الفصل الثالث عشر

الرقابة الإحصائية للجودة

1. مقدمة
2. التطور التاريخي لرقابة الجودة
3. أخطار المستهلكين والمنتجين
4. التغيرات الطبيعية والمحددة
5. عيّنة القبول
   - 5-1. عيّنة القبول بالمواصفات
   - 5-2. منحنى التشغيل المميز
   - 5-3. معدل الجودة الناتجة
   - 5-4. عيّنة القبول بالمتغيرات
6. خرائط الرقابة الإحصائية للعملية
   - 6-1. خرائط رقابة العملية للمتغيرات
   - 6-2. خرائط رقابة العملية للمواصفات

obeikan.com

الفصل الثالث عشر
الرقابة الإحصائية للجودة

1. مقدمة:

تعرضنا في الفصل السابق لأهمية تحسين الجودة، ودورها في زيادة حجم العمل، وضمان بقاء واستمرار المنظمة في ميدان الأعمال. وأيضاً الوسائل المستخدمة في عملية التحسين، وخطوات عملية تحسين الجودة وبرامج الجودة. وسنؤكد في هذا الفصل على أهمية تصميم السلعة وفقاً للمواصفات الموضوعة. وذلك باتِّباع مجموعة من طرائق وأدوات التحسين، ودور وأهمية الطرائق الإحصائية في منع المشاكل، وإنتاج السلعة وفقاً للمواصفات من خلال التأكيد على جودة العملية.

وتُعرَّف جودة العملية بأنها: «قياس عملية تجهيز السلع أو الخدمات عن طريق عملية تحويل تطابق مواصفات تصميمها»[303].

ويوضح هذا الفصل طرائق الرقابة الإحصائية للجودة. وإن الفوائد التي يحققها هذا الفصل هي:

1. تحديد المشاكل المتعلقة بعملية التحويل.
2. حل هذه المشاكل.
3. تحسين عملية التحويل.

وهذا سيوضح لنا أن الجهود المستمرة لتحسين جودة العملية الإنتاجية تقود إلى تحسين مستمر في جودة السلعة، وتخفيض في تكاليف الإنتاج، وزيادة القدرة التنافسية للمنظمة، دون زيادة في التجهيزات أو استخدام أفراد جدد.

---

(303) Noori, Hamid & Russell Radford (1995), op. cite, p. 330.

2. التطور التاريخي لرقابة الجودة:

ظهر موضوع الرقابة على الجودة منذ مرحلة الثورة الصناعية. وقد صاحب عملية تقسيم العمل والتخصص، حيث أصبح كل عامل مسؤولاً عن جزء صغير من السلعة المنتجة. وخلال القرن العشرين، ازداد حجم المنظمات بشكل كبير، وأصبحت عملية المعاينة والفحص عملية فنية منظمة تخلو من العيوب. إذ يجتمع الأفراد المسؤولون عن المعاينة ليكتبوا التقرير، ويقدموه إلى مدير العمليات، بهدف التأكد من أن السلع المعابة لم يتم بيعها إلى الزبائن. ولكن، وفي بداية العشرينيات من القرن العشرين، ونتيجة للتطور، فقد ظهر قسم منظم لرقابة الجودة يمارس أعمال الرقابة على الجودة، وبنتيجة هذا التطور، فقد وُجِد أحياناً توتر بين العمال ومعايني رقابة الجودة.

وفي عام 1924 قدم Walter A. Shewhart في مختبرات شركة بيل للهواتف في الولايات المتحدة الأمريكية مبادئ خرائط الرقابة الإحصائية للجودة. وقدم كل من Dodge & Roming جداول عينات القبول. وفي نفس الوقت، ازدادت أهمية الرقابة على الجودة بشكل كبير، وأصبح لها موقع مهم في الهيكل التنظيمي، وفي مستوى الإدارات الرئيسية الأخرى. وقد تطلب الأمر اشتراك المهندسين المسؤولين عن التصميم، ومهندسي العملية، ومحللي رقابة الجودة والمراقبين والعاملين في خطوط الإنتاج والمعدات.

وقد احتل مدير رقابة الجودة نفس المستوى التنظيمي للإدارة الهندسية والتصنيع والتسويق والتمويل، وباقي الوظائف الرئيسية الأخرى، وأصبح يعمل بالتنسيق مع الإدارات الأخرى من أجل تطوير مواصفات السلعة[304].

أما فيما يخص مساهمة العالم الأمريكي William Edward Deming فقد اقترح طريقة إحصائية للرقابة على الجودة في المنظمات اليابانية. فقبل Deming كانت المنظمات اليابانية تنتج سلعها بمستوى رديء، إلا أن الصورة

(304) التميمي، حسين عبد الله حسن (1994)، مرجع سبق ذكره، 282.

قد تغيرت بعد ذلك بشكل كبير. وفي الوقت الحالي، نلاحظ أن السلع اليابانية من أفضل السلع في العالم من حيث الجودة. وقد أطلق على Deming بطل اليابان، وخصصت جائزة سنوية باسمه تمنح لأفضل شركة صناعية في اليابان. وقد وضع Deming أربع عشرة نقطة تعتبر من أهم النقاط في تطوير وتحسين ورقابة الجودة.

وبعد الحرب العالمية الثانية، لم تكن الصناعة في الولايات المتحدة قادرة على إنتاج السلع ذات الجودة الكافية لترضي حاجات الزبائن والمستهلكين، بالإضافة إلى الحصة السوقية المنخفضة للسلع المصنّعة في أمريكا. لذلك فقد كان هناك إلحاح كبير لتحسين السلع والخدمات، والتأكيد على اتّباع الطرائق الإحصائية لضمان مطابقة السلع للمعايير المحددة[305].

وقد تشكّلت الجمعية الأمريكية لرقابة الجودة في عام 1946. وكان التأكيد الأولي لها على طرائق الرقابة الإحصائية للجودة. واهتمت بمشاكل قابلية الاعتماد، ومسؤولية السلعة، والأعطال صفر، ورقابة الجودة الشاملة. وقد عملت على نشر واستعمال أفكار رقابة الجودة في صناعات الإنتاج الخدمي[306].

هذا وقد عُرفت رقابة الجودة بأنها: «**وظيفة إدارية تقوم على رقابة المواد الخام والسلع المنتجة، وتهدف إلى منع إنتاج الوحدات المعابة**»[307].

ولتحقيق هذه المسؤوليات يجب أن تستعمل تنظيمات رقابة الجودة جميع الوسائل والأجهزة والأدوات القابلة للتطبيق بهدف منع واكتشاف وتصحيح الأخطاء. إذ إنّ المتغيرات التي تؤثر على الجودة تنتج من العمال أو المواد أو الآلات، والتي يجب أن تُراقب. فالعمال يتنوعون في المهارات، والمواد تتنوع في تراكيبها بسبب الاختلافات التشغيلية، والآلات تتنوع في أدائها نتيجة

---

(305) Gabor, Andrea (1990), op. cite, p. 57.

(306) شقرا، آكرم (1995)مرجع سبق ذكره، ص 472.

(307) Hayes, Glenne. & Harry G. Roming (1982), op. cite, p. 10.

الاختلافات في التصميم والتصنيع، ولكي تتحقق رقابة الجودة، فإن جميع المتغيرات التي تظهر في تصميم السلع والمواد والتشغيل والتصنيع يجب أن تُجلب تحت الرقابة.

والمعاينة هي جزء من رقابة الجودة تختص بالكشف والفحص. وتشمل عملية المعاينة الكلية غالباً التقييم للأجزاء المشتراة والأجزاء المصنّعة، وحتى الأجزاء التي تكون في الخدمة. وهدف المعاينة هو التحديد عن طريق الفحص للأجزاء أو سلامة الاختبارات إذا كانت السلعة تطابق معايير الجودة المحددة أم لا. وهناك علاقة متممة بين رقابة الجودة وتنظيم المعاينة وفحص الأجزاء بهدف تحقيق المطابقة الضرورية. وفي الواقع العملي يُطور تنظيم رقابة الجودة المواصفات والإجراءات التي تنفذ عن طريق أفراد المعاينة[308].

3. أخطار المستهلكين والمنتجين: (النوع الأول والنوع الثاني من الأخطر):

Producer and Consumer Risks Type (I) and Type (II) errors:

هناك أخطار مترافقة مع عيّنة القبول. وبما أن كامل الكمية يُقبل أو يُرفض على أساس العيّنة المسحوبة عشوائياً، فإنه يمكن أن ترفض الكمية الجيدة أو تقبل الكمية المعابة، فالكمية التي نعتبرها جيدة، إذا التقت جودتها أو فاقت المستوى المحدد يدعى بمستوى الجودة المقبول (AQL) Acceptable Quality Level وتعتبر الكميات في هذا المستوى للجودة جيدة، ونرغب باحتمال عالٍ لقبولها.

وبالنسبة لأهداف عيّنة القبول يعتبر مستوى الجودة المقبول قيمة مُرضية لمعدل العملية. فإذا كان مستوى الجودة المقبول يساوي (1%) من الوحدات المعابة في كمية مؤلفة من (100) وحدة، فإن الكمية المؤلفة من

(308) Hayes, Glenne. & Harry G. Roming (1982), op cite, p. 10.

(500) وحدة تكون جيدة، إذا احتوت خمس وحدات معابة أو أقل. إن رفض الكمية التي جودتها الفعلية أفضل من أو تساوي مستوى الجودة المقبول هو خطر المنتج.

ويرغب المنتج في أن ينخفض. وبذلك فإن رفض الكمية التي تكون جودتها مساوية إلى أو أفضل من مستوى الجودة المقبول، يدعى النوع الأول من الأخطاء Type (I) في عيّنة القبول، ويرمز لخطر المنتج بالرمز (α) ويشير إلى احتمال أن الكميات في مستوى الجودة المقبول (AQL) ستكون غير مقبولة، وغالباً α =5% أي احتمال رفض الإنتاج الجيد.

