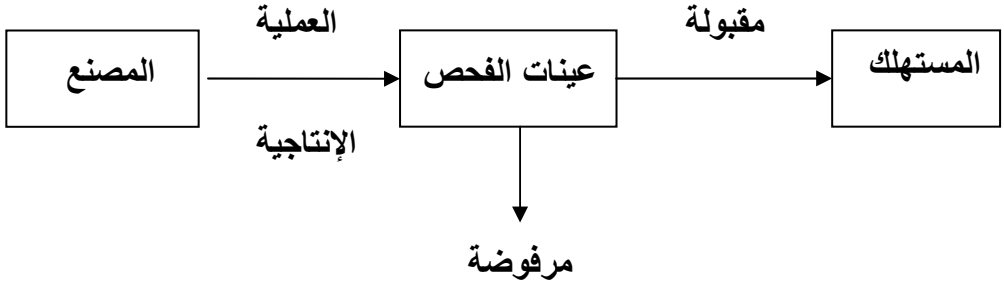
الفصل العاشر

السيطرة النوعية *Quality Control* [2]

النوعية ***Quality*** تعني تطابق مجموعة الصفات التي يتميز بها المنتوج والتي تم تثبيتها عند وضع التصميم والمواصفات بحيث تجعل المنتوج قادراً على تحقيق رغبات ومتطلبات المستهلك .

إن تحقيق النوعية المطلوبة هو ليس مسؤولية قسم أو فرد معين من مؤسسة إنتاجية بل إنها مسؤولية ذات طابع شمولي يشترك فيها جميع العاملين وتضم مسؤوليات متعددة منها تحليل كلفة النوعية ووضع وتحديد مواصفات النوعية وضمان مدى نجاح أو فشل إسلوب الفحص المعتمد ونتائج الفحص والإختبار الخاص بالمنتوج . من الواضح إن هناك إحتمالاً لظهور الأخطاء في كل مرحلة من مراحل العملية الإنتاجية وينشأ عنها منتوج بمواصفات تتفاوت على المواصفات المطلوب تحقيقها ومن بين مسؤولية أقسام السيطرة النوعية قبول أو رفض المنتوج في مختلف مراحله الإنتاجية وهذا يعني عزل المنتجات غير المطابقة للمواصفات وإعتبارها بالتالي مرفوضة وكما موضحة في المخطط التالي:



وعليه فإن السيطرة النوعية ***Quality Control*** على العمليات الإنتاجية تعني مجموعة من الإجراءات التي تطبق لتحسين النوعية أو الحد من الإنحرافات المحتملة في مستويات النوعية التي من الممكن حدوثها خلال العملية الإنتاجية بسبب العوامل العشوائية والإسنادية التي تسبب تغير النوعية .

أما نظم السيطرة النوعية فتكون :

1- نظم السيطرة على المواد الأولية .
2- نظم السيطرة على أجهزة وأدوات الفحص والقياس .
3- نظم السيطرةعلى العمليات الإنتاجية .
4- نظم السيطرة على نوعية المنتوج النهائي .
5- نظم السيطرة على النوعية إثناء التداول والتخزين .

تختلف الوحدات المنتجة فيما بينها وذلك نتيجة لما يلي :

أ- عملية الإنتاج : إذ تتعرض الوحدات الإنتاجية إلى ظروف إنتاجية مختلفة نتيجة لتقادم المعدات وإهتزازات المكائن وتذبذب الطاقة الكهربائية .

ب- المواد الأولية : للمواد الأولية تأثير كبير على المنتجات إذ تتباين في مواصفاتها مـثلاً درجـة التركيز ، السمك ، التحمل ، نسبة الرطوبة ... إلخ .

