CARTE DI CONTROLLO PER VARIABILI

$\bar{x}$ e s

Carta di controllo $\bar{x}$ e s

Sebbene le carte $\bar{x}$ e R siano ampiamente utilizzate, è occasionalmente desiderabile stimare la deviazione standard del processo direttamente anziché indirettamente attraverso l'uso dell'intervallo R.

Questo porta a carte di controllo per $\bar{x}$ e s, dove s è la deviazione standard del campione.

Carta di controllo $\bar{x}$ e s

In generale, le carte $\bar{x}$ e s sono preferibili alle loro controparti più familiari $\bar{x}$ e R:

- quando la dimensione del campione n è moderatamente grande, ad esempio n > 10 o 12
- quando la dimensione del campione n è variabile.

Costruzione e uso delle carte di controllo $\bar{x}$ e s

Come per le carte $\bar{x}$ e R, anche quelle $\bar{x}$ e s sono usate insieme e richiedono la stessa sequenza di passaggi, tranne per il fatto che per ciascun campione occorre calcolare la media e la deviazione standard del campione.

Costruzione e uso delle carte di controllo $\bar{x}$ e s

Si consideri il caso in cui si conosce un valore di σ.

In questo caso, la center line e i limiti a 3 sigma della carta s sono pari a:

$$UCL = B_6\sigma$$

$$CL = c_4\sigma$$

$$LCL = B_5\sigma$$

I valori di B_5 e B_6 sono tabulati a seconda della dimensione campionaria.

Invece $c_4\sigma$ è uguale al valore atteso di s.

Costruzione e uso delle carte di controllo $\bar{x}$ e s

c_4 è una costante che dipende dalla dimensione campionaria n

Sappiamo che la varianza campionaria corretta è uno stimatore corretto della varianza della popolazione. Quando il carattere oggetto di studio (X) si distribuisce normalmente, allora S stima una grandezza pari a $c_4\sigma$.

$UCL = B_6\sigma$	$B_6 = c_4 + 3\sqrt{1 - c_4^2}$
$CL = c_4\sigma$	valore atteso di s
$LCL = B_5\sigma$	$B_5 = c_4 - 3\sqrt{1 - c_4^2}$

I valori di B_5 e B_6 sono tabulati a seconda della dimensione campionaria.

Costruzione e uso delle carte di controllo $\bar{x}$ e s

I limiti di controllo a tre sigma per la carta $\bar{\boldsymbol{x}}$ sono:

$$UCL = \mu + A\sigma$$

$$CL = \mu$$

$$LCL = \mu - A\sigma$$

Dove A=$3/\sqrt{n}$, è funzione della numerosità del campione.

Tabelle delle costanti

Observations in Sample, n	Chart for Averages: Factors for Control Limits A	A_2	A_3	Factors for Center Line c_4	$1/c_4$	Chart for Standard Deviations: Factors for Control Limits B_3	B_4	B_5	B_6
2	2.121	1.880	2.659	0.7979	1.2533	0	3.267	0	2.606
3	1.732	1.023	1.954	0.8862	1.1284	0	2.568	0	2.276
4	1.500	0.729	1.628	0.9213	1.0854	0	2.266	0	2.088
5	1.342	0.577	1.427	0.9400	1.0638	0	2.089	0	1.964
6	1.225	0.483	1.287	0.9515	1.0510	0.030	1.970	0.029	1.874
7	1.134	0.419	1.182	0.9594	1.0423	0.118	1.882	0.113	1.806
8	1.061	0.373	1.099	0.9650	1.0363	0.185	1.815	0.179	1.751
9	1.000	0.337	1.032	0.9693	1.0317	0.239	1.761	0.232	1.707
10	0.949	0.308	0.975	0.9727	1.0281	0.284	1.716	0.276	1.669
11	0.905	0.285	0.927	0.9754	1.0252	0.321	1.679	0.313	1.637
12	0.866	0.266	0.886	0.9776	1.0229	0.354	1.646	0.346	1.610
13	0.832	0.249	0.850	0.9794	1.0210	0.382	1.618	0.374	1.585
14	0.802	0.235	0.817	0.9810	1.0194	0.406	1.594	0.399	1.563
15	0.775	0.223	0.789	0.9823	1.0180	0.428	1.572	0.421	1.544
16	0.750	0.212	0.763	0.9835	1.0168	0.448	1.552	0.440	1.526
17	0.728	0.203	0.739	0.9845	1.0157	0.466	1.534	0.458	1.511
18	0.707	0.194	0.718	0.9854	1.0148	0.482	1.518	0.475	1.496
19	0.688	0.187	0.698	0.9862	1.0140	0.497	1.503	0.490	1.483
20	0.671	0.180	0.680	0.9869	1.0133	0.510	1.490	0.504	1.470
21	0.655	0.173	0.663	0.9876	1.0126	0.523	1.477	0.516	1.459
22	0.640	0.167	0.647	0.9882	1.0119	0.534	1.466	0.528	1.448
23	0.626	0.162	0.633	0.9887	1.0114	0.545	1.455	0.539	1.438
24	0.612	0.157	0.619	0.9892	1.0109	0.555	1.445	0.549	1.429
25	0.600	0.153	0.606	0.9896	1.0105	0.565	1.435	0.559	1.420