وبذلك فإن خطر المنتج (α) هو احتمال وجود النوع الأول من الأخطاء. وفي عيّنة القبول إن الكمية المعابة هي الكمية التي تكون جودتها أسوأ من القيمة المقدرة، والتي يشار إليها بنسبة الوحدات المعابة الموجودة في الكمية (LTPD) Lot tolerance percent defective أو مستوى التحمل، والذي يمثل الخط الفاصل بين الكميات الجيدة والكميات السيئة، وتعتبر الكميات في مستوى الجودة هذا منخفضة، ونرغب باحتمال منخفض لقبولها، وبذلك فإن قبول الكمية التي تكون جودتها مساوية إلى أو أسوأ من (LTPD) يشار إليها بالنوع الثاني من الأخطاء في عيّنة القبول وخطر المستهلك Consumer Risk يرمز له بالرمز (β) وهو احتمال وجود النوع الثاني من الأخطاء وغالباً β=10% أي احتمال قبول الإنتاج السيئ.

4. التغيرات الطبيعية والمحددة:

تعد جودة العملية جيدة عندما تنتج جميع السلع والخدمات عن طريق عملية تحويل تلتقي قيمة كل هدف محدد في تصميم السلعة. ولكن في أحيان كثيرة قد تنحرف السلعة عن القيمة المحددة للهدف. وبذلك تصبح السلعة ذات جودة رديئة. وعلى هذا الأساس فإنّ رقابة العملية هي تخفيض الانحرافات التي قد تظهر. ولكن لسوء الحظ، فإن تخفيض جميع الانحرافات عن قيم

الهدف يعد مهمة مستحيلة، لأنّ المخرجات في أي عملية هي موضوع للانحراف. وفي الواقع إن الانحرافات التي تظهر في عملية الإنتاج تقع ضمن النوعين التاليين:

أ. الانحرافات التي تحدث نتيجة الصدفة البحتة (الانحراف الطبيعي):

Natural Variation وهو الانحراف الذي يحدث في العملية، والذي لا يمكن إيجاد أسباب محددة لتبريره. ويظهر في أسلوب عشوائي. وهناك القليل جداً الذي يمكن أن نعمله بشأنه.

ب. الانحرافات التي تحدث نتيجة أسباب محددة Assignable Variations:

وهو الانحراف الذي يحدث في العملية والذي يمكن إيجاد أسباب محددة لتبريره. وتحدد أسباب هذه الانحرافات **بما يلي:**

أ. الاختلافات بين العمال.

ب. الاختلافات بين الآلات.

ج. الاختلافات بين المواد.

د. الاختلافات المطلوبة للتفاعل بين أي نوعين أو أكثر من الأسباب السابقة.

ويمكن أن تطور مجموعة الأسباب المحددة القابلة للمقارنة بالنسبة لأي عملية، مثال: قد تكون الأسباب المحددة للانحرافات في الغياب، أمراض الأوبئة والتغيرات في العلاقات الشخصية في المنزل، أو في وضع عمل العامل وأسباب أخرى. فعندما تكون العملية في حالة من الرقابة الإحصائية، فإن الانحرافات التي تظهر في عدد من العيوب وحجم الأبعاد والتركيب الكيميائي والوزن، تكون مناسبة لانحرافات الصدفة الطبيعية. ويقال بأن عملية الإنتاج في حالة من الرقابة عندما تكون صفات الجودة للسلعة خاضعة للتغير العشوائي فقط[309].

ولكن من هو المسؤول عن تخفيض هذين النوعين من الانحرافات؟.

---

(309) Sincich, Terry (1990): **Business Statistics by examples**, (3rd ed.), Macmillan publishing CO., Singapore, p. 601.

ومن وجهة نظرنا فإنّ التغير الطبيعي يجب أن يُعالج من قبل الإدارة، أما التغير المحدد فيجب أن يُعالج من قبل العمال. ويعود السبب في ذلك إلى أن التغير الطبيعي تابع للعملية، وأن الطريق الوحيد لتخفيضه هو التغير الفني للعملية. فالقرارات الإستراتيجية التي تتطلب استثمارات تقانية رئيسية لا تفوض للعمال. ويمكن أن تتطلب أيضاً التغيرات في العملية تغيرات متتابعة في تصميم السلعة، والمواد، ومهارات القوى العاملة وتصميم العمل. وتطبيق هذه التغيرات يجعل العملية حساسة إستراتيجياً.

ويظهر التغير المحدد كنتيجة للتغير غير العشوائي في العملية. ولتخفيض هذه التغيرات يجب إعداد برامج لتدريب العمال، وإنشاء دوائر للجودة، وتعزيز ثقتها بنفسها. وبذلك نصل إلى النتيجة التالية، وهي أن التحسين القليل خير من ظهور التغير الكبير.

ولكن عندما تقرر الإدارة تحسين عملياتها، فإنها يجب أن تختار أي العمليات يجب أن تُحسن أولاً. وتكمن الإجابة عن هذا السؤال في أن يتم تحسين العملية التي تخلق الربح الصافي الأكبر للزبون. وهذا ليس من السهل التعرف والوصول إليه، ولكن بتحديد وفهم طبيعة تحسين العمليات، ومعرفة حاجات ورغبات الزبائن، فإن المهمة تصبح أسهل.

5. عيّنة القبول: Acceptance Sampling

تشير عيّنة القبول إلى تقييم إحدى العيّنات العشوائية أو أكثر للوحدات المسحوبة من كمية من الوحدات، وتقبل أو ترفض كامل الكمية على أساس نتائج العيّنة. ويمكن أن تستعمل عيّنة القبول كبديل لمعاينة 100% (أي معاينة كامل الكمية) وذلك **للأسباب التالية:**

1. إن تكلفة مرور العدد المحدود من السلع المعابة تكون منخفضة.
2. عدد السلع المعاينة كبير.
3. استمرار وثبات العملية التي تنتج السلع.

فإذا كان الأسلوب الوحيد لأي سلعة يمكن أن تعاين ينتج في تجزئتها. فإن معاينة 100% (كامل الكمية) ليست عملية. ويمكن أن تكون عيّنة القبول الخيار الوحيد. **ومن مبررات اختيار عيّنة القبول ما يلي:**

أ. إن بعض الاختبارات تحتاج إلى تجزئة وتخريب للسلعة لكي نحصل على النتيجة، كالفيوزات الكهربائية.

ب. إن دقة المعاينة والفحص ستكون ضعيفة بعد القيام بمعاينة عدة مواد متشابهة. وإنّ الاستمرار في عملية المعاينة قد يرهق المعاين. وهذا ما يؤثر على فاعلية عملية المعاينة في اكتشاف العيوب والأخطاء.

ج. قد تؤدي استخدامات المواد إلى تلفها أو تغيير في مواصفاتها أثناء المعاينة. إذ إنّ هناك بعض المواد التي تحتاج إجراءات معاينتها إلى مدة قصيرة، وإلا نتج عن ذلك فسادها كالأدوية مثلاً.

د. قد تكون تكاليف المعاينة عالية، وخاصة الإجراءات التي تحتاج إلى نزع غلاف السلعة، أو تفكيك الأجهزة التي قد تحتاج إلى أدوات خاصة.

ه. قد تنطوي المعاينة على مخاطر غير مضمونة النتائج. وبشكل خاص عندما تكون إجراءات المعاينة تتضمن ذلك كاختبارات الضغط.

يمكن أن تستخدم عيّنة القبول لمعاينة كل من المواصفات Attributes والمتغيرات Variables.

وتستخدم لمعاينة المواد الخام الواردة إلى المنظمة، وفي معاينة السلع المنتهية، وتحدد كمية الوحدات المرفوضة على المستوى غير المقبول للعيوب الموجودة في العيّنة. إذ يمكن أن تعاد الكمية إلى المورد أو أن تعاين 100% (كامل الكمية) لاختبار هذه العيوب، مع الأخذ بعين الاعتبار تكلفة المعاينة. وسندرس عيّنة القبول بالنسبة لكل من المواصفات والمتغيرات.

1-5. عيّنة القبول بالمواصفات: Acceptance sampling by Attributes

تصنف خطط العيّنة بالمواصفات في ثلاث خطط أساسية هي:

5-1-1. خطة العيّنة المفردة: Single Sampling Plan

تؤخذ عيّنة واحدة مؤلفة من (n)من الوحدات بشكل عشوائي من الكمية. وتفحص كل سلعة في العيّنة، فأي سلعة تحتوي عيباً واحداً أو أكثر تصنف على أنها معابة، ويسجل عدد الوحدات المعابة. وبذلك فإن العيب هو النقص أو الخلل في السلعة، أما السلعة المعابة فهي السلعة التي تحتوي عيباً واحداً أو أكثر. وبفرض أن (n) حجم العيّنة المسحوبة من كمية من الوحدات و(c) عدد الوحدات المعابة و(x) عدد الوحدات المقبولة، فإنّ قرار القبول أو الرفض لكامل الكمية يكون على الشكل التالي:

إذا كان $x < c$ تُرفض الكمية

$x \geq c$ تُقبل الكمية

ولتوضيح كيفية حساب (n) و(c) نورد المثال التالي:

مثال: تقوم إحدى المنظمات بإنتاج سلعة لصالح إحدى الهيئات الحكومية. وقد حددت البيانات التالية: $\alpha = 5\%$ ، $\beta = 10\%$ ، AQL=2% ، LTPD=8% ولتحديد n, c نتبع الخطوات التالية وفق الجدول رقم (25).

