

Carta X – R

$$\begin{aligned}\sigma_P &= \frac{\overline{R}}{d_2} \\ \mu_P &= \overline{\overline{X}} \\ \sigma_X &= \frac{\sigma_P}{\sqrt{n}} \\ \mu_X &= \mu_P \\ \sigma_R &= \sigma_P d_3 \\ \mu_R &= \overline{R} \\ LC_X &= \mu_X \pm L\sigma_X \\ LC_R &= \mu_R \pm L\sigma_R\end{aligned}$$

Carta X – S

$$\begin{aligned}\sigma_P &= \frac{S}{c_4} \\ \mu_P &= \overline{\overline{X}} \\ \sigma_X &= \frac{\sigma_P}{\sqrt{n}} \\ \mu_X &= \mu_P \\ \sigma_S &= \sqrt{1 - c_4^2} \sigma_P \\ \mu_S &= \overline{S} \\ LC_X &= \mu_X \pm L\sigma_X \\ LC_S &= \mu_S \pm L\sigma_S\end{aligned}$$

Carta X – R<sub>mobile</sub>

$$\begin{aligned}\sigma_P &= \frac{\overline{R}}{d_2} \\ \mu_P &= \overline{\overline{X}} \\ \sigma_X &= \frac{\sigma_P}{\sqrt{n}} \\ \mu_X &= \mu_P \\ \sigma_R &= \sigma_P d_3 \\ \mu_R &= \overline{R} \\ LC_X &= \mu_X \pm L\sigma_X \\ LC_R &= \mu_R \pm L\sigma_R\end{aligned}$$

$TN$	$6\sigma_p$
$\beta$	Probabilità di <i>non</i> identificare un fuori controllo
$1 - \beta^i$	Probabilità di identificare un fuori controllo entro l'i-esimo campionamento
$ARL$	$\frac{1}{1-\beta}$ numero medio di campioni prima di rilevare un fuori controllo
$ARL_0$	$\frac{1}{\alpha}$ ogni quanti campioni mi aspetto un falso fuori controllo
$ATS$	$ARL \times h$ tempo che passa prima del verificarsi di un fuori controllo

Carta p

Binomiale

$$\begin{aligned}\hat{p} &= \frac{difettosi}{n} \\ \bar{p} &= \frac{\sum \hat{p}}{k} \\ LC &= \bar{p} \pm L\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}\end{aligned}$$

Carta np

Binomiale

$$LC = n\bar{p} \pm L\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

Carta c

Poisson

$$\begin{aligned}\bar{c} &= \frac{\sum Difetti}{k} \\ LC &= \bar{c} \pm L\sqrt{\bar{c}}\end{aligned}$$

Carta u

Poisson

$$\begin{aligned}\hat{u} &= \frac{difetti}{n} \\ \bar{u} &= \frac{\sum \hat{u}}{k} \\ LC &= \bar{u} \pm L\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}\end{aligned}$$

DISTRIBUZIONI

$N$	Numero di elementi nel lotto
$m$	Numero di elementi difettosi nel lotto
$p = \frac{m}{N}$	Percentuali di elementi difettosi nel lotto
$n$	Numerosità del campione estratto dal lotto
$c$	Numero massimo di elementi difettosi che possono essere presenti nel campione, numero di accettazione
$\lambda$	$np$ oppure $un$ , in generale sempre $\mu n$
$I = Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sigma$	Incertezza, Semiampiezza dell'intervallo di fiducia

Ipergeometrica

$$P_a(N, n, c, p) = \sum_{i=0}^c \frac{\binom{N-n}{n-i} \binom{Np}{i}}{\binom{N}{n}}$$

Binomiale

Carta *p* e carta *np* - Distribuzione usata per casi in cui si ha un risultato doppio si/no, bianco/nero etc.

$$\begin{aligned}P_a(n, c, p) &= \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} \\ I &= Z_{1-\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}\end{aligned}$$

