CHAPTER 3 الفصل الثالث

خرائط المراقبة للمتغيرات
CONTROL CHARTS FOR VARIABLES

INTRODUCTION مقدمة

Variation التغير

أحد الافتراضات أو الحقائق البديهية للتصنيع هى أنه لايمكن أن ينتج جزئين متشابهين بدقة تماما. وفى الحقيقة، مفهوم التغير هو قانون طبيعى فى أنه لايوجد عنصران طبيعيا يقعان فى نفس الفئة ويكونان نفس الشيء تماما. والتغير يمكن أن يكون كبيرا جدا وسهل الملاحظة، مثل أطوال الآدميين، أو يمكن أن يكون صغيرا جدا، مثل أوزان أقلام الحبر التى لها سنون دقيقة أو شكل رقائق الثلج المتساقط فى الأجواء الجليدية. عندما تكون التغيرات صغيرة جدا، فقد تبدو أن العناصر متطابقة، إلا أن أجهزة القياس الدقيقة يمكن أن تبين الفروقات. فإذا مابدا أن عنصرين لهما نفس القياسات، فيكون ذلك بسبب حدود اجهزة القياس. وكلما أصبحت أجهزة القياس دقيقة، كلما استمرت التغيرات فى الوجود، ولا يتغير إلا فترات التغير. والمقدرة على قياس التغير تكون لازمة قبل أن يمكن مراقبتها.

وهناك ثلاث فئات للتغيرات فى إنتاج أجزاء القطع :

١ـ تغير داخل القطعة within-piece variation . هذا النوع من التغير موضح بخشونة السطح للقطعة حيث يكون جزء من السطح أخشن من جزء آخر، أو أن عرض أحد أطراف مجرى الخابور يختلف عن عرض الطرف الآخر.

٢ـ التغير من قطعة لأخرى piece-to-piece variation. هذا النوع من التغير يحدث عبر القطع المنتجة فى نفس الوقت. لهذا، تختلف شدة الضوء لأربع لمبات تنتج متتالية على آلة واحدة.

٣ـ التغير من وقت لآخر time-to-time variation. هذا النوع من التغير موضح بواسطة الاختلاف فى المنتج الذى ينتج فى أوقات مختلفة من اليوم. لهذا، فالمنتج الذى ينتج فى الصباح الباكر يكون مختلفا عن الذى ينتج متأخرا فى نهاية اليوم، أو مع تآكل عدة القطع، تتغير خواص القطع.

فئات التغير لأنواع العمليات الأخرى مثل العمليات الكيميائية المستمرة لاتكون هى نفسها بالضبط، إلا أن المفهوم متشابه.

وتوجد التغيرات فى كل عملية بسبب خليط المعدات، والمواد، والبيئة، والعامل. وأول مصدر للتغير هو المعدات equipments. ويشمل هذا المصدر تآكل العدد، وذبذبات الآلات، وأوضاع وحدات إمساك الشغلة، والتغيرات الهيدروليكية والكهربائية. وعندما توضع كل هذه التغيرات مع بعضها، يكون هناك مقدرة معينة أو إتقان معين تعمل فى إطاره المعدة. حتى الآلات المفترض أنها متطابقة يكون لها مقدرات مختلفة، وتصبح هذه الحقيقة اعتبارا مهما جدا عند جدولة تصنيع الأجزاء الحرجة.

المصدر الثانى للتغير هو المواد material. حيث أن التغير يحدث فى المنتجات النهائية، فيجب أن يحدث أيضا فى المادة الخام (والتى كانت منتجا نهائيا لأحد

المصنعين الآخرين). خواص الجودة مثل قوة الشد، أو اللدونة، أو السمك، أو المسامية، أو محتوى الرطوبة يمكن أن تتوقع فى أن تسهم فى التغير الكلى للمنتج النهائى.

المصدر الثالث للتغير هو البيئة environment. درجة الحرارة، والضوء، والإشعاع، وحجم الجزيئات، والضغط، والرطوبة يمكن أن تسهم فى التغير فى المنتج. ولكى يراقب هذا المصدر، أحيانا تصنع المنتجات فى غرف بيضاء.وتجرى التجارب فى المكان الخارجى لتعلم المزيد عن تأثير البيئة على تغير المنتج.

المصدر الرابع للتغير هو العاملoperator. ويشمل هذا المصدر للتغير الطريقة التى يؤدى بها العامل العملية. وتسهم حالة العامل الطبيةوالنفسية أيضا فى التغير. فالعامل مقطوع الأصبع، أو العامل المنحنى رسغ قدمه، أو العامل الذى لديه مشكلة خاصة أو يشعر بالصداع يمكن أن تتغير جودة أداؤه. وفقدان العامل لفهم التغيرات فى المعدات أو المواد بسبب فقدانه للتدريب قد يقود إلى تضبيطات متكررة للآلة، مما يعقد عملية التغير. وكلما أصبحت معداتنا أكثر آلية (أوتوماتيكية)، كلما قل تأثير العامل على التغير.

الأربعة المصادر سالفة الذكر تسهم فى التغير الحقيقى. كما توجد تغيرات تسجل أيضا بسبب نشاط الفحص inspectiopn. فمعدات الفحص الخاطئة، أو التطبيق غير الصحيح لنمطيات الجودة، أو الضغط الشديد جدا على الميكرومتر، يمكن أن يتسبب فى تسجيل تغيرات غير صحيحة. وعموما، يجب أن يكون التغير بسبب الفحص عُشْر الأربعة مصادر الأخرى للتغيرات. ويجب ملاحظة أن ثلاثة من هذه المصادر تكون موجودة فى نشاط الفحص ـ الفاحص، ومعدة الفحص، والبيئة.

وطالما أن هذه المصادر للتغير تتذبذب بطريقة طبيعية أو متوقعة، فيتطور نمط مستقر من العديد من مسببات الفرصة chance causes (المسببات العشوائية) أو

التغيرات. مسببات الفرصة للتغير تكون حتمية. ونظرا لأنها عديدة ولها بصورة فردية أهمية بسيطة نسبيا، فهى صعبة الاكتشاف أو التحديد. أما المسببات للتغير كبيرة الحجم، والتى تحدد فعلا لذلك، تصنف على أنها مسببات محددة assignable causes[1]. وعندما لاتوجد إلا مسببات فرصة فقط فى العملية، تعتبر العملية فى حالة مراقبة إحصائية. وتكون مستقرة ويمكن التنبؤ بها. إلا أنه عندما توجد مسببات محددة للتغير أيضا، فيكون التغير زائدا وتصنف العملية على أنها خارج المراقبة أو خارج التغير الطبيعى المتوقع.

طريقة خريطة المراقبة The Control Chart Method

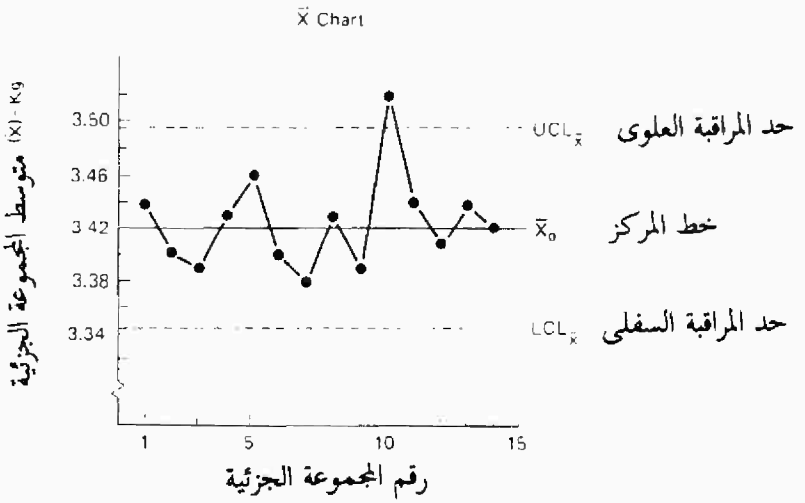
لكى نحدد متى تكون التغيرات الملاحظة فى الجودة أكبر مما يمكن أن تترك للفرصة، تستخدم طريقة خريطة المراقبة فى التحليل والعرض. وطريقة خريطة المراقبة للمتغيرات هى وسيلة لرؤية التغيرات التى تحدث فى النزعة المركزية والتشتت لفئة من الملاحظات. وهى سجل بيانى لجودة خاصية معينة. فهى تبين ما إذا كانت العملية فى حالة استقرار أم لا.

ويوجد فى شكل ٣ ـ ١ مثال لخريطة مراقبة. هذه الخريطة الخاصة يشار إليها بأنها خريطة $\bar{X}$ وتستخدم فى تسجيل التغير فى قيمة متوسط العينات. ويمكن أن تستخدم خريطة أخرى، مثل خريطة R (المدى) فى أغراض التوضيح. يسمى المحور الأفقى «رقم المجموعة الجزئية»، والذى يحدد عينة خاصة تحتوى على عدد ثابت من الملاحظات. وتكون هذه المجموعات الجزئية مرتبة، على أن تكون التى فحصت أولا رقم 1 وآخر واحدة فحصت تكون رقم 14. والمحور الرأسى للرسم هو المتغير، والذى يكون فى هذه الحالة الخاصة الوزن مقاسا بالكيلوجرام.

(١) يستخدم ديمنج كلمتى شائع وخاص بدلا من فرصة ومحدد.

كل دائرة سوداء صغيرة تمثل قيمة متوسط داخل المجموعة الجزئية. لهذا المجموعة الجزئية رقم 5 تحتوى على أربع ملاحظات، مثلا : 3.46 و 3.49 و 3.45 و 3.44، ومتوسطها هو 3.46 كج. وهذه القيمة هى الموضوعة على الخريطة للمجموعة الجزئية رقم 5. تستخدم المتوسطات فى خرائط المراقبة بدلا من الملاحظات الفردية لأن قيم المتوسطات تحدد تغيرا فى التغير بسرعة أكبر(١) كذلك، بملاحظتين أو أكثر فى العينة، يمكن الحصول على مقياس التشتت لمجموعة جزئية محددة.

الخط المتصل فى مركز الخريطة يمكن أن يكون له ثلاثة تفسيرات طبقا للبيانات المتاحة. أولا، يمكن أن يكون متوسط النقاط المرسومة، والتى تكون متوسط المتوسطات، $\bar{\bar{X}}$، فى حالة خريطة $\bar{X}$. ثانيا، يمكن أن يكون قيمة نمطية أو دليلية، $\bar{X}_o$ ، مبنية على بيانات سابقة ممثلة، أو يكون قيمة اقتصادية مبنية على



شكل ١٠٣ : مثال لخريطة مراقبة

(١) لاثبات هذه العبارة، انظر :

J.M. Juran, ed., Quality Control Handbook, 4th ed. (New York: McGraw-Hill Book Company, 1988), Sec. 24, p. 10.

تكاليف الإنتاج أو احتياجات الخدمة، أو أن يكون قيمة مستهدفة مبنية على المواصفات. ثالثا، يمكن أن يكون الوسط الحسابى للمجتمع، μ، إذا كانت قيمته معروفة.

والخطان الأفقيان المتقطعان هما حداً المراقبة العلوى والسفلى. وتتحدد هذه الحدود للمساعدة فى الحكم على معنوية التغير فى جودة المنتج. ويتكرر خلط حدود المراقبة مع حدود المواصفات specification limits، وهى الحدود المسموح بها لخاصة الجودة لكل وحدة فردية individual من المنتج. إلا أن حدود المراقبة control limits تستخدم فى تقويم التغيرات فى الجودة من مجموعة جزئية لمجموعة جزئية أخرى. لهذا، لخريطة $\bar{X}$ ، حدود المراقبة تكون وظيفة متوسطات المجموعات الجزئية. ويمكن تحديد توزيع تكرارى لمتوسطات المجموعات الجزئية مع متوسط وانحراف معيارى مناظرين له. ويتحدد حدا المراقبة على ذلك بأنهما ثلاثة انحرافات معيارية موجبة وسالبة من الخط المركزى. ونتذكر من مناقشة المنحنى الطبيعى، أن عدد العناصر الذى يقع بين هذين الحدين هو 99.73%. لهذا، فمن المتوقع أنه فى 997 مرة من 1000 مرة، تقع قيم المجموعات الجزئية بين الحدين العلوى والسفلى، وعندما يحدث ذلك، تعتبر العملية مراقبة. وعندما تقع قيمة المجموعة الجزئية خارج الحدين، تعتبر العملية خارج المراقبة وأنه يوجد مسبب محدد للتغير فيها. المجموعة الجزئية رقم 10 فى شكل ٣ ـ ١ تقع خارج حد المراقبة العلوى، لهذا، كان هناك تغيير فى نمط الاستقرار للعملية، متسببا فى نقطة خارج المراقبة.

وعمليا، تعد خرائط المراقبة لآلات فردية أو لمراكز عمل لمراقبة خاصية جودة محددة. وعادة تستخدم خريطة $\bar{X}$ للنزعة المركزية وخريطة R للتشتت معا. ويوضح شكل ٣ ـ ٢ مثالا لهذه الخرائط المزدوجة، فيبين طريقة عمل خرائط وتقارير نتائج

الفحص مقياس تحمل المطاط. ففى مركز العمل رقم 2-365 الساعة الثامنة والنصف صباحا، يختار العامل أربعة عناصر للاختبار، ويسجل الملاحظات 55 و 52 و 51 و53 فى الصفوف المسماة X_1 و X_2 و X_3 و X_4، على التوالى. قيمة متوسط المجموعة الجزئية 52.8 تم الحصول عليها بتجميع الملاحظات وقسمتها على 4، كما تم الحصول على قيمة المدى4 بطرح أقل قيمة 51 من أعلى قيمة 55. ويضع العامل دائرة سوداء صغيرة عند 52.8 فى خريطة $\bar{X}$ ودائرة سوداء صغيرة عند 4 فى خريطة R، ثم يستمر فى أداء أنشطته الأخرى.

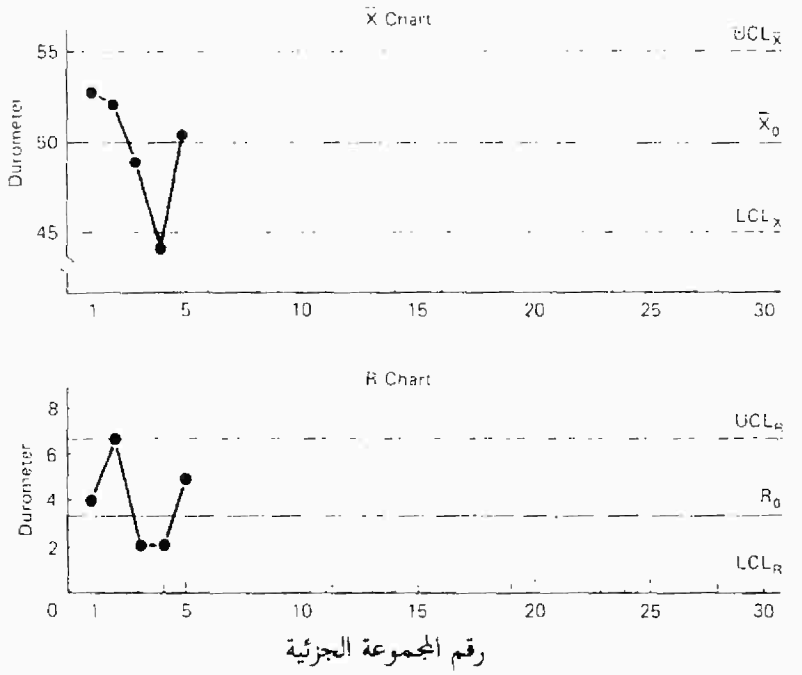
التكرار الذى يفحص به العامل منتجا عند آلة معينة أو فى مركز عمل معين يتحدد عن طريق جودة المنتج. عندما تكون العملية مراقبة ولاتقابل أى صعوبات، فقد يلزم فحوصات أقل، وعلى العكس، عندما تكون العملية خارج المراقبة، أو أثناء البدء، يلزم المزيد من الفحص. كما يمكن أن يتحدد تكرار الفحص عند آلة أو مركز عمل أيضا عن طريق كمية الوقت الذى يجب أن يقضى فى الأنشطة الأخرى غير الفحص. وفى مثال المشكلة، يبدو تكرار الفحص أنه يحدث كل 60 أو 65 دقيقة.

الساعة التاسعة والنصف، ينفذ العامل أنشطة المجموعة الجزئية رقم 2 بنفس الطريقة مثل المجموعة الجزئية رقم 1. وقد لوحظ أن قيمة المدى 7 تقع على حد المراقبة العلوى بالضبط. واعتبارها مراقبة أو خارج المراقبة يكون أمرا من أمور سياسة الشركة. ويقترح أن تصنف على أنها تقع فى حدود المراقبة، على أن يجرى العامل فحصا سريعا للمسبب المحدد لذلك. والنقطة المرسومة التى تقع على حد المراقبة تعتبر حدثا نادرا.

X AND R CHART

Part or Product Number 365-2
Quality Characteristic Durometer Date 3 6 76

Time	8 30 AM	9 30 AM	10 40 AM	11 50 AM	1 30 PM									
Subgroup	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
X_1	55	51	48	45	53									
X_2	52	52	49	43	50									
X_3	51	57	50	45	46									
X_4	53	50	49	43	50									
Sum	211	210	196	176	201									
$\bar{X}$	52.8	52.5	49	44	50.2									
R	4	7	2	2	5									



شكل ٢.٣ : مثال لطريقة عمل تقارير لنتائج الفحص.

وتبين نتائج فحص المجموعة الجزئية رقم 2 أن الملاحظة الثالثة، X_3، لها قيمة 57، والتى تتعدى حـد المراقبـة العلـوى. ويجب أن يحرص القارئ على أن يتذكر المناقشة السابقة عن حدود المراقبة والمواصفات. وفى كلمات أخرى، القيمة 57 هى ملاحظة فردية ولا ترتبط بحدود المراقبة. لهذا، الحقيقة بأن ملاحظة فردية تكون أكبر من أو أقل من حد مراقبة لامعنى لها.

المجموعة الجزئية رقم 4 لها متوسط قيمته 44، وهى أقل من حد المراقبة السفلى 45. لهذا، المجموعـة الجزئيـة رقم 4 تقع خارج حدود المراقبة، ويسجل العامل هذه الحقيقة لترسل إلى ملاحظ القسم. وعند ذلك يبحث العامل والملاحظ عن سبب محدد، وإذا كان ممكنا، يأخذان إجراء التصحيح. وأيا كان الإجراء التصحيحى فيجب أن يسجله العامل على خريطة $\bar{X}$ أو R أو فى صيغة خاصة. وتحدد خريطة المراقبة متى وأين حدثت الصعاب، وتعريف وتجنب الصعوبة هو إحدى مشاكل الإنتاج. ومثاليا، يجب أن تحفظ خريطة المراقبة بواسطة العامل على شرط توفير الوقت له وإعطائه التدريب المناسب. وعندما لايستطيع العامل حفظ خريطة المراقبة فإن مراقبة الجودة تقوم بعمل ذلك.