عدد الوحدات المعابة	الجزء المرادف من جداول عينات القبول	
0	44.980	0.052
1	10.946	0.355
2	6.509	0.818
3	4.890	1.366
4	4.057	1.970
5	3.549	2.613
6	3.206	3.286
7	2.957	3.981
8	2.768	4.695
9	2.618	5.426

الجدول رقم (25) البيانات المستخدمة في تحديد n,c

1. نحدد نسبة LTPD/AQL= 8% /2% = 4 أي أن c = 4 وإذا لم توجد القيمة في

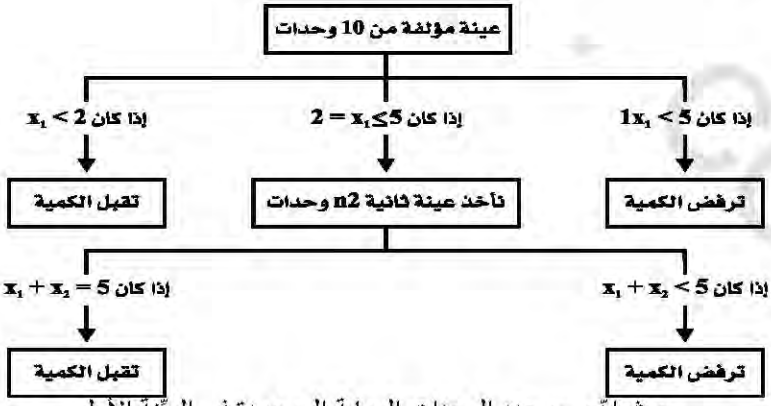
الجدول تستخدم القيمة الأكبر من القيمة الناتجة مباشرة. ومن الجدول نلاحظ أن القيمة هي4.057.

2. تحديد قيمة c وهي c = 4 كما حدد سابقاً.

3. تحديد حجم العيّنة (n) وذلك بتقسيم 1.970 إلى AQL حيث إنّ n = 1.970/ 2% = 98.5 أي 99 وحدة. وبذلك تتلخص خطة المعاينة باختيار عيّنة عشوائية مؤلفة من 99 وحدة من الوحدات المنتجة، ثم فحص هذه الوحدات فإذا تبين أنها تحوي أكثر من أربع وحدات معابة يتم رفض الكمية.

5-1-2. خطة العيّنة المضاعفة: Double Sampling Plan

تُقبل كامل الكمية أو تُرفض في خطة العيّنة المضاعفة على أساس عينات عشوائية صغيرة نسبياً. فعلى سبيل المثال في الشكل رقم (65) تؤخذ عيّنة عشوائية مؤلفة من عشر وحدات، فإذا وجد أقل من وحدتين معابتين تقبل الكمية، وإذا وُجد أكثر من خمس وحدات معابة تُرفض الكمية، وإذا وُجدت ثلاث أو أربع وحدات معابة نختار عيّنة أخرى مؤلفة من عشر وحدات بشكل عشوائي، وتقبل الكمية إذا كان العدد الكلي للوحدات المعابة الموجودة في العينتين لا يفوق خمس وحدات، وإذا كان أكثر من خمس وحدات ترفض كامل الكمية.



حيث إنّ: x_1: عدد الوحدات المعابة الموجودة في العيّنة الأولى
x_2: عدد الوحدات المعابة الموجودة في العيّنة الثانية

الشكل رقم (65)

5-1-3. خطة العيّنة المتعددة: Sequential Sampling Plan

في خطة العيّنة المتعددة تؤخذ أكثر من ثلاث عينات عشوائية حجم كل منها أصغر من التي في خطة العيّنة المضاعفة، ويمكن أن يصل مفهوم العيّنة المتعددة إلى نقطة حيث يكون فيها حجم العيّنة مساوياً الواحد. ويشار إلى هذا بالعيّنة المتعددة. في الشكل رقم (66) في خطة العيّنة المتعددة تؤخذ سلسلة عينات من الكمية **وتكون خطوات القبول أو الرفض على الشكل التالي:**

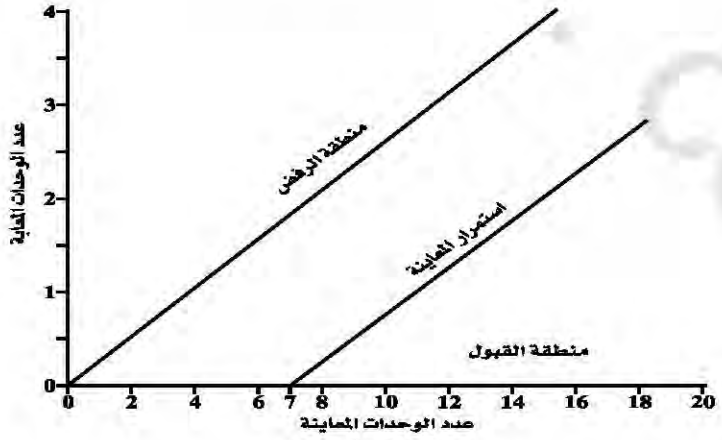
أ. اختيار وحدة بشكل عشوائي من الكمية.

ب. حساب العدد الكلي للوحدات المعابة الموجودة حتى الآن في الكمية.

ج. إيجاد نقطة على الرسم البياني للمستقيم الذي يتقابل مع عدد الوحدات المعاينة وعدد الوحدات المعابة الموجودة.

فإذا وقعت النقطة في المنطقة المحددة للرفض أو القبول تُوقف المعاينة. أما إذا لم تقع ضمن هذه المنطقة نعود إلى الخطوة الأولى وتستمر المعاينة.

مثال: نفترض أننا أخذنا ثماني عينات من كمية معيّنة من السلع، وكانت الوحدات المعابة موجودة فقط في ست عينات، إذا كانت العيّنة التاسعة معابة ترفض الكمية، أما إذا كانت العيّنة التاسعة جيدة. فإنه يجب أن تُؤخذ على الأقل عيّنة واحدة أو أكثر، وإذا كانت جودة الكمية محدودة فإن كامل الكمية يمكن أن تُعاين.



الشكل رقم (66)

وتحدد خطة العيّنة المتعددة عن طريق أربعة متطلبات أساسية هي AQL، LTPD، α، β وهذه المتطلبات الأساسية تحدد منحنى التشغيل المميز للخطط المتعددة التي تلتقي هذه المتطلبات. ومن مساوئ العيّنة المتعددة هي أن أعباء المعاينة تتنوع بشكل كبير[310].

2-5. منحنى التشغيل المميز: Operating Characteristic Curve (OC)

يطلق على هذا المنحنى تسمية منحنى الفعالية أو منحنى خاصية التشغيل. ويحدد هذا المنحنى خطة العيّنة التي تميز بشكل جيد بين الجودة الجيدة والمعابة، وبذلك فهو يتلاءم مع الخطة المحددة. ووفقاً لذلك، يهدف التوافق بين حجم العيّنة (n)، وعدد الوحدات المعابة في العيّنة (c) إلى إظهار احتمال أن الخطة ستقبل الكميات في مستويات متنوعة للجودة. ولإيضاح منحنى التشغيل المميز نورد المثال التالي:

نفترض أن إحدى المنظمات تعاين عيّنة عشوائية مؤلفة من (50) وحدة من كمية مؤلفة من (5000) وحدة. وبافتراض أن خطة العيّنة الموضوعة هي (n= 50، c=1) فإذا كان هناك أكثر من وحدة معابة واحدة تُرفض كامل الكمية. أما إذا كان هناك اقل من وحدة معابة واحدة تُقبل كامل الكمية. وبافتراض أن الوحدات إما أن تكون جيدة أو معابة وأن حجم العيّنة هو أصغر نسبياً من حجم الكمية فيمكن أن يستعمل التوزيع الثنائي لإيجاد احتمال وجود الوحدات المعابة (i) بدقة في عيّنة مؤلفة من (n) وحدات. واحتمال وجود أكثر من هذه الوحدات المعابة في عيّنة مؤلفة من (n) وحدات، وفقاً للمعادلة التالية:

$$p(i) = p^{n}(1-p)^{n-i}\,\frac{n}{i(n-i)}$$

حيث إنّ:

(pi): احتمال وجود الوحدات المعابة (I) بدقة في العيّنة.

---

(310) Buffa, Elwood, S, and Rakesh K. Sarin (1987), **Modern Production / Operations Management**, (8th ed.), John Wiley & sons, New York, P. 420.

p: احتمال أن أي وحدة ستكون معابة.

n: عدد الوحدات في العيّنة (حجم العيّنة).

أما عندما يكون حجم العيّنة أكثر من (n =20)واحتمال وجود الأجزاء المعابة الفعلية هو أقل من (p< 0,05) فيمكن أن يستعمل التوزيع البواسوني كتقريب للمعادلة الثنائية. ويظهر في الجدول احتمال i ≤ c لقيم محددة من n,c,p وكل صف في جدول بواسون يوازي متوسطاً خاصاً هو (μ = np). وكل عمود لقيمة خاصة من (c) يعطي احتمال (i ≤ c)بالنسبة لمتوسط خاص من تقاطع (μ) والعمود (c).

مثال: إذا كان p (i ≤ c) =0,910 عند (c = 1) و(n = 50) و (p = 0,01) فإن القسم المرادف من جدول التوزيع البواسوني لهذه الخطة يظهر في الجدول التالي، جدول رقم (26).

