الفصل الخامس – الضبط الاحصائي للجودة

أولا. المفهوم

استكمالا للفصل السابق الخاص بضبط الجودة وبعد عرض ستة أدوات لضبط الجودة نأتي هنا الى الأداة الأكثر شهرة واستخدام وهي الأداة السابعة التي تم ذكرها في الفصل السابق الا وهي لوحات الضبط الاحصائي للعمليات (Control Charts) ولكن سنأتي أولا الى أدوات خاصة تساعد في اتخاذ القرارات التصحيحية لحل مشـاكل الجودة، والتي يكون مصدرها علم الإحصاء، وتُستخدم لمساعدة المدراء في تشخيص وحل مشاكل الجودة في العمليات والمنتوج من خلال الضبط الاحصائي للجودة والذي يعد مصطلحاً يُستخدم للإشارة لأدوات احصائية تُطبق في مجال الجودة، وتكون في ثلاثة مجاميع:

1. **أدوات الاحصاء التقليدية**: تُستخدم لوصف خصائص وعلاقات الجودة وتتضمن الاحصاء الوصفي كالوسط الحسابي والانحراف المعياري والمدى.
2. **الضبط الاحصائي للعمليات**: يتضمن فحص عينة من مخرجات عملية ما، وتقرير ما إذا كان أداء العملية يقع ضمن الحدود المحددة مسبقاً، بمعنى آخر تحديد ما إذا كانت العملية تعمل بشكل جيد ام لا.
3. **عينات القبول**: هي عملية فحص عشوائي لكمية من المنتوجات وتحديد قبول أو رفض هذه الكمية بالاستناد الى نتائج الفحص. على سبيل المثال رفض أو قبول دفعة من الانتاج، أو كمية واردة من المجهز.

تقدم هذه الادوات معلومات مختلفة لتحليل الجودة، فأساليب الاحصاء التقليدية تُعد ادوات احصاء وصفي طُبقت لسنوات عديدة لوصف خصائص معينة للجودة كالنزعة المركزية والتشتت في البيانات، الا ان هذه البيانات لا تُعد كافية للحكم على الجودة. اما عينات القبول فهي تُساعد في تحديد ما إذا كانت الجودة المطلوبة قد تحققت في دفعة من الانتاج لاتخاذ قـــرار برفض أو قبول الدفعة. ان المعلومات التي توفرها عينات القبول مفيدة في قرار قبول الدفعة بعد انتهاء عملية الانتاج، ولكنها لا تزودنا بمعلومات عن مشاكل الجودة اثناء عملية الانتاج لذلك يحتاج مدراء العمليات أدوات الضبط الاحصائي للعملية للحصول على معلومات عن الجودة اثناء عملية الانتاج للحكم على جودة العمليات.

توظف أساليب الضبط الاحصائي للعمليات ادوات الاحصاء التقليدية لضبط جودة المنتوجات والعمليات بهدف تحديد مقدار الانحراف في الجودة والعمليات باستخدام لوحات الضبط الاحصائي، ولابد من التعرف على أنواع الانحرافات التي يمكن ان تحدث في العملية الإنتاجية.

ثانيا. أنواع الانحرافات

هناك نوعان من الانحرافات تعد مصادر للتغير في العملية الإنتاجية وهما:

- **انحرافات عشوائية او طبيعية**

هي انحرافات عشوائية صرفه من الصعب تجنبها ومن الصعب تحديد مصادرها، فهي ناتجة عن عدد كبير من العوامل التي لها تأثير قليل على العملية وتتصف هذه الانحرافات بقيمها المحدودة، ومن المعروف انه لا يمكن تقليل هذه الانحرافات لأنها تحدث بشكل عشوائي، وعلى مدير العمليات التكيف وقبول هذه الانحرافات أو التغيرات مثل وجود بعض شوائب في جو المصنع أو تغير درجات الحرارة المفاجئ، ومما تجدر الإشارة إليه إن كمية الانحرافات هنا تختلف من عملية إنتاجية الى أخرى إذ تتعرض بعض العمليات الى انحرافات أكثر من عمليات أخرى.

- **انحرافات غير عشوائية او غير طبيعية**

هي تلك التغيرات أو الانحرافات التي يمكن التعرف على اسبابها ومعالجتها والتخلص منها لتقليل التباين في العمليات. ويمكن تفسير التباين في العمليات بواحدة أو أكثر من الاسباب الاتية:

- اختلاف مهارات العاملين من حيث الخبرة، والتدريب، والتأهيل العلمي، والحوافز، والاجهاد، والأهمال، والتقصير وغيرها.
- الاختلافات بين المكائن بسبب التقادم، المنشأ، الصيانة، عدم توفر الادوات الاحتياطية، وكل ذلك يؤدي الى انخفاض كفاءة المكائن.
- التباين في جودة المواد الأولية كالاختلاف في المواصفات الفنية للمواد، والتركيب الكيميائي، والمنشأ الاصلي لتلك المواد.

ثالثا. الضبط الاحصائي للعمليات

يُستخدم الضبط الاحصائي للعمليات لتقييم درجة المطابقة للمواصفات، ويُعرف الضبط الاحصائي للعمليات بانه تطبيق للتقانات الاحصائية لتحديد ما إذا كانت مخرجات العملية مطابقة لتصميم المنتوج، وتُطبق لوحات الضبط Control Charts بشكل كبير للكشف عن انحراف عملية الانتاج عن خصائص التصميم. تُفيد هذه الاداة في توجيه اهتمام الادارة الى وجود انحرافات في العمليات تؤدي الى ظهور معيب في الانتاج مثل:

- زيادة كمية اعادة العمل المتولدّة من ماكنة خراطة في معمل ميكانيكي.
- تأخر صرف تعويضات المؤمَّن لهم في شركة تأمين.
- زيادة شكاوى الزبائن في مطعم سياحي.
- زيادة نسبة التلف المفاجئ في الانتاج من ماكنة صنع العبوات البلاستيكية.