Poisson

Carta *c* e carta *u* - usata per eventi rari

$$P_a(\lambda, c) = \sum_{i=0}^c \frac{\lambda^i e^{-\lambda}}{i!}$$

Approssimazioni

$N > 10n$	Ipergeometrica → Binomiale
$p < 0.1$	Binomiale → Poisson
$np \geq 5 \wedge 0.1 < p < 0.9$	Binomiale → Normale
$\lambda > 15$	Poisson → Normale

$$K = \frac{-(Z_\alpha Z_{LTPD} + Z_\beta Z_{AQL})}{Z_\alpha + z_\beta}$$
$$n = \left( \frac{Z_\alpha + Z_\beta}{Z_{AQL} - Z_{LTPD}} \right)^2 \overbrace{\left( 1 + \frac{K^2}{2} \right)}^{\text{se } \sigma \text{ non nota}}$$
$$P_a = \phi \left( \frac{-\sqrt{n}(K + Z_p)}{\underbrace{\sqrt{1 + \frac{k^2}{2}}}_{\text{se } \sigma \text{ non nota}}} \right)$$
$$Z_{LSI} = \frac{\bar{x} - LSI}{\sigma}$$

Metodo K

$$Z_{LSI} \geq K$$

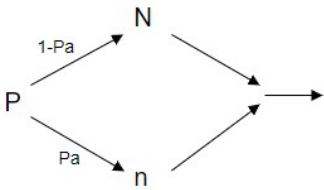
Metodo M

$$Q_{LSI} = Z_{LSI} \sqrt{\frac{n}{n-1}}$$
$$\hat{p} = \phi(-Q_{LSI})$$
$$M' = \phi \left( -K \sqrt{\frac{n}{n-1}} \right)$$
$$M'' = \phi \left[ \left( \frac{LSI - LSS}{\sigma} + k \right) \sqrt{\frac{n}{n-1}} \right]$$
$$M = M' + M''$$
$$\hat{p} < M$$

- $\alpha$  Rischio del fornitore
- $\beta$  Rischio del committente
- $AQL$  Valore limite di difettosit  al di sopra del quale il fornitore   disposto a vedersi rifiutare il lotto con rischio  $\alpha$
- $LTPD$  Valore limite di difettosit  al di sotto del quale il committente accetta il lotto con rischio  $\beta$
- $AOQ$  difettosit  media in uscita
- $AOQL$  difettosit  massima in uscita
- $ATI$  Average Total Inspection, numero medio di controlli totali

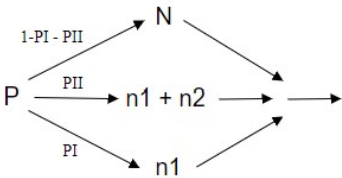
$$\begin{cases} 1 - \alpha = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} AQL^i (1 - AQL)^{n-i} \\ \beta = \sum_{i=0}^c \binom{n}{i} LTPD^i (1 - LTPD)^{n-i} \end{cases}$$
$$P_a = \sum_{i=1}^c \binom{n}{i} p^i (1 - p)^{n-i}$$

Piano Singolo



	sostituzione	no sostituzione
ATI	$P_a n + (1 - P_a) N$	
AOQ	$\frac{P_a p(N-n)}{N}$	$\frac{P_a p(N-n)}{N - p(ATI)}$
AOQL	$\frac{\partial AOQ}{\partial p} = 0 \rightarrow$ calcolato con $p_{max}$	

Piano Doppio



	sostituzione	no sostituzione
ATI	$n_1 P_I + (n_1 + n_2) P_{II} + N(1 - P_I - P_{II})$	
AOQ	$\frac{P_I p(N - n_1) + P_{II} p(N - n_1 - n_2)}{N}$	$\frac{P_I p(N - n_1) + P_{II} p(N - n_1 - n_2)}{N - p(ATI)}$
AOQL	$\frac{\partial AOQ}{\partial p} = 0 \rightarrow$ calcolato con $p_{max}$	
ASN	$n_1 P_I + (n_1 + n_2)(1 - P_I)$	