μ = np	0	1	2	3	4	5	6
0. 5	0. 607	0. 910	0. 986	0. 998	1. 000	1. 000	1. 000

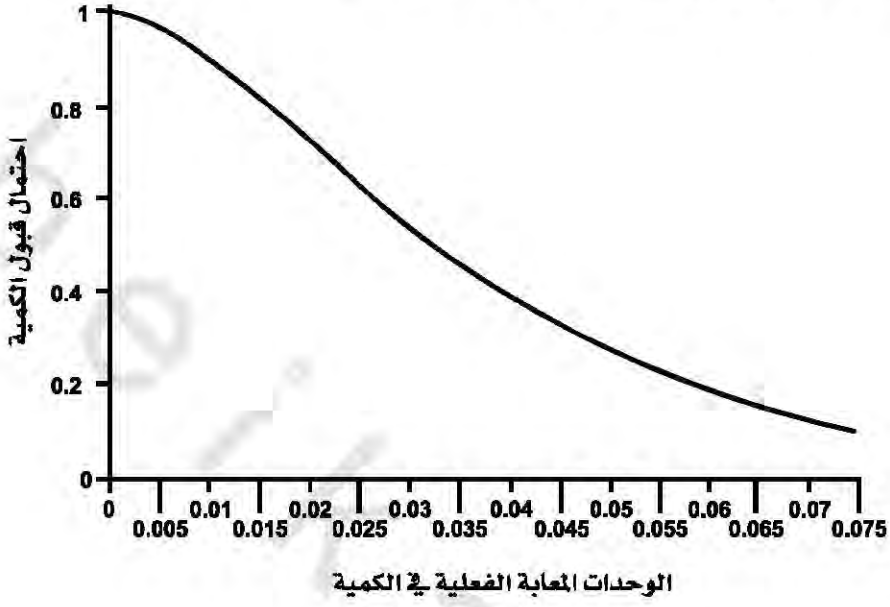
الجدول رقم (26)

وبشكل مشابه يمكن أن يستعمل جدول بواسون لإيجاد احتمال أن خطة العيّنة ستقبل الكميات بقيم أخرى لـ p كما في الجدول التالي جدول رقم (27).

نسبة الوحدات المعابة p	μ = 50 p	P(I ≤ 1)
0.005	0.25	0.974
0.01	0.5	0.910
0.02	1.0	0.736
0.03	1.5	0.558
0.04	2.0	0.406
0.05	2.5	0.332
0.06	3.0	0.199
0.07	3.5	0.137

الجدول رقم (27).

وبهذه القيم يمكن أن يرسم منحنى التشغيل المميز على الشكل التالي، الشكل رقم (67)، وبخطة عيّنة n = 50 و c = 1.



الشكل رقم (67).

وبخطة العيّنة هذه، فإن احتمال قبول الكمية التي تحتوي 2% وحدات معابة فعلية هو (0.736). فإذا كان مستوى الجودة المقبول AQL= 2% فإن خطر المنتج α أي خطر رفض الكمية الجيدة هو 0.264 = 1-0.736 = α وبفرض أن نسبة الوحدات المعابة أو مستوى التحمل LTPD= 4% فإن خطر المستهلك β أي خطر قبول الكمية المعابة هو β= 0.406.

ولكن ماذا يحدث إذا ازداد حجم العيّنة من(50) إلى (100) وحدة. ولتوضيح ذلك نورد المثال التالي، ليكن لدينا ثلاث خطط عيّنة هي:

الخطة الأولى c = 1 و n = 50

الخطة الثانية c = 1 و n = 100

الخطة الثالثة c = 3 و n = 50

وباستعمال جدول بواسون نحسب احتمال قبول الكميات في مستويات

متنوعة للجودة مع كل خطة عيّنة على الشكل التالي، والجدول رقم (27) يوضح الخطة الأولى أما الجدولان رقم (28)، (29) فهما يوضحان الخطة الثانية والثالثة.

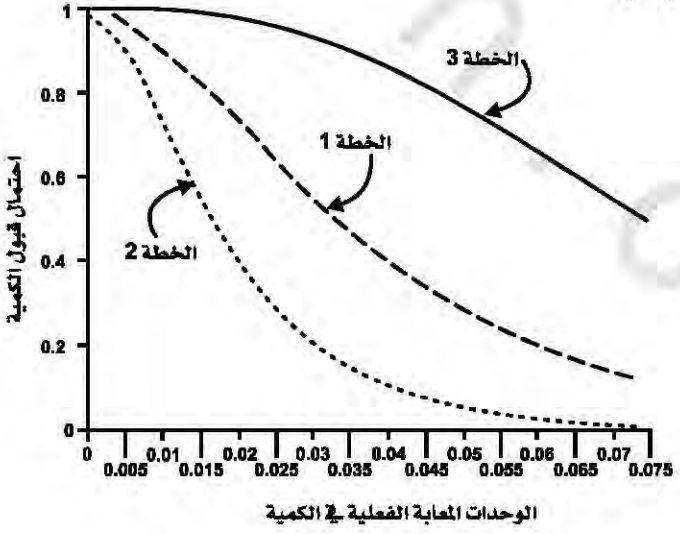
نسبة الوحدات المعابة p	μ =100p	p(i ≤1)
0. 005	0. 5	0. 910
0. 01	1	0. 736
0. 02	2	0. 406
0. 03	3	0. 199
0. 04	4	0. 092
0. 05	5	0. 040
0. 06	6	0. 017
0. 07	7	0. 007

الجدول رقم (28)

نسبة الوحدات المعابة p	μ= 50p	p(i≤3)
0. 005	0. 25	1
0. 01	0. 5	0. 998
0. 02	1	0. 981
0. 03	1. 5	0. 934
0. 04	2	0. 857
0. 05	2. 5	0. 758
0. 06	3	0. 647
0. 07	3. 5	0. 537

الجدول رقم (29)

وتكون منحنيات التشغيل المميزة لهذه الخطط الثلاث على الشكل التالي، الشكل رقم (68).



الشكل (68)

وبفرض أن AQL =%2 وأن LTPD =%4 فإن خطر المنتج والمستهلك مع كل خطة عيّنة يظهر في الجدول رقم (30).

خطة العيّنة	خطر المنتج (α)	خطر المستهلك(β)
n = 50 , c = 1	1-0.736 = 0.264	0.406
n = 100, c = 1	1-0.406 = 0.594	0.092
n = 50 , c = 3	1-0.981 = 0.019	0.857

الجدول رقم (30)

ونلاحظ أن زيادة حجم العيّنة (n) يزيد خطر المنتج (α). ولكن يخفض خطر المستهلك (β). وزيادة عدد الوحدات المقبولة (c) يخفض خطر المنتج (α). ويزيد خطر المستهلك (β).

وإذا ازداد حجم العيّنة إلى حجم الكمية. فإن خطر المنتج والمستهلك سينخفضان معاً (بافتراض عدم وجود أخطاء في المعاينة). ومنحنى التشغيل المميز لخطة العيّنة التامة يظهر في الشكل (69).

الشكل رقم (69)

علاوة على ذلك يستعمل اختبار القبول لتجنب معاينة 100% (كامل الكمية). وهذا يعني أنّه من الضروري أن نقبل بعض المستويات في خطر المنتج والمستهلك. ففي خطة العيّنة الثانية يرتفع خطر المنتج α=0.594 بينما

ينخفض خطر المستهلك إلى β=0.092. وإذا عاد حجم العيّنة إلى n =50 ولكن ازداد عدد الوحدات المقبولة من (1) إلى (3). فإن خطر المستهلك يرتفع إلى β = 0,857 بينما ينخفض خطر المنتج α = 0,019 .

ولكن السؤال الهام هو أي من الخطط الثلاث، هي الخطة الأفضل عندما يكون AQL = 2% و LTPO = 4%. ونلاحظ أن المنتج يفضل الخطة الثالثة لأنّ لديها القيمة الأقل لـ (α). وأن المستهلك يفضل الخطة الثانية لأنّ لديها القيمة الأقل لـ(β). ولذلك ولاختيار العيّنة المثلى يجب أن يتفق كل من المنتج والمستهلك على القيم المحددة لـ(α) و(β)[311] .

ويمكننا أن نختار إحدى القيم لـ (β, α, LTPD , AQL). ويجب أن نجد خطة العيّنة التي لديها القيم الأربع السابقة الأفضل. ولتوضيح ذلك نورد المثال التالي:

مثال: حددت إحدى المنظمات معدل (1%) فقط من سلعها على أنها معابة. وبعد المناقشة تم الاتفاق على أن احتمال قبول الكمية التي لديها وحدات معابة عالية (أي يفوق 4%) ويجب أن يكون فقط 0.10. واحتمال قبول الكمية بـ 1% هو أقل من الوحدات المعابة، ويجب أن يكون 0,95. ولذلك فإن خطة العيّنة المختارة يجب أن تلتقي الشرطين التاليين:

الشرط الأول (I) (LTPD) p = 0,04 عندما P (i ≤ c) = 0. 10

الشرط الثاني (II) (AQL) P = 0,01 عندما P (i ≤ c) = 0. 95

حيث إنّ: P: الوحدات المعابة الفعلية في الكمية.

i : عدد الوحدات المعابة في العيّنة.

c: عدد الوحدات المقبولة.

وباستعمال جدول بواسون، يمكننا وضع مجموعات مختلفة لـ n، c ضمن مجموعة ترضي الشرطين السابقين كما في الجدول رقم (31).

---

(311) Noori, Hamid, and Rushell Radford (1995), op. cite, P. 367.