لتحديد ما اذا كان الانحراف في العمليات او في جودة المنتوج طبيعياً او غير طبيعياً فان الضبط الاحصائي للعمليات يقدم مجموعة من لوحات ضبط الجودة للمساعدة في اتخاذ هذا القرار. تعرف **مخططات او لوحات ضبط الجودة** بانها وسيلة رسم توضيحية تبنى على نتائج العينات الاحصائية وتستخدم للحصول على استنتاجات عن دور ضبط الجودة في العملية الانتاجية. أو هي اداة توضيحية تستخدم لبيان الانحرافات في المخرجات فيما اذا كانت عشوائية أو غير عشوائية، أو انها اساليب مفيدة تستخدم لقياس جودة السلع التي تنتج أو الخدمات التي تقدمها المنظمة، ويمكن القول بأن العملية تكون تحت الضبط الاحصائي اذا كانت الانحرافات قد حدثت بسبب الصدفة، وتكون خارج حدود الضبط الإحصائي اذا كانت الانحرافات غير عشوائية، وهناك نوعين من لوحات الضبط وهي:

1. لوحات ضبط المتغيرات Control Charts for Variables

تستخدم لوحات ضبط المتغيرات لمراقبة الوسط الحسابي والانحرافات في العملية، ويستفاد من هذه اللوحات في دراسة المتغيرات المستمرة كالوزن والحرارة والطول وغيرها. وهذه اللوحات على نوعين: لوحات المدى ولوحات الوسط الحسابي ويستخدمان جنباً الى جنب لضبط العملية.

أ. **لوحة المدى R-Chart:** تستخدم لمراقبة تباين العملية اذ تبين هذه اللوحة مدى تشتت العملية عن وسطها، ويحسب المدى بطرح اصغر قيمة في بيانات العينة من اكبر قيمة، ولوكان هذا الاختلاف يقع خارج حدود الرقابة للوحة المدى فيمكن القول ان العملية خارج حدود الضبط، وتحسب حدود الضبط للوحة المدى كالاتي:

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{n} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (5-1)$$ الحد المركزي

$$UCL_R = D_4\bar{R} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (5-2)$$ الحد الاعلى للضبط

$$LCL_R = D_3\bar{R} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (5-3)$$ الحد الادنى للضبط

اذ ان: $\bar{R}$ = الحد المركزي لخارطة المدى

D_4،D_3= ثوابت محسوبة على أساس ثلاث انحرافات معيارية لحجوم عينة مختلفة، ويمكن استخراجها من جداول احصائية مُعدّة مسبقا، وكما في جدول (1)

جدول (1) - قيم الثوابت A_2 ، D_3، D_4

حجم العينة (N)	A_2	D_3	D_4
2	1.880	0	3.267
3	1.023	0	2.575
4	0.729	0	2.282
5	0.577	0	2.115
6	0.483	0	2.004
7	0.419	0.079	1.924
8	0.373	0.136	1.864
9	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777

ب. **لوحة الوسط الحسابي $\bar{\bar{x}}$-Chart:** تستخدم لقياس الوسط الحسابي للعملية، ويمكن حساب حدود الضبط لهذه اللوحة كما يأتي:

الحد المركزي يحسب بقسمة مجموع الأوساط الحسابية للعينات على عدد العينات وكالاتي:-

$$CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} = \frac{\Sigma \bar{x}}{n} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (5-4)$$

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \dots\dots\dots\dots (5-5)$$ الحد الاعلى للضبط

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \dots\dots\dots\dots (5-6)$$ الحد الادنى للضبط

إذ أن:

$\bar{x}$= الوسط الحسابي للعينة

$\bar{\bar{x}}$= الوسط الحسابي للعينات

A_2 = قيمة محسوبة تستخرج من جدول (1)

<u>مثال (1):</u> -قامت احدى الشركات لانتاج المصابيح الكهربائية بسحب خمس عينات من خط انتاج المصابيح قوة 100 واط وكان حجم العينة يبلغ اربع مصابيح، ومن خلال الفحص تم تسجيل قوة اضاءة كل مفردة بـ (Lumens)، وكما موضح في الجدول الاتي:-

العينة	المشاهدات			
	1	2	3	4
1	600	610	580	600
2	540	600	610	610
3	580	620	600	590
4	620	570	590	580
5	590	590	620	570

المطلوب: أ- حساب حدود الضبط الاحصائي للوحة المدى ولوحة الوسط الحسابي.

ب- اعداد لوحة المدى ولوحة الوسط وبيان ما اذا كانت العملية تحت الضبط الاحصائي ام لا؟

الحل:

العينة	المشاهدات				المجموع	الوسط	المدى
	1	2	3	4			
1	598	610	580	600	2388	597	30
2	540	600	610	610	2360	590	70
3	580	620	600	592	2392	598	40
4	620	570	598	580	2368	592	50
5	598	596	620	570	2384	596	50

- لاعداد لوحة المدى نحسب المدى لكل عينة من خلال طرح أصغر قيمة في بيانات العينة من أكبر قيمة وكانت النتيجة على التوالي 30 ، 70 ، 40 ، 50، 50 . ثم نحسب الوسط الحسابي للمديات ($\bar{R}$) من خلال قسمة مجموع المديات على عدد العينات وفقا للمعادلة (5-1) وكما يأتي:

$$CL = \bar{R} = \frac{30 + 70 + 40 + 50 + 50}{5} = 48$$

أي ان **الحد المركزي (CL) للوحة المدى = 48**

- نحسب بعد ذلك حدود الضبط العليا والدنيا للوحة المدى بأستخدام المعادلتين (5-2) و (5-3) وأستخدام قيم الثوابت D_3 وD_4 من جدول (1).