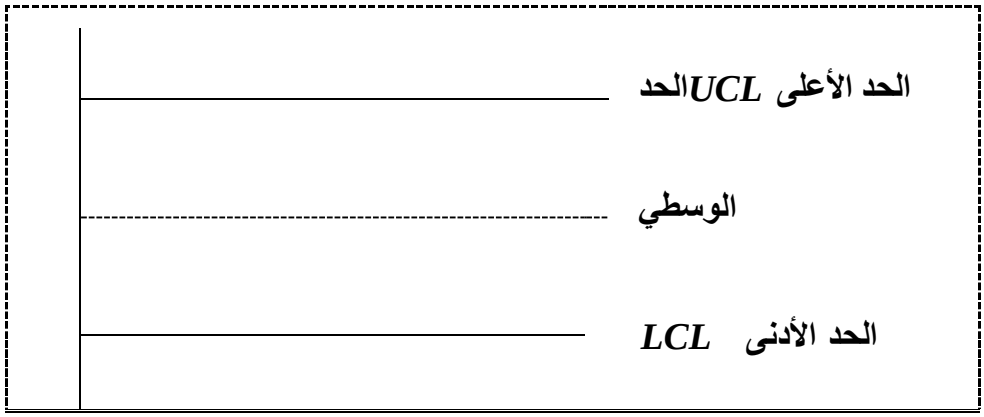
ج- اليد العاملة : إن إختلاف خبرة العامل ودرجة إلتزامه بتعليمات الإنتاج وحالتهم النفسية والبدنية قد يكون المصدر الأساسي للتباين ما بين الوحدات المنتجة .

د- عوامل أخرى : مثل درجة الرطوبة ، درجة الحرارة ، شدة الضوء ...إلخ .

إذا كانت حدود التباين بين الوحدات المنتجة مقبول فالعملية الإنتاجية مسيطر عليها نوعياً وإنها تحت السيطرة ، أما إذا كان التباين كبيراً ويمكن تشخيص أسبابه غير العشوائية فالعملية الإنتاجية ليست تحت السيطرة النوعية .

وتعتبر مخططات السيطرة من أهم الوسائل التي تميز إستخدامها إذا كان التباين بين الوحدات المنتجة يعود إلى أسباب عشوائية وغير عشوائية عند وجود إنحراف ما بين المنتج الفعلي والمواصفات الموضوعة له .

10-1- مخطط السيطرة *Control Chart* : هو رسم بياني يتكون من ثلاثة خطوط متوازية يمثل خط الوسط منها القيمة الوسطى لمتغير النوعية والخطين الأدنى والأعلى يمثلان القيمتين الدنيا والعليا لمتغير النوعية وهي التي تحدد إن المتغير مقبول أو مرفوض . وكما موضح أدناه :



هناك إسلوبان لفحص النوعية هما :

1- إسلوب الفحص الشامل : إذ تفحص كافة وحدات الإنتاج ويمتاز بالخصائص التالية :

أ- كلفة الفحص عالية.

ب- يستغرق الفحص وقتاً طويلاً .

ج- يوفر معلومات أكثر دقة .

د- يحتاج إلى جهد قليل في التخطيط لعمليات الفحص وتحديد النتائج ،

هـ-لايصلح في الفحوصات التدميرية التي تنتهي صلاحية المنتج نتيجة الإستخدام مثل صناعة الأدوية والكتل الكونكريتية وعتاد الأسلحة وغيرها .

2-إسلوب الفحص بالعينة : إذ تسحب عينة من الوحدات الإنتاجية (أي دراسة جزء من الإنتاج وبنسبة تتراوح عادةً بين *%(20 – 10)* من الإنتاج الكلي) ويمتاز هذا الإسلوب بالخصائص التالية :

أ- كلفة الفحص قليلة .

ب- يحتاج الفحص إلى وقت قليل قياساً بالفحص الشامل .

ج- يوفر معلومات أقل دقة وتزداد الدقة كلما كان إختيار العينة سليماً بحيث تمثل الوحدات المتبقية .

د- يحتاج إلى جهد كبير في التخطيط لعمليات الفحص وتحديد النتائج .

هـ- يصلح في الفحوصات التدميرية .