خريطة الجودة هى وسيلة إحصائية تميز بين التغير الطبيعى وغير الطبيعى كما هو مبين فى شكل ٣ ـ ٣. التغير غير الطبيعى هو نتيجة لمسببات محددة. وعادة، وليس دائما، ما يتطلب إجراء تصحيحيا من الناس القريبين من العملية مثل العمال، والتقنيين، والموظفين الكتابيين، وعمال الصيانة، وملاحظى الخط الأول.

التغير الطبيعى هو نتيجة لمسببات الفرصة. ويتطلب تدخلا إداريا لتحقيق تحسين فى الجودة. فى هذا الصدد، يقع من 80% إلى 85% من مشاكل الجودة بسبب الإدارة أو النظام. ويكون من 15% إلى 20% بسبب العمليات.

وتستخدم خريطة المراقبة فى حفظ سجل مستمر لخاصية جودة معينة. وهى صورة للعملية على مدار الوقت. وعندما تملأ الخريطة، فإنها تستبدل بخريطة

جديدة، وتخزن الخريطة المملوءة فى أحد ملفات المكتب. وتستخدم الخريطة فى تحسين جودة العملية، وتحديد مقدرة العملية، وتحديد متى تترك العملية بمفردها ومتى يجرى ضبط لها، ولفحص مسببات الجودة الحدية أو غير المتنبأ بها.

أهداف خرائط مراقبة المتغيرات

Objectives of Variable Control Charts

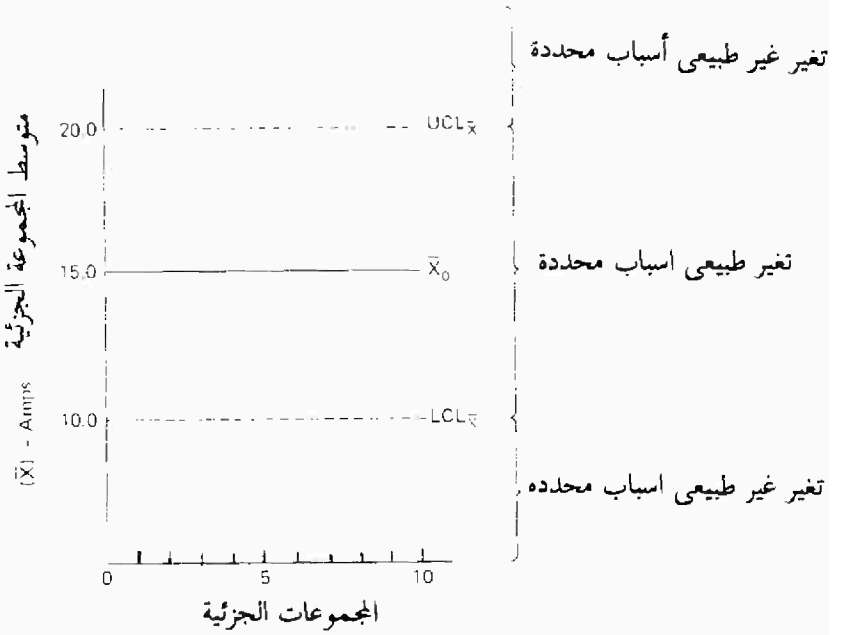
توفر خرائط مراقبة المتغيرات معلومات :

١ـ لتحسين الجودة. وجودة خريطة مراقبة المتغيرات تكون أساسا بسبب أنها تحدد أنه هناك برنامج مراقبة جودة يفتقد النقطة. وخريطة مراقبة المتغير هى طريقة ممتازة لتحقيق تحسين الجودة.

٢ـ لتحديد مقدرة العملية. يمكن تحقيق المقدرة الحقيقية للعملية بعد تحقيق تحسين معتبر للجودة فقط. وأثناء دورة تحسين الجودة، تحدد خريطة المراقبة أنه ليس من الممكن تحقيق تحسين أكثر بدون إنفاق مالى كبير. عند هذه النقطة يتم الحصول على المقدرة الحقيقية للعملية.

٣ـ لقرارات خاصة بمواصفات المنتج. بمجرد الحصول على المقدرة الحقيقية للعملية، يمكن أن تتحدد مواصفات فعالة. فإذا كانت مقدرة العملية $0.003 \pm$ فإن المواصفات $0.004 \pm$ يتم الحصول عليها واقعيا عن طريق العمال.

٤ـ للقرارات الحالية الخاصة بعملية الإنتاج. تستخدم خريطة المراقبة فى تحديد متى يحدث نمط طبيعى للتغير وتترك العملية بمفردها، ومتى يحدث نمط غير طبيعى للتغير والذى يتطلب إجراء لإيجاد وتجنب المسببات المزعجة أو المحددة.



شكل ٣.٣ : مسببات طبيعية وغير طبيعية للتغير

فى هذا الصدد، يعطى العمال أداء جودة طالما أن النقاط المرسومة تقع داخل حدى المراقبة. فإذا كان هذا الأداء غير مقنع، فيكون الحل من مسئولية النظام بدلا من كونه من مسئولية العامل.

٥ـ للقرارات الحالية الخاصة بالعناصر المنتجة حديثا. تستخدم خريطة المراقبة كأحد مصادر المعلومات للمساعدة فى إقرار ما إذا كان أحد العناصر أو أكثر يجب أن ينقل إلى المرحلة التالية من التسلسل أو أنه يحدث تغيير بديل فى المواقع، مثل الفرز والإصلاح.

ويتكرر اعتماد الأغراض على بعضها البعض. مثال ذلك، يلزم تحسين الجودة قبل تحديد المقدرة الحقيقية للعملية، والتى تلزم قبل تحديد المواصفات الفعالة. خرائط مراقبة المتغيرات يجب أن تعد لتحقيق غرض خاص. ويجب ألا يستمر

استخدامها عندما يتحقق الغرض منها أو عندما يستمر استخدامها مع تقليل الفحص تقليلا معتبرا.

أساليب خرائط المراقبة CONTROL CHARTS TECHNIQUES

مقدمة Introduction

لكى يعد زوج من خرائط المراقبة للمتوسط ($\bar{X}$) والمدى (R)، فمن المرغوب فيه اتباع خطوات إجرائية. وخطوات هذا الإجراء هى كما يلى :

١ـ اختر خاصية الجودة.

٢ـ اختر مجموعة جزئية رشيدة.

٣ـ اجمع البيانات.

٤ـ حدد محاولة الخط المركزى وحدود المراقبة.

٥ـ حدد الخط المركزى وحدود المراقبة المراجعة.

٦ـ حقق الهدف.

والإجراء المقدم فى هذا القسم يرتبط بخريطة $\bar{X}$ و R. كما تقدم معلومات أيضا عن خريطة S.

اختر خاصية الجودة Sclect the Quality Characteristic

المتغير الذى يقع الاختيار عليه لخريطة $\bar{X}$ و R يجب أن يكون خاصية للجودة يمكن قياسها ويمكن التعبير عنها بأرقام. وخواص الجودة التى يمكن التعبير عنها

بالنسبة إلى السبع وحدات الأساسية : الطول، والكتلة، والوقت، والتيار الكهربائى، ودرجة الحرارة، والثروة، وشدة الإضاءة تكون مناسبة مثل أى وحدات مستخلصة مثل القدرة، والسرعة، والقوة، والطاقة، والكثافة، والضغط.

خواص الجودة هذه المؤثرة على أداء المنتج يعطى لها الانتباه أولا عادة. ويمكن أن تكون دالة فى المواد الخام، أو أجزاء المكونات، أو تجميعات جزئية، أو أجزاء نهائية. وفى كلمات أخرى، أعط أولوية مرتفعة لاختيار الخواص التى تعطى صعوبة بالنسبة إلى مشاكل الإنتاج و / أو التكلفة. ويتكرر اختيار فرصة ممتازة لتوفير التكاليف عندما تكون تكلفة تلف العنصر أو إعادة تشغيله مرتفعة. كما إن تحليل باريتو[1] يكون مفيدا أيضا فى وضع الأولويات. وتحدث إمكانية أخرى عند استخدام اختبارات تدميرية فى فحص المنتج.

وفى أى مصنع للتصنيع يوجد عدد كبير من المتغيرات التى يتكون منها المنتج. ولهذا، يكون من غير الممكن وضع خرائط $\bar{X}$ و R لكل المتغيرات، ويلزم اختيار حكيم لخواص الجودة هذه. وحيث أنه يمكن معاملة كل المتغيرات على أنها خواص attributes، فيمكن أيضا استخدام خريطة مراقبة خواص (انظر الفصل الخامس) فى تحقيق تحسين الجودة.

اختبر المجموعة الجزئية الرشيدة Choose the Rational Subgroup

كما سبق ذكره من قبل، تحتوى البيانات التى ترسم على خريطة المراقبة على مجموعات من العناصر تسمى مجموعات جزئية رشيدة. ومن المهم فهم أن البيانات التى تجمع بطريقة عشوائية لا تؤهل على أنها رشيدة. والمجموعة الجزئية الرشيدة هى مجموعة يكون التغير فيها بسبب مسببات الفرصة فقط. هذا التغير داخل المجموعة الجزئية يستخدم فى تقويم الاستقرار طويل الأجل. وهناك نمطان لاختيار عينات المجموعات الجزئية :

(١) يوجد توضيح لتحليل باريتو فى الفصل الثانى عشر.

١ـ أول نمط هو اختيار عينات المجموعات الجزئية من منتج ينتج فى لحظة زمنية معينة أو أقرب مايكون لهذه اللحظة. يمكن أن تكون أربعة أجزاء متعاقبة من الآلة أو أربعة أجزاء من صينية لأجزاء أنتجت لتوها مثالا لأسلوب المجموعة الجزئية هذا. وتشبه عينة المجموعة الجزئية التالية هذه المجموعة باستثناء أنها لمنتج ينتج فى وقت لاحق، وليكن بعد ساعة مثلا. هذا النمط يسمى طريقة الوقت اللحظى.

٢ـ النمط الثانى هو اختيار منتج ينتج فى فترة زمنية بحيث يكون ممثلا لكل المنتج. مثال ذلك، يزور الفاحص عملية تجميع كاسر الدائرة الكهربائية مرة كل ساعة. ويتم اختيار عينة المجموعة الجزئية البالغ حجمها أربع وحدات مثلا من كل المنتجات التى سبق إنتاجها خلال الساعة السابقة عشوائيا. وفى زيارته التالية، يتم الاختيار من المنتجات التى أنتجت بين الزيارتين وهكذا. وهذا النمط يسمى طريقة الفترة الزمنية.

وعند مقارنة النمطين، يكون لطريقة الوقت اللحظى أقل تغير داخل within المجموعة الجزئية وأقصى تغير عبر among المجموعات الجزئية. ويكون لطريقة الفترة الزمنية أقصى تغير داخل within المجموعة الجزئية وأقل تغير عبر among المجموعات الجزئية. ويمكن أن تساعد بعض القيم العددية فى توضيح هذا الاختلاف. لهذا، فى طريقة الوقت اللحظى، قيم متوسط المجموعات الجزئية ($\bar{X}$'s) يمكن أن تكون من 26 إلى 34 مع تغير قيم مدى المجموعات الجزئية (R's) من 0 إلى 4، بينما لطريقة الفترة الزمنية، قيم متوسطات المجموعات الجزئية ($\bar{X}$'s) يمكن أن تتغير من 28 إلى 32 مع تغير قيم مدى المجموعات الجزئية (R's) من 0 إلى 8.

طريقة الوقت اللحظى هى الطريقة الأكثر استخداما حيث أنها توفر دليلا وقتيا خاصا لتحديد المسببات المحددة. كما أنها توفر أيضا مقياسا أكثر حساسية للتغيرات فى متوسط العملية. وحيث أن كل القيم تكون قريبة من بعضها البعض، فمن الأكثر احتمالا أن التغير يكون بسبب مسببات الفرصة وبالتالى فإنه يحقق معايير المجموعة الجزئية.

وميزة طريقة الفترة الزمنية هى أنها توفر نتائج شاملة أفضل، ولهذا، فإن تقارير الجودة تقدم صورة أكثر دقة للجودة. إنه من الصحيح أيضا أنه بسبب قيود العملية فإن هذه العملية يمكن أن تكون الطريقة العملية الوحيدة للحصول على عينات مجموعات جزئية. المسببات المحددة للتغير يمكن may أن توجد فى المجموعة الجزئية، والتى تجعل من الصعب التأكد من أن المجموعة الجزئية الرشيدة موجودة.

فى الحالات النادرة، قد يكون من المرغوب فيه استخدام كل من طريقتى عمل المجموعات الجزئية. عندما يحدث ذلك، يلزم استخدام خريطتين بحدود مراقبة مختلفة.

وبغض النظر عن النمط المستخدم فى الحصول على المجموعة الجزئية، فيجب أن تكون الدفعات التى تختار منها المجموعات الجزئية متجانسة. وتعنى متجانسة أن القطع الموجودة فى الدفعة تكون متشابهة بقدر الإمكان ـ نفس الآلة، ونفس العامل، ونفس فجوة الصب، وما إلى ذلك. وبالمثل، نفس كمية المادة، مثل التى تنتج بواسطة إحدى العدد حتى تتآكل وتستبدل أو تسن، يجب أن تكون دفعة متجانسة. ويمكن أن تحدد دفعات متجانسة أيضا بواسطة فترات زمنية متساوية، حيث أن هذه الطريقة سهلة التنظيم والإدارة. ولا يهم كيفية تحديد الدفعات، فالعناصر فى أى مجموعة جزئية يجب أن تكون قد أنتجت تحت نفس الظروف بالضرورة.

ويتطلب القرار الخاص بحجم المجموعة الجزئية كما معينا من الحكم العملى، إلا أن بعض الخطوط الإرشادية يمكن أن تذكر كما يلى :

١ـ مع تزايد حجم المجموعة الجزئية، تصبح حدود المراقبة أقرب إلى القيمة المركزية، والتى تجعل خريطة المراقبة أكثر حساسية للتغيرات الصغيرة فى متوسط العملية.

٢ـ مع تزايد حجم المجموعة الجزئية، تتزايد تكاليف الفحص لكل مجموعة جزئية. هل التكاليف المتزايدة للمجموعات الجزئية الكبيرة تبرر الحساسية الأكبر؟

٣ـ عند استخدام اختبارات تدميرية ويكون العنصر مرتفع التكلفة، يتم حجم مجموعة جزئية صغير من 2 إلى 3، حيث أن هذا يقلل تدمير منتج مكلف.

٤ـ بسبب سهولة الحسابات لحجم عينة 5 فإنه شائع الاستخدام فى الصناعة، إلا أنه عند استخدام آلات حاسبة يد غير مكلف فلا يصبح هذا السبب ساريا.

٥ـ من أحد الأسس الإحصائية يكون توزيع متوسطات المجموعات الجزئية $\bar{X}$ طبيعيا تقريبا لمجموعات جزئية حجمها 4 أو أكثر حتى إذا ما أخذت العينة من مجتمع غير طبيعى. وإثبات هذه العبارة موجود فيما بعد فى هذا الفصل.

٦ـ عندما يتعدى حجم المجموعة الجزئية 10، يجب أن تستخدم خريطة s بدلا من خريطة R لمراقبة التشتت.

ولاتوجد قاعدة لتكرار أخذ المجموعات الجزئية، إلا أن التكرار يجب أن يكون معتادا بدرجة كافية لاكتشاف التغيرات فى العملية. وعدم الراحة فى تخطيط المصنع أو المكتب وتكاليف أخذ المجموعات الجزئية يجب أن تتوازن مع قيمة البيانات التى يتم الحصول عليها. وعموما، من الأفضل أخذ عينات بصورة معتادة أكثر فى البداية مع تقليل تكرار المعاينة عندما تسمح البيانات بذلك. استخدام جدول ٣ ـ ١، والذى تم الحصول عليه من MIL-STD 414، يمكن أن يكون مساعدا قيما فى الحكم على كمية المعاينة اللازمة. إذا ما كان متوقعا لعملية أن تنتج 4000 قطعة فى اليوم، فيلزم على ذلك 60 فحصا إجماليا. لهذا، مع حجم مجموعة جزئية 4، يلزم 15 مجموعة جزئية. ويعبر عن تكرار أخذ المجموعات الجزئية بالنسبة إلى النسبة المئوية للعناصر المنتجة أو بالنسبة إلى الفترات الزمنية.

وإيجازا، اختيار المجموعة الجزئية الرشيدة يحدث بطريقة تجعل مسببات الصدفة فقط هى الموجودة فى المجموعة الجزئية.

اجمع البيانات Collect the Data

الخطوة التالية هى جمع البيانات. ويمكن أن تتحقق هذه الخطوة باستخدام الصيغة المبينة فى شكل ٣ ـ ٢، بينما تسجل البيانات فى صورة رأسية. بتسجيل القياسات واحدا تحت الآخر، تصبح عملية التجميع لكل مجموعة جزئية أسهل بعض الشىء. وطريقة بديلة لتسجيل البيانات تبين فى جدول ٣ ـ ٢، حيث تسجل البيانات فى صورة أفقية. وتسمح هذه الطريقة بتجميع قيم X بصورة أسهل، إلا أن الطريقة الخاصة لاتجعل هناك فرقا عندما تستخدم الآلة الحاسبة. ولغرض التوضيح ستستخدم الطريقة الأخيرة.

جدول ٣.١: أحجام العينات (من MIL - STD - 414، الفحص المعتاد، المستوى 4)

حجم الدفعة	حجم العينة
66–110	10
111–180	15
181–300	25
301–500	30
501–800	35
801–1.300	40
1.301–3.200	50
3.201–8.000	60
8.001–22.000	85

بإفتراض أن خواص الجودة وأن خطة المجموعات الجزئية الرشيدة قد اختيرت، فيمكن للفاحص أن يحدد نشاط جمع البيانات كجزء من أنشطته المعتادة. ويجب أن يخطر العامل وملاحظ الخط الأول بأنشطة الفاحص، إلا أنه لم توضع أى خرائط أو بيانات فى مركز العمل فى هذا الوقت بعد.