Piano A Catena

- $P(0, n)$  Probabilit  di avere 1 difettoso
- $P(1, n)$  Probabilit  di avere 0 difettosi

$$P_a = P(0, n) + P(1, n)P(0, n)^i$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{n}$$
$$S = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

$\sigma$  nota - Test Normale

$$\mathbf{H_0 : \mu = \mu_0}$$

$$z_{sp} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$
$$-z_{1-\frac{\alpha}{2}} \leq z_{sp} \leq z_{1-\frac{\alpha}{2}}$$

$$\mathbf{H_0 : \mu_1 = \mu_2}$$

$$z_{sp} = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$
$$-z_{1-\frac{\alpha}{2}} \leq z_{sp} \leq z_{1-\frac{\alpha}{2}}$$

$\sigma$  non nota, stimata da S - Test t di student

$$\mathbf{H_0 : \mu = \mu_0}$$

$$T_{sp} = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$
$$-t_{n-1,1-\frac{\alpha}{2}} \leq T_{sp} \leq t_{n-1,1-\frac{\alpha}{2}}$$

$$\mathbf{H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ ipotesi } S_1 = S_2}$$

$$S_{pool} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$
$$T_{sp} = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\frac{S_{pool}}{\sqrt{n_1+n_2}}}$$
$$-t_{n_1+n_2-2,1-\frac{\alpha}{2}} \leq T_{sp} \leq t_{n_1+n_2-2,1-\frac{\alpha}{2}}$$

$$\mathbf{H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ ipotesi } S_1 \neq S_2}$$

$$\overline{n} = \frac{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}{\frac{(\frac{S_1^2}{n_1})^2}{\frac{n_1}{n_1-1}} + \frac{(\frac{S_2^2}{n_2})^2}{\frac{n_2}{n_2-1}}}$$
$$T_{sp} = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$
$$-t_{n_1+n_2-2,1-\frac{\alpha}{2}} \leq T_{sp} \leq t_{n_1+n_2-2,1-\frac{\alpha}{2}}$$

Test  $\chi^2$

$$\mathbf{H_0 : \sigma^2 = \sigma_0^2}$$

$$\chi_{sp}^2 = \frac{(n-1)S^2}{\sigma_0^2}$$
$$\chi_{n-1;\frac{\alpha}{2}}^2 \leq \chi_{sp}^2 \leq \chi_{n-1;1-\frac{\alpha}{2}}^2$$

Test Fisher

$$\mathbf{H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2}$$

$$F_{sp} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$
$$F_{n_1-1;n_2-1;\frac{\alpha}{2}} \leq F_{sp} \leq F_{n_1-1;n_2-1;1-\frac{\alpha}{2}}$$

$$F_{A;B;1-\alpha} = \frac{1}{F_{B;A;\alpha}}$$

ERRORI DI ISPEZIONE

INDICI DI CAPACITÁ

$$\begin{aligned} p_{reale} &= p_{apparente} - \text{falsi difettosi} + \text{falsi buoni} \\ &= p_{apparente} - (1 - p_{reale})\alpha + p_{reale}\beta \\ p_a(p_{apparente}) &= p_{eA} - ATI' = \\ &= \sum [n + (1 - p_{eA})(N - n)] p_{eA}^i = \\ &= \frac{n + (1 - p_{eA})(N - n)}{1 - p_{eA}} \end{aligned}$$

METODI DI VOTO

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\rho$
produzione $I_1$	360	362	359	358
difetti $I_2$	35	32	36	40
difettositá $I_3$	4%	5.5%	4.5%	5%

Metodo Best of the best

$$\begin{aligned} I_1 &= \gamma > \beta > \alpha > \rho \\ I_2 &= \beta > \alpha > \gamma > \rho \\ I_3 &= \alpha > \gamma > \rho > \beta \end{aligned}$$