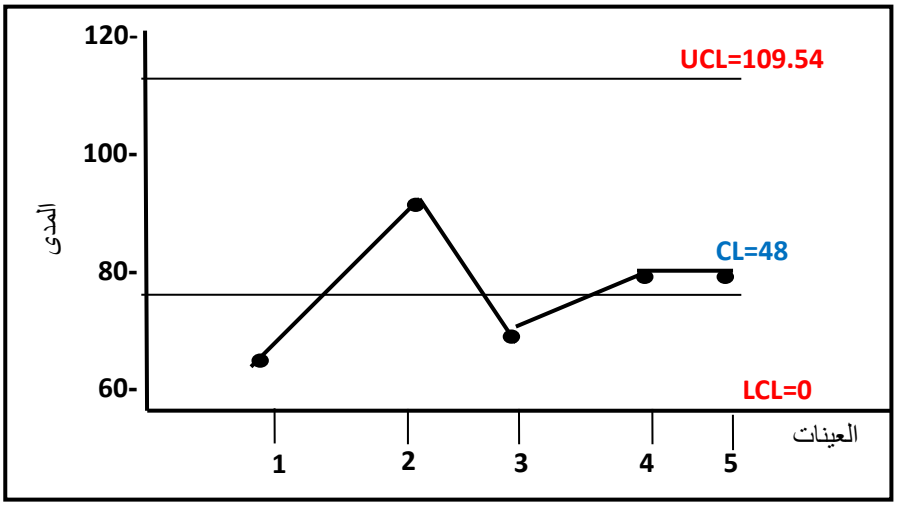
$$UCL_R = D_4\bar{R}$$

= (282.2) (48) = **109.54** **الحد الأعلى**

$$LCL_R = D_3\bar{R}$$

= (0) (48) = **0** **الحد الأدنى**

- نرسم الحد المركزي والحدين الاعلى والادنى ونقوم باسقاط مدى كل عينة على لوحة الضبط وكما يظهر في الشكل الاتي.



شكل (1): لوحة المدى لمثال (1)

التفسير: يتضح من لوحة المدى ان التباين في العملية **يقع ضمن حدود الضبط الاحصائي** لان المدى لكل عينة لم يتجاوز الحد الاعلى او الحد الادنى ولو كانت الحالة عكس ذلك لتوجب البحث عن اسباب الزيادة في التباين وتصحيح الانحرافات وعودة العملية الى حدود الضبط.

- لاعداد لوحة الوسط الحسابي نحسب الوسط الحسابي($\bar{x}$) لكل عينة، ثم نجد متوسط الأوساط الحسابية لجميع العينات($\bar{\bar{x}}$) وفق المعادلة (4-5) والتي تمثل الحد المركزي للوحة الضبط وكالاتي:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{597+590+598+592+596}{5} \text{CL}\bar{X} =$$

$$= 2973/5 \quad = 594.6$$

اي ان الحد المركزي (CL) للوحة الوسط الحسابي = 594.6

- نحسب حدود الضبط العليا والدنيا للوحة الوسط الحسابي وفق المعادلتين (5-5) و (5-6)، وبتحديد قيمة A2=0.729 من جدول (1) فأن حدود لوحة الضبط العليا والدنيا تحسب كما يأتي:-

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R}$$

$$= 594.6 + (0.729)(48)$$

$$= 594.6 + 43.992$$

$$= 629.6$$ الحد الأعلى

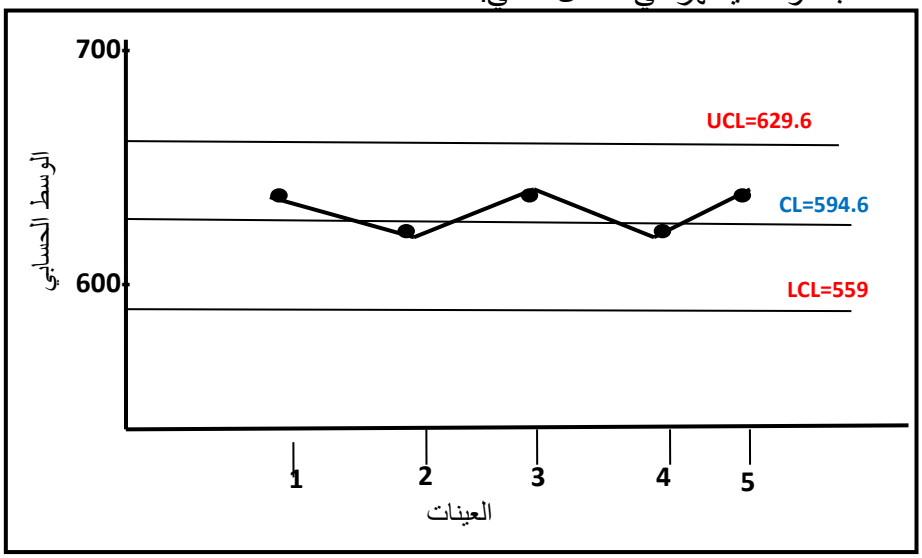
$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R}$$

$$= 594.6 - (0.729)(48)$$

$$= 594.6 - 43.992$$

$$= 559.6$$ الحد الادنى

- نرسم الحد المركزي والحدين الاعلى والادنى ونقوم بأسقاط الوسط الحسابي لكل عينة على لوحة الضبط وكما يظهر في الشكل الاتي:-



شكل (2): لوحة الوسط الحسابي لمثال (1)

التفسير: يتضح من الشكل (2) بان الاوساط الحسابية لعملية التعبئة تقع جميعها ضمن حدود الضبط ولا توجد أي حالة خارج حدود الضبط الاحصائي، **لذلك يمكن القول ان العملية تقع ضمن حدود الضبط الاحصائي**.

2. لوحات الضبط للصفات Control Charts for Attributes

تقاس الجودة احيانا بصفات غير قابلة للتعبير الكمي مثل الرائحة واللون وقدرة المنتوج على العمل وغيرها من الصفات الوصفية. وتستخدم هذه اللوحات عندما يمكننا تصنيف الوحدات المنتجة الى وحدات معيبة وغير معيبة أو على أساس تعداد العيوب في العينة أو الوحدة المنتجة، ويوجد نوعان من هذه اللوحات:

أ. **لوحة ضبط نسب المعيبات *p-Chart*:** تهتم بقياس النسبة المئوية للوحدات المعيبة في العينة.

ب. **لوحة ضبط عدد العيوب *c–Chart***: تهتم بضبط عدد العيوب في الوحدة الواحدة لعدم مطابقتها للمواصفات.

