مجلة جامعة تشرين – سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية

اسم المقال: استخدام أساليب المعاينة الإحصائية في عمليات ضبط الجودة
اسم الكاتب: د. مطانيوس مخول، د. عدنان غانم
رابط ثابت: https://political-encyclopedia.org/index.php/library/4072
تاريخ الاسترداد: 2026/11/03 06:35 +03

الموسوعة السياسيّة هي مبادرة أكاديمية غير هادفة للربح، تساعد الباحثين والطلاب على الوصول واستخدام وبناء مجموعات أوسع من المحتوى العلمي العربي في مجال علم السياسة واستخدامها في الأرشيف الرقمي الموثوق به لإغناء المحتوى العربي على الإنترنت.
لمزيد من المعلومات حول الموسوعة السياسيّة – Encyclopedia Political، يرجى التواصل على info@political-encyclopedia.org

استخدامكم لأرشيف مكتبة الموسوعة السياسيّة – Encyclopedia Political يعني موافقتك على شروط وأحكام الاستخدام المتاحة على الموقع https://political-encyclopedia.org/terms-of-use

تم الحصول على هذا المقال من موقع مجلة جامعة تشرين – سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية – ورفده في مكتبة الموسوعة السياسيّة مستوفياً شروط حقوق الملكية الفكريّة ومتطلبات رخصة المشاع الإبداعي التي ينضوي المقال تحتها.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية المجلد (29) العدد (4)2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Economic and Legal Sciences Series Vol. (29) No. (4) 2007

استخدام أساليب المعاينة الإحصائية في عمليات ضبط الجودة

الدكتور مطانيوس مخول *
الدكتور عدنان غانم **

(تاريخ الإيداع 3 / 7 / 2007. قُبِل للنشر في 2007/10/21)

□ الملخّص □

تُعد المعاينة الإحصائية اليوم من أهم الأساليب العلمية التي تستخدم في عمليات ضبط الجودة في القطاع الصناعي ، والتي تساعد في السيطرة على العملية الإنتاجية وجودتها، بالإضافة لإمكانية استخدامها كأسلوب مساعد في رسم وتحديد خرائط الجودة بدءاً من مدخلات العملية الإنتاجية، وانتهاءاً بمخرجاتها ، وذلك بهدف تنظيم العملية الإنتاجية، وجعلها أكثر كفاءة .

حاولنا في هذا البحث عرض أساليب ضبط الجودة الإحصائي من خلال :

- دراسة نظرية لمختلف خرائط ضبط المتغيرات والمواصفات (الكمية والنوعية).
- دراسة الأهمية النظرية والتطبيقية لأساليب المعاينة الإحصائية لبيان كفاءتها في ضبط الجودة الإحصائي ؛
- محاولة اقتراح أسلوب معاينة أكثر كفاءة لبعض الحالات الممكن مواجهتها في الواقع العملي.

كلمات مفتاحية:

- ضبط الجودة الإحصائي.
- خرائط مراقبة وضبط الجودة.
- المعاينة الإحصائية المقترحة لضبط الجودة.

***الأستاذ في قسم الإحصاء التطبيقي – كلية الاقتصاد . جامعة دمشق – دمشق –سورية.**
****الأستاذ المساعد في قسم الإحصاء التطبيقي – كلية الاقتصاد . جامعة دمشق– دمشق –سورية.**

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية المجلد (29) العدد (4)2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Economic and Legal Sciences Series Vol. (29) No. (4) 2007

Use of the Styles of Statistical Sampling in Quality Control Processes

Dr. Matanios Makhoul *
Dr. Adnan Ghanem **

(Received 3 / 7 / 2007. Accepted 21/10/2007)

□ ABSTRACT □

Statistical sampling is one of the most important scientific methods used today in quality control by the industrial sector. It helps to control the production process and quality, in addition to their possible use in design and quality control charts of inputs and outputs.

We have tried in this research to present statistical quality control methods through:

- a theoretical study of the various maps and specifications control variables (quantity and quality).
- a study of theoretical and applied statistical sampling techniques to demonstrate their efficiency in the statistical quality control.
- an attempt to propose a more efficient method preview of some of the cases could be dealt with in practice.

Keywords: Statistical Quality Control, Control Charts for Quality Control**,** Preview proposed statistical quality control.

*** Professor, Department of Applied Statistics, Faculty of Economics, Damascus University, Damascus, Syria.**
**** Associate Professor, Faculty of Economics, Damascus University, Damascus, Syria.**

مقدمة:

تعتبر عملية حسن السيطرة، أو جودة السيطرة على العملية الإنتاجية من أهم الوسائل، والطرائق الإحصائية لتطوير واستمرارية جودة الإنتاج ، لذلك تسعى إدارة المؤسسة الصناعية القيام بمراقبة وفحص المواد الأولية الواردة للمؤسسة ، لمعرفة مدى قبولها أو رفضها ، أي لمعرفة نسبة المعيب فيها ، التي تتخذ كأساس في رفض ما يراد للمؤسسة، أو ما يخرج منها بعد عملية الإنتاج.

وعليه تقوم مراقبة وضبط الجودة الإحصائي على مجموعة من الإجراءات الإحصائية المنتظمة التي يتوجب إتباعها لوضع المنتج ضمن المواصفات، والمقاييس المطلوبة ، ومنها استخدام أساليب المعاينة الإحصائية في استكشاف واستقراء موقع الخلل في مسار العملية الإنتاجية من خلال تحديد نوعية، وحجم، وأسلوب اختيار العينات العشوائية .

نحاول في هذا البحث تسليط الضوء على بعض أساليب المعاينة المتعلقة بمراقبة، وضبط الجودة في محاولة لتطوير طرائق اختيار العينة التي تسمح:

- بإظهار مواقع الخلل في مسار العملية الإنتاجية من حيث مراقبة الوحدات المنتجة.
- بإظهار حجم التالف، ومنشأ العيب، وتغير مواصفات المنتج نظراً لتأثيرها على جودة الإنتاج.

مشكلة البحث:

تتمحور مشكلة البحث الأساسية في تعدد أساليب المعاينة الإحصائية في عمليات ضبط الجودة ، لذا حاولنا جادين في تقويم الطرائق المستخدمة في مراقبة وضبط الجودة الإحصائي ، وبيان أهمية تلك الطرائق وفعاليتها ، بحيث نختار أفضلها، لتستخدم في عمليات ضبط الجودة.

أهمية البحث:

تنبع أهمية هذا البحث من خلال اهتمامنا بالمشكلات والضغوطات التي يواجهها القطاع الصناعي الوطني ، في ظل وجود منافسة قوية لمنتجاته إذا ما قورنت بتلك المنتجات الأجنبية ذات الجودة العالية ، لذا يجب على مؤسسات هذا القطاع ، أن تسعى لتطوير وتحسين مستوى جودة السلع المنتجة لديها ، من خلال فرض رقابة إحصائية للجودة ، بغية تحقيق جودة مرتفعة لجميع منتجاتها ، ولكي تصل بمنتجاتها إلى مستوى مميّز، وقادر على المنافسة، وإرضاء المستهلك.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى :

I . دراسة ومناقشة الأهمية التطبيقية لطرائق مراقبة وضبط الجودة لمعرفة مدى فعاليتها من خلال المقارنة فيما بينها .

II . محاولة اقتراح أسلوب معاينة أكثر كفاءة لتنظيم العملية الإنتاجية.

منهجية البحث:

يعتمد هذا البحث على الأسلوب الاستنباطي ، إذ تم الرجوع إلى الكتب العلمية، والأبحاث، والدوريات للتعرف على الجهود السابقة ذات الصلة ، من أجل التعرف على تقنيات المعاينة الإحصائية، ومنحنيات الجودة، ودورها في ضبط الجودة.

أساليب ضبط الجودة الإحصائي:

تصنف أساليب ضبط الجودة إلى نوعين أساسيين هما :

أولاً . أسلوب خرائط مراقبة وضبط الجودة (Quality Control Chart)

يعتمد هذا الأسلوب على أشكال بيانية، أو مخططات إحصائية، تمثل كيفية انتشار إحصائيات العينات العشوائية $(\overline{R}, S^2, \overline{x})$ المأخوذة على فترات زمنية منتظمة، وتعتمد هذه الخرائط عادة على العناصر التالية :

. خط الوسط أو خط الاعتدال (Central Line: CL) ؛

. حجم العينة (n) ؛

. الزمن اللازم (t) لأخذ العينات العشوائية ؛

. قيمة المتغير العشوائي (الإحصائية) مثل : الوسط الحسابي، التباين ، المدى ؛

. حدود انضباط العملية الإنتاجية (العليا والدنيا).

وتعتبر هذه الخرائط من أهم التقنيات العملية الإحصائية المستخدمة في ضبط، ومراقبة الجودة، وحتى العملية الإنتاجية نفسها (قبانجي ، علاء ، 2006 ، ص 378) ، غير أن خرائط ضبط الجودة، تصنف في نوعين أساسيين هما :

1 . خرائط ضبط المتغيرات الكمية (Control Chart of Variable)

تعتمد خرائط ضبط المتغيرات الكمية على المقاييس، أو البيانات الكمية في حساباتها مثل خرائط الوسط الحسابي $(\overline{x})$ والتباين (S^2)، أو الانحراف المعياري (s)، وخرائط الوسط الحسابي $(\overline{x})$ ، والمدى $(\overline{R})$ للعينات، وخرائط الأوساط المتحركة وخرائط الأوساط الموزونة، أو خرائط ضبط الجودة للأوساط الهندسية المتحركة.

2 . خرائط ضبط المواصفات غير الكمية (Attributes control charts)

تعتمد خرائط ضبط المواصفات على صفة من صفات المنتج، ولا تعتمد على إحصائية العينات مثل خرائط النسبة (P-charts)، والتي تعتمد على نسبة الوحدات المعطوبة في كل عينة من العينات المأخوذة، أو خرائط عدد العيوب في العينة الواحدة ، والتي تسمى (C-charts)، أو خرائط العيوب في الوحدة الإنتاجية الواحدة، والتي يرمز لها بالرمز (u-charts)، أو خرائط Up خرائط الأسباب والتأثير.