وفي هذا المجال يجب الأخذ بنظر الإعتبار مايلي :

1. **نوع العينة : إذ تعتمد العشوائية في إختيار مفردات العينة لأنها تحقق فرص متكافئة في إختيار المفردة إضافة إلى العينة المنتظمة *Systematic Sample* .**
2. **حجم العينة : أن يتراوح بين(8 – 4) مفردات لكل عينة .**
3. **عدد العينات : أن يتراوح بين (25 – 20) عينة .**
4. **سحب العينات : إذا كان الهدف من سحب العينة ضبط الإنتاج تستخدم طريقة أخذ عينة بعد تراكم الإنتاج . أما إذا كان الهدف ضبط الماكنة تستخدم طريقة أخذ العينة من خطوط الإنتاج خلال فترات زمنية محددة .**

<u>أنواع مخططات السيطرة</u> :

1- مخططات السيطرة للمتغيرات : وتستخدم هذه المخططات إذا كانت المواصفات النوعية للمنتج قابلة للقياس الكمي مثل الطول ، الوزن ، الكثافة ، درجة الحرارة ، ... إلخ . ومن أهمها :

أ- مخطط السيطرة للوسط الحسابي $\overline{X}$ *– Chart* .

ب- مخطط السيطرة للمدى *R- Chart* .

ج- مخطط السيطرة للإنحراف المعياري σ *– Chart* .

2- مخططات السيطرة للصفات : تستخدم للسيطرة على المواصفات النوعية التي لا يمكن قياسها كمياً ، لذا تقسم إلى حالتين فقط ، أحدهما مقبولة والأخرى غير مقبولة (مرفوضة) . ومن أهمها :

أ- مخطط السيطرة لنسبة الوحدات المعيبة *P – Chart* .

ب- مخطط السيطرة لعدد العيوب في مفردة واحدة *C – Chart* .

ج- مخطط السيطرة لمتوسط عدد العيوب في مجموعة من المفردات *U -Chart* .

10-1-1- مخطط السيطرة النوعية للوسط الحسابي $\overline{X}-Chart$:

تبين التغير الحاصل في قيمة متوسط العملية الإنتاجية ، إذ يحدد في هذه المخططات حدي السيطرة الأدنى والأعلى بحيث يقع المتوسط ما بين هذين الحدين بإحتمال 99.7% ، إذا كانت العملية الإنتاجية تحت السيطرة أي إنه 0.3% من الحالات يتخذ القرار الخاطيء بأن العملية الإنتاجية خارج السيطرة في حين إنها في الواقع تحت السيطرة ويحسب الحدين المذكورين كالآتي :

أ- يسحب ما لايقل عن 25 عينة ويحسب الوسط الحسابي $\bar{X}_i$ لكل عينة $\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^{m} X_{ij}}{m}$ ثم يحسب الوسط الحسابي للأوساط الحسابية للعينات المسحوبة $\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \bar{X}_i}{n}$ ، إذ إن :

$$j = 1, 2, \ldots, m \quad and \quad i = 1, 2, \ldots, n$$

m تمثل حجم كل عينة .

n تمثل عدد العينات المسحوبة .

X_{ij} تمثل المفردة j الواقعة في العينة i .

ب- إيجاد الوسط الحسابي لمديات كل عينة $\bar{R}$ إذ يحسب من العلاقة :

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n} \quad where \quad R_i = X_{iL} - X_{iS}$$

إذ إن X_{iL} يمثل أكبر قيمة من وحدات العينة i .

X_{iS} يمثل أصغر قيمة من وحدات العينة i .

ج- يحسب حدي السيطرة الأعلى والأدنى الأوليين ، كما يلي :

الحد الأعلى $UCL(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}$.

الحد الأدنى $LCL(\bar{X}) = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$.

إذ إن A_2 قيمة جدولية تعتمد على عدد المشاهدات في كل عينة m .

د- إذا وقعت متوسطات كافة العينات ضمن حدي السيطرة الأعلى والأدنى الأوليين يعتبر هذان الحدان نهائيان ،أما إذا وقع الوسط الحسابي لواحدة أو أكثر من العينات خارج الحدين الأوليين يعاد حساب حدي السيطرة بعد إستبعاد العينات الواقعة خارج الحدين الأوليين .

10-1-2- مخطط السيطرة النوعية للمدى $R-Chart$: توضح درجة إنتظام العمليات الإنتاجية ومدى تباين المواصفات فيما بينها . إذ يحسب حدي السيطرة الأعلى والأدنى للمدى بحيث يقسم المدى بأخذ 99.7% ما بين الحدين ، ويكون الإحتساب كما يلي :

أ- يسحب ما لا يقل عن 25 عينة ثم يحسب الوسط الحسابي لمدياتها : $\overline{R} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n}$

ب- يحسب حدي السيطرة الأعلى والأدنى الأوليين كما يلي :

$$UCL(R) = D_4 \overline{R} \quad and \quad LCL(R) = D_3 \overline{R}$$

حيث D_4 , D_3 قيم جدولية تعتمد على حجم العينة m .