أ. لوحة ضبط نسب المعيب *p-Charts*

تستخدم هذه اللوحة لضبط الصفات اذ ان صفات المنتوج أو خصائصه يجري عدّها بدلاً من قياسها، ويمكن الحكم من خلالها على المنتوج بانه جيد / رديء، يعمل / لا يعمل. ان الفكرة الاساسية لهذه اللوحات ترتكز على اختيار عينة عشوائية، ثم فحصها وحساب عدد المعيب الكلي للعينات، والتوزيع الاحصائي الذي ترتكز عليه هذه اللوحات هو التوزيع الثنائي، وبالنسبة للعينات الكبيرة فان التوزيع الطبيعي يُعد مقاربة جيدةً للتوزيع الثنائي، ويُحسب الانحراف المعياري لنسب المعيب بالمعادلة الاتية:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad \ldots\ldots\ldots (5-7)$$

اذ ان:

n = حجم العينة

$\bar{p}$= الوسط الحسابي للمعيب، ويحسب بالمعادلة الآتية: $CL_P = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d}{N} \ldots\ldots\ldots\ldots (5-8)$

اذ ان:

d = المعيب في كل عينة

N = المجموع الكلي لمشاهدات العينات

ويُحسب الحد الاعلى والحد الادنى للوحة نسب المعيب كما يأتي:

$$UCL_P = \bar{p} + Z\sigma_p \quad \ldots\ldots\ldots (5-9)$$

$$UCL_P = \bar{p} - Z\sigma_p \quad \ldots\ldots\ldots (5-10)$$

اذ ان: z قيمة معيارية غالبا ما تساوي 3

والمثال الاتي يوضح كيفية حساب حدود الضبط للوحة نسب المعيب عندما يكون حجم العينة ثابت.

مثال (2): في معمل لإنتاج الاثاث المنزلي تم سحب 10 عينات من المناضد، وكان حجم العينة 100 منضدة. وبعد فحص المناضد تم تسجيل المعيب منها وكالاتي:

رقم العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
المعيب	10	12	9	4	3	8	10	19	7	5

المطلوب: حساب حدود الضبط الاحصائي للوحة نسب المعيب، ورسم اللوحة باستخدام z = 3، وتحديد ما إذا كانت العملية تحت الضبط الاحصائي أم لا.

الحل:

- نحسب نسب المعيب لكل عينة وكما يأتي:

رقم العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
المعيب	10	12	9	4	3	8	10	19	7	5
نسبة المعيب	0.10	0.12	0.09	0.04	0.03	0.08	0.10	0.19	0.07	0.05

- نحسب الوسط الحسابي للمعيب حسب المعادلة (5-8) كما يأتي:
-

$$\mathbf{CL} = \bar{\boldsymbol{p}} = \frac{\mathbf{10+12+9+4+3+8+10+19+7+5}}{(\mathbf{10})(\mathbf{100})}$$

$$\mathbf{CL} = \bar{\boldsymbol{p}} = \mathbf{0.087} \qquad \textbf{الحد المركزي}$$

- نحسب الانحراف المعياري بالمعادلة (5-7)

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{0.087(1-0.087)}{100}}$$

$$= 0.0282$$

- نحسب الحدود العليا والدنيا باستخدام المعادلتين (5-9) و (5-10) وكما يأتي:

$$UCL_p = 0.087 + (3)(0.0282)$$

$$= \mathbf{0.172} \qquad \textbf{الحد الاعلى}$$

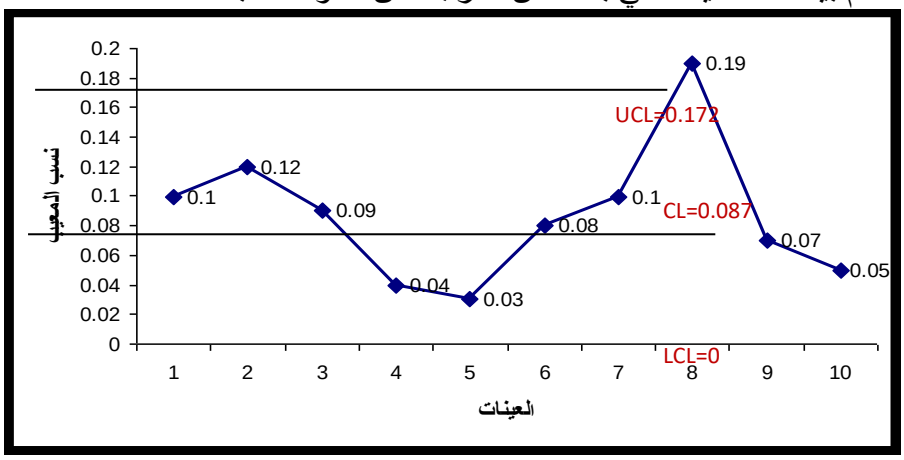
$$LCL_p = 0.087 - (3)(0.0282)$$

$$= 0.002 = \textbf{صفر} \qquad \textbf{الحد الادنى}$$

ملاحظة: إذا كان الحد الأدنى **سالبا** او **صغيرا جدا** مقارنة بنسب المعيب المستخرجة عند ذاك يعتبر **صفرا** وهنا الحد الأدنى صغيرا جدا مقارنة بنسب المعيب المستخرجة.

- بعد ذلك نرسم لوحة الضبط ونثبت عليها حدود الضبط الثلاثة ونقوم بإسقاط نسب المعيب لكل عينة على اللوحة، وكما يظهر في الشكل (3):

➢ **التفسير**: اذ يظهر بأن **جميع نسب المعيب كانت ضمن حدود الضبط الاحصائي عدا العينة الثامنة والتي تجاوزت الحد الأعلى للضبط الإحصائي**، وفي مثل هذه الحالة يجب استبعاد هذه العينة وحساب حدود الضبط الإحصائي مجددا لأنه لا يجوز إعداد لوحات ضبط باستخدام بيانات لعمليات هي بالأساس خارجة عن حدود الضبط.