خطة العيّنة (n, c)	أجزاء خطة العيّنة			
	p= 0. 01		p= 0. 04	
	μ=np	p(i≤c)	μ=np	p(i≤c)
35.1	0.35	0.951	1.4	0.592
95.1	0.95	0.754	3.8	0.107
80.2	0.80	0.953	3.2	0.380
135.2	1.35	0.845	5.4	0.095
200.4	2.00	0.947	8.0	0.100

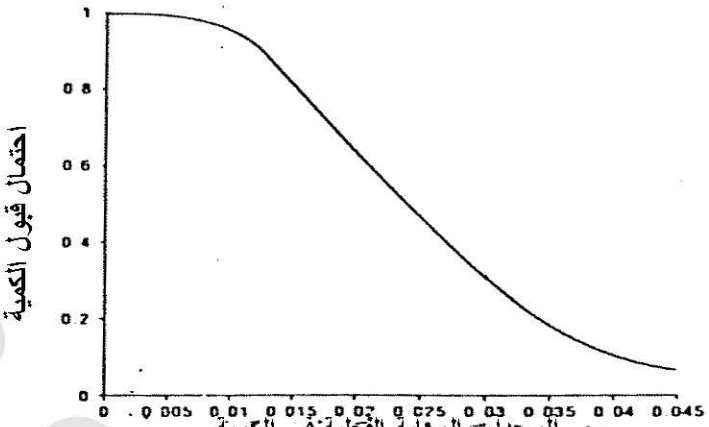
الجدول رقم (31)

وباستعمال جدول بواسون، فإن احتمال قبول الكميات لمستويات متنوعة للجودة وضمن خطة العيّنة n = 200 و c =4 يظهر في الجدول رقم (32).

الوحدات المعابة الفعلية في الكمية (p)	μ = np = 200p	احتمال قبول الكمية p (i≤4)
0.005	1	0.996
0.01	2	0.947
0.015	3	0.815
0.02	4	0.629
0.025	5	0.441
0.03	6	0.285
0.035	7	0.173
0.04	8	0.100
0.045	9	0.055

الجدول رقم (32)

ويظهر منحنى التشغيل المميز لهذه الخطة في الشكل رقم (70).



الشكل رقم (70)

وبافتراض أن المنظمة توافق على القيم الأقل لـ LTPD, AQL كما في الجدول رقم (33).

مستوى القبول (c)	حجم العيّنة (n)	AQL,LTPD
6	330	0.01,0.032
7	530	0.0075,0.0222
9	1. 100	0.005,0.013

الجدول رقم (33)

ونلاحظ من الجدول أن حجم العيّنة يزداد بسرعة، كما أن قيم LTPD, AQL تقترب من الصفر.

3-5. معدل الجودة الناتجة: Average Outgoing quality

يمكن أن تقدر خطة العيّنة على أساس معدل جودتها الناتجة (AOQ). وتكون القيمة الأصغر لمعدل الجودة الناتجة هي الأفضل. ومعدل الجودة الناتجة هو الجزء المعاب بمعدل كمية من السلع المعاينة عن طريق عيّنة القبول[312].

لنفرض أن إحدى المنظمات قررت أن تسحب عيّنة عشوائية مؤلفة من 200 وحدة من كمية مؤلفة من 5000 وحدة. فإذا كان هناك أكثر من أربع

(312) إسماعيل، محمد عبد الرحمن (2006): **الرقابة الإحصائية على العمليات**، معهد الإدارة العامة، الرياض.

وحدات معابة تُعايَن كامل الكمية وتُصلح أو تُستبدل جميع الوحدات المعابة.

فإذا عاينّا عيّنة عشوائية بحجم (n) فإن أيّة عيوب توجد في العيّنة تستبدل بوحدات جيدة. وتكون معادلة معدل الجودة الناتجة في حال السحب مع الإعادة على الشكل التالي:

$$AOQ = \frac{pap(N-n)}{N}$$

أما في حال السحب بدون إعادة فتكون المعادلة:

$$AOQ = \frac{pap(N-n)}{N-(np)-p(1-pa)N-n}$$

حيث إنّ: Pa: احتمال قبول الكمية

P: الوحدات المعابة في الكمية

N: حجم الكمية

n: حجم العيّنة

فإذا كان $p>c$ ترفض الكمية. أما إذا كان $p\leq c$ فتُقبل الكمية. وإذا كانت الكمية مرفوضة فإنها تقدم لمعاينة 100% (كامل الكمية)، وتستبدل جميع الوحدات المعابة بوحدات جيدة. وعندئذ تكون كامل الكمية (N) خالية من الوحدات المعابة. ويأخذ معدل الجودة الناتجة المنحنى البياني التالي في الشكل رقم (71).

الشكل رقم (71)

ومن الشكل نلاحظ أن القيمة الأسوأ لمعدل الجودة الناتجة تسمى حد معدل الجودة الناتجة (AOQL) Average Outgoing Quality limit وهو يقع في

ذروة المنحنى. ومن وجهة نظر المستهلك يمثل حد معدل الجودة الناتجة خطة العيِّنة الأسوأ. فإذا شعرت المنظمة أن هذا الحد مرتفع يجب أن تعود إلى مورديها، وتقوم بإعادة المفاوضة على مؤشرات خطة العيِّنة أي (β, α, LTPD, AQL) حتى تجد حد معدل الجودة المقبول.

وبما أن خطط العيِّنة لديها احتمال مختلف لرفض المستويات المتنوعة من الجودة. فسيكون لدى كل منها معدل جودة ناتج مختلف أيضاً. ويحدد معدل الجودة الناتج لخطة العيِّنة على المعدل الطويل الأجل للجودة الناتجة بافتراض أن الكميات العديدة معاينة. وإحدى الطرائق لتقييم واختيار خطط العيِّنة هي مقارنة حدود معدلات الجودة الناتجة بالنسبة للخطط المتنوعة، واختيار إحداها التي تعطي الحماية الكافية في المدى الطويل[313].

4-5. عيِّنة القبول بالمتغيرات: Acceptance Sampling by Variables

تستعمل خطط العيِّنة أيضاً بالنسبة للمتغيرات. ويقصد بالمتغيرات الطول والوزن والارتفاع ودرجة الحرارة والضغط... الخ، فإذا كان لدينا عيِّنة عشوائية مؤلفة من 135 وحدة تؤخذ من مجموعة من الكميات، وتوزن كل وحدة فإذا كان هناك احتمال وجود أكثر من ثلاث وحدات معابة ترفض الكمية[314]. وللإيضاح بشكل تفصيلي أكثر نورد المثال التالي:

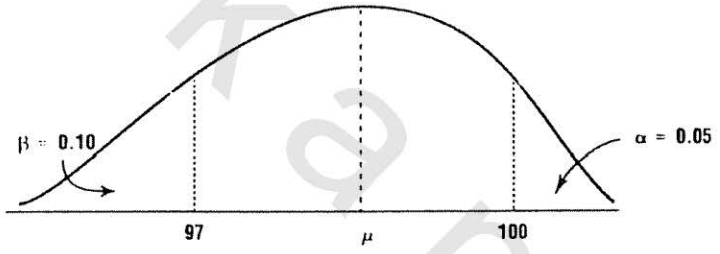
مثال: في إحدى منظمات صناعة السكر نختار بشكل عشوائي عيِّنة مؤلفة من (135) كيس سكر من كمية من أكياس السكر، ونزن كل كيس فإذا كان وزن الكيس أقل من(97) كيلو غرام يكون معاباً. وإذا احتوت العيِّنة أكثر من ثلاثة أكياس معابة ترفض الكمية. وبافتراض أن أوزان الكيس تتبع التوزيع الطبيعي بانحراف معياري قدره (2,05) كيلو غرام. فإن الكمية العالية الجودة هي التي يكون متوسط وزنها على الأقل 100 كيلو غرام. وهذه

(313) Dilworth, James B. (1992), op cite, P. 652
(314) Grant, Eugene L. & Richard S. Leavenworth (1996), op. cite.

الكميات ستقبل باحتمال قدره (95%) من الزمن. ولذلك فإن مستوى الدلالة α =5% أي نسمح بقبول خطأ 5% ويكون (95%) من التوزيع على يسار النقطة المحددة لـ (100) كيلو غرام. وهذه النقطة تتوافق مع حد ثقة $\mu+1.645\sigma x$ (I) أي $\mu+1.645\sigma x = 100$ والكمية التي يكون متوسط وزنها (97) كيلو غرام تكون ذات مستوى أقل قبولاً، ويجب أن تقبل باحتمال قدره (90%) أي بمستوى دلالة قدره β =10% أي أننا نسمح بقبول خطأ 10%. وبذلك فإن (10%) من التوزيع يجب أن يكون على يسار النقطة المحددة لـ (97) كيلو غرام. وهذه النقطة تتوافق مع حد ثقة:

$$\mu-1.28\sigma x = 97 \quad \text{(II)}$$

ويوضح الشكل رقم (72) هذه النقاط.



الشكل (72).

وبما أن $\sigma x=\sigma x/\sqrt{n}$ ، وأن $\sigma x= 2.05$ تصبح المعادلتان (I) و (II) على الشكل:

$$\mu + \frac{1.645(2.05)}{\sqrt{n}} = 100 \Rightarrow \mu = 100 - \frac{3.37225}{\sqrt{n}} \quad \text{(أ)}$$

$$\mu - \frac{1.28(2.05)}{\sqrt{n}} = 97 \Rightarrow \mu = 97 + \frac{2.624}{\sqrt{n}} \quad \text{(ب)}$$

ولإيجاد خطة العيِّنة التي ترضي هذين الشرطين على المعادلتين (أ) و (ب) حل مشترك للوصول إلى قيمة (n)

$$100 - \frac{3.37225}{\sqrt{n}} = 97 + \frac{2.624}{\sqrt{n}} \Rightarrow$$

$$100.\sqrt{n} - 3.37225 = 97.\sqrt{n} + 2.624$$

$$3\sqrt{n} = 5.99625 \Rightarrow n = 3.995 \approx 4$$

وبذلك فإن n=4. وإذا استبدلنا n =4 في المعادلة(أ) نصل إلى قيمة(μ) فتكون μ= 98,31 وهذا يعني أننا يجب أن نختار أربعة أكياس من كل عيّنة عشوائياً، فإذا كان معدل الوزن لهذه الأكياس الأربعة يساوي أو يفوق 98,31 يجب أن نقبل الكمية، وإذا كان أقل يجب أن ترفض الكمية.