بسبب صعوبة تجميع صرة الترس مع القضيب باستخدام خابور وممر خابور، يوصى فريق المشروع باستخدام خريطة $\bar{X}$ و R. وخاصية الجودة هى عمق ممر الخابور بأنه 6.35 مم (0.250 بوصة). وباستخدام مجموعة جزئية رشيدة من 4،

يحصل الفاحص على 5 مجموعات جزئية فى اليوم لمدة 5 أيام مستخدما طريقة الوقت اللحظى. وتقاس العينات، ويحسب متوسط المجموعات الجزئية ($\bar{X}$) ومداها R، وتسجل النتائج فى إحدى الصيغ. والمعلومات المسجلة الإضافية تشمل التاريخ، والوقت، وأى تعليق يختص بالعملية. وللتبسيط، شفرت القياسات الفردية من 6.00 مم.

من الضرورى جمع 20 مجموعة جزئية من البيانات على الأقل. والعدد الأقل من المجموعات الجزئية لايقدم كما كافيا من البيانات للحسابات الدقيقة لحدود المراقبة، كما أن العدد الأكبر للمجموعات الجزئية سوف يؤخر تقديم خريطة المراقبة.

حدد حدود المراقبة كمحاولة Determine the Trial Control Limits

الخطوة المركزية لخرائط $\bar{X}$ و R يتم الحصول عليها باستخدام الصيغة :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{g} \bar{X}_i}{g} \quad \text{and} \quad \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{g} R_i}{g}$$

حيث : $\bar{\bar{X}}$ = متوسط متوسطات المجموعات الجزئية

$\bar{x}_i$ = متوسط المجموعة الجزئية رقم i

g = عدد المجموعات الجزئية

$\bar{R}$ = متوسط مجموعات المدى للمجموعات الجزئية

R_i = مدى المجموعة الجزئية رقم i

جدول ٣ ـ ٢: بيانات عن عمق الخابور (بالمليمتر)*

رقم المجموعة الجزئية	التاريخ	الوقت	القياسات X_1	X_2	X_3	X_4	المتوسط $\bar{X}$	المدى R	تعليقات
1	12 23	8:50	35	40	32	37	6.36	0.08	
2		11:30	46	37	36	41	6.40	0.10	
3		1:45	34	40	34	36	6.36	0.06	
4		3:45	69	64	68	59	6.65	0.10	New, temporary
5		4:20	38	34	44	40	6.39	0.10	operator
6	12 27	8:35	42	41	43	34	6.40	0.09	
7		9:00	44	41	41	46	6.43	0.05	
8		9:40	33	41	38	36	6.37	0.08	
9		1:30	48	44	47	45	6.46	0.04	
10		2:50	47	43	36	42	6.42	0.11	
11	12 28	8:30	38	41	39	38	6.39	0.03	
12		1:35	37	37	41	37	6.38	0.04	
13		2:25	40	38	47	35	6.40	0.12	
14		2:35	38	39	45	42	6.41	0.07	
15		3:55	50	42	43	45	6.45	0.08	
16	12 29	8:25	33	35	29	[illegible]	6.34	0.10	
17		9:25	41	40	29	34	6.36	0.12	
18		11:00	38	44	28	58	6.42	0.30	Damaged oil line
19		2:35	35	41	37	38	6.38	0.06	
20		3:15	56	55	45	48	6.51	0.11	Bad material
21	12 30	9:35	38	40	45	37	6.40	0.08	
22		10:20	39	42	35	40	6.39	0.07	
23		11:35	42	39	39	36	6.39	0.06	
24		2:00	43	36	35	38	6.38	0.08	
25		4:25	39	38	43	44	6.41	0.06	
المجموع							160.25	2.19	

* لتبسيط التسجيل، تم تشفير القياسات الفردية من 6.00 م

محاولة حدود المراقبة للخرائط حددت عند ثلاثة انحرافات معيارية سالبة وموجبة من القيمة المركزية، كما هو مبين بالصيغ التالية :

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} \qquad UCL_R = \bar{R} + 3\sigma_R$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} \qquad LCL_R = \bar{R} - 3\sigma_R$$

حيث : UCL = حد المراقبة العلوى

LCL = حد المراقبة السفلى

$6_{\bar{x}}$ = الانحراف المعيارى للمجتمع لمتوسطات المجموعات الجزئية ($\bar{X}$'s)

6_R = الانحراف المعيارى للمجتمع للمدى

وعمليا، تبسط الحسابات باستخدام حاصل ضرب المدى ($\bar{R}$) ومعامل (A_2) ليحل محل الثلاثة انحرافات معيارية ($A_2\,\bar{R} = 3\,\sigma_{\bar{x}}$)[1] فى صيغ خريطة X. وبالنسبة إلى خريطة $\underline{R}$، يستخدم المدى $\bar{\underline{R}}$ فى تقدير الانحراف المعيارى للمدى (δ_R).[2] لهذا، تكون الصيغ therefure المستخلصة كما يلى :

$$3\sigma_{\bar{x}} = \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}\bar{R}; \qquad \text{therefore, } A_2 = \frac{3}{d_2\sqrt{n}}$$

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \qquad UCL_R = D_4\bar{R}$$
$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} \qquad LCL_R = D_3\bar{R}$$

حيث A_2 و D_3 و D_4 هى عوامل تتغير مع حجم المجموعة الجزئية وتوجد فى جدول ب من الملحق. ولخريطة X يكون حد المراقبة العلوى والسفلى متماثلين

---

(١) استخلاص $3\sigma_{\bar{x}} = A_2\,\bar{R}$ مبنى على التعويض $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$ وتقدير $\sigma = R/d_2$ حيث d_2 هو معامل لحجم المجموعة الجزئية.

$$3\sigma_{\bar{x}} = \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{3}{d2\sqrt{n}}\bar{R}; \qquad A2 = \frac{3}{d2\sqrt{n}}$$

لذلك فإن

(٢) استخلاص الصيغة المبسطة يكون مبنيا على التعويض $\sigma_R = d_3\sigma$ والذى يعطى $\sigma = \bar{R}/d_2$:

$$\left(1 + \frac{3d_3}{d_2}\right)\bar{R} \quad \text{and} \quad \left(1 - \frac{3d_3}{d_2}\right)\bar{R}$$

لحدى المراقبة. لهذا يوضع D_4 و D_3 مساويين لمعامل $\bar{R}$.

حول خط المركز. إلا أنه، لكى يحدث هذا الموقف، مع حجم 6 أو أقل للمجموعات الجزئية، يحتاج حد المراقبة السفلى أن يكون سالب القيمة. وحيث أن المدى السالب مستحيل الحدوث فيحدد حد المراقبة السفلى بأنه صفر عن طريق تحديد صفر كقيمة لـ : D_3 لأحجام المجموعات الجزئية التى تكون 6 أو أقل.

عندما يكون حجم المجموعة الجزئية 7 أو أكبر من 7، يكون حد المراقبة السفلى أكبر من الصفر ويتماثل حول خط المركز. إلا أنه عندما توضع خريطة R فى مركز العمل، فقد يكون عمليا أكثر حفظ حد المراقبة السفلى عند الصفر. وهذه العملية تلغى صعوبة توضيح النقاط التى تأتى تحت حد المراقبة السفلى فى خريطة R للعامل من أنها نتيجة أداء جيد بصفة خاصة بدلا من كونها أداء ردىء. إلا أن أفراد الجودة يجب أن يحتفظوا بخرائط خاصة بهم يوجد بها حد المراقبة السفلى محددا فى موقعه المناسب، وتفحص أى نقطة تقع خارج حدود المراقبة لتحديد سبب الأداء الجيد بصفة خاصة. وحيث أن حجم المجموعات الجزئية الذى يكون 7 أو أكثر غير شائع الاستخدام، فيندر حدوث هذا الموقف.

مثال لمشكلة EXAMPLE PROBLEM

لكى توضح الحسابات اللازمة للحصول على محاولة لحدى المراقبة والخط المركزى، تستخدم البيانات الموجودة فى جدول ٣ ـ ٢ الخاصة بعمق ممر خابور القضيب. من جدول ٣ ـ ٢، $\Sigma X = 160.25$ ، و $\Sigma R = 2.19$، و $g = 25$، لهذا فالخطوط المركزية هى :

من جدول ب فى الملحق، قيم العوامل لحجم المجموعة الجزئية (n) لأربعة هى $A_2 = 0.729$ و $D_3 = 0$ و $D_4 = 2.282$. وتكون محاولة حدود مراقبة خريطة $\bar{X}$ كما يلى :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{g} \bar{X}_i}{g} = \frac{160.25}{25} = 6.41 \text{ mm}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^{g} R_i}{g} = \frac{2.19}{25} = 0.0876 \text{ mm}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} = 6.41 + (0.729)(0.0876) = 6.47 \text{ mm}$$

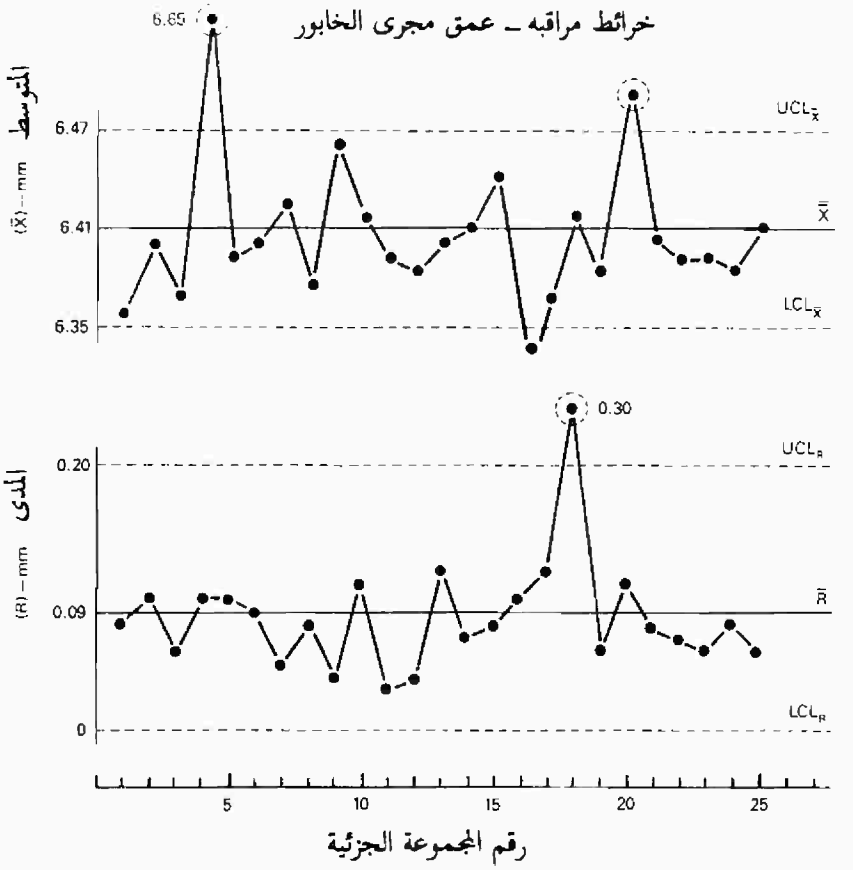
$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R} = 6.41 - (0.729)(0.0876) = 6.35 \text{ mm}$$

وتكون محاولة حدود مراقبة خريطة R كما يلى :

$$UCL_R = D_4\bar{R} = (2.282)(0.0876) = 0.20 \text{ mm}$$

$$LCL_R = D_3\bar{R} = (0)(0.0876) = 0 \text{ mm}$$

يبين شكل ٣ ـ ٤ الخطوط المركزية ومحاولة حدود المراقبة لخريطتى X و R للبيانات الأولية.



شكل ٣.٤: خريطة $\bar{X}$ و R لبيانات أولية مع محاولة لحدود المراقبة

حدد حدود المراقبة المراجعة Establish the Revised Control Limits

الخطوة الأولى هى توقيع البيانات الأولية على الخريطة مع حدود المراقبة والخطوط المركزية. وقد تحقق ذلك وهو موضح فى شكل ٣ ـ ٤ .

الخطوة التالية هى تطبيق قيم نمطية للخطوط المركزية، أو القول الأكثر مناسبة، أفضل تقدير للقيم النمطية بالبيانات المتاحة. فإذا ما بين تحليل البيانات الأولية مراقبة جيدة، فيمكن اعتبار $\bar{\bar{X}}$ و $\bar{R}$ ممثلة للعملية وتصبح بـذلك القيم النمطية، $\bar{X}o$ و Ro . ويمكن وصف المراقبة الجيدة بإيجاز بأنها التى لايوجد فيها نقاط تقع خارج حدود المراقبة، ولاتوجد مسارات طويلة على أى جانب من جانبى الخط المركزى، ولا يوجد نمط تغير غير معتاد. وتقدم معلومات أكثر خاصة بما يقع داخل حدود التحكم وخارج حدود التحكم فيما بعد فى هذا الكتاب.

معظم العمليات الصناعية لاتقع داخل حدود المراقبة عند تحليلها لأول مرة. وتحليل شكل ٣ ـ ٤ يبين أنه هناك نقاط تقع خارج حدود التحكم فى خريطة $\bar{X}$ عند المجموعات الجزئية رقم 4 ورقم 16 ورقم 20 وتوجد نقطة خارج حدود المراقبة فى خريطة R عند المجموعة الجزئية رقم 18. كما يظهر أيضا أنه هناك عدد كبير من النقاط أسفل الخط المركزى، والذى يكون بلاشك بسبب تأثير النقاط المرتفعة.

تحلل خريطة R أولا لتحديد ما إذا كانت مستقرة أم لا. وحيث أن النقطة التى تقع خارج حدود المراقبة للمجموعة الجزئية رقم 18 لها سبب محدد (خلل فى خط الزيت)، فيمكن إهمالها من البيانات. وتحدد بقية النقاط المرسومة أن العملية مستقرة.

والآن، يمكن تحليل خريطة $\bar{X}$، المجموعتان الجزئيتان رقم 4 و 20 لهما مسببات محددة بينما المجموعة الجزئية رقم 16 ليس لها سبب لتقع خارج حدود المراقبة. ويفترض أن حالة وقوع المجموعة الجزئية رقم 16 خارج حدود المراقبة هو الصدفة وأن هذا هو جزء من التغير الطبيعى.

المجموعات الجزئية رقم 4 و 18 و20 ليست جزءا من التغير الطبيعى وتهمل من البيانات وتحسب قيم جديدة لكل من $\bar{\bar{X}}$ و $\bar{R}$ ببقية البيانات. وتبسط الحسابات باستخدام الصيغ التالية:

$$\bar{\bar{X}}_{new} = \frac{\Sigma \bar{X} - \bar{X}_d}{g - g_d} \qquad \bar{R}_{new} = \frac{\Sigma R - R_d}{g - g_d}$$

حيث $\bar{X}d$ = متوسطات المجموعات الجزئية المهملة

g_d = عدد المجموعات الجزئية المهملة

R_d = مجموعات مدى المجموعات الجزئية المهملة

وتستخدم طريقتان فى استبعاد البيانات. إذا كان أى من قيمة $\bar{X}$ أو R لمجموعة جزئية خارج حدود المراقبة ولها سبب محدد، فتستبعدان أو تستبعد قيمة المجموعة الجزئية التى تقع خارج حدود المراقبة فقط. فى هذا الكتاب اتبعت الطريقة الأخيرة، لهذا، عندما تهمل قيمة $\bar{X}$، لا تهمل قيمة R المناظرة لها والعكس صحيح. وتبنى حسابات $\bar{\bar{X}}$ الجديدة على استبعاد قيم $\bar{X}$ التى كانت 6.65 و 6.51 للمجموعتين الجزئيتين رقم 4 ورقم 20 على التوالى. وتبنى حسابات $\bar{R}$ الجديدة على إهمال قيمة R التى كانت 0.30 للمجموعة الجزئية رقم 18.

$$\bar{\bar{X}}_{new} = \frac{\Sigma \bar{X} - \bar{X}_d}{g - g_d} = \frac{160.25 - 6.65 - 6.51}{25 - 2} = 6.40 \text{ mm}$$

$$\bar{R}_{new} = \frac{\Sigma R - R_d}{g - g_d} = \frac{2.19 - 0.30}{25 - 1} = 0.079 \text{ mm}$$

وتستخدم هذه القيم الجديدة لكل من $\bar{\bar{X}}$ و $\bar{R}$ فى تحديد قيم نمطية لكل من $\bar{X}o$ و R_o و σ_o. لهذا،

$$\bar{X}_0 = \bar{\bar{X}}_{new}, \qquad R_0 = \bar{R}_{new}, \quad \text{and} \quad \sigma_0 = \frac{R_0}{d_2}$$

حيث : d_2 = عامل من جدول ب لتقدير σ_0 من R_0. والقيم النمطية أو الدليلية يمكن أن تعتبر أنها أفضل تقدير بالبيانات المتاحة. ومع إتاحة المزيد من البيانات، يتم الحصول على تقديرات أفضل أو على المزيد من الثقة فى القيم النمطية الموجودة.

باستخدام القيم النمطية، يتم الحصول على الخطوط المركزية وحدود مراقبة الثلاثة انحرافات معيارية للعمليات الفعلية باستخدام الصيغ :

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{X}_0 + A\sigma_0 \qquad LCL_{\bar{x}} = \bar{X}_0 - A\sigma_0$$
$$UCL_R = D_2\sigma_0 \qquad LCL_R = D_1\sigma_0$$

حيث : A و D_1 و D_2 هى عوامل من جدول ب فى الملحق للحصول على حدود مراقبة 36 من $\bar{X}o$ و σ_0 . من جدول ب فى الملحق ولحجم مجموعة جزئية 4، العوامل هى : $A = 1.500$ و $d_2 = 2.059$ و $D_1 = 0$ و $D_2 = 4.698$. والحسابات الخاصة بتحديد $\bar{X}o$ و σ_0 باستخدام البيانات التى سبق إعطاؤها هى كما يلى :

$$\bar{\bar{X}}_0 = \bar{\bar{X}}_{new} = 6.40 \text{ mm}$$

$$R_0 = \bar{R}_{new} = 0.079 = 0.08 \qquad \text{(for the chart)}$$

$$\sigma_0 = \frac{R_0}{d_2}$$

$$= \frac{0.079}{2.059}$$

$$= 0.038 \text{ mm}$$

لهذا، تكون حدود المراقبة هى :

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{X}_0 + A\sigma_0 = 6.40 + (1.500)(0.038) = 6.46 \text{ mm}$$
$$LCL_{\bar{x}} = \bar{X}_0 - A\sigma_0 = 6.40 - (1.500)(0.038) = 6.34 \text{ mm}$$
$$UCL_R = D_2\sigma_0 = (4.698)(0.038) = 0.18 \text{ mm}$$
$$LCL_R = D_1\sigma_0 = (0)(0.038) = 0 \text{ mm}$$

الخطوط المركزية وحدود المراقبة رسمت على خرائط $\bar{X}$ و R للفترة القادمة ومبينة فى شكل ٣ ـ ٥. ولأغراض التوضيح تظهر محاولة حدود المراقبة وحدود المراقبة المراجعة على نفس الخريطة. حدود كل من $\bar{X}$ و R أصبحت أضيق، كما توقعنا. ولم تحدث تغييرات فى حد المراقبة السفلى لخريطة المدى نظرا لأن حجم المجموعات الجزئية أقل من 7. كما يوضح شكل ٣ ـ ٥ أيضا طريقة أبسط لعمل الخرائط فى أن الخطوط لاترسم بين النقاط.