شكل (3): لوحة ضبط نسب المعيب لمثال (2)

ملاحظة: في احيان عديدة لا يمكن سحب عينات من العملية بحجم متساوي لأسباب عديدة مثل عدم توفر انتاج كافي، أو تغير في حجم وجبة الانتاج، أو عدم الالتزام بتعليمات الادارة وغيرها، وفي هذه الحالة ينبغي حساب متوسط حجم العينة $(\bar{n})$ كما يأتي:

$\bar{n}$ = مجموع حجم العينات ÷ عدد العينات أو

$$\bar{n} = \frac{\sum_{i=1}^{k} si}{k} \dots\dots\dots\dots (5-11)$$

إذ أن:

k= عدد العينات

s_i= حجم العينة i

بعد حساب متوسط حجم العينة $(\bar{n})$ ينبغي احلاله في معادلة (5-7) محل (n) فيصبح الشكل الجديد لمعادلة الانحراف المعياري كالآتي:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{\bar{n}}} \dots\dots\dots (5-12)$$

ويحسب حدي الضبط للوحة نسب المعيب بالمعادلتين (5-9) و (5-10). والمثال الاتي يوضح كيفية حساب حدود الضبط في حال اختلاف حجم العينة.

مثال (3): شركة لإنتاج العلب المعدنية، سحبت عشر عينات بأحجام مختلفة من خط الانتاج وبعد الفحص ظهر في كل عينة عدد من المعيبات، وكما موضح في الجدول الاتي:

العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	المجموع
حجم العينة	100	120	112	125	140	80	127	100	90	120	**1114**
عدد المعيب	10	4	8	3	12	6	8	9	5	6	**71**

المطلوب: حساب حدود الضبط الاحصائي للوحة نسب المعيب باستخدام z = 3، ورسم اللوحة وتحديد ما إذا كانت العملية تحت الضبط الاحصائي أم لا.

الحل:

➢ نحسب الوسط الحسابي لنسب المعيب بقسمة مجموع المعيبات على مجموع حجوم العينات.

$$CL = \bar{p} = \frac{10+4+8+3+12+6+8+9+5+6}{100+120+112+125+140+80+127+100+90+120} = 71/1114$$

$= 0.063$ الحد المركزي

- حساب متوسط حجم العينة بقسمة مجموع حجوم العينات على عدد العينات وكالاتي:

$$\bar{n} = \frac{100+120+112+125+140+80+127+100+90+120}{10}$$

$$\bar{n} = 111.4$$

- حساب الانحراف المعياري بحسب المعادلة (7-5) وكالاتي:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{0.063(1-0.063)}{111.4}}$$

$$= 0.023$$

- حساب نسب المعيب لكل عينة وذلك بقسمة عدد المعيب على حجم كل عينة وكما في الجدول الاتي:

العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
حجم العينة	100	120	112	125	140	80	127	100	90	120
عدد المعيب	10	4	8	3	12	6	8	9	5	6
النسبة	0.1	0.03	0.07	0.02	0.08	0.07	0.06	0.09	0.05	0.05

- نحسب الحدود العليا والدنيا للوحة ضبط نسب المعيب وفقا للمعادلتين (9-5) و (10-5).

$$UCL_P = 0.063 + 3(0.023)$$

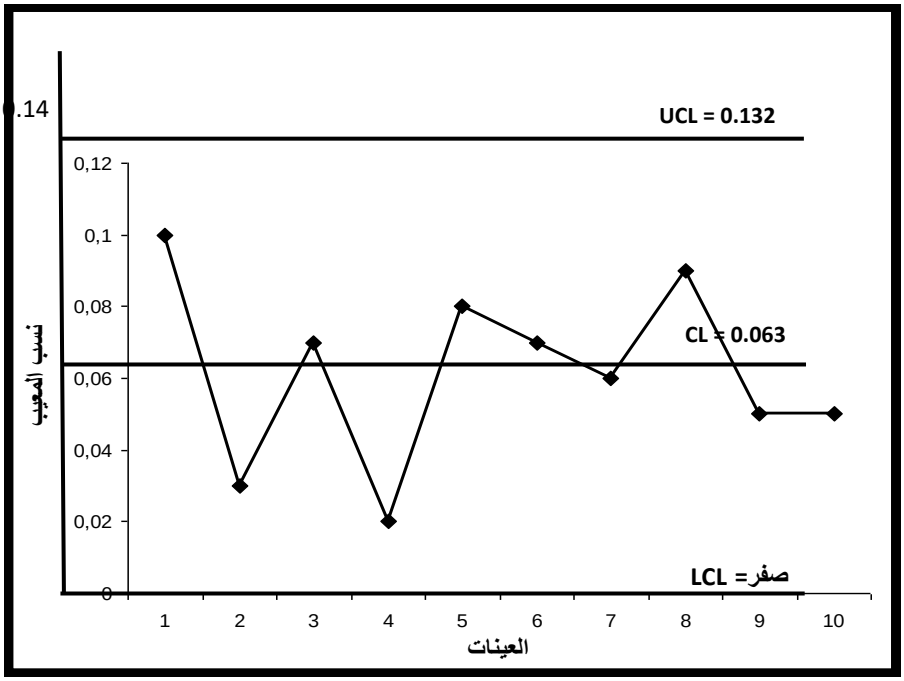
$= \mathbf{0.132}$ **الحد الاعلى**

$$LCL_P = 0.063 - 3(0.023)$$

$= - 0.006$

$=$ **الحد الأدنى صفر**

ملاحظة: إذا كان الحد الأدنى **صفرا او صغيرا جدا** مقارنة بنسب المعيب المستخرجة عند ذاك **يساوي صفرا**، وهنا الحد الأدنى سالبا وصغيرا جدا في آن واحد لذا يصبح صفرا، ثم نرسم حدود الضبط الثلاثة، ونقوم بأسقاط نسب المعيب على الرسم، وكما يظهر في الشكل الاتي، **اذ يتضح أن نسب المعيب في العملية تقع جميعها داخل حدود الضبط الاحصائي وان جميع الاختلافات التي تحققت منشأها عوامل الصدفة**.