Nota che:

$B_4 = B_6/c_4$

$B_3 = B_5/c_4$

Per n>25

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}} \qquad A_3 = \frac{3}{c_4\sqrt{n}} \qquad c_4 \cong \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

$$B_3 = 1 - \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}} \qquad B_4 = 1 + \frac{3}{c_4\sqrt{2(n-1)}}$$

$$B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}} \qquad B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

Costruzione e uso delle carte di controllo $\bar{x}$ e s

Se invece non si conosce un valore di σ è necessario stimarlo analizzando i dati passati.

Se sono disponibili m campioni preliminari, ciascuno della dimensione n, s_i sarà la deviazione standard dell'i-esimo campione.

La media delle m deviazioni standard è:

$$\bar{s} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} s_i$$

Costruzione e uso delle carte di controllo $\bar{x}$ e s

I limiti di controllo a tre sigma per la carta $\bar{x}$ sono allora:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s}$$

$$CL = \bar{\bar{x}}$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s}$$

Di conseguenza, i parametri della carta s sono pari a

$$UCL = B_4\bar{s}$$

$$CL = \bar{s}$$

$$LCL = B_3\bar{s}$$

I valori di A_3, B_3 e B_4 sono tabulati a seconda della dimensione campionaria.

Carta di controllo $\bar{x}$ e s: esempio

Sample Number	Observations				
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008
2	73.995	73.992	74.001	74.011	74.004
3	73.988	74.024	74.021	74.005	74.002
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014
6	74.009	73.994	73.997	73.985	73.993
7	73.995	74.006	73.994	74.000	74.005
8	73.985	74.003	73.993	74.015	73.988
9	74.008	73.995	74.009	74.005	74.004
10	73.998	74.000	73.990	74.007	73.995
11	73.994	73.998	73.994	73.995	73.990
12	74.004	74.000	74.007	74.000	73.996
13	73.983	74.002	73.998	73.997	74.012
14	74.006	73.967	73.994	74.000	73.984
15	74.012	74.014	73.998	73.999	74.007
16	74.000	73.984	74.005	73.998	73.996
17	73.994	74.012	73.986	74.005	74.007
18	74.006	74.010	74.018	74.003	74.000
19	73.984	74.002	74.003	74.005	73.997
20	74.000	74.010	74.013	74.020	74.003
21	73.982	74.001	74.015	74.005	73.996
22	74.004	73.999	73.990	74.006	74.009
23	74.010	73.989	73.990	74.009	74.014
24	74.015	74.008	73.993	74.000	74.010
25	73.982	73.984	73.995	74.017	74.013

I grafici $\bar{x}$ e s per le misure del diametro interno delle fasce elastiche del motore di un'automobile

Calcolare:
- $\bar{\bar{x}}$
- $\bar{s}$
- La carta per la media, con $UCL = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s}$ e $LCL = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s}$
- La carta per s, con: $UCL = B_4\bar{s}$ e $LCL = B_3\bar{s}$

