, che al posto di $n = 50$ va preso il campione $n = 80$ a cui corrisponde, per un LQA = 0,15, NA = 0 ed NR = 1. Per LQA = 1,0 non varia la dimensione del campione $n = 50$, con NA = 1 ed NR = 2. In sostanza dovremmo prelevare due differenti dimensioni di campione: una $n = 80$ per H difetto critico, e l'altra $n = 50$ per il difetto importante. È evidente la complicazione a cui conduce una situazione del genere illustrata, e conviene aggirarla, ove possibile, assumendo per entrambe le classi di difetti la stessa dimensione di campione $n = 80$, con l'avvertenza che il numero di accettazione e quello di rifiuto per il difetto importante devono essere gli stessi di quelli che fanno riferimento al codice della dimensione $n = 80$. Prima di iniziare il controllo dovremo avere presente i seguenti dati:

difetto critico

$n = 80$ NA = 0 NR = 1

difetto importante

$n = 80$ NA=2NR=3

Lettera di codice della dimensione del campione (MIL-STD-105D, Tav. I)

Numerosità del lotto <i>N</i>	Livelli di collaudo speciali				Livelli di collaudo generali		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 fino a 8	A	A	A	A	A	A	B
9 fino a 15	A	A	A	A	A	B	C
16 fino a 25	A	A	B	B	B	C	D
26 fino a 50	A	B	B	C	C	D	E
51 fino a 90	B	B	C	C	C	E	F
91 fino a 150	B	B	C	D	D	F	G
151 fino a 280	B	C	D	E	E	G	H
281 fino a 500	B	C	D	E	F	H	J
501 fino a 1 200	C	C	E	F	G	J	K
1 201 fino a 3 200	C	D	E	G	H	K	L
3 201 fino a 10 000	C	D	F	G	J	L	M
10 001 fino a 35 000	C	D	F	H	K	M	N
35 001 fino a 150 000	D	E	G	J	L	N	P
150 001 fino a 500 000	D	E	G	J	M	P	Q
500 001 e oltre	D	E	H	K	N	Q	R

Piani di campionamento semplice normale (MIL-STD-105D - Tav. II - A)

Lettera di codice campione	Livello di qualità accettabile															
	0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5				
	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	NA NR	
A	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
B	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
C	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
D	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
E	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
F	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
G	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
H	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
J	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
K	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
L	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
M	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
N	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
P	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
Q	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
R	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	

per il collaudo ordinario

	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000
	NA NR													
A	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
B	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
C	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
D	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
E	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
F	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
G	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
H	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
J	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
K	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
L	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
M	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
N	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
P	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
Q	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
R	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

↔ Usare il primo piano di campionamento sotto la freccia. Se la numerosità del campione uguaglia o supera quella del lotto, collaudare al 100%

↔ Usare il primo piano di campionamento sopra la freccia

NA Numero di accettazione

NR Numero di rifiuto

Per dettagli sulle tecniche statistiche applicabili si rimanda a testi specifici.

Potrebbe non valer la pena di predisporre apposite procedure o istruzioni per le tecniche statistiche applicabili: come effettuare una analisi di Pareto può essere appreso anche da una formazione specifica oppure da un buon testo.

È importante che le tecniche statistiche siano utilizzate non fini a se stesse, ma per individuare opportunità di miglioramento dell'efficacia e/o dell'efficienza dei processi o dei prodotti.