ونشير هنا إلى أنه، يمكننا استخدام خرائط الضبط المزدوجة $(\overline{x}, R)$ أو $(S, \overline{x})$ عندما تكون العملية الإنتاجية جديدة، أو أن منتجاً مطلوب إنتاجه بنفس الآلة، إلا أن أسلوب خرائط الضبط الإحصائي للجودة بالأساليب السابقة، وخطوات إنشائها، وإجراءها مشروحة في المراجع التخصيصية، غير أننا سوف نستعرض بعضاً منها بشكل موجز وهي :

● **خرائط ضبط المتوسط $(\bar{x}-charts)\bar{x}$:**

تستخدم خرائط $(\bar{x})$ عندما تكون التغيرات في العملية الإنتاجية وبياناتها عبارة عن مقادير كمية غير وصفية، ولمعرفة كيفية حركة أو تغير هذه المتوسطات عن المتوسط العام $\bar{\bar{x}}$ لجميع العينات، وتحديد مسارها الذي يمثل الحالة الإنتاجية قيد الدراسة أي عندما يراد معرفة، أو ضبط انحراف متوسط العينة أو المنتج عن المتوسط العام للعينات الذي يمثل متوسط العملية الإنتاجية، حيث يتم أخذ عددٍ من العينات العشوائية متساوية الحجوم $n \geq 5$، وعلى فترات زمنية متساوية t .

ومن خلال توزيع المتوسطات التي تتقارب مع التوزيع الطبيعي $N(\mu,\sigma^2)$ حيث μ متوسط المجتمع الإحصائي وσ^2 تباينه، نجد أنّ توزيع المتوسطات $(\bar{x})$ ذو متوسط μ، وبخطأ معياري $\sigma_{\bar{x}}=\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$، وعليه تقع المتوسطات ضمن الفترة بالاستناد إلى نظرية التقديرات المعلمية كالآتي :

$$\mu \pm Z_{\alpha/2}\sigma_{\bar{x}} \Rightarrow \mu - Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \mu + Z_{\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad (1)$$

وعند معرفة كل من μ, σ فإنّ حدّي المتراجحة السابقة، يستخدما كحدين لضبط العملية الإنتاجية، وتكوين خريطة المتوسطات.

● **خرائط ضبط المدى R (R-charts) :**

تستخدم خرائط المدى R عندما يكون المدى مقياساً لضبط الجودة، أي عندما يراد معرفة، أو ضبط انحراف مدى عينة، أو منتج عن المتوسط العام للمدى في كافة العينات $\bar{R}$ المختارة.

ويمكننا تقدير الانحراف المعياري لتوزيع عينات العملية الإنتاجية بالتقدير النقطي غير المتحيز على النحو التالي :

$$\hat{\sigma}=\frac{\bar{R}}{d_2} \qquad (2)$$

حيث إن :

d_2 الكفاءة النسبية (قيم محسوبة في جداول خاصة / انظر Storm, R,. 1986, P.347 /) .

وتعتبر خرائط المدى أكثر حساسية، وتأثراً بالانحراف، أو التباينات من خرائط المتوسطات، مع العلم أنه إذا ازداد حجم العينة (n≥10)، تفقد طريقة المدى كفاءتها بحدة، لأن المدى في هذه الحالة، سيكون كبيراً، مما يؤدي إلى إهمال كثير من المعلومات بين الحدين الأعلى، والأدنى للعينة، وعلى أي حال تعتبر كفاءة هذه الطريقة جيدة في تكوين خرائط الجودة عندما تكون أحجام العينات صغيرة مثل (n=4,5,6) .

ولتكوين خرائط المدى، يتوجب حساب، أو تقدير الانحراف المعياري للمجتمع σ_R، وبفرض أنّ التوزيع طبيعي فإنّ التقدير $\hat{\sigma}_R$، يمكن أن يُحسب من علاقة المدى النسبي $(R=w\sigma) \Rightarrow w=\frac{R}{\sigma}$، وعليه يمكننا حساب حدود الضبط، والمراقبة العليا، والدنيا، والوسطية لخرائط المدى باختيار 3σ (أكبر مجال عددي يمكن إنشاءه) كالتالي :

$$UCL_R = \overline{R} + 3\hat{\sigma}_R = \overline{R} + 3d_3 \frac{\overline{R}}{d_2} = \overline{R}[1 + 3\frac{d_3}{d_2}] = \overline{R}D_4 \qquad (3)$$

$$CL = \overline{R}$$

$$LCL_R = \overline{R} - 3\hat{\sigma}_R = \overline{R} - 3d_3 \frac{\overline{R}}{d_2} = \overline{R}[1 - 3\frac{d_3}{d_2}] = \overline{R}D_3 \qquad (4)$$

حيث إن :

$$D_3 = 1 - 3\frac{d_3}{d_2} \quad , \quad D_4 = 1 + 3\frac{d_3}{d_2}$$

يمكن الحصول على قيم خاصة لكل من D_3, D_4 (انظر Storm, R., 1986, P.347) .

- **خرائط ضبط المدى والمتوسط المشتركة** $(\bar{x}\ and\ R\ charts)$:

يمكننا الاستفادة من حسابات خرائط الجودة، والمراقبة لكل من المدى R، والمتوسط $(\bar{x})$ ، لتكوين خرائط مشتركة بينها، فلو استخدمنا $\bar{\bar{x}}$ كتقدير لمتوسط المجتمع μ، واستخدمنا $\hat{\sigma} = \frac{\overline{R}}{d_2}$ كتقدير غير متحيز للانحراف المعياري للمجتمع σ ، فإنّ حدود خرائط المدى، والمتوسط المشتركة، تأخذ القيم التالية :

$$UCL = \bar{\bar{x}} + 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} + \frac{3}{\sqrt{n}}\frac{\overline{R}}{d_2} = \bar{\bar{x}} + A_2\overline{R} \qquad (5)$$

الحد الأوسط (خط الاعتدال) :

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

$$LCL = \bar{\bar{x}} - 3\frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} = \bar{\bar{x}} - \frac{3}{\sqrt{n}}\frac{\overline{R}}{d_2} = \bar{\bar{x}} - A_2\overline{R} \qquad (6)$$

حيث إن :

$$A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$$

و $\hat{\sigma} = \frac{\overline{R}}{d_2}$ ، وهي قيم محسوبة في جداول خاصة (انظر Storm, R., 1986, P.347).

- **خرائط ضبط الانحراف المعياري، والمتوسط المشتركة** $(\bar{x}\ and\ S\ charts)$ **:**

عندما تكون أحجام العينات كبيرة، ولنقل مثلاً n > 10، نجد أنّ عملية تقدير σ باستخدام المدى R أقل كفاءة نظراً لضياع الكثير من البيانات بين حدي المدى الواسع R، ولذا يفضل في مثل هذه الحالة استبدال خرائط $\bar{x}$ و R بخرائط $\bar{x}$ و S ، الأمر الذي يمكننا من تكوين خرائط ضبط التباين S^2 التي تعتمد مباشرة على حساب تباين العينات (سرور ، علي إبراهيم ، 1995 ، ص 114).

● خرائط ضبط النسبة P :

تعتبر خرائط ضبط النسبة من مجموعة خرائط ضبط المواصفات غير الكمية مثل تالف، أو غير تالف، يعمل أولا يعمل، معيب أو غير معيب، ويقصد بالنسبة هنا هو عدد المنتجات المعطوبة في العينة إلى عدد المنتجات فيها مثلاً، أو عدد المنتجات غير المطابقة للمواصفات إلى عدد المنتجات الكلي في العينة، وتستخدم هذه الخرائط عادةً، عندما يراد ضبط ومراقبة أعداد التالف، أو المعطوب في العملية الإنتاجية، حيث يتم تكوين هذه الخرائط بنفس الأسلوب السابق، ويُراعى فيها أن يكون عدد العينات $m\geq 25$، وبحجم $n\geq 50$ لضمان تحقق تقارب توزيع النسب من التوزيع الطبيعي ، علماً بأنّ خرائط النسبة، تعتمد بطبيعتها على ما يسمى بالتوزيع الثنائي (Binominal Distribution) الذي يمكننا من تكوين خارطة ضبط النسبة p، وحساب حدود الضبط العليا والدنيا (عيشوني ، محمد ، 2004 ، ص 265).

● خرائط أعداد العيوب (c _Charts) :

يرمز الحرف c لأعداد العيوب، أو عدم التطابق مع المواصفات المطلوبة في منتجات العينة الواحدة المأخوذة من العملية الإنتاجية وعادةً ما تؤخذ أحجام العينات في مثل هذه الحالة صغيرة $n\geq 1$ مثلاً، فإذا كان عدد العيوب في العينة الصغيرة كبيراً، فإنّ ذلك مؤشر ينذر بالخطر، وعليه يمكن تكوين نوعين من خرائط C، يعتمد أحدهما على عدد العيوب في الوحدة الإنتاجية الواحدة، بينما يعتمد النوع الثاني على متوسط العيوب $\overline{C}$ في العينة الواحدة (أي عدد العيوب للوحدة الواحدة)، علاوة على افتراض ثبات حجم العينة بحيث يتناسب مع توزيع بواسون، وعندها يتساوى المتوسط مع التباين، وهذا يعني أنّ عدد فرص حصول عدم التطابق مع المواصفات (العيوب) كبير جداً، وقد يؤول إلى ∞ بينما احتمال وقوع أو حصول أي عيب في أي موقع، أو مرحلة من المراحل صغير جداً وثابت، وعلى هذا الأساس نفترض أنّ :

$$x = 0,1,.....$$

وهو المتغير العشوائي الذي يمثل عدد العيوب في الوحدة الإنتاجية الواحدة، أو مجموعة من الوحدات الإنتاجية وأنّ العدد c، يمثل كلاً من المتوسط μ، والتباين σ^2 المعلومين في هذا التوزيع (توزيع بواسون μ,c,σ^2) حيث:

$$P(x) = \frac{e^{-c}c^{x}}{x!}$$

ويمكن تكوين حدود الضبط كالتالي :

$$CL = \overline{c}$$

$$UCL = \overline{c} + 3\sqrt{\overline{c}} \qquad (7)$$

$$LCL = \overline{c} - 3\sqrt{\overline{c}} \qquad (8)$$

وتعتبر خرائط عدد العيوب c بالمقارنة مع خرائط النسبة p أكثر وضوحاً وموثوقية ، نظراً لتعددية أنواع، وأسباب العيوب، وتشخيصها.