Metodo Borda

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\rho$
$I_1$	2°	1°	3°	4°
$I_2$	2°	1°	3°	4°
$I_3$	1°	4°	2°	3°
$\sum$	5	6	8	11

bottom to top:  $\alpha > \beta > \gamma > \rho$

Metodo Condorcet

	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\rho$	min
$\alpha$	-	1	3	3	1
$\beta$	2	-	2	2	2
$\gamma$	0	1	-	3	0
$\rho$	0	1	0	-	0

top to bottom:  $\beta > \alpha > \gamma \sim \rho$

SCALE

TRASFORMAZIONI	TIPOLOGIA	ESEMPI	test
$\phi(x) = x$	Absoluta	conteggi	
Similitudine $\phi(x) = \alpha x$	Rapporto	massa, temperatura in kelvin, tempo, suono, lucentezza	
Lineare $\phi(x) = \alpha x + \beta$	Intervallo	temperatura, calendario	t, F
$x \geq y \Leftrightarrow \phi(x) \geq \phi(y)$	Ordinale	classifiche, qualità dell'aria, durezza	segno
Qualsiasi a uno a uno	Nominale	maglie giocatori, colore occhi	$\chi^2$

Compensazione

$$\begin{aligned} OEE &= A \times B \times C \rightarrow \\ \rightarrow A &= \frac{OEE}{B \times C} \rightarrow \\ \rightarrow \frac{\partial A}{\partial B} &= \frac{OEE}{B^2 \times C} \rightarrow \\ \rightarrow \partial A &= \frac{A \times B' \times C}{B^2 \times C} \rightarrow \\ \rightarrow \Delta A &= -A \frac{\Delta B}{B} \rightarrow \end{aligned}$$

Monotonia

$$\frac{\partial I}{\partial A} \geq 0$$

INDICI DI CAPACITÁ

Indice C<sub>p</sub>

$$C_p = \frac{LSS - LSI}{6\sigma_p} > 1.33$$

Indice C<sub>pk</sub>

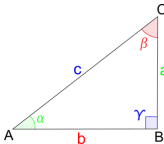
$$\begin{aligned} C_{pi} &= \frac{\mu - LSI}{3\sigma_p} > 1.25 \\ C_{ps} &= \frac{LSS - \mu}{3\sigma_p} > 1.25 \\ C_{pk} &= \min(C_{pi}, C_{ps}) > 1.33 \end{aligned}$$

Difettositá

$$\begin{aligned} p &= \phi(-3C_{pi}) + \phi(-3C_{ps}) \\ p &= 2\phi(-6C_p + 3C_{pk}) \end{aligned}$$

GEOMETRIA

Trigonometria



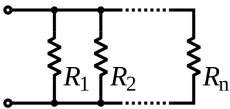
$$\begin{aligned} a &= c \sin(\alpha) \\ a &= c \cos \beta \\ b &= c \sin \beta \\ b &= c \cos \alpha \end{aligned}$$

Grandezze

Circonferenza:	$2\pi r$
Cerchio:	$\pi r^2$
Superficie sfera:	$4\pi r^2$
Volume sfera:	$\frac{4}{3}\pi r^3$

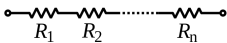
ELETTROTECNICA

Parallelo



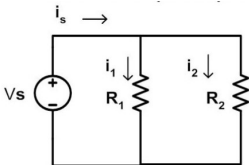
$$R_{eq} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Serie



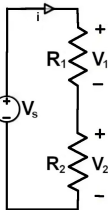
$$R_{eq} = R_1 + R_2$$

Partitore di Corrente



$$\begin{aligned} i_1 &= i_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} \\ i_2 &= i_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$

Partitore di Tensione



$$\begin{aligned} V_1 &= V_s \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ V_2 &= V_s \frac{R_2}{R_1 + R_2} \end{aligned}$$