ج- يعتبر حدي السيطرة الأوليين نهائيين إذا وقعت مديات كافة العينات بين الحدين ، أما إذا وقع مدى إحدى العينات أو أكثر خارج حدي السيطرة الأوليين فيعاد حساب الحدين بعد إستبعاد العينة (العينات) الواقعة خارج حدي السيطرة .

10-1-3- <u>مخطط السيطرة النوعية للإنحراف المعياري $\sigma - chart$</u> : تبين هذه اللوحة درجة توزيع الوحدات حول الوسط الحسابي لها وتعد أدق اللوحات من حيث إستنتاجها لمسببات التغير وعدم إنتظام العمليات الإنتاجية والتي يمكن حصرها بما يلي :

أ- عدم تناسب مهارة العامل المنفذ للعمليات الإنتاجية مع متطلبات الدقة المطلوب تحقيقها أو إبتعاده عن طرق الإداء الصحيحة وإجراء القياسات المطلوبة بإفتراض إستخدام مواد أولية بمواصفات مطلوبة.

ب- قصور بإداء الماكنة من حيث الدقة بسبب إندثار بعض أجزائها وعدم صيانتها بالشكل المطلوب أو تقادمها .

ولإعداد لوحة الإنحراف المعياري نتبع الخطوات التالية :

1. حساب الوسط الحسابي لكل عينة وللعينات ككل.
2. إيجاد الإنحراف المعياري لكل عينة وللعينات ككل بإستخدام :

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} X_{ij}^2 - m\overline{X}_i^2}{m-1}} \quad and \quad \sigma = \frac{\sum_{i=1}^{n} \sigma_i}{n}$$

3. يحسب حدي السيطرة الأعلى والأدنى الأوليين ، كما يلي :

$$UCL(\sigma) = B_2\overline{\sigma} \quad and \quad LCL(\sigma) = B_1\overline{\sigma}$$

4. يعتبر حدي السيطرة الأوليين نهائيين إذا وقعت الإنحرافات المعيارية لكافة العينات بين الحدين ، أما إذا وقعت إحداهما أو أكثر خارج حدي السيطرة الأوليين فيعاد حساب الحدين بعد إستبعاد العينة (العينات) الواقعة خارج حدي السيطرة .

أما الجداول الخاصة بقيم D_4 , D_3 , B_2 , B_1 , A_2 هي :

m	A_2	B_1	B_2	D_3	D_4
2	1.880	0	3.267	0	3.268
3	1.023	0	2.568	0	2.574
4	0.729	0	2.266	0	2.282
5	0.577	0	2.-089	0	2.114
6	0.483	0.030	1.970	0	2.004
7	0.419	0.118	1.882	0.076	1.924
8	0.373	0.185	1.815	0.136	1.864
9	0.337	0.229	1.761	0.816	1.816
10	0.308	0.284	1.716	0.223	1.777

مثال-1 : الجدول الآتي يبين القطر الداخلي *(mm)* للواشرات المنتجة في إحدى الورش الصناعية ل 25 عينة . المطلوب : إيجاد الحدين النهائيين للسيطرة النوعية لكلٍ من :

أ) الوسط الحسابي ، ب) المدى و ج) الإنحراف المعياري .

no. of sample	X_1	X_2	X_3	X_4	no. of sample	X_1	X_2	X_3	X_4
1	36	40	40	39	14	35	36	35	36
2	39	40	36	36	15	35	36	36	36
3	36	36	36	39	16	35	35	39	36
4	40	39	36	40	17	37	40	41	39
5	39	39	40	39	18	35	36	36	39
6	40	36	36	36	19	36	40	39	36
7	36	36	39	36	20	35	34	34	34
8	41	41	40	37	21	36	40	35	35
9	36	35	35	36	22	36	36	35	36
10	36	36	36	36	23	35	39	37	41
11	36	39	39	40	24	39	40	40	39
12	36	36	36	36	25	36	36	36	39
13	36	36	36	39					