Carta di controllo $\bar{x}$ e s: esempio

Sample Number	Observations					$\bar{x}_i$	s_i
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008	74.010	0.0148
2	73.995	73.992	74.001	74.011	74.004	74.001	0.0075
3	73.988	74.024	74.021	74.005	74.002	74.008	0.0147
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009	74.003	0.0091
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014	74.003	0.0122
6	74.009	73.994	73.997	73.985	73.993	73.996	0.0087
7	73.995	74.006	73.994	74.000	74.005	74.000	0.0055
8	73.985	74.003	73.993	74.015	73.988	73.997	0.0123
9	74.008	73.995	74.009	74.005	74.004	74.004	0.0055
10	73.998	74.000	73.990	74.007	73.995	73.998	0.0063
11	73.994	73.998	73.994	73.995	73.990	73.994	0.0029
12	74.004	74.000	74.007	74.000	73.996	74.001	0.0042
13	73.983	74.002	73.998	73.997	74.012	73.998	0.0105
14	74.006	73.967	73.994	74.000	73.984	73.990	0.0153
15	74.012	74.014	73.998	73.999	74.007	74.006	0.0073
16	74.000	73.984	74.005	73.998	73.996	73.997	0.0078
17	73.994	74.012	73.986	74.005	74.007	74.001	0.0106
18	74.006	74.010	74.018	74.003	74.000	74.007	0.0070
19	73.984	74.002	74.003	74.005	73.997	73.998	0.0085
20	74.000	74.010	74.013	74.020	74.003	74.009	0.0080
21	73.982	74.001	74.015	74.005	73.996	74.000	0.0122
22	74.004	73.999	73.990	74.006	74.009	74.002	0.0074
23	74.010	73.989	73.990	74.009	74.014	74.002	0.0119
24	74.015	74.008	73.993	74.000	74.010	74.005	0.0087
25	73.982	73.984	73.995	74.017	74.013	73.998	0.0162
						$\Sigma =$ 1,850.028	0.2351
						$\bar{\bar{x}} =$ 74.001	$\bar{s} = 0.0094$

I grafici $\bar{x}$ e s per le misure del diametro interno delle fasce elastiche del motore di un'automobile

Carta di controllo $\bar{x}$ e s: esempio

Di conseguenza i parametri per la carta della media sono:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s} = 74.001 + 1.427(0.0094) = 74.014$$

$$CL = \bar{\bar{x}} = 74.001$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s} = 74.001 - 1.427(0.0094) = 73.988$$

Carta di controllo $\bar{x}$ e s: esempio

Di conseguenza i parametri per la carta della deviazione standard sono:

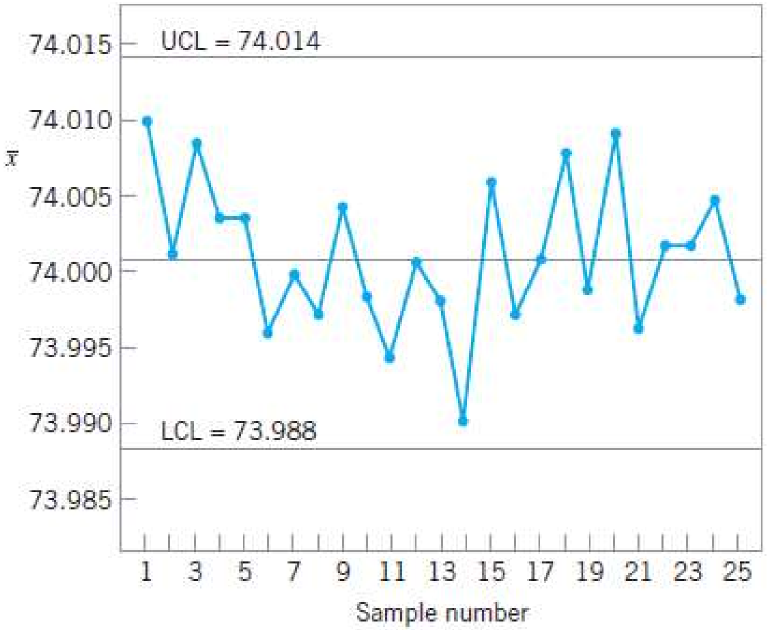
$$UCL = B_4\bar{s} = 2.089(0.0094) = 0.0196$$