البيانات الأولية لأول مجموعة جزئية بالغ عددها 25 ليست مرسومة مع حدود المراقبة المراجعة. فحدود المراقبة المراجعة هذه هى لعمل تقارير بالنتائج للمجموعات الجزئية المستقبلية. ولعمل استخدام فعال من خريطة المراقبة أثناء الإنتاج، يجب عرضها فى مكان واضح حيث يمكن أن يراها العاملون والملاحظون.

وقبل الاستمرار فى خطوة الإجراء، يكون من المناسب عمل بعض التعليقات النهائية. أولا، يلغى العديد من المحللين هذه الخطوة فى الإجراء نظرا لكونها تبدو زائدة بعض الشيء. إلا أنه بإهمال النقاط التى تقع خارج حدود المراقبة لأسباب محددة، يصبح الخط المركزى وحدود المراقبة أكثر تمثيلا للعملية.

ثانيا، صيغة حدود المراقبة تكون متساوية رياضيا. لهذا، بالنسبة إلى حد المراقبة العلوى $\bar{X}o + A\sigma o = \bar{\bar{X}}_{new} + A_2\,\bar{R}new$. والتكافؤ الشبيه يكون صحيحا لحد المراقبة السفلى وكل من حدى المراقبة فى خريطة المدى أيضا.

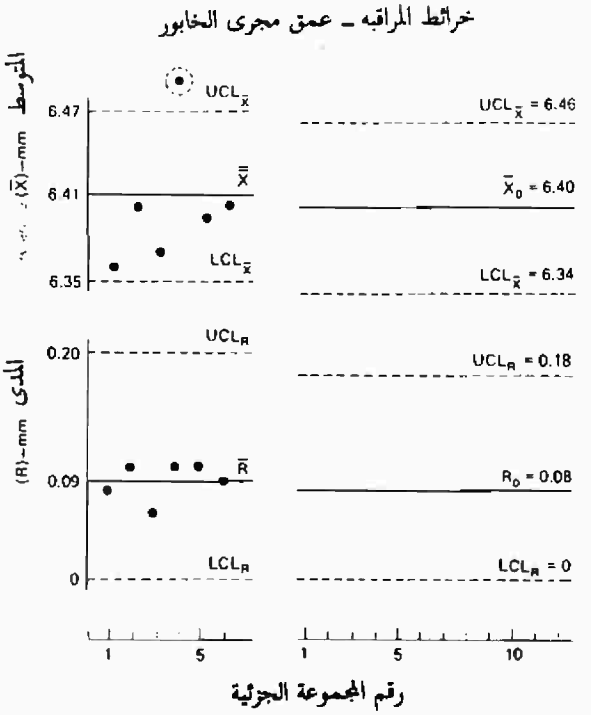
ثالثا، المعلمة σo تكون متاحة الآن للحصول على تقدير أولى لمقدرة العملية، والذى يكون σo. ومقدرة العملية الحقيقية يتم الحصول عليها فى الخطوة التالية.

رابعا، الخط المركزى $\bar{X}o$ لخريطة $\bar{X}$ يتكرر بناؤه على المواصفات. فى مثل هذه الحالة، يستخدم الإجراء فى الحصول على R_o و σ_o فقط. فإذا كانت القيمة الاسمية للخاصية فى مثل المشكلة هى 6.38 مم، فتوضع Xo على أنها لها هذه القيمة ويصبح حدا المراقبة العلوى والسفلى هما :

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{X}_0 + A\sigma_0 = 6.38 + (1.500)(0.038) = 6.44$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{X}_0 - A\sigma_0 = 6.38 - (1.500)(0.038) = 6.32$$

الخط المركزى وحدود المراقبة لخريطة المدى لاتتغير. ويمكن عمل هذا التعديل إذا ماكانت العملية قابلة للضبط فقط. وإذا لم تكن العملية قابلة للضبط فيجب استخدام الحسابات الأصلية.



شكل ٣ـ٥: محاولة حدود التحكم وحدود التحكم المراجعة لخريطتى $\bar{X}$ و R

خامسا، يتبع ذلك أن تضبيطات العملية يجب أن تحدث أثناء أخذ البيانات. وليس ضروريا تشغيل مواد غير مطابقة أثناء جمع البيانات، حيث أننا مهتمون أساسا بالحصول على R_0، والذى لا يتأثر بإعداد العملية. واستقلالية μ و σ تقدم ترشيدا لهذا المفهوم.

سادسا، تحدد العملية الخط المركزى وحدود المراقبة. فهى لم تحدد بواسطة قسم التصميم، أو التصنيع، أو التسويق، أو أى قسم آخر، باستثناء $\bar{X}_o$ عندما تكون العملية قابلة للتضبيط.

أخيرا، عندما تكون قيم المجتمع معروفة (μ و σ) فيمكن حساب الخطوط المركزية وحدود المراقبة فورا، مع توفير الوقت والعمل. لهذا $\bar{X}_o = \mu$ و $\sigma_o = \sigma$ و $R_o = d_2\sigma$ ويتم الحصول على الحدود باستخدام الصيغ المناسبة.

تحقيق الهدف Achieving the objevtive

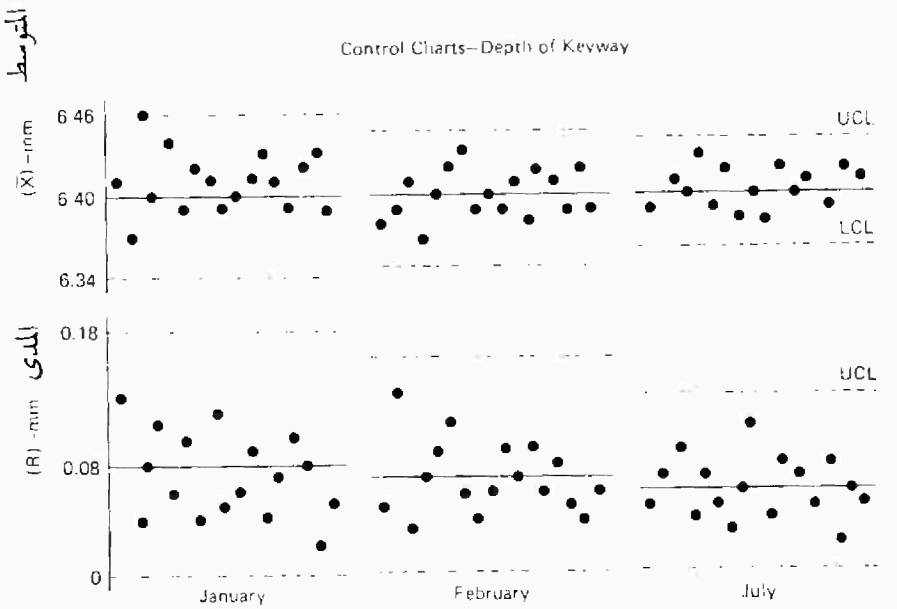
عندما تقدم خرائط المراقبة فى مركز العمل لأول مرة، عادة ما يحدث تحسن فى أداء العملية. هذا التحسن الابتدائى يكون ملاحظا بصفة خاصة عندما تكون العملية معتمدة على مهارة العامل. واستخدام خرائط مراقبة الجودة يبدو كما لو كان إشارة نفسية للعامل بتحسين الأداء. فيريد معظم العمال إنتاج منتجات جودة، لهذا، عندما تظهر الإدارة اهتماما بالجودة، يستجيب العمال.

ويوضح شكل ٣ ـ ٦ التحسن الابتدائى الذى يحدث بعد تقديم خرائط $\bar{X}$ و R فى شهر يناير. وبسبب قيود المكان،يبين فى الشكل عدد من المجموعات الجزئية فقط ممثلا لكل شهر. خلال شهر يناير كان لمتوسطات المجموعات الجزئية تغيرا أقل كما أنها مالت إلى أن تكون متمركزة عند نقطة مرتفعة بعض الشىء. كما حدثت قلة فى تغير المدى أيضا.

لم يكن كل التحسن فى إنتاج شهر يناير نتيجة مجهود العملية فقط. فقد بدء ملاحظ الخط الأول برنامجا لمراقبة تآكل العدد، والذى كان عاملا مساهما.

وفى نهاية شهر يناير حسبت خطوط مركزية وحدود مراقبة جديدة باستخدام البيانات من المجموعات الجزئية التى تم الحصول عليها خلال الشهر. وهى فكرة جيدة، خاصة إذا كانت الخريطة فى بدايتها، لحساب القيم النمطية دوريا لرؤية إذا

ما كان هناك أى تغييرات قد حدثت. إعادة التقويم هذه يمكن أن تحدث لكل 25 مجموعة جزئية أو أكثر، وتقارن النتائج مع القيم السابقة(١).



شكل ٦.٣: استخدام مستمر لخرائط المراقبة، يبين تحسنا فى الجودة

وتتحدد الخطوط المركزية وحدود المراقبة الجديدة لخريطة $\bar{X}$ و R لشهر فبراير. وخلال توالى الأشهر يستبدل قسم الصيانة زوجا من التروس المتآكلة، ويغير قسم المشتريات مورد المواد، ويعدل قسم العدد وحدة إمساك للمشغولات. وكانت كل هذه التحسينات نتيجة الفحوصات التى تتبعت مسببات شروط عدم الوقوع بين حدى المراقبة أو كانت أفكار طورها فريق المشروع. إنتاج الأفراد بواسطة العديد من الأفراد المختلفين هو المكون الأكثر أهمية لتحسين الجودة. أفكار العامل، وملاحظ الخط الأول، وتوكيد الجودة، والصيانة، وهندسة التشغيل، والهندسة الصناعية يجب

(١) عادة ماتقارن هذه القيم بدون استخدام الاختبارات الرسمية. والتقويم الدقيق يمكن الحصول عليه عن طريق المقارنة الرياضية للخطوط المركزية لرؤية ما إذا كانت من نفس المجتمع أم لا.

أن تقوم. هذا التقويم أو الاختبار لفكرة يلزمه 25 أو أكثر من المجموعات الجزئية. وتذكر خريطة المراقبة ما إذا كانت الفكرة جيدة، أو ضعيفة، أو لا تأثير لها على العملية. ويحدث تحسين الجودة عندما تتقارب النقاط المرسومة على خريطة $\bar{X}$ حول الخط المركزى، أو عندما تميل النقاط المرسومة على خريطة R إلى الاتجاه لأسفل، أو عندما يحدث الحدثان. إذا ما اختبرت فكرة ضعيفة فيحدث العكس. وبالطبع، إذا كانت الفكرة حيادية فلا يكون لها تأثير على نمط النقاط المرسومة.

ولكى يتم إسراع اختبار الأفكار، يمكن ضغط أخذ المجموعات الجزئية فى الوقت طالما أن البيانات تمثل العملية عن طريق محاسبة أى تغيرات كل ساعة أو من يوم ليوم. ويجب أن تختبر فكرة واحدة فقط فى نفس الوقت، وإلا فإن النتائج ستكون مختلطة.

وفى نهاية شهر يونيو، بين التقويم الدورى للأداء الماضى الحاجة إلى مراجعة الخطوط المركزية وحدود المراقبة. وبين أداء شهر يوليو والأشهر التالية له نمطا طبيعيا للتغير ولم يبين تحسنا فى الجودة. عند هذه النقطة لايمكن أن يحدث تحسن أكثر فى الجودة بدون استثمارات معتبرة فى معدات جديدة أو فى تعديل المعدات.

وقد ذكر ادوارد ديمنج W. Edward Deming «إنه إذا كان أحد موظفى البنوك، فإنه لن يقرض أى مبالغ لإحدى الشركات إلا إذا كانت تستخدم طرقا إحصائية فى إثبات أن النقود كانت ضرورية». هذا هو بالضبط ما يمكن أن تحققه خرائط الجودة، بافتراض أن كل الأفراد يستخدمون الخرائط كطريقة لتحسين الجودة بدلا من وظيفة الصيانة.

وعند تحقيق هدف بدء الخرائط، فيجب ألا يستمر استخدامها أو أن تكرار الفحص يقل بشدة لتوجيه إجراء العامل. ويجب عند ذلك توجيه الجهود ناحية تحسين خواص جودة أخرى. وإذا كان فريق المشروع مشمولا فيجب تهنئته لأدائه ويحل الفريق.

خرائط مراقبة الانحراف المعيارى للعينات

The Sample Standarad Deviation Control Charts

بينما خرائط $\bar{X}$ و R هى أكثر خرائط المتغيرات استخداما، إلا أن بعض الشركات تفضل الانحراف المعيارى للعينات، s، كمقياس لتشتت المجموعات الجزئية. عند مقارنة خريطة المدى مع خريطة الانحراف المعيارى يكون من الأسهل إجراء الحسابات ومن الأسهل التوضيح أيضا. ومن ناحية أخرى، الانحراف المعيارى لعينات المجموعات الجزئية لخريطة s يحسب باستخدام كل البيانات بدلا من القيمة العليا والقيمة السفلى فقط كما يحدث فى خريطة المدى. ولهذا فإن خريطة s تكون أكثر دقة عن خريطة المدى. عندما يكون حجم المجموعة الجزئية أقل من 10، فكل من الخريطتين يوضح نفس التغير بيانيا،(١) إلا أنه مع زيادة حجم المجموعات الجزئية عن 10، يكون للقيم الشاذة تأثير غير ضرورى على خريطة المدى. لهذا، عند أحجام أكبر للمجموعات الجزئية تستخدم خريطة s.

والخطوات اللازمة للحصول على محاولة حدود المراقبة وحدود المراقبة المراجعة لخرائط $\bar{X}$ و s هى نفسها مثل التى اتبعت فى خرائط $\bar{X}$ و R باستثناء الصيغ التى تختلف. ولتوضيح الطريقة، تستخدم نفس البيانات. ويعاد إنتاجها فى جدول ٣ ـ ٣ مع إضافة عمود s وحذف عمود R. والصيغ المناسبة المستخدمة فى حسابات محاولة حدود المراقبة هى :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^{g} \bar{X}_i}{g} \qquad \bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^{g} s_i}{g}$$

$$\mathrm{UCL}_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_3\bar{s} \qquad \mathrm{UCL}_s = B_4\bar{s}$$

$$\mathrm{LCL}_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_3\bar{s} \qquad \mathrm{LCL}_s = B_3\bar{s}$$

(١) يمكن ملاحظة إثبات هذه العبارة بمقارنة خريطة R من شكل ٣ ـ ٤ مع خريطة s من شكل ٣ ـ ٧.

حيث : S_i = الانحراف المعيارى للعينة لقيم المجموعات الجزئية

$\bar{S}$ = متوسط الانحرافات المعيارية للعينات للمجموعات الجزئية

A_3 ، B_3 و B_4 = عوامل موجودة فى جدول ب من الملحق للحصول على حدود مراقبة ثلاثة انحرافات معيارية لخرائط $\bar{X}$ و s من $\bar{s}$

الصيغ لحسابات حدود المراقبة المراجعة باستخدام القيم النمطية لكل من $\bar{X}_0$ وσ_0 هى :

$$\bar{X}_0 = \bar{\bar{X}}_{new} = \frac{\Sigma \bar{X} - \bar{X}_d}{g - g_d}$$

$$s_0 = \bar{s}_{new} = \frac{\Sigma s - s_d}{g - g_d} \qquad \sigma_0 = \frac{s_0}{c_4}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{X}_0 + A\sigma_0 \qquad UCL_s = B_6\sigma_0$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{X}_0 - A\sigma_0 \qquad LCL_s = B_5\sigma_0$$

حيث : s_d = الانحراف المعيارى للعينة للمجموعة الجزئية المستبعدة

c_4 = معامل موجود فى جدول ب لحساب σ_0 من $\bar{s}$

A و B_5 و B_6 = معاملات موجودة فى جدول ب لحساب حدود مراقبة ثلاثة انحرافات معيارية للعملية لخرائط $\bar{X}$ و $\bar{S}$

الخطوة الأولى هى تحديد الانحراف المعيارى لكل مجموعة جزئية من البيانات الأولية. بالنسبة إلى المجموعة الجزئية رقم ١، بالقيم 6.35 و 6.40 و 6.32 و 6.37، يكون الانحراف المعيارى كما يلى :

$$s = \sqrt{\frac{n\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} X_i\right)^2}{n(n-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{4(6.35^2 + 6.40^2 + 6.32^2 + 6.37^2) - (6.35 + 6.40 + 6.32 + 6.37)^2}{4(4-1)}}$$

$$= 0.034 \text{ mm}$$

الانحراف المعيارى للمجموعة الجزئية رقم 1 وضع فى عمود s كما هو مبين فى جدول ٣ ـ ٣، وتكررت العملية لبقية المجموعات الجزئية البالغ عدد 24.

الخطوة التالية هى الحصول على $\bar{s}$ و $\bar{\bar{X}}$، والتى تحسب من Σs و $\Sigma \bar{X}$، والتى توجد قيمها فى جدول ٣ ـ ٣.