الحل : نجد الوسط الحسابي $\overline{X}_i$ والمدى R_i لكل عينة :

no. of sample	$\overline{X}_i$	R_i	no. of sample	$\overline{X}_i$	R_i
1	38.75	4	14	35.50	1
2	37.75	4	15	35.75	1
3	36.75	3	16	36.25	4
4	38.75	4	17	39.25	4
5	39.25	1	18	36.50	4
6	37.00	4	19	37.85	4
7	36.75	3	20	34.25	1
8	39.75	4	21	36.50	5
9	35.50	1	22	35.75	1
10	36.00	0	23	38.00	6
11	38.50	4	24	39.50	1
12	36.00	0	25	36.75	3
13	36.75	3	$\sum$	929.25	70

ثم نجد الوسط الحسابي العام $\overline{\overline{X}}$ ومتوسط المدى $\overline{R}$:

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i}{n} = \frac{929.25}{25} = 37.17 \quad \text{و} \quad \overline{R} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i}{n} = \frac{70}{25} = 2.8$$

أ) حدي السيطرة النوعية للوسط الحسابي $\overline{X} - Chart$ بحيث $A_2 = 0.729 \quad with \quad m=4$.

$$UCL(\overline{X}) = \overline{\overline{X}} + A_2 \overline{R} = 37.17 + 0.729 * 2.8 = 39.211$$

$$LCL(\overline{X}) = \overline{\overline{X}} - A_2 \overline{R} = 37.17 - 0.729 * 2.8 = 35.129$$

من المخطط للسيطرة النوعية للوسط الحسابي نلاحظ إن المتوسطات الخارجة عن السيطرة تتمثل بالعينات التي تحمل التسلسلات التالية :

no. of sample	$\overline{X}_i$	R_i
5	39.25	1
8	39.75	4
17	39.25	4
20	34.25	1
24	39.50	1

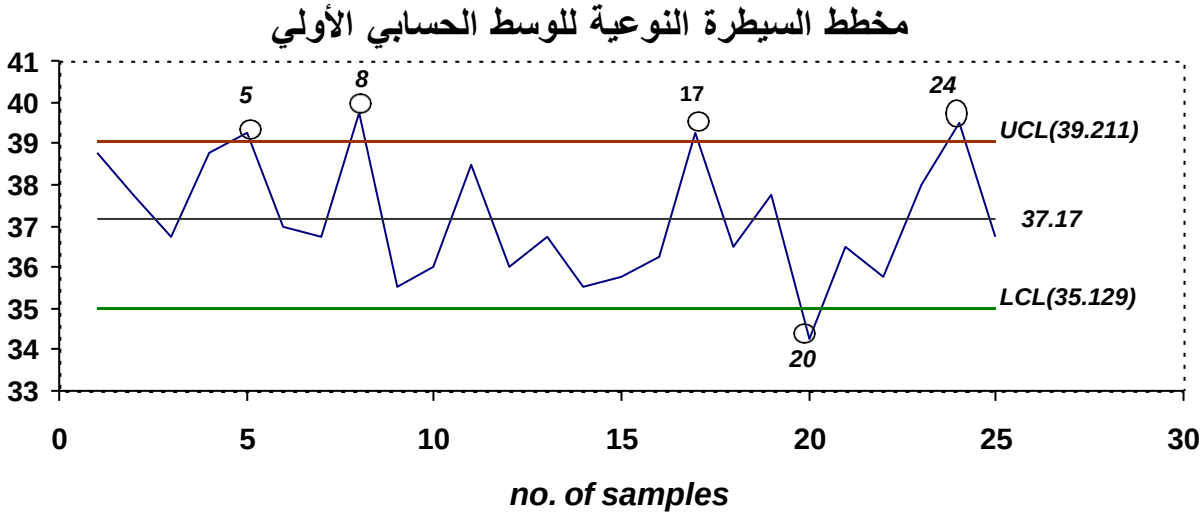
بإستبعاد هذه العينات التي متوسطاتها خارجة عن حدي السيطرة ، سيكون المتوسط العام $\overline{\overline{X}}_{new}$ ومتوسط المدى $\overline{R}_{new}$ الجديدان :

$$\overline{\overline{X}}_{new} = \frac{929.25 - 192}{25 - 5} = 36.86 \quad and \quad \overline{R}_{new} = \frac{70 - 11}{25 - 5} = 2.95$$