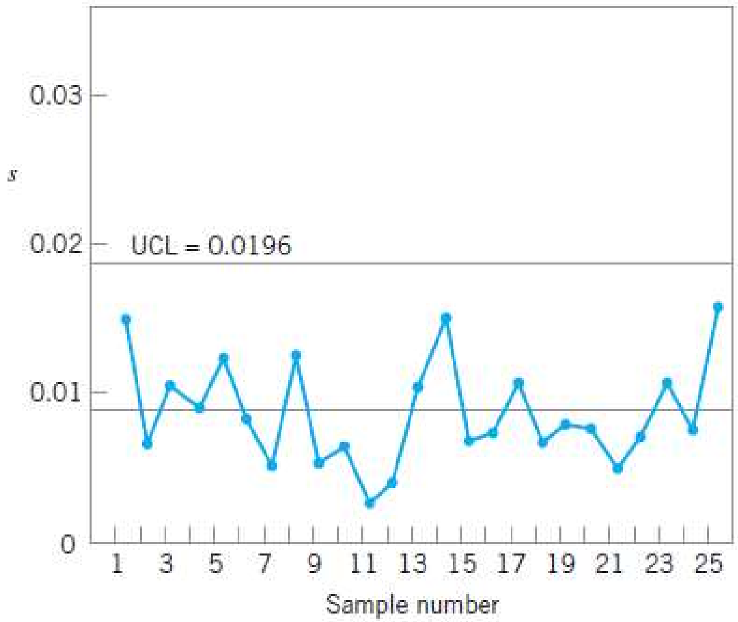
$$CL = \bar{s} = 0.0094$$

$$LCL = B_3\bar{s} = 0(0.0094) = 0$$

Carta di controllo $\bar{x}$ e s: esempio

Dall'analisi dei grafici non vi è alcuna indicazione che il processo sia fuori controllo, pertanto tali limiti potrebbero essere adottati per il monitoraggio della fase II del processo.





Carta di controllo $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria variabile

I grafici di controllo $\bar{x}$ e s sono relativamente facili da applicare nei casi in cui le dimensioni del campione sono variabili.

In questo caso, si utilizza un approccio medio ponderato nel calcolo di $\bar{\bar{x}}$ e $\bar{s}$.

Se n_i è il numero di osservazioni nell'iesimo campione,

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^{m} n_i x_i}{\sum_{i=1}^{m} n_i}$$

$$\bar{s} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{m} (n_i - 1) s_1^2}{\sum_{i=1}^{m} n_i - m}\right]^{1/2}$$

Carta di controllo $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria variabile

Le linee centrali saranno rispettivamente $\bar{x}$ e s.

Mentre i limiti di controllo sono calcolati come visto in precedenza, ma le costanti A_3, B_3 e B_4 dipenderanno dalla dimensione del campione usata in ogni singolo sottogruppo.

Carta di controllo $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria variabile: esempio

Sample Number	Observations					$\bar{x}_i$	s_i
1	74.030	74.002	74.019	73.992	74.008	74.010	0.0148
2	73.995	73.992	74.001			73.996	0.0046
3	73.988	74.024	74.021	74.005	74.002	74.008	0.0147
4	74.002	73.996	73.993	74.015	74.009	74.003	0.0091
5	73.992	74.007	74.015	73.989	74.014	74.003	0.0122
6	74.009	73.994	73.997	73.985		73.996	0.0099
7	73.995	74.006	73.994	74.000		73.999	0.0055
8	73.985	74.003	73.993	74.015	73.988	73.997	0.0123
9	74.008	73.995	74.009	74.005		74.004	0.0064
10	73.998	74.000	73.990	74.007	73.995	73.998	0.0063
11	73.994	73.998	73.994	73.995	73.990	73.994	0.0029
12	74.004	74.000	74.007	74.000	73.996	74.001	0.0042
13	73.983	74.002	73.998			73.994	0.0100
14	74.006	73.967	73.994	74.000	73.984	73.990	0.0153
15	74.012	74.014	73.998			74.008	0.0087
16	74.000	73.984	74.005	73.998	73.996	73.997	0.0078
17	73.994	74.012	73.986	74.005		73.999	0.0115
18	74.006	74.010	74.018	74.003	74.000	74.007	0.0070
19	73.984	74.002	74.003	74.005	73.997	73.998	0.0085
20	74.000	74.010	74.013			74.008	0.0068
21	73.982	74.001	74.015	74.005	73.996	74.000	0.0122
22	74.004	73.999	73.990	74.006	74.009	74.002	0.0074
23	74.010	73.989	73.990	74.009	74.014	74.002	0.0119
24	74.015	74.008	73.993	74.000	74.010	74.005	0.0087
25	73.982	73.984	73.995	74.017	74.013	73.998	0.0162