جدول ٣.٣: بيانات عن عمق مجرى الخابور (بالمليمتر)(١)

رقم المجموعة الجزئية	اليوم	الوقت	القياسات				المتوسط	الانحراف المعيارى للعينة	تعليقات
			X_1	X_2	X_3	X_4	$\bar{X}$	s	
1	12 21	8 50	35	40	32	37	6 36	0 034	
2		11 30	46	37	36	41	6 40	0 045	
3		1 45	34	40	34	36	6 36	0 028	
4		3 45	69	64	68	59	6 65	0 045	New, temporary
5		4 20	38	34	42	40	6 39	0 042	operator
6	12 22	8 35	42	41	43	34	6 40	0 040	
7		9 00	44	41	41	46	6 43	0 024	
8		9 40	33	41	38	36	6 37	0 034	
9		1 30	48	44	43	45	6 46	0 018	
10		2 50	47	43	36	42	6 42	0 045	
11	12 28	8 30	38	43	39	38	6 39	0 014	
12		1 35	37	37	41	37	6 38	0 020	
13		2 25	40	38	47	35	6 40	0 051	
14		2 35	38	39	45	42	6 41	0 032	
15		3 55	50	42	43	45	6 45	0 036	
16	12 29	8 25	33	35	29	39	6 34	0 042	
17		9 25	41	40	29	34	6 16	0 067	
18		11 30	36	44	28	58	6 42	0 125	Damaged oil line
19		2 35	35	41	37	38	6 38	0.025	
20		3 15	56	55	45	48	6 51	0 054	Bad material
21	12/30	9 35	38	40	45	37	6 40	0 036	
22		10 20	39	42	35	40	6 39	0 029	
23		11 35	42	39	39	36	6 39	0 024	
24		2 00	43	36	35	38	6 38	0 036	
25		4 25	39	38	43	44	6 41	0.029	
Sum							160.25	0 975	

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^{g} s}{g} \qquad \bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i} \bar{X}_i}{g}$$

$$= \frac{0.975}{25} \qquad = \frac{160.25}{25}$$

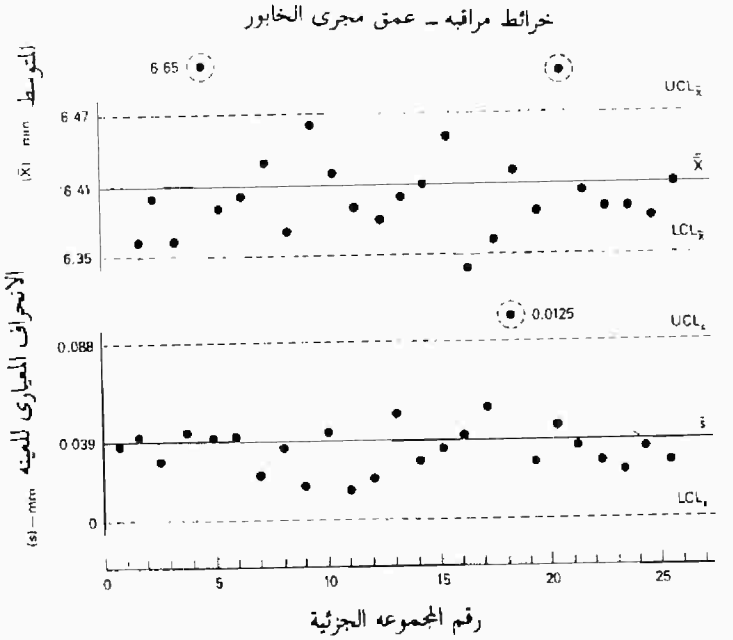
$$= 0.039 \text{ mm} \qquad = 6.41 \text{ mm}$$

من جدول ب يتم الحصول على قيم العوامل، وهى : $A_3 = 1.628$ و $B_3 = 0$ و $B_4 = 2.266$، وتكون محاولة حدود المراقبة هى :

(١) لتبسيط التسجيل، شفرت القياسات الفردية من 6.00م.

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_1\bar{s} \qquad LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_1\bar{s}$$
$$= 6.41 + (1.628)(0.039) \qquad = 6.41 - (1.628)(0.039)$$
$$= 6.47 \text{ mm} \qquad = 6.35 \text{ mm}$$
$$UCL_s = B_4\bar{s} \qquad LCL_s = B_3\bar{s}$$
$$= (2.266)(0.039) \qquad = (0)(0.039)$$
$$= 0.088 \text{ mm} \qquad = 0 \text{ mm}$$

الخطوة التالية هى رسم $\bar{X}$ و $\bar{s}$ للمجموعات الجزئية على أوراق الرسم مع الخطوة المركزية وحدود المراقبة. وهذه الخطوة مبينة فى شكل ٣ ـ ٧. المجموعات الجزئية رقم 4 و 16 و 20 تقع خارج حدود المراقبة على خريطة $\bar{X}$، وحيث أن المجموعتين الجزئيتين رقم 4 و 20 لها مسببات محددة، فإنها تهمل. وتقع المجموعة الجزئية رقم 18 خارج حدود المراقبة على خريطة s، وحيث أنها لها سبب محدد، فإنها تهمل. وحسابات الحصول على القيم النمطية لكل من $\bar{X}_o$ و s_o و σ_o هى كما يلى :



شكل ٣ ـ ٧: خريطة $\bar{X}$ و s لبيانات أولية مع محاولة حدود المراقبة.

$$\bar{\bar{X}}_{new} = \frac{\Sigma \bar{X} - \bar{X}_d}{g - g_d}$$

$$= \frac{160.25 - 6.65 - 6.51}{25 - 2}$$

$$= 6.40 \text{ mm}$$

$$\bar{\bar{X}}_0 = \bar{\bar{X}}_{new} = 6.40 \text{ mm}$$

$$s_0 = \bar{s}_{new} = \frac{\Sigma s - s_d}{g - g_d}$$

$$= \frac{0.975 - 0.125}{25 - 1}$$

$$= 0.0354 \text{ mm}$$

$$\sigma_0 = \frac{s_0}{c_4} \qquad \text{from Table B.} \quad c_4 = 0.9213$$

$$= \frac{0.0354}{0.9213}$$

$$= 0.038 \text{ mm}$$

ويجب أن يلاحظ القارئ أن الانحراف المعيارى، σ_0، هو نفسه مثل القيمة التى تم الحصول عليها من المدى فى القسم السابق. وباستخدام القيم النمطية $\bar{X}_0 = 6.40$ و $\sigma o = 0.038$، تحسب حدود المراقبة المراجعة.

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{X}_0 - A\sigma_0$$
$$= 6.40 + (1.500)(0.038)$$
$$= 6.46 \text{ mm}$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{X}_0 - A\sigma_0$$
$$= 6.40 - (1.500)(0.038)$$
$$= 6.34 \text{ mm}$$

$$UCL_s = B_6\sigma_0$$
$$= (2.088)(0.038)$$
$$= 0.079 \text{ mm}$$

$$LCL_s = B_5\sigma_0$$
$$= (0)(0.038)$$
$$= 0 \text{ mm}$$

ويتحقق استمرار خرائط $\bar{X}$ و s بنفس الطريقة مثل خرائط $\bar{X}$ و R.

حالة المراقبة STATE OF CONTROL

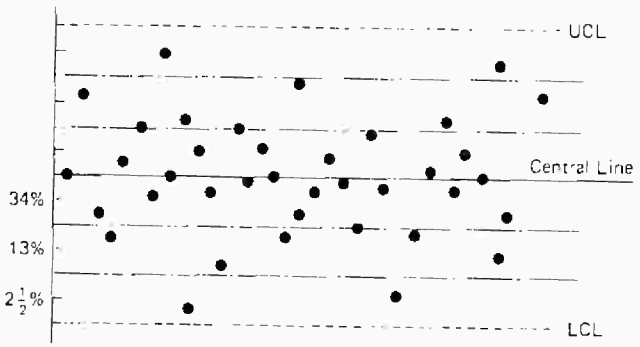
العملية تقع فى حدود المراقبة Process in Control

عندما تحذف المسببات المحددة من العملية إلى المدى أن النقاط المرسومة على خريطة المراقبة تظل داخل حدود المراقبة، فتكون العملية فى حالة مراقبة. ولايمكن تحقيق درجة انتظام أعلى للعملية الموجودة. إلا أنه يمكن تحقيق انتظام أعلى للعملية من خلال تغيير فى العملية الأساسية عبر أفكار تحسين الجودة.

وعندما تكون العملية فى المراقبة، فيحدث نمط طبيعى للتغير، والموضح بواسطة خريطة المراقبةالموجودة فى شكل ٣ ـ ٨. هذا النمط الطبيعى للتغير له (١) حوالى 68% من النقاط المرسومة داخل انحراف معيارى واحد من خط المركز (34% من كل جانب)، و (٢) حوالى 13.5% من النقاط المرسومة فى شريط تخيلى بين انحراف معيارى واحد وانحرافين معياريين على كل من جانبى الخط المركزى، و (٣) حوالى 2.5% من النقاط المرسومة فى شريط تخيلى بين اثنين وثلاثة من الانحرافات المعيارية على كل جانب من جانبى الخط المركزى. وتقع النقاط للأمام والخلف من الخط المركزى بطريقة عشوائية مع عدم وجود نقاط أبعد من حدود المراقبة. والنمط الطبيعى للنقاط أو لقيم المجموعات الجزئية يشكل توزيعه التكرارى الخاص به، والذى يتبع المنحنى الطبيعى. ومع تزايد عدد النقاط المرسومة، يأخذ التوزيع التكرارى شكل المضلع التكرارى الأملس. ويمثل المنحنى الطبيعى المتقطع فى الناحية اليسرى من شكل ٣ ـ ١٠ يمثل توزيع النقاط عندما تكون العملية فى المراقبة.

وعادة ماتعد حدود المراقبة عند ثلاثة انحرافات معيارية من الخط المركزى. وتستخدم كأساس للحكم على ما إذا كان هناك دليل لفقدان المراقبة. واختيار حدى ثلاثة إنحرافات معيارية هو اختيار اقتصادى بالنسبة إلى نوعى الأخطاء التى يمكن أن تحدث. أحد الأخطاء، يسميه الإحصائيون النوع رقم ١ Type I ويحدث عند البحث عن سبب محدد للتغير عندما يوجد فى الواقع سبب فرصة. عند وضع

الحدود عند ثلاثة من الانحراف المعيارى، يحدث الخطأ من النوع رقم ١ بنسبة 0.27% (3 من كل 1000) من الوقت. وفى كلمات أخرى، عندما تقع إحدى النقاط خارج حدود المراقبة، فيفترض أنها بسبب أحد الأسباب المحددة بالرغم من أنها قد تكون بسبب الفرصة بنسبة 0.27% من الوقت. النوع الثانى من الخطأ والمسمى بالخطأ رقم ٢ Type II يحدث عند افتراض أن سبب الفرصة للتغير موجود عندما يكون هناك فى الواقع سبب محدد. وفى كلمات أخرى، عندما تكون نقطة موجودة داخل حدود المراقبة، فيفترض أنها لسبب الفرصة بالرغم من



شكل ٣.٨: نمط طبيعى للتغير فى خريطة المراقبة

ان السبب قد يكون سببا محددا. والخبرة الوفيرة منذ عام ١٩٣٠م فى كل أنواع الصناعة حددت أن حدى الثلاثة انحرافات معيارية يوفران توازنا اقتصاديا بين التكلفة الناتجة من النوعين من الأخطاء. وبدون أن يكون هناك أسباب عملية قوية لعمل غير ذلك، فيجب أن يستخدم حدى الثلاثة من إنحرافات معيارية.

وعندما تكون العملية فى المراقبة، فلاتوجد إلا مسببات الفرصة للتغير فقط. والتغيرات البسيطة فى أداء الآلة، أو أداء العامل، أو خواص المواد تكون متوقعة وتعتبر جزءا من العملية المستقرة.

وعندما تكون العملية فى المراقبة، تنشأ مميزات عملية معينة للمنتج والمستهلك.

١ـ الوحدات الفردية للمنتج تصبح أكثر انتظاما ـ أو، القول بطريقة أخرى، يكون هناك تغير أقل.

٢ـ حيث أن المنتج يكون أكثر انتظاما، فتلزم عينات أقل للحكم على الجودة. لهذا، يمكن أن تقل تكلفة الفحص إلى أدنى مستوى. هذه الميزة مهمة جدا عندما لاتكون مطابقة 100% للمواصفات مطلوبة.

٣ـ مقدرة العملية أو انتشار العملية يسهل تحقيقه من 6 انحرافات معيارية. بمعرفة مقدرة العملية، يمكن اتخاذ عدد من القرارات العولية بالنسبة إلى المواصفات، مثلما يلى :

أ ـ تحديد مواصفات المنتج، و

ب ـ تحديد كمية إعادة التشغيل أو الخردة عندما يكون هناك سماح غير كاف، و

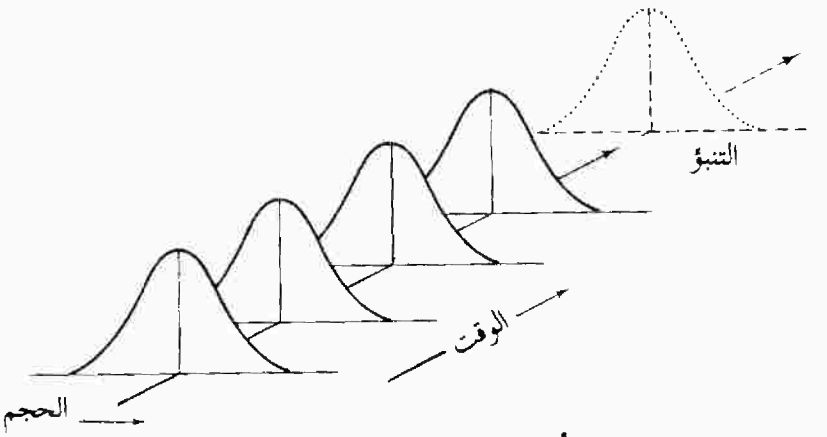
ج ـ لتحديد ما إذا كان المنتج سينتج بمواصفات محكمة والسماح بالتبادلية للمكونات أو ما إذا كان المنتج سينتج بمواصفات غير محكمة واستخدام توافق اختيارى للمكونات.

٤ـ النسبة المئوية من المنتج التى تقع داخل أى زوج من القيم يمكن التنبؤ بها بأعلى درجة تأكد. مثال ذلك، يمكن أن تكون هذه الميزة هامة جدا عند ضبط ماكينات الملأ للحصول على نسب مئوية مختلفة للعناصر التى تقع أسفل، أو بين، أو أعلى قيم محددة.

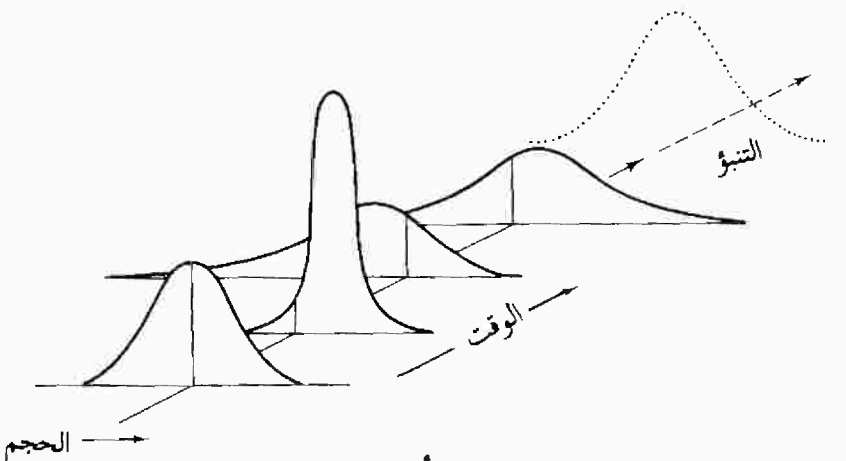
٥ـ إنها تسمح للمستهلك باستخدام بيانات المنتج، وهذا، باختبار قلة فقط من المجموعات الجزئية للتأكد من سجلات المنتج. وتستخدم خرائط $\bar{X}$ و R كدليل إحصائى لمراقبة الجودة.

٦ـ يعمل العامل برضاء من وجهة نظر الجودة. ويمكن تحقيق تحسين أكثر فى العملية بتغيير عوامل المدخلات فقط : المواد، والمعدات، والبيئة، والعمال. وتتطلب هذه التغييرات إجراء من الإدارة.

وعندما لاتوجد إلا مسببات الفرصة فقط، تكون العملية مستقرة ويمكن التنبؤ بها عبر الوقت، كما هو مبين فى شكل ٣ ـ ٩ ـ أ. ونحن نعرف أن التغير المستقبلى كما هو مبين بالمنحنى المتقطع سيكون كما هو إلا إذا ما حدث تغير فى العملية بسبب مسببات محددة.



أ ـ توجد أسباب فرصة للتغير فقط



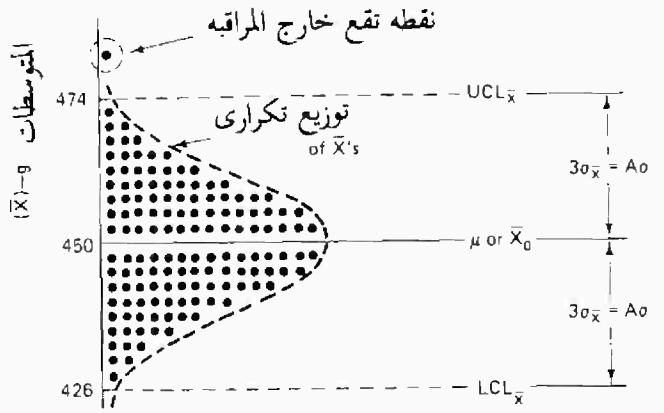
ب ـ توجد أسباب محددة للتغير

شكل ٣ـ٩: تغير مستقر وغير مستقر

العملية خارج المراقبة Process out of Control

عادة ما يفكر فى اصطلاح خارج المراقبة بأنه غير مرغوب فيه، إلا أنه هناك حالات يكون هذا الشرط مرغوبا فيه. من الأفضل التفكير فى اصطلاح خارج المراقبة على أنه تغير فى العملية بسبب أحد المسببات المحددة.

عندما تقع نقطة (قيمة مجموعة جزئية) خارج حدود مراقبتها، تكون العملية خارج المراقبة. هذا يعنى أن سببا محددا للتغير قد حدث. طريقة أخرى لرؤية نقطة خارج المراقبة هى التفكير فى قيمة مجموعة جزئية على أنها أتت من مجتمع مختلف عن المجتمع الذى تم الحصول على حدى المراقبة منه. ويبين شكل ٣ـ١٠ توزيعا تكراريا لمتوسطات مجموعات جزئية لصناديق الحبوب، التى سبق تطويرها من عدد كبير من المجموعات الجزئية ولهذا فهى تمثل متوسط المجتمع، $\mu = 450$ جرام، والانحراف المعيارى للمجتمع للمتوسطات $\sigma_{\bar{x}} = 8$ جرام. التوزيع التكرارى لمتوسطات المجموعات الجزئية مبين بواسطة الخط المتقطع، والذى يمثل مضلعا تكراريا أملسا. ولأغراض التعليمات تمثل النقاط الفردية عدد متوسطات المجموعات الجزئية عند قيم محددة. وتستخدم التوضيحات المستقبلية الخط المتقطع فقط فى تمثيل التوزيع التكرارى للمتوسطات وتستخدم الخط المتصل فى تمثيل التوزيع التكرارى للقيم الفردية. النقطة خارج المراقبة لها القيمة 483 جرام. هذه النقطة بعيدة عن حدى الثلاثة انحرافات معيارية (99.73%) والتى يمكن أن تعتبر أنها أتت فقط من مجتمع آخر. وفى كلمات أخرى، العملية التى أنتجت متوسط مجموعة جزئية 483 جرام هى عملية مختلفة عن العملية المستقرة التى أعد منها حدى الثلاثة انحرافات معيارية. لهذا، تغيرت العملية، ويوجد نوع من أنواع المسببات المحددة.