شكل (4): لوحة ضبط نسب المعيب **لمثال (3)**

ب. لوحة ضبط عدد العيوب C-Chart

هي احدى لوحات ضبط الصفات وتعبر عن اعداد حقيقية وليس نسب مئوية وتوفر هذه اللوحة المعلومات اللازمة حول التغيرات الحاصلة في عدد العيوب من مخرجات العملية الإنتاجية. وتلجأ الادارة الى هذا النوع من اللوحات عندما تكون مهتمة في ضبط عدد العيوب في كل وحدة منتجة، مثلا عدد الاخطاء المطبعية في كل صفحة من صفحات جريدة يومية، أو عدد العيوب في كل متر مربع من السجاد، أو عدد الفقاعات الهوائية في كل قدح زجاجي وغير ذلك. وترتكز هذه اللوحات على **توزيع بواسون** اذ ان التباين يكون مساويا للوسط الحسابي في هذا التوزيع. وبما ان $\bar{c}$ هو الوسط الحسابي لعدد العيوب/وحدة فان الانحراف المعياري هو $\sqrt{\bar{c}}$. وتحسب حدود الضبط في لوحة عدد العيوب كالاتي:

- نحسب الحد المركزي الذي يمثل متوسط العيوب $(\bar{c})$ وذلك بقسمة مجموع العيوب في جميع العينات على عددها.

الحد المركزي $\bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^{n} c_i}{n} \ldots\ldots\ldots\ldots (5-13)$

اذ ان c_i = عدد العيوب في الوحدة i

أما الحدان الاعلى والادنى فيحسبان كالآتي:

الحد الاعلى $UCL_c = \bar{c} + z\sqrt{\bar{c}} \ldots\ldots\ldots\ldots (5-14)$

الحد الادنى $LCL_c = \bar{c} - z\sqrt{\bar{c}} \ldots\ldots\ldots\ldots (5-15)$

اذ ان: z = قيمة معيارية (1 أو 2 أو 3) تُستخدم لإنشاء حدود الضبط. فاذا كان **z =1** فان حدود الضبط تبلغ 68.26%، وإذا كانت **z = 2** فان حدود الضبط تبلغ 95.44%، أما إذا كان **z = 3** فذلك يعني ان حدود الضبط تساوي 99.74%.

مثال (4): قام مسؤول ضبط الجودة في معمل انتاج الورق بسحب 5 رولات من عملية التقطيع، وبعد فحص الرولات وجدت العيوب الاتية:

الرولة	1	2	3	4	5	المجموع
عدد العيوب	16	21	17	22	24	100

المطلوب: ايجاد حدود الضبط للوحة عدد العيوب باستخدام 3 انحرافات معيارية، ورسم اللوحة الخاصة بها، وتوضيح ما إذا كانت العملية ضمن حدود الضبط ام لا.

الحل:

- نحسب متوسط العيوب حسب المعادلة (13-5) وكما يأتي:

$$\bar{c} = \frac{16 + 21 + 17 + 22 + 24}{5} = 20$$

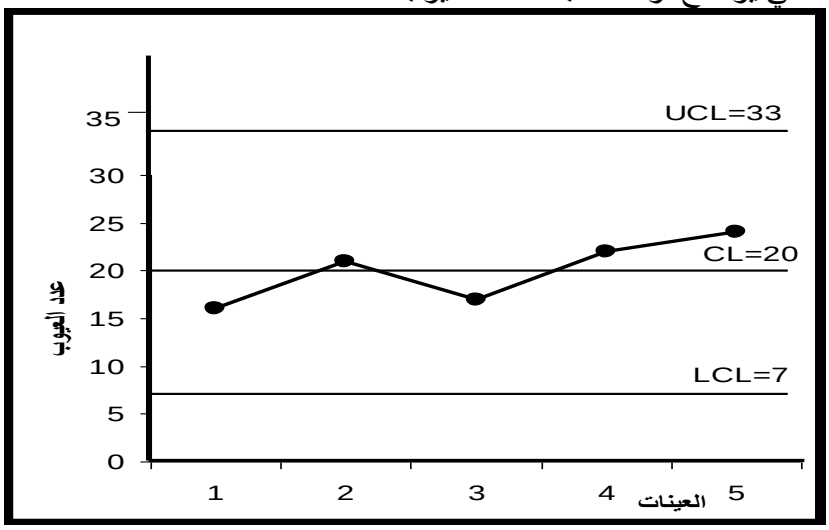
أي ان الحد المركزي CL = 20

- نحسب الحد الاعلى والحد الادنى حسب المعادلتين (14-5) و (15-5) وكالآتي:

$UCL_c = 20 + 3\sqrt{20} \approx$ **33** **الحد الأعلى**

$LCL_c = 20 - 3\sqrt{20} \approx$ **7** **الحد الأدنى**

- نرسم حدود الضبط للوحة عدد العيوب ونقوم بإسقاط عدد العيوب في كل رولة على الرسم والشكل الاتي يوضح لوحة ضبط عدد العيوب.



شكل (5) - لوحة ضبط عدد العيوب لمثال (4)

يتضح من الشكل السابق ان عدد العيوب في كل رولة ورق يقع ضمن حدود الضبط الإحصائي، ونستنتج من ذلك بان العملية ضمن حدود الضبط الاحصائي.

رابعا. عينات القبول

قبل ان نتطرق الى عينات القبول لابد من التمييز بين نوعين من الفحص: الفحص الشامل والفحص بالعينات نظرا لعلاقتهما بعينات القبول.

1. الفحص الشامل

الفحص الشامل هو اجراء الاختبارات اللازمة لجميع الوحدات ضمن كمية أو دفعة الانتاج، اذ يتم قياس جودة المنتوج ومقارنته بمعايير الجودة الموضوعة، وبهذه الطريقة يتم فرز الوحدات المعيبة عن الوحدات الصالحة، ومن عيوب الفحص الشامل ما يأتي:

- التعب الذهني نتيجة فحص اعداد كبيرة من قبل الفاحصين مما يسبب وقوعهم في اخطاء اثناء عملية الفحص والذي يؤدي احيانا الى رفض وحدات صالحة او قبول وحدات معيبة.
- ارتفاع كلفة الفحص للوحدة الواحدة خاصة عند عدم وجود وحدات معيبة.
- تستغرق وقت طويل.