وبذلك فإن دراسة عيّنة القبول بالمتغيرات تعتمد على معرفتنا للانحراف المعياري للمجتمع σX فإما أن يكون معروفاً وثابتاً، أو أن يكون غير معروف وربما يكون متغيراً. هذا مع الأخذ بعين الاعتبار طبيعة معيار القرار الذي يحدد على أساس معدل القياسات، أو على أساس نسبة الوحدات المعابة، وبالتالي يكون التصنيف على الشكل التالي(315):

1. الانحراف المعياري معروف وثابت:

أ. تحديد معيار القرار كمعدل للقياسات

ب. تحديد معيار القرار على أساس نسبة الوحدات المعابة في الكمية.

2. الانحراف المعياري غير معروف وربما يكون متغيراً:

أ. تحديد معيار القرار كمعدل للقياسات.

ب. تحديد معيار القرار على أساس نسبة الوحدات المعابة في الكمية.

6. الرقابة الإحصائية للعملية: Statistical Process Control

هناك نوعان متميزان للطرائق الإحصائية هما: عيّنة القبول، ورقابة جودة العملية. وتطبق عيّنة القبول لمعاينة الكمية حيث يتخذ قرار القبول أو الرفض لكمية المواد على أساس العيّنة العشوائية المسحوبة من كامل الكمية.

---

(315) Chandra, M. Jeya (2001): **statistical Quality control**, CRC, LLC,

ويستعمل هذا النوع من المعاينة غالباً لمعاينة المواد الأولية الواردة أو السلع المنتهية قبل الشحن. وتستعمل طرائق الرقابة على جودة العملية أثناء عملية الإنتاج، ويكون القرار في هذه الحالة إما للاستمرار في عملية الإنتاج أو توقيفها والنظر في سبب الخطأ الذي يمكن أن ينشأ من العامل أو المادة أو الآلة. ويبنى هذا القرار على عينات عشوائية دورية مأخوذة من الإنتاج أثناء عملية الإنتاج[316].

ويستعمل هذان النوعان من طرائق الرقابة الإحصائية لرقابة كل من المواصفات والمتغيرات. ويستعمل في قياس المتغيرات مقياس مستمر كالطول والوزن والارتفاع ودرجة الحرارة والضغط. أما في قياس المواصفات فيحسب عدد الوحدات المعابة في العيّنة، أو عدد العيوب في كل وحدة. وتستخدم الكثير من الشركات في رقابة جودتها خرائط رقابة الجودة التي تعد بمثابة أداة بيانية وإحصائية تساهم في معرفة طبيعة الانحراف في مستوى جودة الإنتاج بالنسبة لأي عملية صناعية. وتتمثل الفوائد التي تحققها خرائط الرقابة فيما يلي[317]:

أ. تعد الخارطة بمثابة مؤشر للمستوى العام لجودة الإنتاج عن طريق تحديد الخط المركزي وحدي الرقابة الأعلى والأدنى.

ب. تلعب الخارطة دوراً أساسياً كمؤشر للمدى الحقيقي لإمكانيات أي عملية صناعية في تحقيق المستوى المرغوب فيه للجودة.

ج. تساهم الخارطة في معرفة التغيرات الواجب القيام بها في العملية الصناعية بهدف تطوير مستوى الجودة. وتحديد فيما إذا كانت هذه التغيرات تحدث بسبب الصدفة (تغيرات طبيعية). أو بتأثير عوامل محددة كالعمال والآلات والمواد (تغيرات محددة).

---

(316) Schroeder, Roger G. (1993), op. cite, p. 125.

(317) حسن، فالح محمد، فؤاد الشيخ سالم (1983): **إدارة الإنتاج والتنظيم الصناعي**، دار مجدلاوي، عمان، ص 269.

ويحدد هيكل خارطة الرقابة على أساس $\mu \pm 3\sigma$ للمجتمع. وبما أننا نستعمل العينات فيمكننا الإبدال في إحصاءات العيّنة أي $x \pm 3\delta$ وتقسم خرائط الرقابة إلى قسمين:

1-6. خرائط رقابة العملية للمتغيرات:

تتم الرقابة في خرائط رقابة العملية للمتغيرات على أساس متغيرات محددة، وذات قياسات معروفة. إذ يتم وضع قياس مستمر لكل متغير كالطول والوزن والارتفاع واللون ودرجة الحرارة والضغط. ويجب أن تكون حدود الرقابة واسعة وربما $\pm 3\delta$ وتستعمل هذه الحدود لتحليل البيانات الماضية. ويمكن أن تطبق أيضاً للبيانات المستقبلية وتقسم خرائط رقابة العملية للمتغيرات إلى[318]:

1-1-6. خرائط الوسط الحسابي: X-chart

وتواجهنا في بناء هذه الخارطة عدة مشاكل كحجم العيّنة، والمعايير الموضوعة لمعدل العملية وحدود الرقابة والإجراءات التطبيقية لتحقيق الحسابات المطلوبة. وغالباً ما تكون حجوم العينات في الصناعة صغيرة **وذلك بسبب:**

1. أنّ حجوم العيّنة الصغيرة تكون أقل للجمع والمعاينة والعملية.
2. أنّ العينات الكبيرة تأخذ زمناً أطول، وبالتالي فقد تظهر تغيرات ضمن هذا الزمن قد لا تستجيب في الوقت المناسب. وقد لا تكتشف الظروف خارج الرقابة بسرعة. وبالطبع سينتج ذلك في خردة إضافية وإعادة عمل كبير. هذا بالإضافة إلى تأثير العينات الكبيرة على حدود الرقابة الضيقة. وتتمثل حدود خارطة الرقابة للوسط الحسابي والخط المركزي في المعادلات

(318) Ford Motor Company (1987): Continuing process control and process capability improvement: a guide to the use of control charts for improving Quality and productivity for company, Supplier and Dealer Activities , December, p. 10.

التالية[319]:

$$CL=X=\frac{\Sigma^{k}_{i=1}Xi}{k}$$

حد الرقابة الأعلى $UCL=X+A2R$

حد الرقابة الأدنى $LCL=X-A2R$

$$R=\frac{\Sigma^{k}_{i=1}Ri}{K}$$

حيث إنّ: K : عدد العينات

ΣXi: مجموع أوساط العينات

Ri: مجموع مدى العينات

A2: ثابت معطى في جدول الثوابت

وبالنسبة للعينات الكبيرة التي تكون: بحجم $n>15$ فإن حدود الرقابة الأعلى والأدنى تحسب كما يلي:

$$UCL=X+\frac{3\delta}{\sqrt{n}}$$

$$LCL=X-\frac{3\delta}{\sqrt{n}}$$

6-1-2. خرائط المدى (خرائط الرقابة لقياسات قابلية التغير): R-chart

يمكننا أن نستعمل المدى لقياس قابلية التغير. إذ نحسب لكل عيّنة المدى، والذي يمثل الفرق بين القيمة الأعلى والأدنى. ويوضع لكل عيّنة الفرق بين القياس الأعلى والقياس الأدنى على خارطة المدى. وتتمثل حدود الرقابة لخارطة المدى والخط المركزي في المعادلات التالية[320]:

$$CL=R=\frac{\Sigma^{k}_{i=1}Ri}{K}$$

$$UCL=D4R$$

$$LCL=D3R$$

---

(319) Huitson, Alan & Joan Keen (1965): **Essentials of Quality Control**, Heinemann, London, p. 45

(320) إدارة البحوث: (1993): **أهمية الرقابة على الجودة في الشركات والمؤسسات الصناعية**، الغرفة الصناعية والتجارية، الرياض، ط 2، ص 295.

حيث إنّ: K : عدد العينات

Σ Ri: مجموع مدى العينات

D3, D4: ثوابت موجودة في جدول الثوابت

ويشكل الجدول رقم (34) جزءاً من جدول الثوابت:

حجم العيّنة	حدود رقابة خارطة X	حدود رقابة خارطة R	
n	A2	D3 الادنى	D4 الأعلى
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	0.076	1.924
8	0.373	0.136	1.864

الجدول رقم (34)

مثال تطبيقي على خرائط الوسط الحسابي وخرائط المدى[321]:

بفرض أننا نرغب في أن نصف عملية الإنتاج عن طريق خرائط R, X. وبهدف بناء هذه الخرائط نأخذ عينات بحجم n =5 عشوائياً، وتستمر هذه العملية. ويوضح الجدول رقم (35) جميع البيانات المطلوبة في بناء خرائط R, X.

القياسات المأخوذة بالتسلسل من إنتاج عملية الإنتاج
(حجم العيّنة n = 5، حجم العيّنة N=20)

رقم العيّنة	الملاحظات الصناعية					الوسط الحسابي للعيّنة X	مدى العيّنة R
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.198	0.175	0.201	0.209	0.204	0.197	0.034
2	0.224	0.209	0.184	0.225	0.209	0.210	0.041
3	0.195	0.172	0.204	0.213	0.208	0.198	0.041
4	0.183	0.191	0.168	0.194	0.202	0.188	0.034
5	0.194	0.142	0.208	0.226	0.188	0.192	0.084
6	0.212	0.238	0.219	0.198	0.230	0.219	0.040
7	0.179	0.186	0.206	0.170	0.212	0.191	0.042

(321) Buffa, Elwood S. , and Rakesh k. Sarin (1987) op cite, pp. 403- 404.