متوسط المجموعه الجزئية $(\bar{X})$ = •

شكل ٣ ـ ١٠: توزيع تكرارى لمتوسطات المجموعات الجزئية مع حدود المراقبة

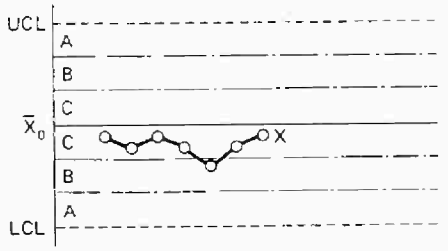
ويوضح شكل ٣ ـ ٩ ـ ب تأثير المسببات المحددة للتغير على مدار الوقت. والطبيعة غير المستقرة وغير الطبيعية للتغير تجعل من غير الممكن التنبؤ بالتغير المستقبلى. هذا السبب المحدد يجب أن يوجد ويصحح قبل أن يمكن لعملية طبيعية ومستقرة أن تستمر.

كما يمكن أن تعتبر العملية خارج المراقبة أيضا عندما تقع النقاط داخل حدى الثلاثة انحرافات معيارية. تحدث هذه الحالة عندما توجد تشغيلات غير طبيعية للتغير فى العملية. أولا، دعنا نقسم خريطة المراقبة إلى ستة أشرطة من الانحرافات المعيارية المتساوية بنفس الطريقة الموجودة فى شكل ٣ ـ ٨. ولأغراض التعريف تسمى الأشرطة بمناطق A و B و C كما هو مبين فى شكل ٣ ـ ١١.

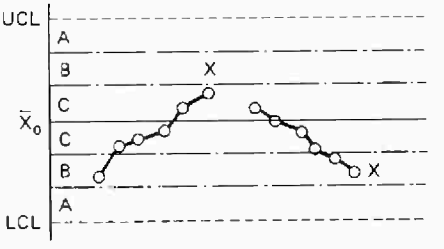
وليس طبيعيا لسبع نقاط متتالية أو أكثر أن تقع أعلى أو أسفل الخط المركزى كما هو مبين فى شكل ٣ ـ ١١ ـ أ. وكذلك عندما تقع 10 من 11 نقطة أو 12 من 14 نقطة .. إلخ فى أحد جوانب الخط المركزى، فيكون هذا غير عادى. ويحدث تشغيل غير عادى آخر عند (ب)، حيث تتزايد أو تقل ست نقاط فى صف بثبات. فى شكل ٣ ـ ١١ ـ جـ لدينا نقطتين من ثلاث نقاط فى صف

واحد فى المنطقة A وعند (د) توجد أربع نقاط من خمس فى صف واحد فى المنطقة B وبعدها. وهناك العديد من الإمكانيات الإحصائية مع الأربع المعتادة المبينة فى الشكل. وواقعيا، أى انفراج معنوى من النمط الطبيعى كما هو مبين فى شكل ٣ ـ ٨ يكون غير طبيعى ويصنف على أنه شرط خارج المراقبة. وفرصة أن هذه التشغيلات غير الطبيعية تحدث هى نفسها فرصة أن تقع نقطة خارج حدى مراقبة الثلاثة انحرافات معيارية.

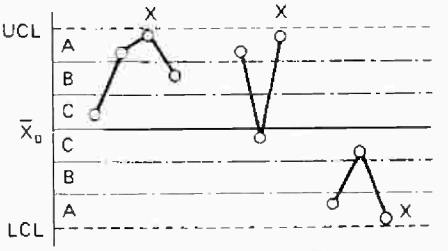
شكل ٣ ـ ١١: بعض تشغيلات غير طبيعية ـ عملية خارج المراقبة



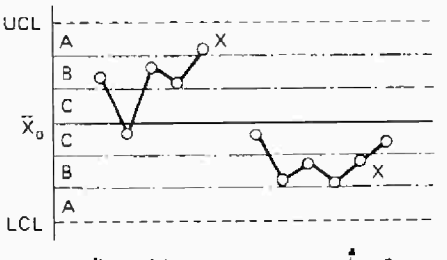
أ ـ تقع سبع نقاط متتالية فى المنطقة c أو بعدها



ب ـ تزيد أو تنقص ست نقاط متتاليه بصورة مضطردة



حـ ـ تقع نقطتان من ثلاث نقط متتاليه فى المنطقه A



د ـ تقع أربع من خمس نقاط متتاليه فى المنطقه B أو بعدها

تحليل شرط الخروج عن المراقبة

Analysis of out-of-Control Condition

عندما تكون العملية خارج المراقبة، فيجب إيجاد المسبب المحدد المسئول عن هذا الشرط. العمل الاستكشافى اللازم لتحديد سبب شرط الخروج عن المراقبة يمكن أن يقلل عن طريق معرفة أنواع أنماط الخروج عن المراقبة ومسبباتها المحددة. وأنواع أنماط مسببات الخروج عن المراقبة هى : (١) تغير أو قفز فى المستوى، و (٢)

اتجـاه أو تغير مستقر فـى المستوى، و (٣) دورات إعـادة ذاتية، و (٤) مجتمعان، و (٥) أخطاء.

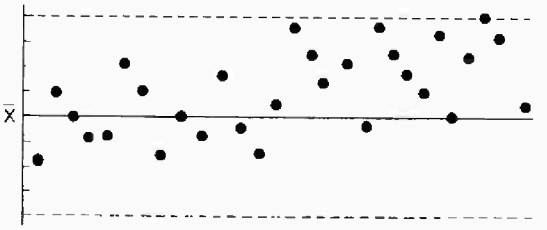
١ـ تغير أو قفز فى المستوى change or jump in level . هذا النوع خاص بالتغير المفاجئ فى المستوى لخريطة $\bar{X}$، أو لخريطة R أو لكلاهما. ويبين شكل ٣ـ١٢ التغير فى المستوى. لخريطة $\bar{X}$، يمكن أن يكون التغير فى متوسط العملية بسبب :

أ ـ تغير مقصود أو غير مقصود فى إعداد العملية.

ب ـ عامل جديد أو لاخبرة له.

ج ـ مادة خام مختلفة.

د ـ فشل بسيط فى جزء من الماكينة.



شكل ٣ـ١٢: نمط خارج عن المراقبة : تغير أو قفز فى المستوى

بعض مسببات التغير المفاجئ فى انتشار العملية أو قابليتها للتغير كما هو مبين على خريطة R هى :

أ ـ عامل لا خبرة له.

ب ـ زيادة مفاجئة فى لعب الترس.

ج ـ تغير أكبر فى المادة الآتية.

يمكن أن تحدث تغييرات مفاجئة فى المستوى فى كل من خريطتى $\bar{X}$ و R. وهذا الموقف شائع الظهور أثناء بدء نشاط خرائط المراقبة وقبل الوصول إلى حالة المراقبة. ويمكن أن يوجد أكثر من سبب محدد واحد، أو يمكن أن يكون هناك سبب يمكن أن يؤثر على كل من الخريطتين، مثل العامل الذى لاخبرة له.

٢ـ الاتجاه أو التغير المستقر فى المستوى trend or steady change in level.

التغيرات المستقرة فى مستوى خريطة المراقبة هى ظاهرة صناعية شائعة جدا. ويوضح شكل ٣ ـ ١٣ اتجاها أو تغيرا مستقرا، يحدث فى اتجاه متزايد، ويمكن أن يوضح الاتجاه فى الاتجاه المتناقص. بعض مسببات التغيرات المتقدمة المستقرة على خريطة $\bar{X}$:

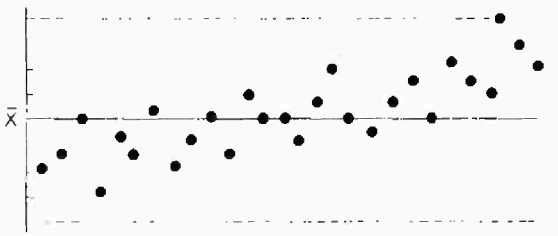
أ ـ تآكل العدة أو الاسطمبة

ب ـ التلف التدريجى للمعدة

ج ـ التغير التدريجى فى درجة الحرارة أو فى الرطوبة

د ـ انخفاض فى لزوجة عملية كيميائية

هـ ـ بناء رايش فى وحدة إمساك الشغلة



شكل ٣ـ١٣: نمط خارج عن المراقبة : اتجاه أو تغير مستقر فى المستوى

والتغير المستقر أو الاتجاه فى خريطة R ليس بنفس درجة الشيوع مثل وجوده على خريطة $\bar{X}$. إلا أنه يحدث وبعض مسبباته الممكنة هى :

أ ـ تحسن فى مهارة العامل (اتجاه لأسفل)

ب ـ انخفاض فى مهارة العامل بسبب التعب، أو الضجر، أو عدم الانتباه، وما إلى ذلك (اتجاه لأعلى)

ج ـ تحسن تدريجى فى تجانس المادة الآتية

٣ـ دورات الإعادة الذاتية recurring cycles عندما تبين النقاط المرسومة على خرائط $\bar{X}$ أو R موجة أو نقاط دورية مرتفعة ومنخفضة، فإن ذلك يسمى دورة cycle. ويبين شكل ٣ ـ ١٤ نمطا تقليديا خارجا عن المراقبة للإعادة الذاتية. لخريطة $\bar{X}$، بعض أسباب دورات الإعادة الذاتية هى :

أ ـ التأثرات الموسمية للمادة الآتية.

ب ـ تأثيرات الإعادة الذاتية لدرجة الحرارة والرطوبة (بداية فى الصباح البارد)

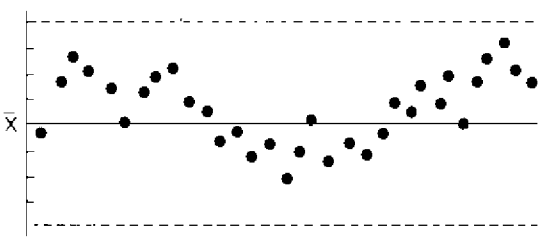
ج ـ أى حدث كيميائى، أوميكانيكى، أو نفسى يومى أو أسبوعى.

د ـ دوران العاملين الدورى.

الدورات الدورية على خريطة R ليست بنفس الشيوع الموجود به على خريطة $\bar{X}$. بعض المسببات لخريطة R هى :

أ ـ تعب العامل والتجديد الناتج بعد فترات الراحة فى الصباح، والظهر، وبعد الظهر.

ب ـ دورات التزييت.



شكل ٣ـ١٤ : نمط خارج عن المراقبة : دورات الإعادة الذاتية

نمط الخروج عن المراقبة لدورة إعادة ذاتية لايسجل فى بعض الأحيان بسبب دورة الفحص. لهذا، فإن نمط دورة التغير الذى يحدث كل ساعتين تقريبا يمكن أن يتفق مع تكرار الفحص. لهذا، تسجل النقاط المنخفضة فقط فى النمط، ولايكون هناك أى دليل لوجود حدث دورى.

٤ـ مجتمعان (ويسمى خليطا mixture أيضا) two populations. عندما يكون هناك عدد كبير من النقاط بالقرب من أو خارج حدود المراقبة، فيمكن أن توجد حالة مجتمعين. يوضح هذا النوع من نمط الخروج عن المراقبة. فى شكل ٣ـ١٥. لخريطة $\bar{X}$ يمكن أن يكون نمط الخروج عن المراقبة بسبب :

أ ـ اختلافات كبيرة فى جودة المادة

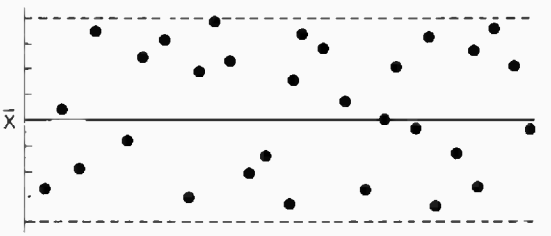
ب ـ ماكينتان أو أكثر على نفس الخريطة

ج ـ اختلافات كبيرة فى طريقة الاختبار أو المعدة

وبعض مسببات نمط الخروج عن المراقبة لخريطة R تكون بسبب:

أ ـ عمال مختلفون يستخدمون نفس الخريطة.

ب ـ مواد من موردين مختلفين.



شكل ٣ـ١٥ : نمط خروج عن المراقبة : مجتمعان

٥ـ أخطاء mistakes. يمكن أن تكون الأخطاء مربكة جدا لتوكيد الجودة. بعض مسببات أنماط الخروج عن المراقبة من الأخطاء هى :

أ ـ معدات القياس تقع خارج حدود المعايرة

ب ـ أخطاء فى الحسابات

ج ـ أخطاء فى استخدام معدات الاختبار

د ـ أخذ عينات من مجتمع مختلف

العديد من أنماط الخروج عن المراقبة التى وصفت يمكن أن تسهم أيضا فى أخطاء الفحص.

المسببات المعطاة للأنواع المختلفة لأنماط الخروج عن المراقبة هى إمكانيات مقترحة ولايعنى ذلك أنها تكون مشمولة كلها. وهذه المسببات تعطى أفراد الإنتاج والجودة أفكارا لحلول المشاكل. ويمكن أن تكون بداية نحو تطوير قائمة اختبار للأسباب المحددة، والتى تطبق على محتوى تصنيعها الخاص بها.

عندما تحدث أنماط الخروج عن المراقبة بالنسبة إلى حد المراقبة السفلى لخريطة R، فيكون هذا نتيجة لأداء رائع. ويجب أن يتحدد السبب بحيث أن الأداء الرائع يمكن أن يستمر.

المناقشة السابقة استخدمت خريطة R كمقياس للتشتت. والمعلومات عن الأنماط والمسببات تختص أيضا بخريطة s.

فى الخطوة السادسة لطريقة خريطة المراقبة، ذكر أن 25 مجموعة جزئية كانت لازمة لاختبار أى فكرة. والمعلومات المقدمة عالية عن الخروج عن المراقبة يمكن أن تستخدم فى اتخاذ قرار بعدد أقل من المجموعات الجزئية. مثال ذلك، تشغيل ست

نقاط متتالية فى اتجاه لأسفل على خريطة R يمكن أن يحدد أن الفكرة كانت فكرة جيدة.

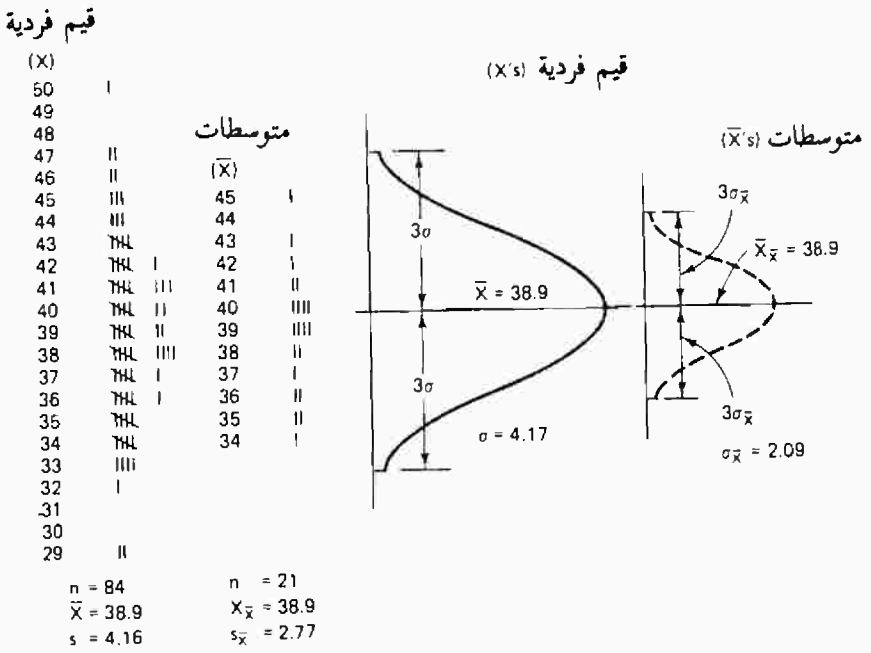
المواصفات SPECIFICATION

القيم الفردية مقارنة مع المتوسطات Individual Values Compared to Averages

قبل مناقشة المواصفات وعلاقتها بخرائط المراقبة، يبدو من المرغوب فيه، فى هذا الوقت، الحصول على فهم أفضل للقيم الفردية وقيم المتوسطات. يبين شكل ٣ـ١٦ عداً للقيم الفردية (X's) وعدد لمتوسطات المجموعات الجزئية ($\bar{X}$'s) لبيانات أعماق مجرى الخابور المعطاة فى جدول ٣ ـ ٢. الأربع مجموعات الجزئية التى تقع خارج المراقبة لم تستخدم فى العدين، لهذا، هناك 84 قيمة فردية و 21 متوسطا. لقد لوحظ أن المتوسطات مجمعة بقرب أكثر إلى المركز عن القيم الفردية. وعند حساب متوسط لأربع قيم يقل تأثير القيمة الشاذة لأن فرصة أن الأربع قيم تكون شاذة كلها فى ارتفاعها أو فى انخفاضها فى نفس المجموعة تكون ضئيلة.

حسابات المتوسط لكل من القيم الفردية ومتوسطات المجموعات الجزئية هى نفسها، $\bar{\bar{X}} = 38.9$. إلا أن الإنحراف المعيارى للعينة للقيم الفردية (s) يكون 4.16، بينما الانحراف المعيارى للعينة لمتوسط المجموعة الجزئية ($s_{\bar{x}}$) يكون 2.77.