● خرائط أعداد العيوب u للوحدات الإنتاجية (u _Charts):

يعتمد تكوين خرائط عدد عيوب الوحدات الإنتاجية (u-charts) على متوسط عدد العيوب للوحدة الإنتاجية الواحدة في العينة، فإذا كان مجموع عدد العيوب، هو c في عينة ذات حجم ثابت n، فإنّ متوسط العيوب للوحدة الواحدة : $u = \frac{c}{n}$ ، حيث u عبارة عن متغير عشوائي خاضع لتوزيع بواسون ، كما أنه يعتبر مجموعاً خطياً لـ n من متغيرات بواسون العشوائية، وعليه نجد أن حدود الضبط والمراقبة في هذه الخرائط تأخذ القيم التالية :

$$CL = \bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^{m} u_i}{m}$$ (9) خط الوسط :

حيث m عدد العينات العشوائية، $\bar{u}$ متوسط متوسطات العيوب للوحدة الواحدة .

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n}$$ (10) الحد الأعلى للضبط :

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n}$$ (11) الحد الأدنى للضبط :

- **توزيعات باريتو (Pareto distribution) :**

وهي عبارة عن أشكال إحصائية وصفية تكرارية لعيوب الإنتاج، وتعطى على أشكال مختلفة كمضلعات تكرارية أو نقطية ، حيث يتم فيها تحديد نوعية العيوب، وعدم المطابقة مع المواصفات، وتكراراتها، أو نوعية العيوب، ونسب تلك التكرارات، وتعطى على شكل التكرارات المجتمعة الصاعدة عادة، وبالتالي فإن تشخيص نوعية العيوب، يسهل من عمليات الصيانة، وتطوير الإنتاج سواءً أكانت هذه العيوب عددية أو وصفية، وعلى أساس أن الكثير من الأعطال، هي صفة للنادر، أو القليل من أنواع هذه الأعطال (حجازي ، منيف عبد المجيد ، 1985 ، ص 418) .

- **مخططات الأسباب، وتأثيراتها (Cause and effect diagram):**

تعتبر مخططات الأسباب، وتأثيراتها من التقنيات الهامة في تحليل عدم التطابق مع المواصفات المطلوبة للوحدات الإنتاجية، وهي مخططات وصفية غير عددية، تسمى بالهياكل السمكية، أو أشكال إيشيكاوا [1] ،التي تُستخدم في توضيح أنواع الأعطال المختلفة لوحدات الإنتاج، ومصادرها، وعلاقاتها الداخلية فيما بينها، كما أنها تعتبر كلوحة بيانات مفيدة لكل من العاملين، والمهندسين الصناعيين، ومدراء الإنتاج، ومراقبي، ومهندسي الجودة، وما شابهها. ومن البديهي أن تعكس جودة الهياكل السمكية مستوى الفهم التقني للعملية الإنتاجية وأسرارها ، حيث إن هناك العديد من الأساليب لرسم هذه المخططات أو الهياكل ، التي ترسم وفقاً لأولويات الجودة في العملية الإنتاجية كالتركيز مثلاً على المواد الأولية، والعمال، ووسائل الإنتاج، وقطع الصيانة ... الخ ، وعادةً ما ترسم هذه المخططات وفقاً لتدفق المواد الأولية بدءاً من اليسار إلى اليمين خلال العملية الإنتاجية (قبانجي ، علاء ، 2006 ، ص 410) .

- **قابلية أو قدرة العملية الإنتاجية (Process capability) :**

[1] نسبة إلى كور ايشيكاوا ، للمزيد انظر قبانجي ، ع. ، 2006 ، ص. 410 .

تعتبر قابلية أو قدرة العملية الإنتاجية وحساباتها من إحدى الوسائل الهامة لتحسين الجودة، وتطوير الإنتاج، ونعني بالقابلية، أو القدرة هي إمكانية العملية الإنتاجية على مطابقة المواصفات، والشروط المفروضة، والمحددة مسبقاً على العملية الإنتاجية ، وهي تختلف عن حدود الضبط المحسوبة سابقاً.

ولحساب ما إذا كانت العملية الإنتاجية على درجة من القدرة، والقابلية لمطابقة المواصفات والشروط المفروضة مسبقاً ، فإنه يتم حساب ما يسمى بمعامل، أو دليل القدرة Process Capability Index، والذي يرمز له عادة بالرمز PCI، ويُعرَّف على أنه : " النسبة بين ما يسمى بمدى التحمل (Tolerance) ، وهو الفرق بين الحدين الأعلى والأدنى للشروط المفروضة مسبقاً، إلى مدى الانحرافات المعيارية الستة للعملية الإنتاجية المستخدمة سابقاً في خرائط المراقبة، أي الفرق بين الحدين الأعلى، والأدنى المحسوبين في خرائط المراقبة " ،(الدرادكة ، مأمون ، 2001 ، ص 306).

ومما سبق ، يمكننا القول : تعتمد خرائط الضبط الإحصائي للجودة بأساليبها المختلفة على ماهيتها وكيفية حسابها، وتحديد واختيار الإحصائية المناسبة للعينة مثل (الوسط الحسابي للمنتج) الذي يجب تحديده بدقة، ونوعية توزيعه التكراري لنصل أخيراً إلى تحديد حدود انضباط العملية الإنتاجية (ياسين، ش. ، 2002، ص212 . 220).

وبصورة عامة عند دراسة خرائط ضبط الجودة، يجب علينا مراعاة الآتي :

a) . تحديد نوعية الخريطة المناسبة لضبط الجودة والمراقبة.

b) . تحديد أي من الإحصائيات اللازم ضبطها ومراقبتها

c) . تحديد أين ومتى، يتوجب تطبيق خريطة الضبط في العملية الإنتاجية .

أما تشخيص المتغير العشوائي، فهو يتعلق بخبرة، وحكمة مهندس ضبط الإنتاج والجودة وفقاً لمعايير العمل المشروطة والمفروضة .

ثانياً: أساليب المعاينة الإحصائية المقترحة لضبط الجودة الإحصائي

نحن نعلم أن المراقبة المستمرة لمسار العملية الإنتاجية، يتم بوساطة خرائط الجودة، لكي تضبط مواقع سير العملية الإنتاجية، وتمنع الهدر والتلف في الإنتاج، لهذا وجب علينا أن نستعرض أساليب المعاينة الإحصائية، التي تستخدم كمساعد لخرائط الجودة في بداية، ونهاية مسار العملية الإنتاجية لاختبار الوحدات المنتجة والتدخل غير المباشر لتنظيم العملية الإنتاجية، وإيقاف الهدر أو التلف فيها، أي بمعنى أن أساليب المعاينة الإحصائية المقترحة، ليس لها أي أثر مباشر على إنتاج الوحدات المنتجة، وإنما يخدم مراقبة الوحدات المنتجة، لأنه يظهر حجم التلف في الوحدات المنتجة، وكذلك منشأ العطب في مسار العملية الإنتاجية، أو ضبط المواصفات للوحدات المنتجة، وعليه يمكننا القول : إن هذه الأساليب ستستخدم عندما تكون العملية الإنتاجية غير منضبطة أو محكمة (out of control)، أي عندما لا نستطيع مراقبة حركة العملية الإنتاجية مراقبة تامة، وتحديد مسارها، ومعرفة ما إذا كان هذا المسار ضمن المواصفات المطلوبة والشروط المفروضة أم لا، والهدف منه : متابعة المواصفات المطلوبة في المنتج ودراسة وكشف أسباب الخطأ، أو التلف، أو العطب فيه ومعالجة تلك الأسباب إن وجدت، أما تحديد حجم العينة المراد سحبها من المواقع لاكتشاف الخلل في العملية الإنتاجية، يتوقف على خبرة ومهارة مهندس ضبط الجودة، وذلك قبل إجراء الاختبار، والتقدير المسموح به في ضبط، وتقييم الموقع .