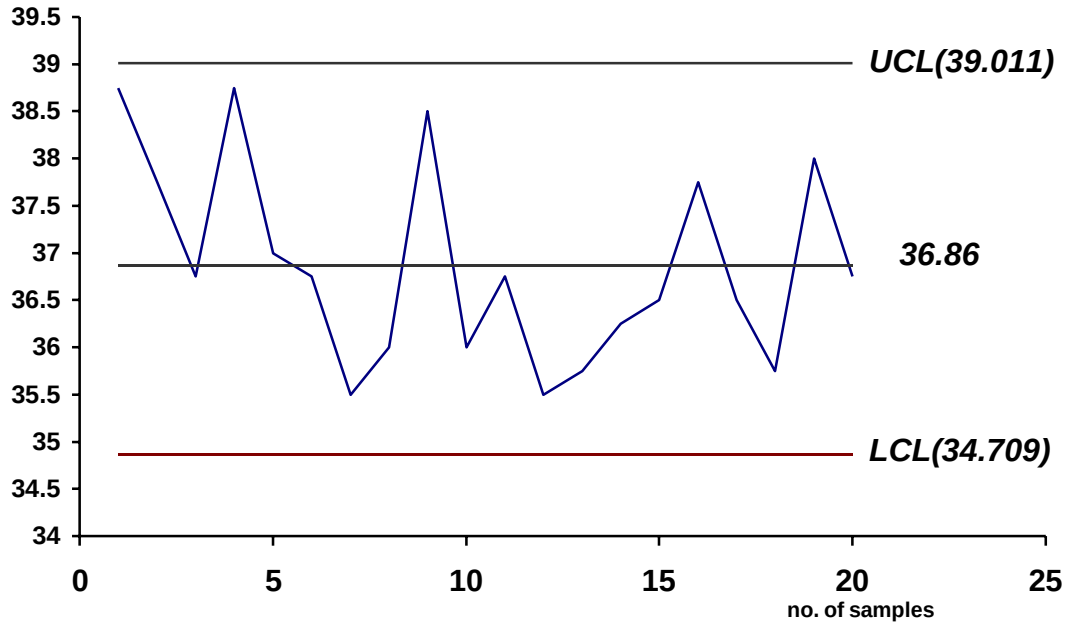
لذا فحدي السيطرة النوعية النهائيان للوسط الحسابي سيكونان :

$$UCL(\overline{X})_{new} = \overline{\overline{X}}_{new} + A_2 \overline{R}_{new} = 36.86 + 0.729 * 2.95 = 39.011$$

$$LCL(\overline{X})_{new} = \overline{\overline{X}}_{new} - A_2 \overline{R}_{new} = 36.86 - 0.729 * 2.95 = 34.709$$