Consideriamo l’esempio del diametro interno delle fasce elastiche del motore di un'automobile

Carta di controllo $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria variabile: esempio

Calcolo della media generale ponderata

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_{i=1}^{25} n_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^{25} n_i} = \frac{5(74.010)+3(73.996)+\cdots+5(73.998)}{5+3+\cdots+5}$$

$$= \frac{8{,}362.075}{113} = 74.001$$

Calcolo della deviazioni standard generale

$$\bar{s} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{25}(n_i-1)s_i^2}{\sum_{i=1}^{25} n_i - 25}\right]^{1/2} = \left[\frac{4(0.0148)^2+2(0.0046)^2+\cdots+4(0.0162)^2}{5+3+\cdots+5-25}\right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{0.009324}{88}\right]^{1/2} = 0.0103$$

Carta di controllo $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria variabile: esempio

I parametri per la carta della media del primo campione (n=5) sono:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{s} = 74.001 + 1.427(0.0103) = 74.016$$

$$CL = \bar{\bar{x}} = 74.001$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{s} = 74.001 - 1.427(0.0103) = 73.986$$

Carta di controllo $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria variabile: esempio

I parametri per la carta della deviazione standard del primo campione (n=5) sono:

$$UCL = B_4\bar{s} = 2.089(0.0103) = 0.022$$

$$CL = \bar{s} = 0.0103$$

$$LCL = B_3\bar{s} = 0(0.0103) = 0$$

Carta di controllo $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria variabile: esempio

I limiti per il secondo campione devono tener conto della numerosità del campione pari a 3.

E così via.

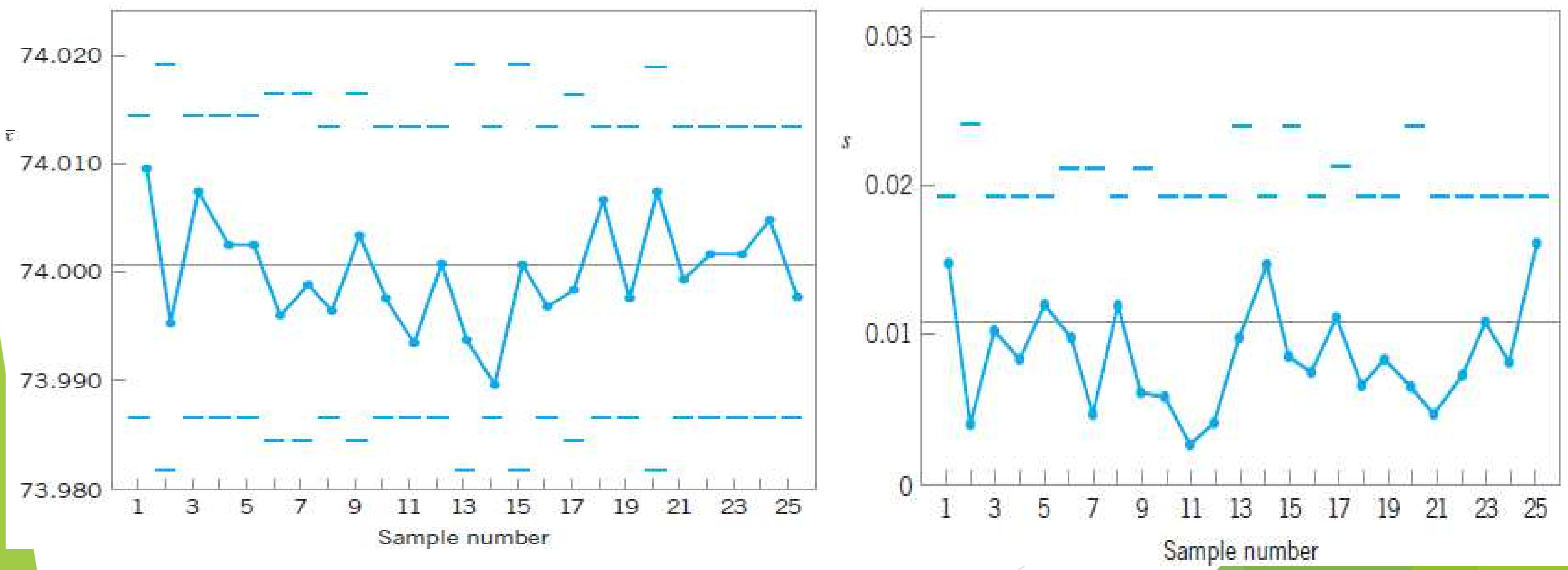
Carta di controllo $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria variabile: esempio