2. الفحص بالعينات

تُعد عينات القبول نوع من أنواع الفحص اذ يتضمن سحب عينات عشوائية من "كمية الشراء lot" او "دفعة انتاج batch" من المنتوجات تامة الصنع وفحصها وفقاً لمواصفات أو معايير محددة سلفا، والفحص بالعينات يعد اقتصادي مقارنة بالفحص الشامل، وتستخدم جودة العينة للحكم على جودة الكميات المنتجة أو الدفعة الواردة للمجهز، ويمكن فحص الصفات والمتغيرات بعينات القبول الا ان فحص الصفات Attributes هو الاكثر شيوعاً في الصناعة، وفي الغالب تستخدم عينات القبول لضبط منتوجات تامة الصنع مشتراة من المجهزين أو منتوجات تامة الصنع انتجتها الشركة، واستناداً الى نسبة أو عدد المعيبات الموجودة في العينة يجري التصرف بالدفعة المرفوضة بإحدى الطرق الاتية:

1) اعادة الكمية المشتراة الى المجهز.
2) اجراء الفحص الشامل للكشف عن جميع الوحدات المعيبة ومطالبة المجهز بالتعويض وتحميله تكاليف الفحص والنقل.
3) أتلافها أو أعادة العمل على الوحدات المعيبة، إذا أمكن، واعادتها الى صف المنتوجات الجيدة.

ولا تُعد عينات القبول بديلاً عن ضبط العمليات، لان المدخل الأرجح هو بناء الضبط الاحصائي للجودة لدى المجهز أو في العمليات بهدف ازالة عملية عينات القبول لأنها مكلفة ولا تضيف قيمة للمنتوج، ومن الادوات المستخدمة في وضع خطة الفحص بالعينات هو **منحنى خصائص العمليات**.

خامسا. منحنى خصائص العمليات Operating Characteristics Curve (OC)

يعد منحنى خصائص العمليات أحد ادوات خطة الفحص بالعينات ويهدف الى مساعدة الشركة في التمييز بين الدفعات الجيدة والرديئة، وهذه الاداة تساعد، ايضا، في اعداد خطة عينات القبول، أي تحديد حجم العينة (n) ومستوى القبول (c). أن الغرض من ذلك هو حساب احتمال قيام خطة عينات بقبول أو رفض دفعات بمستويات جودة مختلفة.

تؤثر عينات القبول على طرفين: **المُنتِج الذي قام بالإنتاج**، و**الزبون الذي يشتري المنتوج**، فعند صياغة خطة العينات فان كل طرف يرغب بتجنب كلفة الخطأ المتولد عن قبول أو رفض الدفعة، فالمُنتِج عادة يتحمل مسؤولية تعويض جميع الوحدات المعيبة في الدفعة المرفوضة أو تحمل كلفة الدفعة الجديدة المرسلة الى الزبون، ولذلك فان المُنتِج يرغب بتجنب خطأ قيام الزبون برفض دفعة جيدة على أساس أنها رديئة، وتسمى **بمخاطرة المنتج (Producer's Risk)**. ومن جانب آخر فان الزبون يرغب بتجنب خطأ قبول دفعة رديئة على أساس أنها جيدة، ويسمى ذلك **بمخاطرة الزبون (Customer's Risk)**، ويتضمن منحنى خصائص العمليات أربعة مفاهيم أساسية هي:

1.مستوى الجودة المقبول Acceptance Quality Level (AQL)

هو أدنى مستوى من الجودة نرغب بقبوله، وبمعنى آخر قبول الدفعات التي تتضمن هذا المستوى أو مستوى جودة أفضل منه ولكن ليس أقل من ذلك، فمثلا إذا كان مستوى الجودة المقبول يساوي 15 معيب في دفعة تتكون من 1000 وحدة، فان مستوى الجودة هو (1000/15) = 1.5 %. فلو كانت نسبة المعيب 1.5 % أو أقل من ذلك فان الدفعة تعتبر مقبولة.

2.نسبة المعيب المسموح به في الدفعة Lot Tolerance Percent (LTPD) Defective

يشير الى مستوى جودة الدفعة التي تعتبر مرفوضة او رديئة، وبمعنى آخر اننا سنرفض الدفعات بهذا المستوى من الجودة أو أقل، فلو تم الاتفاق على ان نسبة المعيب المسموح به هو 60 معيب في دفعة تتكون من 1000 وحدة فان LTPD يساوي 1000/60 = 6% معيب، ولإعداد خطط عينات فان المنتج والزبون لا ينبغي ان يحددا فقط الدفعات الجيدة والدفعات الرديئة من خلال AQL وLTPD ولكن ينبغي ان يحددا مستوى مخاطرة المُنتِج ومستوى مخاطرة الزبون.

3. مخاطرة المُنتِج Producer's Risk (α): هي احتمال رفض دفعة جيدة ظناً انها رديئة، وتحدث نتيجة احتواء عينة عشوائية على نسبة معيب أعلى من نسبة المعيب في الدفعة بأكملها، اي ان هناك احتمال لرفض عينة جيدة بمستوى جودة مقبول، وفي الغالب يتم تحديد مخاطرة المنتج (α) في خطط العينات بمستوى مخاطرة للمنتج مقدارها مثلا 5%، بمعنى آخر أن احتمال رفض دفعة جيدة يبلغ 5%.

4.مخاطرة الزبون Customer's Risk (β): هي احتمال قبول دفعة رديئة ظناً انها جيدة، وتحدث نتيجة احتواء عينة عشوائية على نسبة معيب أقل من نسبة المعيب في الدفعة بأكملها، على سبيل المثال - غالبا ما يتم تحديد مخاطرة الزبون في خطط العينات بمستوى $\beta = 0.10$ أو 10%.