ويجدر بنا الانتباه هنا إلى أن المواقع كلها ذات شروط موحدة وممكنة ، كما هو الحال في وردية ما، أو لآلة ما، أو ما ينتج من قبل عامل ما، وبضبط إحدى القطع المنتجة بوساطة أدوات القياس، أو خطوات الاختبار وفق كلتا الإمكانيتين جودة جيدة وأخرى رديئة (تالفة)، أو ما يطلق عليه أحياناً صالحة للعمل، أو غير صالحة للعمل، فيما إذا وقع قياس هام لجزءٍ ضمن، أو خارج حدود الثقة المعطاة (حدود انضباط العملية الإنتاجية)، عندها نتكلم عن اختبار لصفات الجودة غير المقاسة (النوعية)، أو ما يطلق عليه باختبار الصفة، وينتج على العكس ضبط كمي . أي اختبار قياس، عندما نتكلم عن اختبار للصفات المقاسة (الكمية)، أو ما يطلق عليه باختبار المتغيرات، ويكون القرار بقبول الموقع أو رفضه، فيما إذا كانت نسبة التالف في ذلك الموقع والتي نرمز لها بـ p . للمشتري مقبولة، أو غير مقبولة، وهذا يطرح مسألة اقتصادية متعلقة بعوامل عدة، منها على سبيل المثال:

تقرر شروط التوريد، والاستلام كيفية الاتفاق بين المنتجين والمشترين من خلال القاعدة المطبقة لنسبة التلف الموجودة (المتاحة)، والمسموح بها للصفة المدروسة، وكذلك من الضرر الناشئ من قبول، واستمرار العمل بالقطع التالفة، ولتقريب فكرة الأسلوب المقترح للأذهان لدينا الحالة العملية التالية :

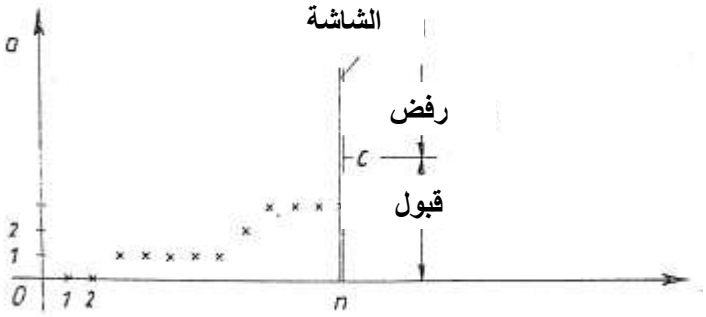
في ضبط الجودة لمخرطة آلية لعلب اسطوانية من المسامير، بحيث تكون صفة الثقب وفق آلة القياس محددة، وثقب العلبة يطابق المواصفات المحددة، فيما إذا كانت واقعة ضمن حدود الثقة المعطاة للنوع الخاص (حدود انضباط العملية الإنتاجية)، وتكون غير صالحة للعمل، فيما إذا كانت واقعة خارج تلك الحدود.

بفرض لدينا موقع إنتاجي ما ، حجم إنتاجه N=11000 ، وهو يشكل إنتاج آلة فيه خلال وردية ما، بحيث نقول عن هذا الموقع الإنتاجي بأنه جيد، فيما إذا لم يتعد التالف من إنتاجه 5% ، لأنه ليس اقتصادياً أن نختبر كامل إنتاجه ، وهذا ما يمكننا إثباته بوساطة أسلوب العينة العشوائية (البسيطة والمضاعفة والمتعددة).

تصميم العينة العشوائية البسيطة في عمليات ضبط الجودة الإحصائي:

يؤخذ من مراكز الإنتاج ذات الحجم N عينة بسيطة من الحجم n حيث (n<N)، وتختبر وحداتها بوساطة أدوات القياس، أو من خلال المراقبة المرئية لمعرفة صلاحيتها، وذلك لتحديد جودة المركز من خلال نتيجة العينة، لأن هذه العينة تكون ممثلة لجميع المراكز، وتعكس صفاتها بشكل جيد، أي أنها عشوائية، وبعبارة أخرى: حتى يمكننا تقييم نتائج العينة فيما يتعلق بجودة أحد المراكز، يجب أن تكون العينة مأخوذة بشكل عشوائي من جميع المراكز، ومعبرة عن صفاتها بشكل جيد، لأن مثل هذه العينة العشوائية، تؤكد في التطبيق العملي، ومن خلال الخلط الجيد للأجزاء المنتجة، والأخذ العشوائي لإحدى القطع، أو من خلال أخذ أجزاء لمواقع إنتاج مختلفة بواسطة جداول الأرقام العشوائية التي تمكننا من استخلاص مفردات العينة العشوائية، نظراً للصعوبة الكامنة في المواد المتراكمة، وغير الحادثة، كما يمكننا تحديد الخطوط الرئيسية لضبط مركز ما بالاعتماد على عينة عشوائية بسيطة n، وعدد القبول المحدد c وذلك كالآتي: إذا كان العدد a للقطع الرديئة الموجودة في مركز ما أقل، أو يساوي عناصر العينة n، اعتبر المركز جيداً ومقبولاً (a ≤ c)، أما إذا كان a>c رفض المركز، وأرسلت القطع المنتجة لمنتجها، وبخاصة عندما تكون قد عزلت جميع القطع الرديئة بالتتالي (المراقبة تامة).

ويمكننا توضيح مثل هذا التصميم للعينة العشوائية البسيطة من خلال ما يطلق عليه بمخطط الشاشة أو الحاجز، كما في الشكل رقم (1) الآتي :



الشكل رقم (1) : مخطط الشاشة لتصميم عينة عشوائية بسيطة

لقد وضعنا على الجملة الإحداثية، وعلى المحور الأفقي عدد القطع المأخوذة، وعلى المحور العمودي عدد القطع التالفة α ، وكل قطعة جيدة تعني في المخطط خطوة نحو اليمين، وكل قطعة رديئة (تالفة) خطوة نحو اليمين، وإلى الأعلى، وبذلك تتحدد العينة بخط عشوائي، ينتهي في قيمة على المحور الأفقي n / انظر الشكل رقم (1) / ، كيف وضعت قيم القبول c، وكل منها حسب تسلسلها ، فإذا انتهى الخط العشوائي تحت أو فوق C ، فإما أن تسحب من هذا المركز أو تعاد إليه، فالمحددات الأساسية لتصميم العينة العشوائية البسيطة هي حجم العينة n، وعدد القبول المحدد c، وهذين نحصل عليهما من مواصفات الجودة التي تعرض في مراكز الإنتاج، والتي ينجم عنها عقود الاتفاق بين المنتجين والمشترين .

ومن الطبيعي أن تكون القيمة المرغوبة في اهتمام المنتجين هي أن تتناقص نسبة التالف p في مراكز الإنتاج بسبب العينة العشوائية البسيطة المسحوبة منها من جهة، في ما يريده المشترون من ضمانة بأن يعاد الإنتاج عند اختبار العينة إلى مراكز الإنتاج ذات النسبة العالية من التالف p من جهة ثانية، لأنه وفي التطبيق العملي، تحدد من خلال محددات، تحددها هيئة المواصفات بالنسبة لكل منتج، وما هي نسبة التالف المسموح فيها P* . ولمراكز إنتاج الأجزاء أقل أهمية مثل البراغي، ومسامير البرشام، وأسنان القلاويظ وغيرها، تبلغ نسبة التالف المسموح بها P*=5% . وعليه يؤخذ من مراكز الإنتاج التي تكون فيها P≤P*، وعلى العكس من ذلك لا يؤخذ من مراكز الإنتاج التي تبلغ فيها P>P*، ولمثل هذا الضبط الدقيق، يتطلب بالتالي مراقبة تامة لمجمل إنتاج المركز الإنتاجي، وعند الأخذ بأسلوب العينة العشوائية بدلاً من المراقبة التامة نتعرض لنوعين من الأخطاء عند اتخاذ القرار هما:

1 . خطأ من النوع الأول، وينشأ عندما يرفض المشتري نتيجة اختبار العينة إنتاج أحد المراكز ذي نسبة تالف صغيرة جداً p_α وذلك بسبب وجود عدة قطع تالفة في العينة المحسوبة، وأكثر من عدد القبول المحدد c ، إن احتمال مثل هذا القرار الخاطئ . رفض المواصفات المنتج p_α ، يسمى بخطر الإنتاج، ونرمز له بـ α ؛ فمثلاً α=0.05 هذا يعني أنه من أصل 100 منتج مطابق للمواصفات أعيد 5 منها من قبل المشترين سواء أكانت محققة للمواصفات المحددة أم لا / أي ، رفض الإنتاج بالرغم من أنه جيد / .

2 . ومن جهة ثانية، يمكننا أن نقبل إنتاج مركز ذا نسبة تالف كبيرة p_α (حيث $p_\alpha \prec p_\beta$) وبخاصة عندما تحتوي العينة العشوائية المسحوبة قطعاً منتجة تالفة قليلة جداً، أو لا تحتوي أية قطعة منتجة تالفة، فخطأ القرار هذا بقبول مواصفات المنتج P_β، يسمى بالخطأ من النوع الثاني، وهو خطأ المشتري، أو خطر المشتري ونرمز له بـ β (أي قبول الإنتاج بالرغم من أنه تالف).

إن أسلوب العينة العشوائية في معنى نظرية الاختبار، هو إمكانية اختبار فرضية العدم $H_0 : p = p_\alpha$ مقابل الفرضية البديلة $H_1: P = P_\beta$ ، فخطر الإنتاج يوافق احتمال الخطأ α، أي احتمال رفض الفرضية H_0 بالرغم من أنها صحيحة، أما β فهو خطر المشتري، ويوافق احتمال قبول الفرضية H_0 بالرغم من أنها خاطئة، أي احتمال قبول الفرضية H_1 ، وأن حجم العينة n ينشأ من العلاقة بين α و β، والتي تعكس قوة الاختبار، أو تابع OC- (انظر المقطع التالي).

وللتأكد من صلاحية خريطة الاختبار، يجب أن تكون الاحتمالات α و β الموافقة لنوعي أخطاء اتخاذ القرار أقل ما يمكن، إذ تعطى α و β بشكل عام لدى تصميم العينات العشوائية، وفي أغلب الحالات العملية 0,05 أو 0,01، وذلك اعتماداً على خطورة كل من نوعي أخطاء اتخاذ القرار، لأنه ومن هذا التحديد نتحكم ونقدر الأخطاء المتوقعة في ضبط العينة بدقة .

وتدخل القيمتان p_α و P_β في حالة القيمة العددية المضبوطة P* لدى المراقبة التامة، بحيث تدعى p_α بالوضع الجيد (بالوضع السوي) والمعطى من قبل المنتجين، أما P_β فيدعى بالوضع غير السوي، والمختار من قبل المشترين بحيث تكون P_β نسبة التالف القصوى، والمسموح بها من قبل المشترين، فمثلاً: في مركز لإنتاج البراغي تكون نسبة التالف المسموح بها للمشترين 5%، أي أنه وفي اختيار خريطة الاختبار، تتحدد P_β=5%، فعلى المنتج أن يحقق في إنتاجه بحيث يقلل نسبة التالف في الإنتاج، وبشكل طبيعي إلى 1%، هذا يعني بأننا اخترنا $p_\alpha = 1\%$ ، ولدى التعاقد بين المنتجين والمشترين، تكون مواصفات القطع المنتجة محققة لنسبة تالف 1%، ولدى أغلب الحالات [(1-α) .100%] مقبولة وجيدة، إلا أنها مرفوضة فيما إذا تعدت ذلك في المراكز المنتجة لها، وكانت مساوية لـ 5%، وفي أغلب الحالات [(1-β) .100%] وبين p_α و P_β يقع مجالٌ غير موثوق به بالنسبة لاتخاذ القرار حول قبول أو رفض إنتاج المركز المعني .