					$\bar{x}$ Chart				s Chart	
Sample	n	$\bar{x}$	s	A_3	LCL	UCL	B_3	B_4	LCL	UCL
1	5	74.010	0.0148	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
2	3	73.996	0.0046	1.954	73.981	74.021	0	2.568	0	0.026
3	5	74.008	0.0147	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
4	5	74.003	0.0091	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
5	5	74.003	0.0122	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
6	4	73.996	0.0099	1.628	73.984	74.018	0	2.266	0	0.023
7	4	73.999	0.0055	1.628	73.984	74.018	0	2.266	0	0.023
8	5	73.997	0.0123	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
9	4	74.004	0.0064	1.628	73.984	74.018	0	2.266	0	0.023
10	5	73.998	0.0063	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
11	5	73.994	0.0029	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
12	5	74.001	0.0042	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
13	3	73.994	0.0100	1.954	73.981	74.021	0	2.568	0	0.026
14	5	73.990	0.0153	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
15	3	74.008	0.0087	1.954	73.981	74.021	0	2.568	0	0.026
16	5	73.997	0.0078	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
17	4	73.999	0.0115	1.628	73.984	74.018	0	2.226	0	0.023
18	5	74.007	0.0070	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
19	5	73.998	0.0085	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
20	3	74.008	0.0068	1.954	73.981	74.021	0	2.568	0	0.026
21	5	74.000	0.0122	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
22	5	74.002	0.0074	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
23	5	74.002	0.0119	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
24	5	74.005	0.0087	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022
25	5	73.998	0.0162	1.427	73.986	74.016	0	2.089	0	0.022

I limiti per la carta $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria diversa

Carta di controllo $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria variabile: esempio

I grafici della carta $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria diversa



Carta di controllo $\bar{x}$ e s con ampiezza campionaria variabile

Un'alternativa potrebbe essere quella di calcolare una dimensione media del campione.

Se le numerosità dei singoli campioni non sono molto diverse, questo approccio può essere soddisfacente.

Carta di controllo per misure singole

Carta di controllo per misure singole

Esistono molte situazioni in cui la dimensione del campione utilizzata per il monitoraggio del processo è $n=1$; cioè, il campione è costituito da una singola unità.

Carta di controllo per misure singole

Ad esempio.

- Viene impiegata una modalità di misurazione automatica per cui è controllata ogni unità prodotta.
- Il tasso di produzione è molto basso ed è poco conveniente aspettare di aver raccolto più di una unità prodotta per effettuare il controllo
- In alcuni processi, alcune variabili oscillano molto poco e quindi hanno una deviazione standard che è troppo piccola rispetto alla globalità della produzione.

Carta di controllo per misure singole

In tali situazioni per stimare la variabilità del processo, si utilizza l'intervallo mobile (*moving range*) calcolato su due osservazioni successive.

L'intervallo mobile è definito come

$$MR_{i=}|x_i - x_{i-1}|$$

Carta di controllo per misure singole

Se viene utilizzato un moving range di n=2 osservazioni, i limiti delle carte sono uguali a:

$$UCL = \bar{x} + 3\frac{\overline{MR}}{d_2}$$

CL=$\bar{x}$

$$LCL = \bar{x} - 3\frac{\overline{MR}}{d_2}$$

UCL= $D_4\overline{MR}$

CL=$\overline{MR}$

LCL=$D_3\overline{MR}$

Carta di controllo per misure singole: esempio

L'unità di elaborazione dei prestiti ipotecari di una banca controlla i costi di elaborazione delle domande di prestito.