- **يُشار الى احتمال رفض دفعة جيدة بخطأ من النوع الاول Type I Error بينما احتمال قبول دفعة رديئة يُشار اليه بخطأ من النوع الثاني Type II Error.**

سادسا. قدرة العملية Process Capability

تساعد تقنيات الضبط الاحصائي للعملية المديرون في تحقيق والمحافظة على توزيع عمليات غير قابلة للتغيير من حيث الوسط الحسابي والانحراف المعياري. ان حدود لوحات الضبط الاحصائي تُطلِق انذاراً عندما يتغير الوسط الحسابي والانحراف المعياري للعملية، مع ذلك فان العملية التي تكون ضمن حدود الضبط الاحصائي قد لا تُنتِج السلع أو تُقدم الخدمات طبقاً لخصائص التصميم لان حدود الضبط الاحصائي تستند على الوسط الحسابي والانحرافات لتوزيع العينة وليس خصائص التصميم.

تُشير قدرة العملية الى امكانية العملية من مطابقة خصائص التصميم للسلعة أو الخدمة، اذ يتم التعبير عن خصائص التصميم كقيمة اسمية، أو هدف أو مقدار سماح اعلى أو أقل من القيمة الأسمية، فعلى سبيل المثال لو كانت خصائص التصميم التي تُحدد عمر إطار السيارة بـ 30000 كم (قيمة اسمية) وبسماحات مقدارها ± 5000 كم فان هذا السماح يعطي حد أعلى للخصائص متمثلة بـ 35000 كم وحد أدنى من الخصائص يتمثل بـ 25000 كم. ان العملية التي تُنتِج اطارات السيارات ينبغي ان تكون قادرة على انتاج الاطارات ضمن هذه الخصائص والا فإنها

سوف تُنتِج نسبة معينة من الاطارات التي لا تدوم الى الحد الاعلى للخصائص. من ناحية أخرى قد تكون الادارة راغبة في تقصي بعض الحالات التي يدوم فيها إطار السيارة أكثر من 35000 كم لان هناك شيء يمكن ان يُستفاد منه في تصميم العملية في المستقبل، **ولقياس قدرة العملية هناك مقياسين هما: نسبة قدرة العملية ومؤشر قدرة العملية.**

1. **نسبة قدرة العملية**:

هي مؤشر لقياس قدرة العملية، فيقال ان عملية ما ذات قدرة، إذا كانت القيم المتطرفة لتوزيع العملية تقع ضمن الحد الاعلى والحد الادنى لخصائص السلعة أو الخدمة. كقاعدة عامة فان معظم قيم توزيع العمليات تقع ضمن ±**3 انحرافات معيارية**، وبمعنى آخر فان مدى قيم قياس الجودة المتولد من العملية يساوي تقريباً 6 انحرافات معيارية، لذلك فان الفرق بين الحد الاعلى والحد الأدنى للخصائص يجب ان يكون أكبر من 6 انحرافات معيارية في الاتجاهين. وتُحسب **نسبة قدرة العملية** C_p بالمعادلة الاتية:

$$C_P = (U - L) / 6\sigma \quad \text{..... (5-16)}$$

اذ ان:

CP = نسبة قدرة العملية
U = الحد الأعلى للخصائص
L = الحد الأدنى للخصائص
σ= انحراف معياري

- **<u>ملاحظة:</u> اذا كانت قيمة $C_p > 1$ فان مدى السماح أكبر من مدى المخرجات الفعلية للعملية، اي ان العملية تُنتج ضمن خصائص المواصفات، اما إذا كان $C_p < 1$ فان العملية تُنتِج سلع أو خدمات خارج حدود السماح.**

<u>مثال (5)</u>: افترض ان معدل عُمر إطار السيارة الذي تنتجه احدى شركات انتاج الإطارات يبلغ 28000 كم، والانحراف المعياري يبلغ 800 كم، وان القيمة الاسمية لحياة الإطار هي 30000 كم، كما ان الحد الاعلى لخصائص الإطار تبلغ 33000 كم والحد الادنى للخصائص يبلغ 27000 كم.

المطلوب حساب نسبة قدرة العملية.

الحل: بالرجوع الى المعادلة (5-16)

$$C_p = (33000 - 27000) / (6 \times 800)$$
$$= 1.25$$

- بما ان $1.25 > 1$ فذلك يعني ان مدى السماح في العملية أكبر من مدى المخرجات الفعلية للعملية، **أي ان العملية ضمن خصائص المواصفات.**

2. **مؤشر قدرة العملية:**

يهدف هذا المؤشر الى تحديد ما إذا كانت العملية لها القدرة على انتاج سلع أو خدمات قريبة من الحد الادنى أو الاعلى من خصائص العملية، ويُحسب هذا المؤشر (C_{pk}) بالمعادلة الاتية:

$$C_{pk} = Min.of\left[\frac{\bar{\bar{x}} - L_s}{3\sigma}, \frac{U_s - \bar{\bar{x}}}{3\sigma}\right] \text{..... } (5-17)$$

اذ ان: C_{pk} = مؤشر قدرة العملية
L_s = الحد الادنى لخصائص العملية
U_s = الحد الاعلى لخصائص العملية
$Min.of$ = *اصغر قيمة من*

<u>مثال (6)</u>: استخدم معطيات **مثال 5** في حساب مؤشر قدرة العملية وفسّر معناها.

الحل:

$$C_{pk} = Min.of[\frac{28000 - 27000}{3(800)}, \frac{33000 - 28000}{3(800)}]$$

$$= Min.of\ [0.41\ ,\ 2.08] = 0.41$$

- **التفسير**: يشير مؤشر قدرة العملية الى ان توزيع مخرجات العملية قريبا جدا من الحد الادنى لخصائص العملية وان العملية تُنتِج اطارات عمرها العملي قريب من 27000 كم، لذلك ينبغي على المدير البحث عن طرق للنهوض بقدرة العملية وجعلها قريبة من القيمة الاسمية لخصائص التصميم والبالغة 30000 كم، أو محاولة زيادتها عن ذلك.