توصيف عملية تصميم العينة العشوائية البسيطة:

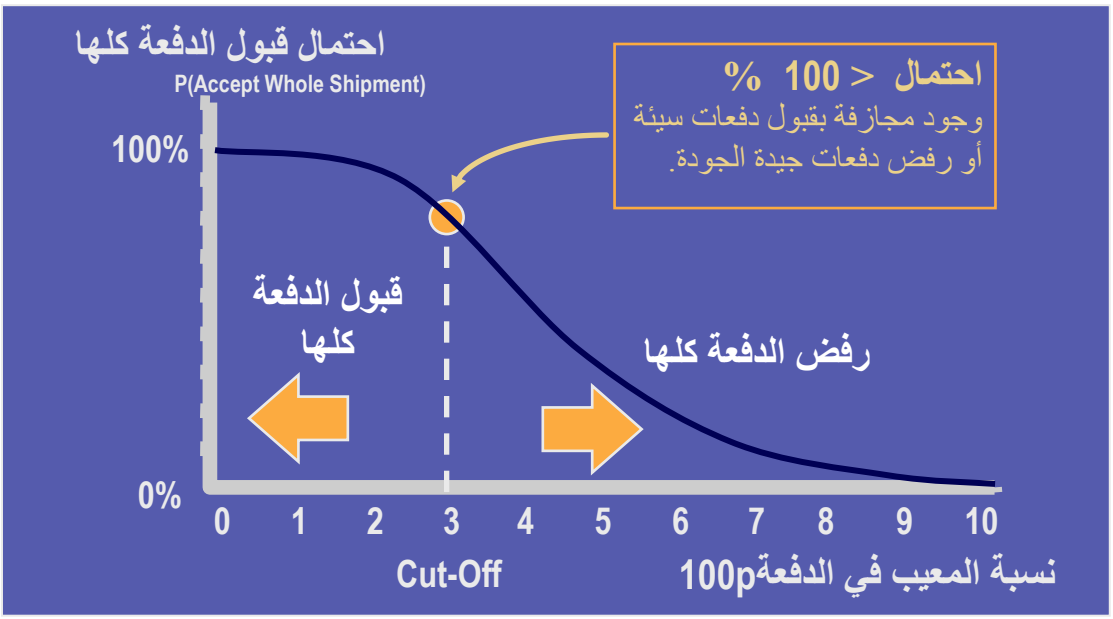
يعرض منحنى الاختبار، أو توصيف العملية OC لتصميم عينة عشوائية ما علاقة بين القيم الأربعة α و β و p_α و P_β، والتي تعبر عن اتفاقات الجودة بين المنتجين والمشترين، وبين القيم المعروفة لخريطة الجودة، حجم العينة n، وعدد القبول المحدد C. وهذه تعطي معلومات عن قوة وفعالية الاختبار لتلك الخريطة، والتي تفيد في مقارنة وتقييم مختلف أشكال العينات العشوائية، ولمعرفة ذلك نبحث في توصيف العملية لتقييم عينة عشوائية بسيطة OC[2] .

إن توصيف العملية OC هي احتمال قبول المركز في علاقته بنسبة التالف p لذلك المركز، إذ رمز بـ L لاحتمال القبول، وحسب نظرية الاختبار يكون احتمال الرفض (1-L) والمعبر عن جودة الاختبار وقوته .

لندرس عدداً كبيراً من مراكز الإنتاج وبنفس الجودة بحيث تعطى (L= 100%) نسب إنتاج تلك المراكز والتي قبلت، لكن ولكي نقبل بخريطة اختبار جيدة، يجب أن تكون L قليلة جداً، كلما كبرت P، لأن المركز الذي فيه P كبيرة يكون فيه الاحتمال أقل من نفس المركز الذي فيه P صغيرة .

[2] يوجد منحنى اختبار لأسلوب العينات العشوائية المضاعفة والمتعددة، حيث أن هذه المنحنيات هي وسيلة لمقارنة قوة اختبار البسيطة، والمضاعفة، والمتعددة .

ففي الحالة التي تكون P=0، فإن المركز لا يحتوي على أية قطعة تالفة أي أن: L=1 وفيها تقبل كل المراكز، أما إذا كانت P=1، فإن L=0 وبالتالي ترفض جميع المراكز لأن أغلبها يحتوي قطع تالفة، وبالتالي فإن قيمة L تتراوح من 0 و1، وهي تابع غير متزايد لـ P، وترمز لتوصيف العملية OC بـ L(P)، ولنرسم ذلك على الجملة الإحداثية، بحيث نضع على المحور الأفقي قيم P (حيث 0≤P≤1)، وعلى المحور العمودي قيم L (حيث 0≤L≤1)، وعليه يكون شكل L(P) كما هو موضح في الشكل رقم (2) :

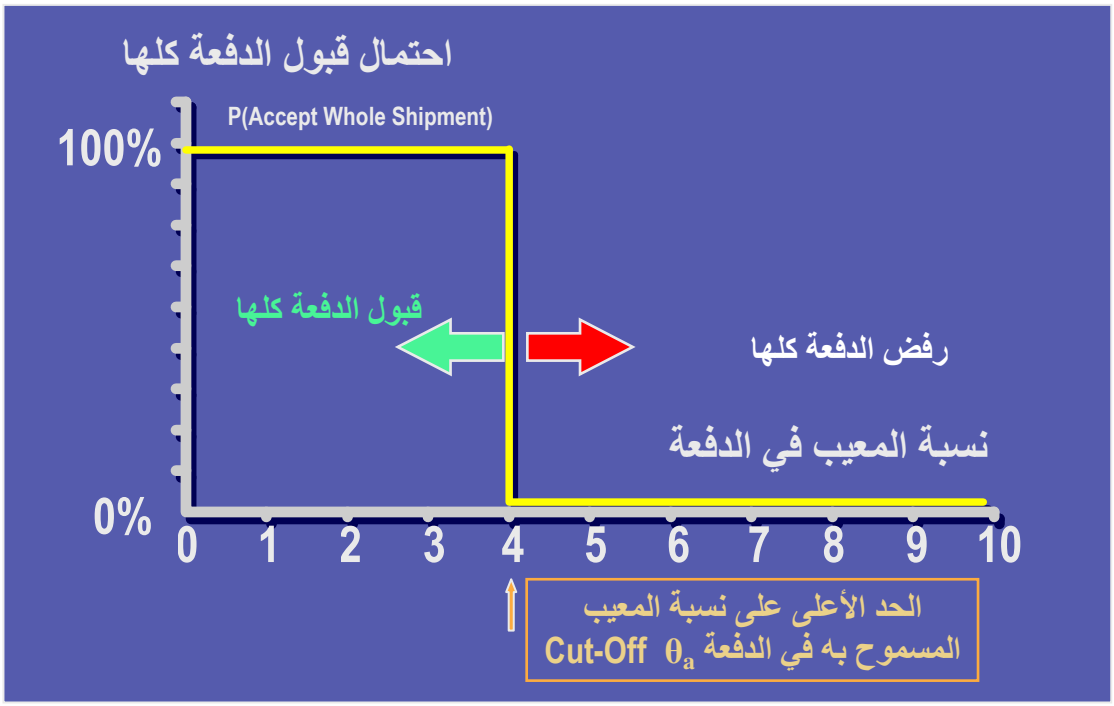


الشكل رقم (2) : توصيف OC لـ P(L) – منحنى خاصية التشغيل الفعلي

ولدى المراقبة التامة لمجمل إنتاج المركز، يمكننا أن نحدد بالضبط نسبة التالف P أو على الأقل بشكل تام، ومع ذلك يعطى خط سير الإنتاج لـ L(P) ، فإذا كانت P* نسبة التالف المسموح بها، ومعطاة من قبل هيئة المواصفات والمقاييس، فعندها تؤخذ جميع المراكز التي فيها P≤P* وترفض المراكز التي فيها P>P* ، بحيث نكتب :

$$L(p)=\begin{cases} 1 & \text{عندما } P\le P^* \\ 0 & \text{عندما } P>P^* \end{cases} \qquad (12)$$

ويظهر الشكل رقم (3) مجرى توصيف العملية OC بالنسبة لـ P، ولدى تطبيق أسلوب العينة العشوائية تكون P غير معلومة، فعندها لا نستطيع بدقة تحديد L(p)، بحيث يمكننا هنا أن نعبر عن احتمال القبول L(p) لقيم معلومة بمتوسطات الاحتمال ومن خلاله نرسم شكلاً لمنحني الاختبار.