8	0.216	0.212	0.201	0.196	0.224	0.210	0.028
9	0.221	0.172	0.201	0.205	0.204	0.201	0.049
10	0.226	0.184	0.187	0.182	0.229	0.202	0.047
11	0.181	0.210	0.219	0.206	0.184	0.200	0.038
12	0.176	0.179	0.206	0.182	0.244	0.197	0.068
13	0.217	0.199	0.225	0.205	0.208	0.211	0.026
14	0.203	0.192	0.203	0.207	0.208	0.203	0.016
15	0.243	0.184	0.187	0.220	0.214	0.210	0.059
16	0.255	0.217	0.200	0.231	0.214	0.223	0.055
17	0.210	0.226	0.187	0.189	0.190	0.200	0.039
18	0.178	0.188	0.157	0.184	0.162	0.174	0.031
19	0.163	0.223	0.171	0.208	0.202	0.193	0.060
20	0.218	0.192	0.198	0.199	0.199	0.201	0.026
						X=O.201	R=0.043

الجدول رقم (35)

أ- خرائط x:

$$CL=\frac{(0.197+0.210+0.198+.....)}{20}=0.201$$

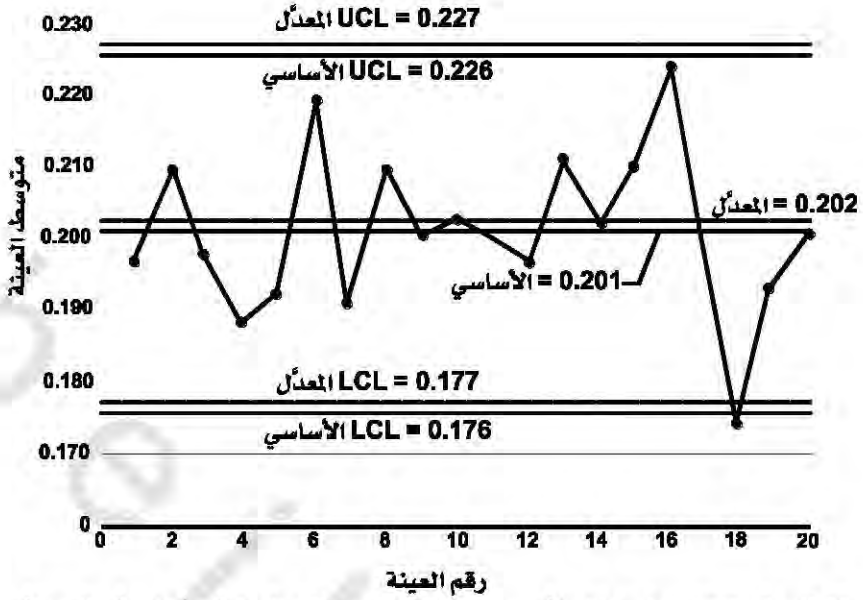
$$UCL = 0.201+ (0.577 \times 0.043) = 0.226$$

$$LCL = 0.201 - (0.577 \times 0.043) = 0.176$$

وقد حسب R على الشكل:

$$R=\frac{(0.034+0.041+.....)}{20}=0.043$$

وبالتالي يمكننا أن نرسم خارطة X كما في الشكل رقم (73).



الشكل رقم (73) يوضح خارطة وحدود الرقابة ومعدلات العملية الأساسية والمعدلة.

وتشير خارطة الرقابة إلى أنّ لدينا بشكل عام نظاماً يولد بيانات مستقرة، ومع توقع العيّنة (18) التي تقع تحت حد الرقابة الأدنى LCL، وبالتالي فإن وسط هذه العيّنة يمثل إحدى فرص الحوادث للوسط الواقع خارج حدود $3\ \delta x$. لذلك نحذف العيّنة (18) ونعيد حساب X, R وحدود الرقابة المعدلة والخط المركزي المعدل كالتالي:

المعدل

$$X = \frac{3.846}{19} = 0.202 = CL$$

$$R = \frac{0.827}{19} = 0.044$$

$$UCL = 0.202 + (0.577x0.044) = 0.227$$

$$LCL = 0.202 - (0.577x0.044) = 0.177$$

وكنتيجة: إذا كانت العملية خارج الرقابة، فهذا يعني أن وسط عيّنة أو أكثر يقع خارج حدود الرقابة. وهذا يشير إلى وجود اضطراب في عملية الإنتاج، ويجب أن تبذل الجهود لتحديد السبب. أما إذا كانت العملية في حالة من الرقابة، فهذا يعني أن جميع أوساط العينات تقع ضمن حدود الرقابة،

وعلى الرغم من وجود أسباب محددة للتغير، ولكن من الأفضل أن تترك العملية تجري كما هي[322].

ب- خارطة R:

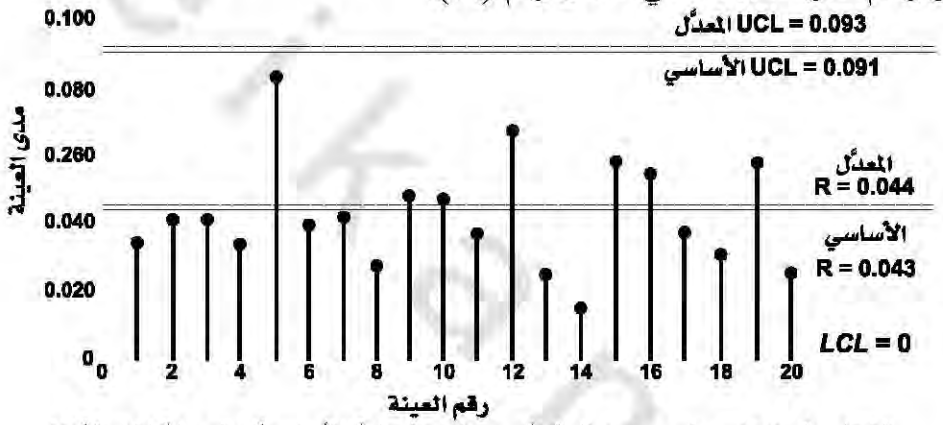
تحسب حدود الرقابة والخط المركزي لخارطة R كالتالي:

$$CL = R = \frac{(0.034 + 0.041 + \ldots\ldots)}{20} = 0.043$$

$$UCL = 2.115 \times 0.043 = 0.0909$$

$$LCL = 0 \times 0.043 = 0$$

وترسم خارطة R كما في الشكل رقم (74).



الشكل رقم (74) يوضح حدود الرقابة ومعدلات العملية الأساسية والمعدلة لخارطة R

نلاحظ من الشكل أن مدى العيّنة (18) لا يقع خارج حدود الرقابة على خارطة R. وبرغم ذلك وبما أنها أزيلت من خارطة X. يجب أن تحذف من خارطة R. وتعكس حدود الرقابة المعدلة، والخط المركزي المعدل هذا الإجراء. وتشير خارطة R إلى أن قابلية التغير للعملية طبيعية، وتمثل حدود الرقابة المعدلة والخط المركزي المعدل المعايير المسؤولة عن مقارنة العينات المستقبلية.

---

(322) باوند، روبرت جي (2002): **أساسيات ضبط الجودة الإحصائي**، ترجمة: حسن السيد، شفيق ياسين، مراجعة: مكي الحسني، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر بالتعاون مع المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، دمشق، ص 128.

وكنتيجة: فإنه إذا كانت العملية خارج الرقابة، فهذا يعني أن مدى عيّنة واحدة أو أكثر يقع خارج حدود الرقابة. وهذا يدل على وجود تغير في عملية الإنتاج، ويجب أن تبذل الجهود لإيقاف هذا التغير. أما عندما تكون العملية في حالة من الرقابة، فهذا يعني أن كل مدى العينات يقع ضمن حدود الرقابة، وفي هذه الحالة من الأفضل أن نترك العملية تجري كما هي[323].

6-2. خرائط رقابة العملية للمواصفات:

تقسم خرائط رقابة العملية للمواصفات إلى نوعين رئيسين هما:

6-2-1. خارطة نسبة الوحدات المعابة: P- chart

وتحدد على أساس التوزيع الثنائي، أي يتم تصنيف الوحدات إما جيدة أو معابة. مثال: عدد أمتار النسيج التي تحتوي عيوباً مقابل عدد أمتار النسيج التي لا تحتوي عيوباً. وتتمثل حدود الرقابة لخارطة نسبة الوحدات المعابة والخط المركزي في المعادلات التالية:

$$CL = P = \frac{\Sigma^{k}_{i=1} Pi}{K}$$

$$UCL = P + 3\delta p$$

$$LCL = P - 3\delta p$$

$$\delta p = \sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}$$

حيث إنّ: K: عدد العينات

ΣPi: مجموع الوحدات المعابة في العينات

مثال تطبيقي: بفرض أننا أخذنا مجموعة من البيانات لعيوب موجودة في(200) من العينات اليومية وخلال 24 يوم إنتاج متتابع، وكما في الجدول رقم (36):

---

(323) Lenz, Hans – Joachim & Peter – Theodor Wilrich (2001): **Frontiers in Statistical Quality Control 6**, Physican Verlag Heidelberg , Germany, p. 74

يوم الإنتاج	عدد الوحدات المعابة	نسبة الأجزاء المعابة
1	10	0. 05
2	5	0. 025
3	10	0. 05
4	12	0. 06
5	11	0. 055
6	9	0. 045
7	22	0. 11
8	4	0. 02
9	12	0. 06
10	24	0. 12
11	21	0. 105
12	15	0. 075
13	8	0. 04
14	14	0. 07
15	4	0. 02
16	10	0. 05
17	11	0. 055
18	11	0. 055
19	26	0. 13
20	13	0. 065
21	10	0. 05
22	9	0. 045
23	11	0. 055
24	12	0. 06
المجموع	294	