إذا كان هناك عدد كبير من القيم الفردية ومتوسطات المجموعات الجزئية، فيمكن أن يمثل المضلع التكرارى الأملس الموجود فى شكل ٣ ـ ١٦ توزيعاتها التكرارية إذا ما كان التوزيع طبيعيا. منحنى التوزيع التكرارى للمتوسطات له خط متقطع بينما منحنى التوزيع التكرارى للقيم الفردية له خط متصل، وسوف يتبع هذا الاصطلاح فى هذا الكتاب. وعند مقارنة التوزيعين لوحظ أن التوزيعين طبيعيان فى شكلهما، وفى الحقيقة، حتى المنحنى للقيم الفردية لم يكن طبيعيا



شكل ١٦.٣: مقارنة القيم الفردية والمتوسطات باستخدام نفس البيانات

جدا، ويمكن أن يكون منحنى المتوسطات قريبا إلى الشكل الطبيعى. قاعدة المنحنى للقيم الفردية تكون ضعف قاعدة منحنى المتوسطات تقريبا. عندما تكون قيم المجتمع متاحة للانحراف المعيارى للقيم الفردية (σ) وللانحراف المعيارى للمتوسطات ($\sigma_{\bar{X}}$)، فيكون هناك علاقة محددة بينهما، كما هى معطاة بالصيغة :

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

حيث : $\sigma_{\bar{x}}$ = الانحراف المعيارى للمجتمع لمتوسطات المجموعات الجزئية ($\bar{X}$'s)

σ = الانحراف المعيارى للمجتمع للقيم الفردية (X's)

n = حجم المجموعة الجزئية

لهذا، لحجم مجموعة جزئية 5، فإن $\sigma_{\bar{x}} = 0.45\sigma$، ولحجم مجموعة جزئية 4، فإن $\sigma_{\bar{x}} = 0.50\sigma$.

إذا ما افترضنا الطبيعية (الشيء الذى يمكن أن يكون أو لا يكون صحيحا)، فيمكن تقدير الانحراف المعيارى للمجتمع من الصيغة :

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4}$$

حيث : $\hat{\sigma}$ هى «تقدير» الانحراف المعيارى للمجتمع[1] و c_4 هى تساوى تقريبا 0.996997 لقيمة $n = 84$. لهذا، $\sigma = s/c_4 = 4.16/0.996997 = 4.17$ و $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n} = 4.17/\sqrt{4} = 2.09$

لاحظ أن $s_{\bar{x}}$ التى حسبت من بيانات عينة، و التى حسبت أعلاه، مختلفتان. هذا الاختلاف يكون بسبب تغير العينة أو العدد البسيط للعينات، الذى كان 21 فقط، أو بعض من الخليط. ويجب ألا يحدث الاختلاف عن طريق مجتمع غير طبيعى لـ X's.

حيث أن ارتفاع المنحنى هو دالة فى التكرار، فيكون منحنى القيم الفردية أطول. ويتحقق هذا ببساطة عن طريق مقارنة استمارة العد فى شكل ٣ ـ ١٦. إلا أنه إذا مثلت المنحنيات توزيعات تكرارية نسبية أو توزيعات تكرارية للنسب المئوية، فإن

(١) قيم c معطاة فى جدول ب من الملحق حتى $n = 20$. ولقيم n الأكبر من 20 فإنها تحسب كما يلى :

$$c_4 \doteq \frac{4(n-1)}{4n-3}$$

المساحة تحت المنحنى يجب أن تساوى 100%. لهذا، منحنى التوزيع التكرارى للنسب المئوية للمتوسطات، بقاعدته الأصغر، يحتاج أن يكون أكثر ارتفاعا ليشمل نفس المساحة مثل منحنى التوزيع التكرارى للنسب المئوية.

نظرية الحد المركزى Central Limit Theorem

والآن بعد أن أصبحت حذرا من الاختلافات بين التوزيع التكرارى للقيم الفردية، X's، والتوزيع التكرار للمتوسطات، $\bar{X}$'s، يمكن مناقشة نظرية الحد المركزى. وبكلمات بسيطة هى كما يلى :

إذا كان المجتمع الذى سحبت منه العينات ليس not طبيعيا، فإن توزيع متوسطات العينات يميل إلى ناحية الطبيعية بشرط أن حجم العينة n يكون 4 على الأقل. هذا الميل يصبح أفضل وأفضل مع كبر حجم العينة. الأكثر من ذلك، يمكن استخدام الطبيعى النمطى لتوزيع المتوسطات مع التعديل التالى :

$$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma_{\bar{x}}} = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$$

هذه النظرية وضحها شيوارت Shewhart[1] للتوزيع المنتظم للمجتمع وللتوزيع المثلثى للمجتمع للقيم الفردية كما هو مبين فى شكل ٣ ـ ١٧. من الواضح أن التوزيع X's مختلف عن التوزيع الطبيعى، إلا أن التوزيع $\bar{X}$'s يكون طبيعيا تقريبا.

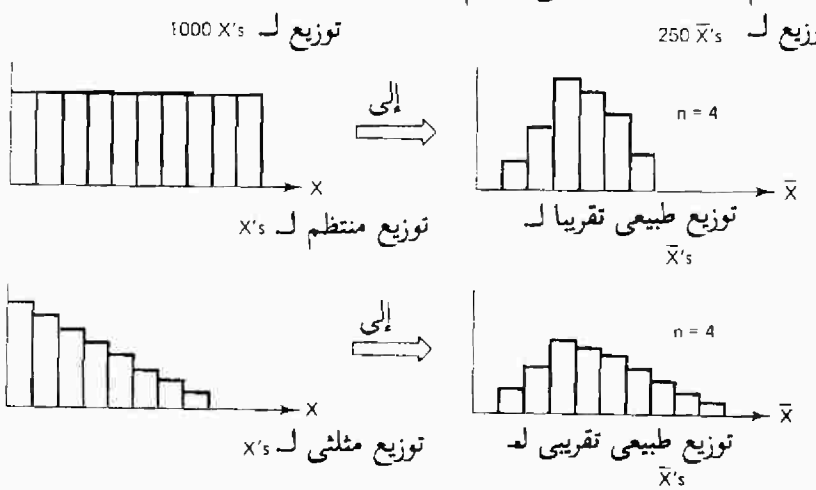
نظرية الحد المركزى هى أحد الأسباب فى أن خريطة $\bar{X}$'s تعمل، فى أننا لا نحتاج أن نهتم إذا ما كان التوزيع X's ليس طبيعيا بشرط أن حجم العينة يكون 4 أو أكثر. ويبين شكل ٣ ـ ١٨ نتائج تجربة زهر النرد. عندما (أ) يكون توزيع الإلقاء

(١) W.A. Shewart, Economic Control of Quality of Manufactured Product (Princeton N.J. : Van Nostrand Reinhold Company, Inc., 1931), pp. 180-186.

الفردى للزهر الذى له ستة أضلاع، وعندما (ب) يكون توزيع المتوسط لإلقاء زهرين. توزيع المتوسطات ($\bar{X}$'s) يكون أحادى المنوال، ومتماثل، وغير مستدق عند الأطراف. وتقدم هذه التجربة دليلا عمليا لصحة نظرية الحد المركزى.

حدود المراقبة والمواصفات Control Limits and Specifications

تتحدد حدود المراقبة كدالة فى المتوسطات، وفى كلمات أخرى، تكون حدود المراقبة للمتوسطات. وتكون المواصفات، من ناحية أخرى، هى التغير المسموح به فى حجم الجزء، ولهذا فهى للقيم الفردية.



شكل ٣ـ١٧: توضيح نظرية الحد المركزى

المواصفات أو حدود السماح تتحدد عن طريق مهندسى التصميم لمقابلة وظيفة محددة. ويبين شكل ٣ ـ ١٩ أن موقع المواصفات يكون اختياريا وليس مرتبطا بأى من السمات الأخرى فى الشكل. حدود المراقبة، وانتشار العملية، وتوزيع المتوسطات، وتوزيع القيم الفردية تكون معتمدة على بعضها البعض. وتتحدد بواسطة العملية، بينما يكون للمواصفات موقع اختيارى. ولايمكن أن تحدد خرائط المراقبة ما إذا كانت العملية متفقة مع المواصفات أم لا.

مقدرة العملية والسماح Process Capability and Tolerance

بينما يمكن تحديد المواصفات بواسطة مهندس التصميم بغض النظر عن انتشار العملية، والذى يشار إليها فيما بعد بمقدرة العملية (6σ)، يمكن أن تنتج حالات جادة عند تطبيق هذا النوع من الإجراءات. وهناك ثلاث حالات : (١) عندما تكون مقدرة العملية أقل من الفرق بين المواصفات، ويشار إليها فيما بعد بالسماح (U - L)، (٢) عندما تكون مقدرة العملية مساوية للسماح، و (٣) عندما تكون مقدرة العملية أكبر من السماح.

تجربه الزهر

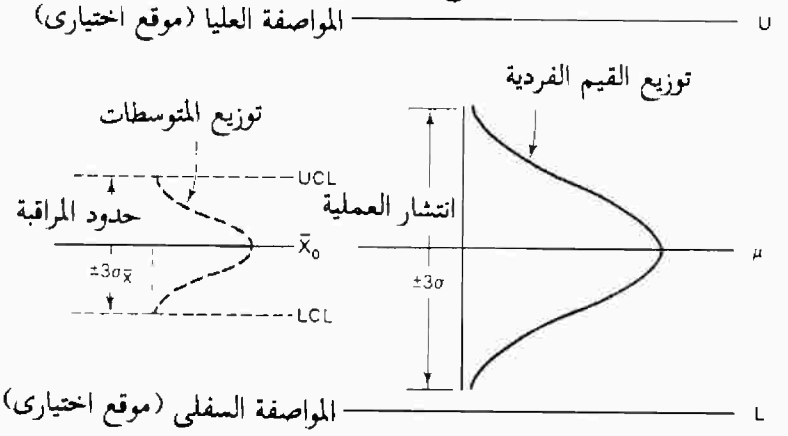
نتائج X's

1	2	3	4	5	6

نتائج $\bar{X}$'s, n = 2

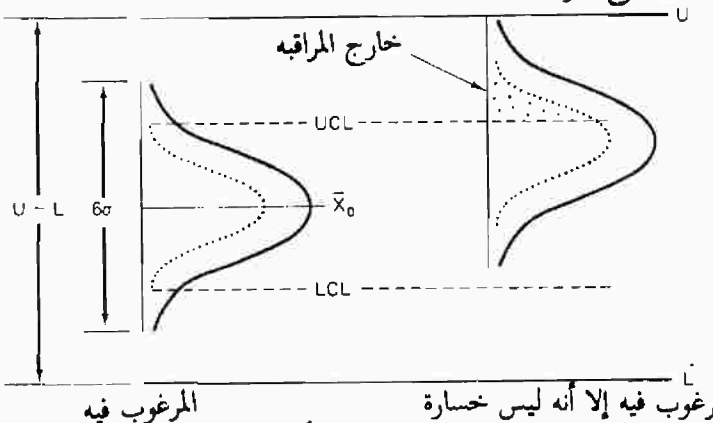
1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0

شكل ٣ . ١٨ : توضيح الزهر لنظرية الحد المركزى



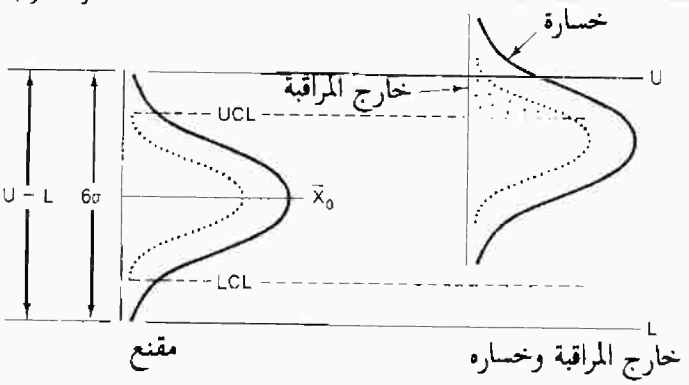
شكل ٣ . ١٩ : العلاقة بين الحدود، والمواصفات، والتوزيعات

الحالة الأولى : $6\sigma < U - L$. هذه الحالة، حيث مقدرة العملية (6σ) أقل من السماح ($U - L$)، هى الحالة المرغوب فيها أكثر. ويوضح شكل ٣ ـ ٢٠ ـ أ هذه العلاقة المثالية عن طريق إظهار توزيع القيم الفردية ($X's$)، وحدى خريطة المراقبة $\bar{X}$، وتوزيع المتوسطات ($\bar{X}'s$). وتكون العملية فى المراقبة. حيث أن السماح أكبر من مقدرة العملية كما هو مميز، فلاتقابل أى صعوبة حتى عندما يكون هناك ترحيل معتبر فى متوسط العملية، كما هو مبين فى (ب). ونتج عن هذا الترحيل شرط الخروج من المراقبة كما هو مبين بالنقاط المرسومة. إلا أنه لاينتج فقدان بسبب أن توزيع القيم الفردية ($X's$) لم يتعد المواصفة العليا. ويلزم إجراء تصحيحى لجعل العملية فى المراقبة.



شكل ٣ ـ ٢٠ ـ الحالة الأولى $6\sigma < U - L$

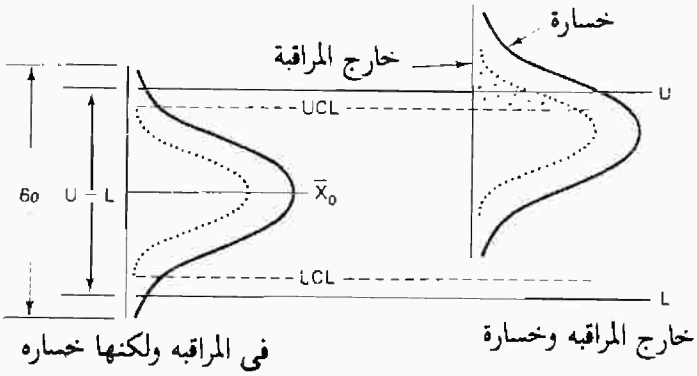
الحالة الثانية : $6\sigma = U - L$ يبين شكل ٣ ـ ٢١ ـ أ هذه الحالة حيث مقدرة العملية تساوى السماح. التوزيع التكرارى s عند (أ) يمثل نمطا طبيعيا للتغير. إلا أنه عندما يكون هناك ترحيل فى متوسط العملية، كما هو محدد فى الحالة (ب) تتعدى القيم الفردية ($X's$) المواصفات. وطالما أن العملية تظل فى المراقبة، فلاينتج أى منتج غير مطابق، إلا أنه عندما تكون العملية خارج المراقبة كما هو محدد عند (ب) فتنتج منتجات غير مطابقة. لهذا، الأسباب المحددة للتغير يجب أن تصحح فور حدوثها.



شكل ٣ـ٢١ : الحالة الثانية $6\sigma = U - L$

الحالة الثالثة : $6\sigma > U - L$. عندما تكون مقدرة العملية أكبر من السماح، فتوجد حالة غير مرغوب فها. ويوضح شكل ٣ ـ ٢٢ هذه الحالة. وبالرغم من حدوث نمط طبيعى للتغير، كما هو مبين بواسطة التوزيع التكرارى (X's) عند (أ)، فإن بعض القيم الفردية يكون أكبر من المواصفة العليا وأقل من المواصفة السفلى، وتقدم هذه الحالة الموقف الفريد الذى تكون العملية فيه فى المراقبة كما هو مبين بحدى المراقبة والتوزيع التكرارى لـ $\bar{X}$'s إلا أنه تنتج منتجات عدم مطابقة. وفى كلمات أخرى، لاتكون العملية قادرة عل تصنيع المنتج طبقا للمواصفات. وعندما تتغير العملية كما هو مبين فى (ب)، تصبح المشكلة أكثر سوءا.

أحد الحلول هو مناقشة إمكانية زيادة السماح مع مهندس التصميم. وقد يتطلب هذا الحل دراسات عولية للأجزاء المعنية لتحديد ما إذا كان المنتج يمكنه العمل مع زيادة السماح أم لا.



شكل ٣ـ٢٢ : الحالة الثالثة : $6\sigma > U - L$

حالة أخرى هى ترك العملية والمواصفات بمفردها وتنفيذ فحص 100% لأبعاد أجزاء عدم المطابقة. وهذا ليس حلا جذريا، إلا أنه يمكن أن يكون الحل الاقتصادى أكثر أو الحل الوحيد.

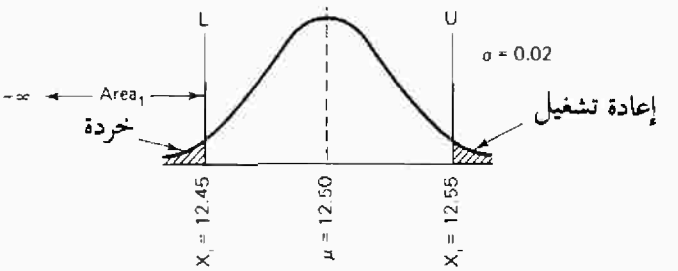
إمكانية ثالثة هى تغيير تشتت العملية بحيث يحدث توزيع أكثر حدة فى القمة. وقد يتطلب الحصول على تقليل معتبر فى الانحراف المعيارى مادة جديدة، أو عامل مرتفع الخبرة، أو إعادة تدريب، أو ماكينة جديدة أو معد لها عمرة حديثا، أو ربما مراقبة أوتوماتيكية للعملية ذاتها.

حل آخر هو ترحيل متوسط العملية بحيث أن كل منتجات عدم المطابقة تحدث عند أحد أطراف التوزيع التكرارى كماهو محدد فى شكل ٣ ـ ٢٢ ـ ب. ولتوضيح هذا الحل، افرض أن القضيب أجرى له عملية تجليخ طبقا لمواصفات محكمة. إذا ما أزيل الكثير من المعدن، يصبح الجزء خردة، وإذا ما أزيل القليل من المعدن فيحتاج الجزء إلى إعادة تشغيل. مع ترحيل متوسط العملية تقل كمية الخردة ويزداد إعادة التشغيل. ويوجد موقف شبيه لعدد داخلى مثل الثقب أو مجرى الخابور باستثناء أن الخردة تحدث بعد حد المواصفة العلوى ويحدث إعادة التشغيل قبل المواصفة السفلية. هذا النوع من الحل يكون مجديا عندما تكون تكلفة الجزء اقتصادية بدرجة كافية لتبرير عملية إعادة التشغيل.