الشكل رقم (3) : توصيف العملية OC لدى المراقبة التامة L(p) – منحنى التشغيل الأمثل

وحسب (Storm, R. 1986, P.51) يكون الاحتمال لذلك :

$$P(X=k)=\frac{\binom{pN}{k}\binom{N-pN}{n-k}}{\binom{N}{n}}(k=0,1,2,...;pN=M,\ \text{عدد تام}) \qquad (13)$$

فيما إذا كانت نسبة التالف في المراكز $P=\frac{M}{N}$ لـ n قطعة مأخوذة من المركز من الحجم N فيها k قطعة تالفة (حيث أن x هو المتغير العشوائي الذي يعطي عدد القطع التالفة في العينة العشوائية من الحجم n). هذا ويمكننا استبدال الاحتمال المعطى للتوزيع الهندسي بالعلاقة (13) بالاحتمال المطابق لتوزيع ثنائي الحدين عندما تكون N كبيرة جداً و P صغيرة (انظر Storm. R., 1986, P.44tt)، واستبدال الأخير (احتمال توزيع ثنائي الحدين) باحتمال توزيع بواسون، حيث أن $\lambda=n.p$ ، فيكون :

$$P(X=k)=\frac{(np)^k e^{-np}}{k!} \qquad (14)$$

هذا وترفض القطع المنتجة وفق مواصفات العينة البسيطة طالما أن العدد المعطى في العينة لعناصر غير صالحة للعمل أصغر، أو غالباً تساوي لعدد القبول المحدد C، وعليه يكون وحسب قوانين حساب الاحتمالات[3] وتعريف توصيف العملية OC الآتي :

[3] حسب خاصية جمع الاحتمالات لحوادث مستقلة، حيث أن {x=0} و {x=1} و ... و {x=c} للمزيد انظر Storm. R., 1986. P.28.

$$L(p) = P(X \le c) = P(X = 0) + P(X = 1) + ... + P(X = c) =$$

$$= \sum_{k=0}^{c} p(X = k). \qquad (15)$$

ويستبدل لأجل المجموع P(x=k) إما العلاقة (14)، أو العلاقة (15)، ونحن نعلم بأن توصيف العملية OC مرتبط بكل من P و n و c، وهي قيم عددية لخريطة الاختبار البسيط، والمعبر عنه كتابياً L(p; n ,c)، ويعطى بالتالي منحنى الاختبار لتصميم أي عينة بسيطة L(p, n ,c) [4]

ومن تعاريف الخطأ من النوع الأول والخطأ من النوع الثاني واحتمالاتهم α و β نضع العلاقات الآتية :

$$L(p_x ; n, c)=1-\alpha \qquad (16)$$

حيث α هي الاحتمال الذي يرفض عنده المركز ذو الجودة p_α وأن (1-α) هو الاحتمال لقبوله) ؛

$$L (P_\beta; n ,c) = \beta \qquad (17)$$

وتظهر العلاقات (16) و(17) العلاقة بين القيم P_α و P_β و β_α وبين القيم المعرّفة n و c لخريطة الاختبار.

بتبديل العلاقة (14)، أو العلاقة (15) في العلاقة (16)، والعلاقة (17) نحصل على علاقات التحديد لكل من n و c :

$$L(p_\alpha;n,c) = \sum_{k=0}^{c} \frac{\binom{p_a N}{k}\binom{N - p_a N}{n-k}}{\binom{N}{n}} = 1-\alpha \qquad (16')$$

$$L(p_\beta;n,c) = \sum_{k=0}^{c} \frac{\binom{p_\beta N}{k}\binom{N - p_\beta N}{n-k}}{\binom{N}{n}} = \beta \qquad (17')$$

$$L(p_\alpha;n,c) = \sum_{k=0}^{c} \frac{(p_\alpha n)^k e^{-p_\alpha n}}{k!} = 1-\alpha \qquad (16``)$$ أو

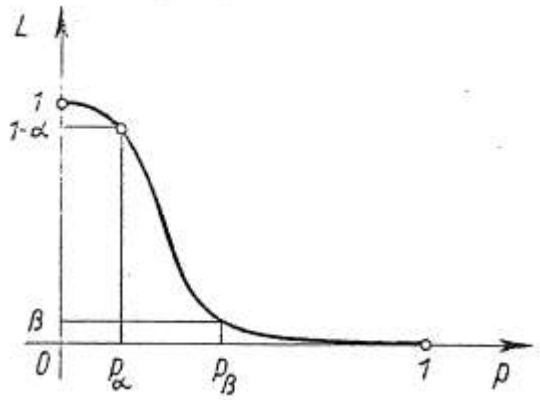
$$L(p_\beta;n,c) = \sum_{k=0}^{c} \frac{(p_\beta n)^k e^{-p_\beta n}}{k!} = \beta \qquad (17``)$$

[4] المثال العددي لتوصيف العملية OC لتصميم عينة عشوائية بسيطة بـ n=100 و C=4، انظر : Müller, P.H.; Neumann, P.; Storm, R., 1979,P.83 /

وتكون العلاقات (16) و(17) :

$$L(1)=0 \quad \text{وكذلك} \quad L(0) \qquad (18)$$

نحدد النقط الأربعة لمنحنى الاختبار التي تصل إليها في أغلب الحالات من خلال رسمها كما في الشكل رقم(4).



الشكل رقم (4) : إنشاء توصيف العملية OC . L(P) من خلال النقط الأربعة

وبالإضافة إلى هذه النقط الأربعة، فهناك نقطة خامسة تدعى بنقطة الجودة، ويرمز لها بـ P_{50}، / للمزيد انظر /Hamaker. H.C., 1950,P.93، ولأجل تلك النقطة تكون العلاقة الآتية :

$$L(p_{50})= 0,50 \qquad (19)$$

ويقبل في مراكز الإنتاج ذات نسب التلف P_{50}، 50% ويرفض أيضاً 50% منها في أغلب الحالات.

ويكون تصميم العينة العشوائية جيداً كلما اقترب توصيف عمليتها من منحنى مثلوي OC من المراقبة المتاحة 100% (انظر الشكل رقم 3)، وهذا يعني أن التصميم جيدٌ للعينة العشوائية عندما يكون مجال عدم الثقة صغيراً جداً بين P_α وP_β. وفي هذه الحالة يزداد باضطراد كل منحنى الاختبار وحجم العينة العشوائية n وكذلك تكاليف الاختبار لمثل هذا الأسلوب، لذا لابد من إيجاد وسيلة توفيقية .

إن تحديد كل من n و c من العلاقات (16) و(17) لدى القيم المعطاة N وP_α وP_β وβ ليس سهل الحساب، لأنها تعطي حلولاً عامة، وغير واضحة ودقيقة.

في الحالة العملية [قياس ثقب العلب] يمكننا أن نرى مثل هذه الصعوبات في الحساب ؛

لنختار الاحتمالات وقرارات الخطأ المتعلقة بذلك :

$$\alpha = 0,10,\ \beta = 0,05 \quad \text{وكذلك فإن} \quad P_\alpha = 0,01=1\%,\ P_\beta= 0,05 =5\%$$

هذا يدل أن المراكز الإنتاجية بنسبة تالف 1%، وأقل في الأغلب 10% من إنتاجها، وفي أغلب الحالات، سواء أكانت جيدة، فهي ترفض، وتكون بالتالي المراكز الإنتاجية ذات نسبة تلف5%، وأكثر مرفوضة على الأغلب لـ 5% ولجميع الحالات سواءً كانت جودتها غير مطابقة لشروط التوريد [5].

وعليه يأخذ منحنى الاختبار النقاط الأربعة:

---

[5] ولمثل هذا التحديد يجب أن يراعى تحديدات هيئة المواصفات عن نسب التالف في إنتاج كل صنف، فمثلاً P*=0,05 لمثالنا؛ لنضع P_β=5% فهذا يدل أن جميع التوريدات من الإنتاج بنسب تالف 5% ترفض غالباً، سواء أكانت مطابقة لمحددات هيئة المواصفات، وهنا نثبت بدقة أكبر أن قيمة التالف المعرفة والمطبقة بخرائط الاختبار من قبل Hamaker وحسب العلاقة (19) في نقطة المراقبة P50 مساوية 5% أو أقل قليلاً؛

$$L(0)=1 \;; L(0,01) = 0,90 \;; L(0,05) = 0,05; L(1)=0$$

وبما أن حجم المركز الإنتاجي كبيرٌ جداً (N=11000)، فإنه يمكننا أن نطبق العلاقات (16``) و(17``) بحيث أن : $p_\alpha=0,01,\ P_\beta=0,05,\ \alpha = 0,10,\ \beta=0,05$ وفي هذه العلاقات الآنفة الذكر، يجب أن تتفاوت n و c عن بعضها البعض لحين يقترب مجموعهما من الطرف الأيمن لتلك العلاقات المشار إليها (للعلاقات) [6].

وعليه يمكننا أن نستخدم جدول توزيع بواسون ونحصل على :

$$n \approx 160, \quad C \approx 3$$

وفي التطبيق العملي لا يتطلب الأمر أن نسلك هذا المسار المعقد حسابياً، لأنه بالإمكان معرفة حجم العينة n، وعدد القبول المحدد C من خرائط الاختبار لحجم المركز المعطى N، وتوفيقات القيم المحددة (β ، α ، P_β ، p_α) ، ففي مختلف خرائط الاختبار المستخدمة حتى الآن يمكننا أن نعتمد على بعض القيم (p_α ، P_β، α، β) المحددة من مؤشرات مستقاة من المعارف العملية، فمثلاً تعطي الخرائط الموضوعة من قبل Dodge و Romig متوسط نسبة التالف P للمركز بالإضافة إلى P_β و β ، في حين أن خريطة الاختبار الموضوعية من قبل Hamaker، تتحدد بوساطة نقطة الجودة P_{50}، وميل نسبي ho لمنحنى الاختبار في نقطة الجودة. هذا ويمكننا أيضاً أن نطبق علاقات أخرى بدلاً من العلاقات (21) و(22) لتحديد n و c /للمزيد انظر Storm, R., 1986, P. 108/.

لنشترط أن كل مركز مرفوض، اخضع لرقابة تامة للقطع التالفة، ولدى اختبار العينة العشوائية، استبدلت تلك القطع التالفة بأخرى جيدة، هذا ما يطلق عليه بالجودة المصحّحة، وهذا يكون ممكناً فقط لدى اختبار التذبذبات الحرة . وعليه يمكننا تحديد متوسط نسبة التالف لكل المراكز المختبرة بنفس الأسلوب، وهذا ما نطلق عليه بالتسلل D، حيث أن D ترتبط بنسبة التالف P للمراكز المختبرة وللعملية . OC، L(P) وعليه نكتب :

$$D(p)= P\,L(p) + 0\,[1-L(p)] = p\,L\,(p) \qquad (20)$$

يقبل كل مركز إنتاجي بنسبة تالف p وباحتمال L(p)، ويرفض ذلك باحتمال 1-L(p) واستناداً لذلك يعزل (انظر Storm, R., 1985, P.108). يهتم المشتري أولاً بالحد الأقصى من التسلل D(p)، والذي يدعى D_{max} أي التسلل الأقصى للتالف، أو معدل عائد الجودة المحدود كقيمة عليا لنسبة التالف الباقية من المركز، وتعطى D_{max} في أغلب تصميم العينات [7].