المخطط النهائي للسيطرة النوعية للوسط الحسابي

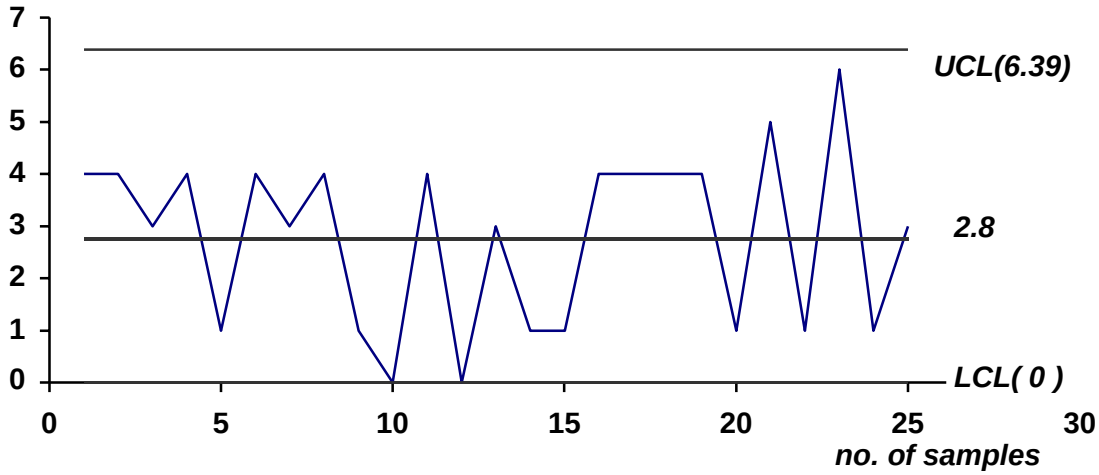


ب) حدي السيطرة النوعية للمدى *R-Chart* :

$\overline{R} = 2.8 \quad , \quad D_3 = 0 \quad , \quad D_4 = 2.282$

$UCL(R) = D_4 \overline{R} = 2.282 * 2.8 = 6.39 \quad and \quad LCL(R) = D_3 \overline{R} = 0 * 2.8 = 0$

مخطط السيطرة النوعية للمدى



من المخطط أعلاه نلاحظ إن جميع المديات R_i تقع داخل حدي السيطرة ، لذا يصبح الحدان أعلاه هما الحدان النهائيان .

ج- حدي السيطرة النوعية للإنحراف المعياري σ- chart :

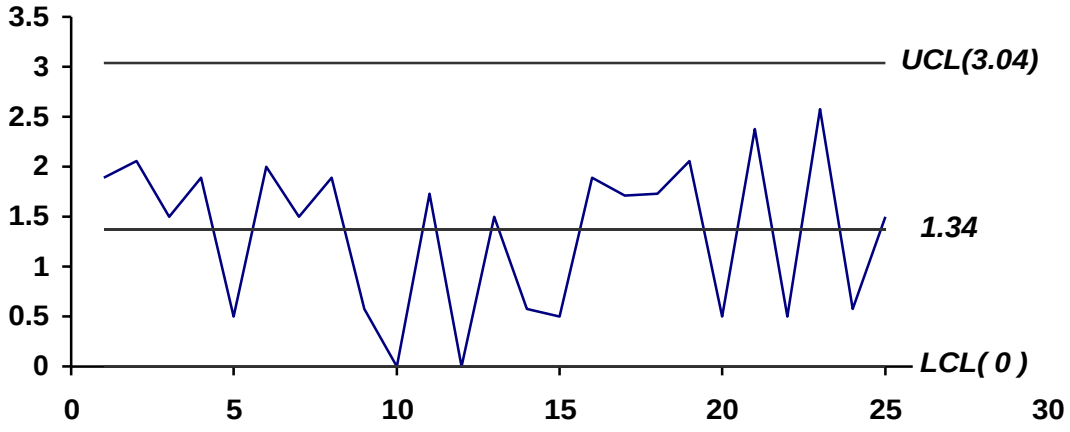
no. of samples	σ_i		no. of samples	σ_i
1	1.89		14	0.58
2	2.06		15	0.50
3	1.50		16	1.89
4	1.89		17	1.71
5	0.50		18	1.73
6	2.00		19	2.06
7	1.50		20	0.50
8	1.89		21	2.38
9	0.58		22	0.50
10	0.00		23	2.58
11	1.73		24	0.58
12	0.00		25	1.50
13	1.50		$\sum$	33.55

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} X_{ij}^2 - m\bar{X}_i^2}{m-1}} \quad \Rightarrow \quad \sigma_1 = \sqrt{\frac{36^2 + 40^2 + 40^2 + 39^2 - 4*(38.75)^2}{4-1}} = 1.89 \quad \text{....etc.}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{33.55}{25} = 1.34$$

$$UCL(\sigma) = B_2 \times \bar{\sigma} = 2.266 \times 1.34 = 3.04 \quad \text{and} \quad LCL(\sigma) = B_1 \times \bar{\sigma} = 0 \times 1.34 = 0$$

مخطط السيطرة النوعية للإنحراف المعياري



من المخطط أعلاه نلاحظ إن جميع الإنحرافات المعيارية σ_i تقع داخل حدي السيطرة لذا يصبح الحدان أعلاه هما الحدان النهائيان .