La quantità tracciata è la media dei costi di elaborazione settimanali, ottenuta dividendo i costi settimanali totali per il numero di prestiti elaborati durante la settimana.

Carta di controllo per misure singole: esempio

Nella seguente tabella sono riportati i costi di elaborazione per le 20 settimane più recenti.

Settimane	Costi	Moving Range (MR)
1	310	
2	288	22
3	297	9
4	298	1
5	307	9
6	303	4
7	294	9
8	297	3
9	308	11
10	306	2
11	294	12
12	299	5
13	297	2
14	299	2
15	314	15
16	295	19
17	293	2
18	306	13
19	301	5
20	304	3

Carta di controllo per misure singole: esempio

Il costo medio del campione delle 20 osservazioni è:

$$\bar{x} = 300.5$$

Il Moving Range è:

$$\overline{MR} = 7.79$$

Carta di controllo per misure singole: esempio

Per la carta di controllo delle misure individuali:

$$UCL = \bar{x} + 3\frac{\overline{MR}}{d_2} = 300.5 + 3\frac{7.79}{1.128} = 321.22$$

CL=$\bar{x}$=300.5

$$LCL = \bar{x} - 3\frac{\overline{MR}}{d_2} = 300.5 - 3\frac{7.79}{1.128} = 279.78$$

Se viene utilizzato un moving range di n=2 osservazioni, allora d_2=1.128.

Observations in Sample, n	Factors for Center Line		Factors for Control Limits				
	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

Carta di controllo per misure singole: esempio

Per la carta di controllo del MR, utilizziamo D_3 = 0 e D_4 = 3.267 per n =2.

Quindi:

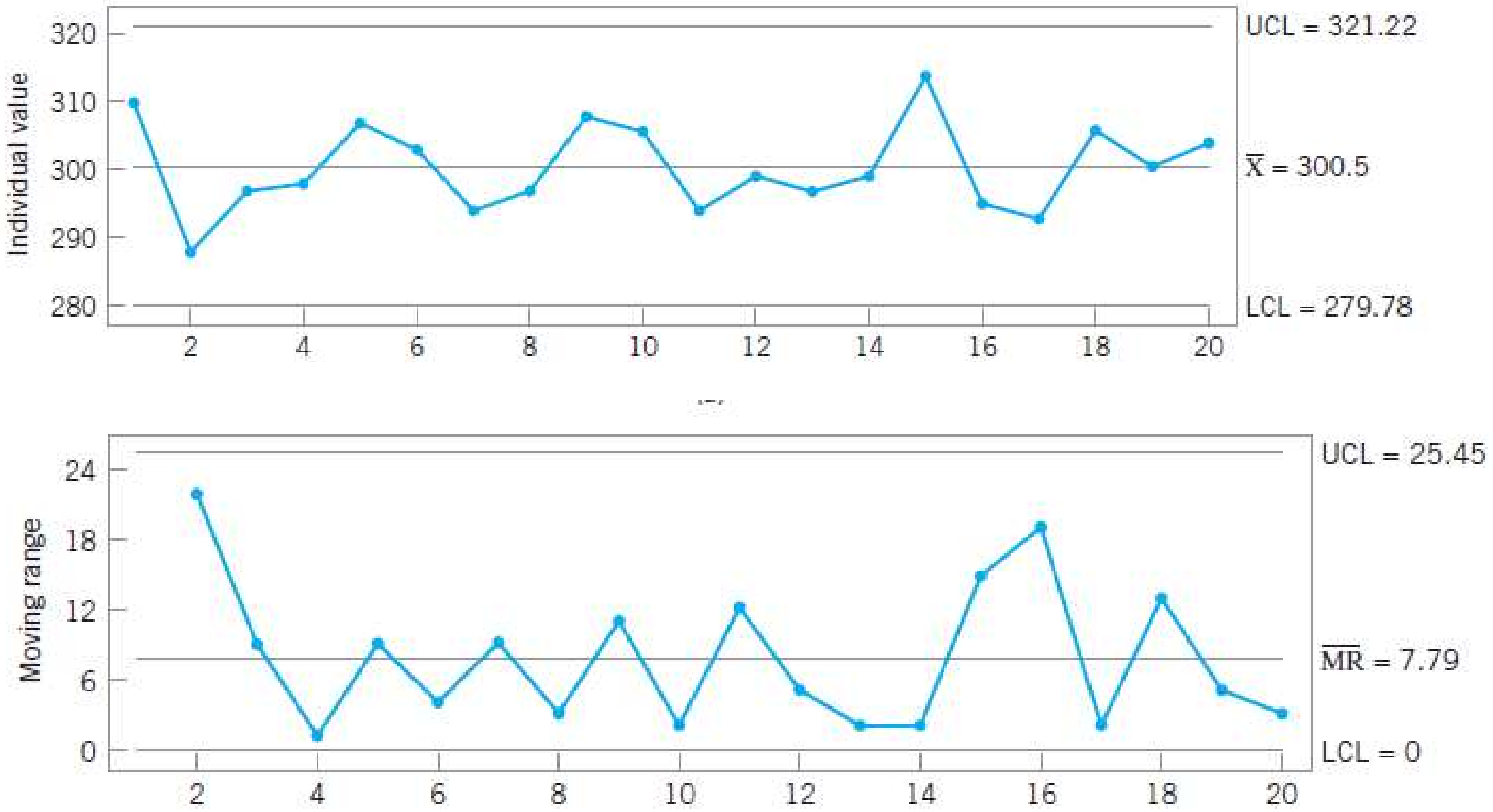
UCL= $D_4\overline{MR}$=(3.267)7.79=25.45