أسلوب العينة العشوائية المضاعفة:

نختار في أغلب حالات التطبيق العملي لرقابة الجودة خرائط العينات العشوائية المضاعفة البسيطة نظراً لبعض مزاياها، لأن هذه الخرائط تشتمل على خمسة، أو أربعة مقادير (n_1 و n_2 و c_1 و c_2 و c_3) بدلاً من المقدارين n و c في الخرائط البسيطة، وتعني هذه المقادير الخمسة أو الأربعة الآتي :

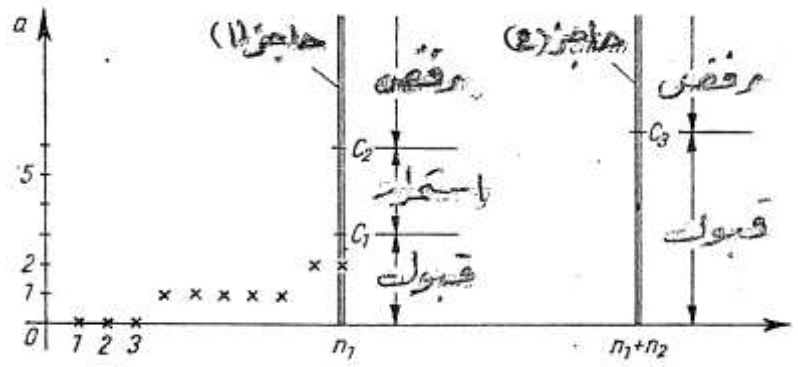
يؤخذ من مركز ما عينة عشوائية أولى من حجم n_1 بحيث تشمل هذه العينة العشوائية معظم القطع التالفة c_1، فإذا اعتبرنا α_1 عدد القطع التالفة في العينة العشوائية الأولى ومحققاً للعلاقة $\alpha_1 \le c_1$، فإننا نقبل إنتاج ذلك المركز، أما إذا كانت $\alpha_1 > c_2$ (حيث $c_2 > c_1$)، فيرفض عندها إنتاج ذلك المركز، أما إذا كانت α_1 بين c_1 و c_2 أي $c_1 < \alpha_1$

[6] التساوي ليس ممكناً دوماً لأن c, n أعداد تامة .

[7] لحساب D_{max} انظر Storm, R., 1986, P. 108 .

($c_2 \leq$ فيؤخذ من ذلك المركز عينة عشوائية ثانية من حجم n_2، والتي تشتمل على α_2 كقطع تالفة، بحيث يكون $\alpha =$ $\alpha_1+\alpha_2$ عدد القطع التالفة في العينتين الأولى والثانية معاً، فإننا نقبل إنتاج ذلك المركز فيما إذا كانت $\alpha \leq c_3$ (حيث $c_2 \leq c_3$). ونرفض إنتاجه إذا كانت $\alpha > c_3$ [8].

ويمكننا أن نوضح مخطط العينة العشوائية المضاعفة، كما في خريطة الاختبار البسيطة [انظر الشكل رقم (5)]، إذ نضع على المحور الأفقي للجملة الإحداثية عدد القطع المأخوذة من المركز، وعلى المحور العمودي عدد القطع التالفة الموجودة بين القطع المأخوذة من ذلك المركز، إذ نلاحظ حاجزاً على النقطة n_1 في المحور الأفقي الذي يشتمل على ثلاثة مناطق: قبول ورفض واستمرار [هذا يعني أخذ عينة عشوائية ثانية] حيث أن منطقة الاستمرار، تتراوح بين كلا العددين c_1 وc_2 ، في حين أن العدد c_3 يفصل الحاجز الثاني على النقطة n_1+n_2 من المحور الأفقي متضمناً فقط منطقتي قبول ورفض تبعاً للقرار المتخذ، وحيث ينتهي المسار العشوائي للعينات العشوائية.



الشكل رقم (5): مخطط رسم خريطة العينات العشوائية المضاعفة

وتُحدث خريطة الاختبار المضاعفة أثراً انتقائياً: غالباً ما يرفض المركز أو يقبل، فيما إذا كانت نسبة التالف p كبيرة جداً أو صغيرة جداً خاصة بعد سحب العينة العشوائية الأولى، إلا أننا نكون في حال الإنتاج متوسط الجودة أمام قرار نهائي برفض أو بقبول ذلك الإنتاج بعد سحب العينة العشوائية الثانية، هذا ولكي نسحب مركزاً بنسبة تالف P نوجد خريطة اختبار أو توصيف العملية L (p) كاحتمال لذلك، ولأجل معطيات العينات العشوائية المضاعفة بالمقادير الخمسة (n_1 وn_2 وc_1 وc_2 وc_3) بدلاً من المقدارين n و c في العينات العشوائية البسيطة، بحيث أن العرض البياني لخريطة اختبار العينات العشوائية المضاعفة، هو نفسه المعروض لخريطة الاختبار البسيط، ومن خلال ذلك تنتج إمكانية للمقارنة بين أسلوبي العينات العشوائية المضاعفة والبسيطة مع بعضهم البعض، هذا ويكون شكل عملية التوصيف L(p) أكثر تعقداً، وعليه نميّز بين المراكز التي قد قُبلت بعد سحب العينة الأولى منها، وتلك التي يتم قبولها بعد سحب العينة العشوائية الثانية، وباختصار نكتب :

[8] في بعض خرائط العينات العشوائية المضاعفة، توضع $c_2 = c_3$ لأجل تقليل عدد المؤشرات المستخدمة، ومثل هذه الدراسات حول هذا التحديد نجده في Hamaker, H.C. 1950,P.180، ولدى هيئة المواصفات والمقاييس، نجد أن عدد المؤشرات المستخدمة محدد بالشرط أن $n_1=n_2$ ؛

$$P_{n_i}(X=k)=\frac{\binom{pN}{k}\binom{N-pN}{n-k}}{\binom{N}{n}} \qquad \begin{pmatrix} i=1,2 \\ l=0.1.2..... \end{pmatrix} \quad (21)$$

وكذلك (لأجل N كبيرة و p صغيرة) نحصل :

$$P_{ni}(X=K)=\frac{(n_i p)^k}{k!}e^{-n_i p} \qquad (22)$$

ونحصل على احتمال القبول [9]:

$$L(p)=\sum_{k=0}^{c_1}P_{ni}(X=k)+\sum_{k=c_1+1}^{c_2}\left[P_{n_1}(X=k)\sum_{i=0}^{c_3-k}P_{n2}(X=1)\right] \qquad (23)$$

يعطي المجموع الأول من العلاقة (22) احتمال القبول بعد سحب العينة العشوائية الأولى، أما المجموع الثاني من نفس العلاقة (22)، فيعطى احتمال قبول المركز بعد سحب العينة العشوائية الثانية، لأنه ووفق العينة العشوائية الأولى، لم يكن هناك أي قرار بقبول، أو برفض ذلك المركز.

ونكتب بدلالة العلاقات السابقة، وعملية التوصيف :

$$L(p_x)=1-\alpha \text{ و } L(p_\beta)=\beta \qquad (24)$$

لنضع مخاطر المشترين والمنتجين المعطاة مع المقادير (n_1 و n_2 و c_1 و c_2 و c_3) على خريطة الاختبار، وذلك لأن حساباتها معقدة نسبياً، وهنا يمكننا أن نستغني عن أي تطور.

تكمن ميزة أسلوب العينات العشوائية المضاعفة في أن استخدامها يتطلب وسطياً مشاهدات أقل من تلك لدى استخدام خريطة الاختبار البسيط مع نفس منحنى الاختبار، أي مع نفس قوة الاختبار، وهذا يؤدي إلى توفير في تكاليف الاختبار، هذا وإن حجم العينة العشوائية البسيطة، يبقى ثابتاً ومساوياً لـ n، غير أن ذلك في الخريطة المضاعفة، يعطى كحجم متوسط $\bar{n}$ الذي لا يحدد مسبقاً، فيما إذا درست قطع المركز n_1 أو n_1+n_2، ونكتب حسب قوانين حساب الاحتمال، وتطبيق العلاقتين (21) و(22) :

$$\bar{n}=n_1+n_2\sum_{k=c_1+1}^{c_2}P_{n1}(X=k). \qquad (24)$$

حيث إن $\bar{n}$ ليست ثابتة، فهي ترتبط بالإضافة لمقادير الخريطة (n_1 و n_2 و c_1 و c_2 و c_3) بنسبة التالف p: $\bar{n}(p)$ هو متوسط العينة العشوائية، ويرمز له بالمراجع بـ (ASN = Average - Sample Number) حيث يمكننا أن نبين، وفي أمثلة عدة بأن $\bar{n}$ هي غالباً أقل من n لخريطة بسيطة، ولنفس منحنى الاختبار، لأن ذلك يحقق وسيطياً توفير بالمشاهدات.

عرّف Hamaker حالة عملية عكسية كمقياس لتوفير تكاليف الاختبار بالعلاقة :

$$Z=\frac{\bar{n}(p)}{n} \qquad (25)$$

[9] انظر Uhlmann, W., 1986, P.130 حول اشتقاق العلاقة (23) ؛

بحيث يجب أن يقترب منحنى الاختبار لخريطة المضاعفة منه لخريطة البسيطة من التطابق، ويظهر الرسم البياني لـ Z بعلاقتها بـ p أن الخريطة المضاعفة، قد وفرت بالمتوسط حوالي 30% من المشاهدات، حيث يزداد التوفير لدى الإنتاج الجيد أو الرديء جداً، لأن هذا قد يقبل أو يرفض بعد العينة العشوائية الأولى

(للمزيد انظر Uhlmann, W., 1986,P.135, Hamaker, H.C., 1950, P.125).