الجدول رقم (36)

$$CL = P = \frac{294}{24x200} = 0.061$$

$$\delta P = \sqrt{\frac{0.061x0.939}{200}} = 0.017$$

$$3\delta P = 3x0.017 = 0.051$$

$$UCL = 0.061 + 0.051 = 0.112$$

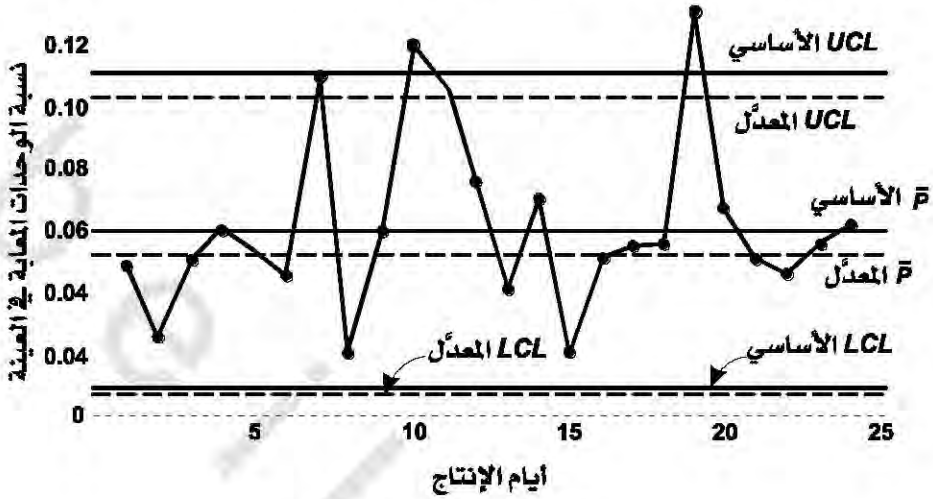
$$LCL = 0.061 - 0.051 = 0.010$$

وقد حسبت نسبة الأجزاء المعابة وفق المعادلة التالية:

نسبة الأجزاء المعابة =عدد الوحدات المعابة / عدد العينات اليومية

ولتحديد ما إذا كانت البيانات تقدم الرقابة الإحصائية نضع خارطة

الرقابة لـ P كما في الشكل رقم (75). إذ تقدم الحالة الناتجة لنسب العيوب اليومية بالعلاقة مع حدود الرقابة الأساسية.



الشكل رقم (75) خارطة P

نلاحظ أن هناك نقطتين خارج الحدود، ونقطة اليوم السابع التي تقع على حد الرقابة الأعلى. ونلاحظ أنه لا يوجد شيء غير عادي (شاذ) بالنسبة لهذه النقطة. أما بالنسبة لنقطتي اليوم العاشر واليوم التاسع عشر، فإن التحقيق يجب أن يحدد الأسباب، والتي قد تكون تعطّلاً آلياً، أو عمالاً جدداً، أو عمالاً وغير مدربين وغير مؤهلين، أو مواد ذات جودة منخفضة. ولوضع معايير التغير الطبيعي نخفض بيانات اليومين التاسع عشر والعاشر، ونعيد حساب كل من:

$$LCL, UCL, CL, \delta p, P$$

عدد الوحدات المعابة في اليومين العاشر والتاسع عشر =24+26=50-294=244

$$CL = \frac{244}{200x21} = 0.058$$

$$\delta p = \sqrt{\frac{0.058(1-0.058)}{200}} = 0.0165$$

$$UCL = 0.058+(3x0.0165) = 0.108$$

$$LCL = 0.058-(3x0.0165) = 0.008$$

وهذه القيم المعدلة تعكس التغير المطلوب للأسباب التي تحدث بشكل عرضي (صدفة)، ونستعملها الآن كمعايير للحكم على نسبة العيوب في العينات المستقبلية. فإذا وقعت أيّة عينات مستقبلية خارج هذه الحدود، فإن رد فعلنا المباشر هو أنّه من المحتمل أن يكون هناك سبب محدد للملاحظة غير العادية لحصة العيوب. وعندئذ نحاول أن نحدد السبب ونصححه قبل أن تنتج خردة أكثر.

وتُفسر خارطة P بأنه إذا كانت العملية خارج الرقابة، فهذا يعني أن نسبة عيّنة أو أكثر من الوحدات المعابة تقع خارج حدود الرقابة. وهذا يشير إلى وجود اضطراب في عملية الإنتاج مما يسمح بإجراء تحقيق إضافي. أما إذا كانت العملية في الرقابة فإن جميع نسب العينات تقع ضمن حدود الرقابة. وفي هذه الحالة من الأفضل أن نترك العملية تجري كما هي.

ولكن عندما يكون حجم العيّنة متغيراً، وهذه هي الحالة الموجودة في الصناعة، وبشكل أساسي عندما تستعمل معاينة 100%. إذ يتنوع حجم الإنتاج من يوم إلى آخر، فإذا تنوعت حجوم العيّنة بشكل صغير، فإن حدود الرقابة قد تحدد على أساس معدل حجم العيّنة. أما إذا تنوعت بشكل كبير، فإن حدود الرقابة الجديدة تحسب لكل عيّنة. وهذا ليس مهمة شاقة في عالم الحواسب اليوم.

6-2-2. خارطة عدد العيوب في وحدة من السلعة:C-chart

تعتبر خرائط عدد العيوب في وحدة من السلعة مناسبة عندما تهتم الشركة بعدد العيوب التي من المحتمل أن تظهر في وحدة واحدة من السلعة. ويشتق توزيع خارطة C من التوزيع البواسوني ويكون δcc بالنسبة لتوزيع بواسون مساوياً للجذر التربيعي للوسط $\sqrt{c}$. وعندئذ تحسب حدود الرقابة

والخط المركزي. ويجب أن يكون حجم العيّنة كبيراً كفاية لتحديد عيب واحد على الأقل في وحدة من السلعة. وتحسب حدود الرقابة والخط المركزي لهذه الخارطة على الشكل التالي:

$$CL = C = \frac{\Sigma^{k}_{i=1} Ci}{K}$$

$$UCL = C + 3\sqrt{C}$$

$$LCL = C - 3\sqrt{C}$$

حيث إنّ: C: الوسط الحسابي

K: عدد العينات

ΣCi : مجموع عدد العيوب

مثال تطبيقي:

بفرض أن لدينا البيانات التالية في الجدول التالي، جدول رقم (37)

رقم العيّنة	عدد الوحدات المعابة	رقم العيّنة	عدد الوحدات المعابة
1	1	11	2
2	0	12	1
3	3	13	5
4	4	14	1
5	2	15	3
6	2	16	4
7	2	17	3
8	4	18	5
9	2	19	3
10	6	20	1

الجدول رقم (37)

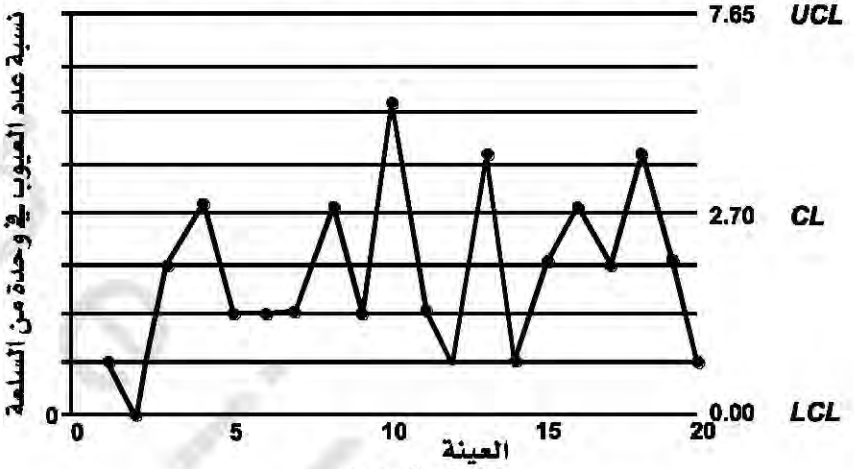
إن العدد الكلي للوحدات المعابة هو 54 وتكون حدود الرقابة والخط المركزي على الشكل:

$$CL = \frac{54}{20} = 2.7$$

$$UCL = 2,7 + 3\sqrt{2.7} = 7.6295$$

$$LCL = 2.7 - 3\sqrt{2.7} = 2.2295$$

وبما أن العدد المناسب والمرغوب فيه للعيوب هو صفر فإن LCL يجب أن يساوي (0) وتكون خارطة الرقابة، كما في الشكل (76).



الشكل رقم (76)

إن حجم العيّنة للمواصفات يجب أن يكون غالباً أكبر من حجم العيّنة للمتغيرات، وذلك لإيجاد خطأ واحد على الأقل في العيّنة. مثال: إذا كانت العملية في حالة من الرقابة، وقدر عدد الوحدات المعابة بحوالي (1) في كل 200 وحدة. فإن حجم العيّنة يجب أن يكون على الأقل 200 وحدة. إذ إنّ نسبة الوحدات المعابة للعملية التي تكون في حالة من الرقابة تقترب من الصفر، ويزداد حجم العيّنة حتى يساوي حجم الكمية[324].

إن تحسين العملية هو جوهر وأساس عملية الجودة، لأن التحسين المستمر يلبي حاجات الأسواق ورغبات الزبائن، وهو الهدف الأساسي للجودة الشاملة. لذلك ينبغي على أي منظمة سواء أكانت صناعية أم خدمية، أن تتبنى سياسة التحسين المستمر، لأن في ذلك تجنباً للأخطاء والأخطار لكل من المستهلكين والمنتجين معاً، وتخفيضاً للتغيرات سواء الطبيعية أو المحددة. ويجب على أي منظمة أن تقوم بتشكيل فرق للجودة تعمل على اكتشاف وحل

(324) Grant, Eugene L. & Richard S. Leavenworth (1996), op. cite,.

المشاكل وإزالة أسبابها ومعالجتها، وتدريب العمال على طرائق استخدام التقانات الإحصائية، وخرائط الرقابة كونها تعد كمؤشر عام عن مستوى جودة الإنتاج. وتحديد قدرة العملية على إنتاج المواصفات الموضوعة.

oberkan.com