LCL=0

$\overline{MR} = 7.79$

Observations in Sample, n	Factors for Center Line		Factors for Control Limits				
	d_2	$1/d_2$	d_3	D_1	D_2	D_3	D_4
2	1.128	0.8865	0.853	0	3.686	0	3.267
3	1.693	0.5907	0.888	0	4.358	0	2.574
4	2.059	0.4857	0.880	0	4.698	0	2.282
5	2.326	0.4299	0.864	0	4.918	0	2.114
6	2.534	0.3946	0.848	0	5.078	0	2.004
7	2.704	0.3698	0.833	0.204	5.204	0.076	1.924
8	2.847	0.3512	0.820	0.388	5.306	0.136	1.864
9	2.970	0.3367	0.808	0.547	5.393	0.184	1.816
10	3.078	0.3249	0.797	0.687	5.469	0.223	1.777
11	3.173	0.3152	0.787	0.811	5.535	0.256	1.744
12	3.258	0.3069	0.778	0.922	5.594	0.283	1.717
13	3.336	0.2998	0.770	1.025	5.647	0.307	1.693
14	3.407	0.2935	0.763	1.118	5.696	0.328	1.672
15	3.472	0.2880	0.756	1.203	5.741	0.347	1.653
16	3.532	0.2831	0.750	1.282	5.782	0.363	1.637
17	3.588	0.2787	0.744	1.356	5.820	0.378	1.622
18	3.640	0.2747	0.739	1.424	5.856	0.391	1.608
19	3.689	0.2711	0.734	1.487	5.891	0.403	1.597
20	3.735	0.2677	0.729	1.549	5.921	0.415	1.585
21	3.778	0.2647	0.724	1.605	5.951	0.425	1.575
22	3.819	0.2618	0.720	1.659	5.979	0.434	1.566
23	3.858	0.2592	0.716	1.710	6.006	0.443	1.557
24	3.895	0.2567	0.712	1.759	6.031	0.451	1.548
25	3.931	0.2544	0.708	1.806	6.056	0.459	1.541

Carta di controllo per misure singole: esempio



Carta di controllo per misure singole

L'interpretazione della carta di controllo per misure singole è molto simile all'interpretazione del normale diagramma di controllo x.

Uno spostamento nella media del processo comporterà che un singolo punto o una serie di punti cadranno al di fuori dei limiti di controllo sulla carta di controllo per le misure individuali.

Carta di controllo per misure singole

Un punto può cadere al di fuori dei limiti di controllo sia sulla carta delle misure singole che su quella degli intervalli mobili.

Ciò si verificherà perché un grande valore di x porterà anche a un grande valore dell'intervallo mobile per quel campione.

Questo è un comportamento molto tipico per le misure singole.

È molto probabilmente un'indicazione che la media è fuori controllo e non un'indicazione che sia la media che la varianza del processo sono fuori controllo.