تتصف خرائط العينات العشوائية المضاعفة بالإضافة لميزة توفيرها بتكاليف الاختبار بميزة نفسانية، تكمن في كون المراقب راضياً جداً، فيما إذا اضطر الأمر لعدم الرفض الفوري للمركز بسبب العينة العشوائية، وعزله تماماً ليعطي فرصة أخرى في سحب عينة عشوائية ثانية، يمكننا من قبول المركز.

ونستدل من هاتين الميزتين باستخدام أسلوب العينات العشوائية المضاعفة في التطبيق العملي، ولأنها أفضل من الخريطة البسيطة لأخذها بالاعتبار المقادير الخمسة (n1 و n2 و c1 و c2 و c3) والخبرة العملية المتمرنة للمراقب، وبناءً عليه يمكن للمركز أن يخزن مدة أطول لحين نتيجة اختبار العينة العشوائية الأولى، ومن الممكن أن تؤخذ عينة عشوائية ثانية، الأمر الذي من شأنه أن يؤثر بشكل سيء على الاختبارات التي تستغرق وقتاً طويلاً.

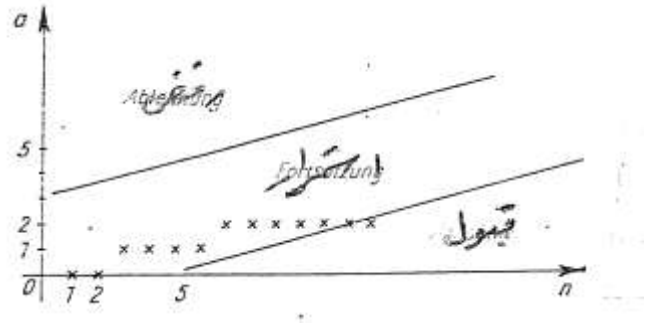
أسلوب العينات العشوائية المتعددة والمتتالية:

مما لاشك فيه أنه يمكننا توسيع أسلوب العينات العشوائية المضاعف المعروض في الفقرة السابقة إلى أسلوب العينات العشوائية الثلاثية، أو الرباعية، أو من الشكل r عينة، لكي نثبت مزايا هذا الأسلوب مقارنة مع أسلوب العينة البسيطة .

نقرر بعد نتائج الاختبار لكل عينة عشوائية من الحجم n_i (حيث i=1,2,3,…r-) قبول أو رفض المركز، أو استمرار الاختبار من خلال سحب عينة عشوائية أخرى r من الحجم nr بقبول أو رفض المركز، وميزة هذا الأسلوب، تكمن في توفير تكاليف الاختبار، إلا أن الاختبار هنا هو أكثر تعقيداً .

(للمزيد انظر DDR- Standard, 1980,P.40, Military- Standard -105,1963,P.190).

ونصل إلى متوسط حجم العينة العشوائية الأقل وفق أسلوب العينات العشوائية غير المحدود أو المتتالي . ويدعى أيضاً بالاختبار التالي، أو الاختبار المتتالي . ويمثل هذا الحجم يكون من القرار حول قبول أو رفض المركز، أو استمرار الاختبار ووفق كل قطعة مسحوبة من المركز، وهذا يعني أن $n_1 = n_2 = n_3 = ... = n_r = 1$.



الشكل رقم (6) : مخطط رسم لخريطة العينات العشوائية المتعددة والمتتالية

يبين الشكل رقم (6) مخطط رسم خريطة العينات العشوائية المتعددة والمتتالية والذي تتضمن ثلاثة مجالات: مجال الرفض، ومجال القبول، ومجال الاستمرار، تلك المجالات مقسمة إلى مستقيمين متوازيين، وعليه تستمر

المشاهدات لحين صدور القرار بقبول أو برفض المركز، أي لحين يصبح المسار العشوائي تحت أو فوق المستقيمين المتوازيين.

النتائج:

تطرقنا في هذا البحث لأساليب ضبط الجودة الإحصائي من خلال استعراض عدد لا بأس به من الأساليب مكنتنا من تبيان الهدف منها، وبخاصة في دراسة وكشف ما يطرأ على المنتج من تغيرات في المواصفات المحددة أثناء العملية الإنتاجية للوقوف عندها ودراسة الأسباب المؤدية لذلك ومعالجتها، سواءً ما يتعلق منها بخط سير الإنتاج، أو بالآلة وغيرها.

كما تعرضنا إلى خطط معاينة القبول للتمييز بين الدفعات المقبولة، والمرفوضة مع تبيان العلاقة بين احتمال قبول الدفعة وجودتها من أجل السعي في نجاح نظام الجودة المعتمد بشكل كبير على أساليب المعاينة الإحصائية، وبناءً عليه يمكننا القول:

- يؤدي استخدام أساليب المعاينة الإحصائية في ضبط الجودة إلى مساعدة المؤسسة، أو المنشأة في الحكم على سلامة قراراتها وخططها ؛
- تتمتع أساليب المعاينة الإحصائية بموثوقية كبيرة ، وبكلفة أقل في الاختبار، وبكفاءة أفضل ، الأمر الذي يدعو لإمكانية التعميم في دنيا الأعمال ؛
- توضح أساليب المعاينة الإحصائية أهمية منحنى الجودة (منحنى التشغيل الفعلي أو الأمثل أو ...)؛

التوصيات:

1. الاهتمام بإدارة الجودة، والسعي لإيجاد آليات فاعلة لاكتشاف المشكلات، ومعالجتها من خلال استخدام أساليب المعاينة الإحصائية لضبط الجودة؛
2. الاهتمام بدراسة منحنيات الجودة، وتطبيقها في رقابة الجودة، لتكون المنتجات محققة للمواصفات المطلوبة؛
3. إعداد نماذج منحنيات جودة مثلوية للمنتجات، تحقق طموحات المُنتج، ورغبات المستهلك ؛

هذا ونأمل من جميع الباحثين والمهتمين في مجال ضبط الجودة ، الاستفادة من عرضنا المتواضع عن أساليب المعاينة الإحصائية في ضبط الجودة، ومعرفة أسلوب المعاينة الأكثر كفاءة في تحديد منحنى الجودة الأمثل الذي يعطي قوة وفعالية خرائط ضبط المواصفات .

كما نأمل العمل على تطوير النظرية الرياضية لأساليب المعاينة الإحصائية، وبيان إمكانية تطبيقها في رقابة الجودة ، لأن الأفكار المقدمة في هذا البحث، تفتح المجال لدراسات لاحقة في مجال رقابة وضبط الجودة وبخاصة إعداد خرائط ضبط الجودة المثلى للمنتجات (أسلوب المحاكاة) ، ونأسف جداً من عدم إمكانية تطبيق هذه الأساليب ، نتيجة عدم توفر معطيات عن إحدى المؤسسات الصناعية ، آملين في المستقبل أن نزود بها.

المراجع:

. الدرادكة ، مأمون ، وآخرون. *إدارة الجودة الشاملة*، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان ، 2001 ، (510).

– حجازي ، منيف عبد المجيد. *الضبط الإحصائي للجودة (لوحات الضبط)*، المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس، الأمانة العامة، القاهرة، 1985 ، 450 .

– عيشوني ، محمد. *ضبط الجودة*، المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني، الرياض، 2004 ، 510.

– سرور، علي إبراهيم. ترجمة عن مستر فيلد ، دال ، *الرقابة على الجودة* ، المكتبة الأكاديمية،القاهرة، 1995، 310.

. قبانجي، علاء الدين؛ كمرجي، حسام حمامي. *الاحتمال والإحصاء*، منشورات جامعة دمشق، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية ، 2006 ، 449 .

– ياسين، محمد شفيق؛ السيد، حسن فؤاد. *أساليب ضبط الجودة الإحصائي*، المركز العربي للتعريب والترجمة والنشر، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، دمشق، 2002 ، 216.

- CARMER, H. *Mathematical Methods of Statistics*, Princeton, 1946.
- DUNCAN, A.J., *Quality, Control and industrial statistics*, Homewood, 1959.
- GRANT, E.L. *Statistical Quality control*, New York, 1964.
- HEIMHOLD, J.; GACDE, K.W. *Ingenier-Statistik*, München / Wien, 1964.
- HAMAKER, H.C. *Die Theorie der Stichprobepläne*, Philips Tech. Rundschau, Bd II, 1950.
- MUELLER, P.H. NEUMANN, P. STORM, R.*Tafeln der Mathematischen Statistik*, 3. Auflage, Leipzig, 1979.
- SCHAAFSMA, A.H. WILLEMZE, F.G. *Moderne Qualitätskontrolle*, Eindhoren, 1955.
- SCHINDOWSKI, E.; SCHUERZ, O. *Statistische Qualitätskntrolle*, *Kontrollekarten und Stichprobepläne*, 7. Auflag, Berlin, 1976.
- STORM, R. *Wahrscheinlichkeitsrechnung, Mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle*, 8. verlesserte Auflage, VEB-Fachbuchverlag, Leipzig, 1986.
- UHLMANN, W. *Statistische Qualitätskontrolle und Regulierung der produktionsprozesse*, Berlin, 1995.
- *Mathematical and Statistical Principles Underlying Military Standard 414*, Washington, 1958.
- *Die Organisation des Technischen Kontrolle in Maschienenbau*, 1955.
- *DDR-Standard, 1980, TGL 14452, Statistiche Qualitätkontrolle, Stichprobepläne für die Attributsprüfung und für die Variablenprüfung von normal vertielten Markmalen*, Berlin, 1981.
- *Military-Standard 414 und 105 D, 1957, Sampling Procedures and Tables for Inspection by Variables and Attributes (The ABC. Standard)*, Washington, 1963.