مثال لمشكلة EXAMPLE PROBLEM

يجرى تجليخ لخوابير تحديد المواقع لإحدى أجهزة إمساك الشغلة إلى قطر 12.50مم (حوالى نصف بوصة)، وسماح 0.05 مم. إذا كانت العملية متمركزة عند 12.50 مم (μ) وتشتت 0.20 مم (σ)، مانسبة المنتج المئوية التى تنتج كخردة وما النسبة المئوية التى يمكن إعادة تشغيلها؟ كيف يمكن تغيير مركز العملية لإلغاء الخردة؟ ما النسبة المئوية لإعادة التشغيل؟

طرق حل هذه المشكلة سبق تقديمها فى الفصل الثانى ومبينة أدناه.



$$U = \mu + 0.05 = 12.50 + 0.05 = 12.55 \text{ mm}$$

$$L = \mu - 0.05 = 12.50 - 0.05 = 12.45 \text{ mm}$$

$$Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

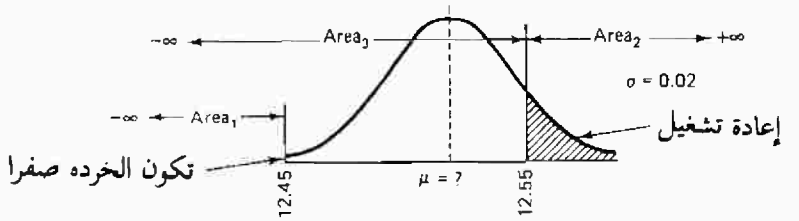
$$= \frac{12.45 - 12.50}{0.02}$$

$$= -2.50$$

من جدول أ من الملحق لقيمة z المساوية 2.50- :

$\text{Area}_1 = 0.0062$ أو 0.62% خردة

حيث أن العملية متمركزة بين المواصفات ويفترض وجود توزيع متماثل، فإن النسبة المئوية لإعادة التشغيل تكون مساوية للنسبة المئوية للخردة البالغ قيمتها 0.62%. الجزء الثانى من المشكلة يحل باستخدام التخطيط التالى :



إذا كانت كمية الخردة صفرا، فإن $\text{Area}_1 = 0$، من جدول أ ، أقرب قيمة لقيمة $\text{Area}_1 = 0$ هى 0.00017، والتى تكون قيمة Z عندها هى 3.59-. لذلك،

$$Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

$$-3.59 = \frac{12.45 - \mu}{0.02}$$

$$\mu = 12.52 \text{ mm}$$

ويتم الحصول على النسبة المئوية لإعادة التشغيل بتحديد $Area_3$ أولا،

$$Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma}$$

$$= \frac{12.55 - 12.52}{0.02}$$

$$= +1.50$$

من جدول أ، $Area_3 = 0.9332$ و

$$Area_2 = Area_T - Area_3$$

$$= 1.0000 - 0.9332$$

$$= 0.0668, \text{ or } 6.68\%$$

كمية إعادة التشغيل تكون 6.68% والتى تعتبر، بالصدفة، أكبر من النسبة المئوية لإعادة التشغيل والخردة معا (1.24%) عندما تتمركز العملية.

التحليل السابق لمقدرة العملية والمواصفات أعد باستخدام مواصفة علوية وأخرى سفلية. وفى العديد من المرات لايوجد إلا مواصفة واحدة فقط والتى إما أن تكون علوية أو سفلية. وتحليل حد المواصفة الواحدة يكون شبيها وأبسط.

مقدرة العملية PROCESS CAPABILITY

لايمكن تحديد مقدرة العملية الحقيقية حتى تحقق خرائط $\bar{X}$ و R التحسين الأمثل للجودة بدون استثمارات معتبرة فى معدات جديدة أو فى تعديل معدات. ومقدرة العملية تساوى $6\sigma_0$ عندما تكون العملية فى مراقبة إحصائية.

وفى مثال المشكلة لخرائط $\bar{X}$ و R، بدأت عملية تحسين الجودة فى شهر يناير بانحراف معيارى $\sigma_0 = 0.038$. وتكون مقدرة العملية ستة أمثال هذه القيمة أى 0.228 مم. وفى شهر يوليو كان الانحراف المعيارى $\sigma_0 = 0.030$، والذى يعطى مقدرة للعملية مقدارها 0.180 مم. وفى هذا 20% تحسينا فى مقدرة العملية، والذى يكون كافيا فى معظم الحالات لحل مشكلة الجودة.

وتتكرر ضرورة الحصول على مقدرة عملية بطريقة سريعة بدلا من استخدام خرائط $\bar{X}$ و R. وتفترض هذه الطريقة أن العملية فى مراقبة إحصائية، وقد يكون أو لايكون هذا هو الحال. والطريقة هى :

١ـ خذ 20 مجموعة جزئية حجم كل منها 4، بإجمالى 80 قياسا.

٢ـ احسب الانحراف المعيارى للعينة، s ، لكل مجموعة جزئية.

٣ـ احسب متوسط الانحراف المعيارى للعينة $\bar{s}=\Sigma\ s/g = \Sigma\ s/20$.

٤ـ احسب تقدير الانحراف المعيارى للمجتمع.

$$\hat{\sigma}_0 = \bar{s}/c_4$$

حيث يتم الحصول على c_4 من جدول ب وقيمتها هى 0.9213 لـ $n = 4$.

٥ـ تكون مقدرة العملية $6\sigma_0$.

تذكر أن هذه الطريقة لاتعطى المقدرة الحقيقية للعملية ويجب أن تستخدم إذا ما تطلبت الظروف ذلك فقط. كذلك، يمكن استخدام أكثر من 20 مجموعة جزئية لتحسين الدقة.

مثال لمشكلة EXAMPLE PROBLEM

بدأت عملية جديدة وكان مجموع الانحرافات المعيارية لعدد 20 مجموعة جزئية حجم كل منها 4 هو 48. حدد مقدرة العملية.

$$\bar{s} = \frac{\Sigma\, s}{g} = \frac{84}{20} = 4.2$$

$$\sigma_0 = \frac{\bar{s}}{c_4} = \frac{4.2}{0.9213} = 4.56$$

$$6\sigma_0 = (6)(4.56) = 27.4$$

كما يمكن الحصول كذلك على مقدرة العملية فى نفس وقت رسم المدرج التكرارى. يفترض أن العملية فى مراقبة إحصائية. والطريقة هى:

١ـ خذ عدد 10 مجموعات جزئية حجم كل منها 5 بإجمالى 50 قياسا.

٢ـ احسب المدى، R ، لكل مجموعة جزئية.

٣ـ احسب متوسط المدى، $\bar{R} = \sum Rg = \sum R/10$.

٤ـ احسب تقدير الانحراف المعيارى للمجتمع.

$$\hat{\sigma}_0 = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

حيث تم الحصول على d_2 من جدول ب وكانت قيمتها 2.326 لـ $n = 5$.

٥ـ تكون مقدرة العملية $6\sigma_0$.

أكثر من 10 مجموعات جزئية تحسن من الدقة. كما يمكن استخدام حجم 4 للمجموعات الجزئية أيضا. ميزة هذه الطريقة هى الفائدة الإضافية للمدرج التكرارى، والذى يمثل توزيع العملية بيانيا.

مثال لمشكلة EXAMPLE PROBLEM

تقابل إحدى العمليات الموجودة مواصفات Rockwell-C. حدد مقدرة العملية بناء على قيم المدى لعدد 10 مجموعات جزئية حجم كل منها 5. البيانات هى 7 و5 و5 و3 و2 و4 و5 و9 و4 و7.

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{g} = \frac{51}{10} = 5.1$$

$$\sigma_0 = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{5.1}{2.326} = 2.19$$

$$6\sigma_0 = (6)(2.19) = 13.2$$

تدمج مقدرة العملية والسماح لتكوين دليل المقدرة capability index، والذى يعرف كما يلى :

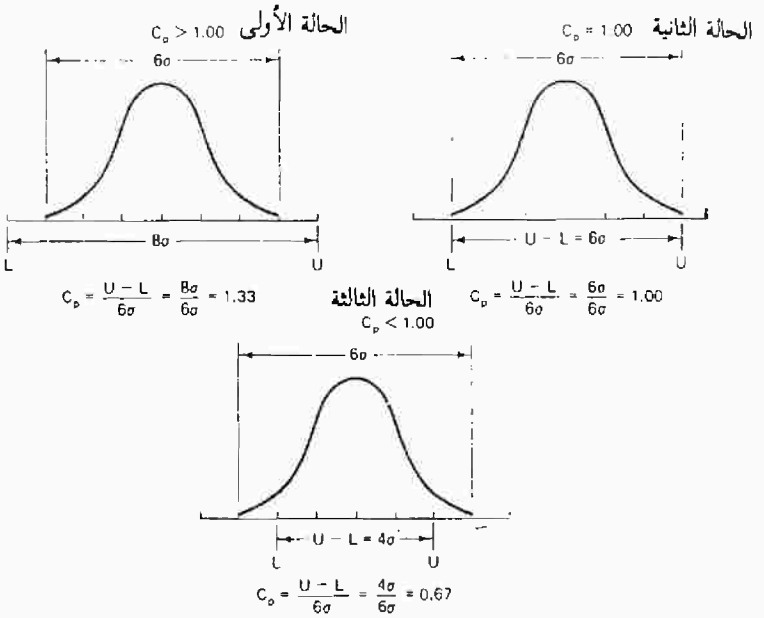
$$C_p = \frac{U - L}{6\sigma_0}$$

حيث : C_p = دليل المقدرة

U - L = المواصفة العليا ـ المواصفة السفلية، أو السماح.

$6\sigma_0$ = مقدرة العملية

إذا كان دليل المقدرة هو 1.00، يكون لدينا الحالة الثانية التى سبق مناقشتها فى القسم السابق، وإذا كانت النسبة أكبر من 1.00، يكون لدينا الحالة الأولى، المرغوب فيها، وإذا كانت النسبة أقل من 1.00، يكون لدينا الحالة الثالثة، غير المرغوب فيها. ويبين شكل ٣ ـ ٢٣ هذه الحالات الثلاث.



شكل ٣ ـ ٢٣ : دليل المقدرة والثلاث حالات

مثال لمشكلة EXAMPLE PROBLEM

افرض أن المواصفات كانت 8.50 و 8.30 فى مشكلة مجرى الخابور. حدد دليل المقدرة قبل ($\sigma_0 = 0.038$) وبعد تحسين ($\sigma_0 = 0.030$).

$$C_p = \frac{U - L}{6\sigma_0} = \frac{6.50 - 6.30}{6(0.038)} = 0.88$$

$$C_p = \frac{U - L}{6\sigma_0} = \frac{6.50 - 6.30}{6(0.030)} = 1.11$$

فى مثال المشكلة نتج تحسين جودة مرغوب فيه فى دليل المقدرة (الحالة الأولى). أقل دليل مقدرة يتكرر تحديده عند 1.33. وأقل من هذه القيمة، قد يلزم لمهندس التصميم الحصول على موافقة من التصنيع قبل أن يمكن رفع المنتج للإنتاج. ودليل المقدرة1.33 يعتبر بواسطة معظم الشركات نمطية واقعية حتى مع قيم أكبر مرغوب فيها.

مقياس آخر للمقدرة يسمى معامل المقدرة capability ratio، والذى يعرف على أنه

$$C_r = \frac{6\sigma_0}{U - L}$$

الاختلاف الوحيد بين المقياسين هو التغير فى البسط والمقام. وهما مستخدمان لنفس الغرض، إلا أن التفسير يختلف. وتفضل نمطية واقعية لمعامل المقدرة 0.750 أو حتى قيما أقل. وفى الحالتين، النمطية الواقعية تحدد بالسماح عند ثمانية انحرافات معيارية، $8\ \sigma_0$. لتجنب سوء التفسير بين الحالتين، يجب التأكد من أى نمطية للمقدرة هى المستخدمة. ويستخدم فى هذا الكتاب دليل المقدرة.

باستخدام مفهوم دليل المقدرة، يمكننا أن نقيس الجودة بافتراض أن العملية متمركزة. وكلما ازداد دليل المقدرة، كلما تحسنت الجودة. ويجب أن نكافح لجعل دليل المقدرة أكبر ما يمكن. ويتحقق ذلك باستخدام مواصفات واقعية وكفاح مستمر لتحسين مقدرة العملية.

ولا يقيس دليل المقدرة أداء العملية بالنسبة إلى القيمة الاسمية أو قيمة الهدف. وتتحقق هذه النمطية باستخدام C_{pk}، والمعرفة بواسطة :

$$C_{pk} = \frac{Z(\text{Min})}{3}$$

حيث z (min) هى الأصغر من $Z(U) = (U - \bar{X}) / 6$ أو $Z(L) = (\bar{X} - L) / 6$

مثال لمشكلة EXAMPLE PROBLEM

حدد C_{pk} لمثال المشكلة السابقة ($U = 6.50$ و $L = 6.30$ و $\sigma = 0.030$) عندما يكون المتوسط 6.45.

$$Z(U) = \frac{U - \bar{X}}{\sigma} = \frac{6.50 - 6.45}{0.030} = 1.67$$

$$Z(L) = \frac{\bar{X} - L}{\sigma} = \frac{6.45 - 6.30}{0.030} = 5.00$$

$$C_{pk} = \frac{Z(\text{Min})}{3} = \frac{1.67}{3} = 0.56$$

أوجد C_{pk} عندما يكون المتوسط 6.40

$$Z(U) = \frac{U - \bar{X}}{\sigma} = \frac{6.50 - 6.40}{0.030} = 3.34$$

$$Z(L) = \frac{\bar{X} - L}{\sigma} = \frac{6.40 - 6.30}{0.030} = 3.34$$

$$C_{pk} = \frac{Z(\text{Min})}{3} = \frac{3.34}{3} = 1.11$$

يوضح شكل ٣ ـ ٢٤ قيم C_p و C_{pk} لعملية متمركزة وعملية غير متمركزة بمقدار انحراف معيارى واحد، 1σ، لكل من الثلاث حالات. وفيما يلى تعليقات خاصة بكل من C_p و C_{pk} :

١ـ لا تتغير قيمة C_p مع تغير مركز العملية.

٢ـ $C_p = C_{pk}$ عندما تتمركز العملية.

٣ـ دائما ما تكون C_{pk} مساوية C_p أو أقل منها.

٤ـ قيمة C_{pk} المساوية 1.00 هى نمطية واقعية. وتحدد أن العملية تنتج منتجات مطابقة للمواصفات.

٥ـ قيمة C_{pk} الأقل من 1.00 هى نمطية واقعية.وتحدد أن العملية تنتج منتجات لاتطابق المواصفات.

٦ـ قيمة C_p الاقل من 1.00 تحدد أن العملية غير قادرة.

٧ـ قيمة C_{pk} المساوية صفرا تحدد أن المتوسط مساويا لأحد حدود المواصفات.

٨ـ قيمة C_{pk} السالبة تحدد أن المتوسط خارج المواصفات.

خرائط المراقبة المختلفة DIFFERENT CONTROL CHARTS

خرائط المراقبة الأساسية للمتغيرات سبق مناقشتها فى الأقسام السابقة. وبينما يختص معظم نشاط مراقبة الجودة للمتغيرات بخريطة $\bar{X}$ و R أو خريطة $\bar{X}$ و s، إلا أنه هناك خرائط أخرى تجد تطبيقات فى بعض المواقف. وتناقش هذه الخرائط بإيجاز فى هذا القسم.

خرائط لفهم أفضل للعامل

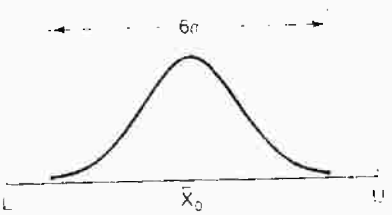
Charts for Better Operator Understanding

حيث أن العاملين فى الإنتاج لديهم صعوبة فى فهم العلاقات بين المتوسط، والقيم الفردية، وحدود المراقبة، والمواصفات، فقد أعدت خرائط مختلفة للتغلب على هذه الصعوبة.

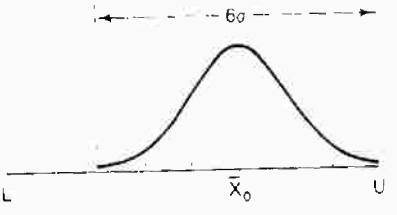
عملية مرحله 1σ عن المركز

عملية متمركزة

الحالة الأولى $C_p = (U - L)/6\sigma = 8\sigma/6\sigma = 1.33$

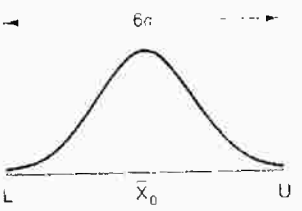


$C_p = 1.33$
$C_{pK} = 1.33$

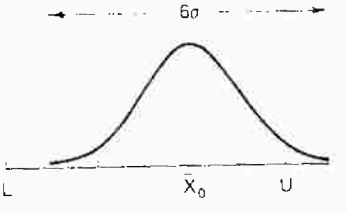


$C_p = 1.33$
$C_{pK} = 1.00$

الحالة الثانية $C_p = (U - L)/6 = 6\sigma/6\sigma = 1.00$

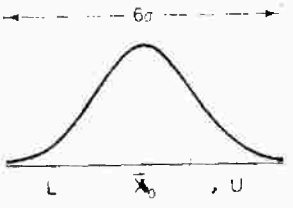


$C_p = 1.00$
$C_{pK} = 1.00$

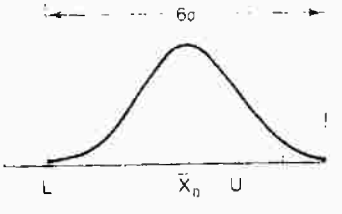


$C_p = 1.00$
$C_{pK} = 0.67$

الحالة الثالثة $C_p = (U - L)/6\sigma = 4\sigma/6\sigma = 0.67$



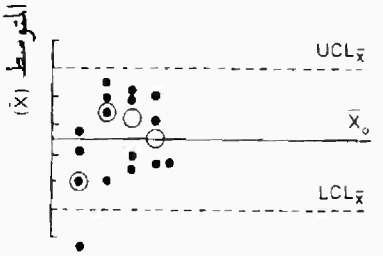
$C_p = 0.67$
$C_{pK} = 0.67$



$C_p = 0.67$
$C_{pK} = 0.33$

شكل ٢٤.٣ : قيم Cp و Cpk للثلاث حالات

١ـ وضع القيم الفردية على الخريطة Placing individual values on the chart. هذه الطريقة ترسم كل من القيم الفردية ومتوسط المجموعة الجزئية كما هو مبين فى شكل ٣ ـ ٢٥. تمثل النقطة الصغيرة قيمة فردية وتمثل الدائرة الكبيرة متوسط مجموعة جزئية. وفى بعض الحالات، تكون القيمة الفردية ومتوسط المجموعة الجزئية متطابقتان، وفى هذه الحالة تقع النقطة الصغيرة داخل الدائرة. وعندما يكون هناك قيمتان فرديتان متطابقتان، فتوضع النقطتان متماستان. وتنقية أكثر للخريطة يمكن أن تعد عن طريق إضافة خطى المواصفات العلوى والسفلى، إلا أن هذه العملية لا يوصى بها.

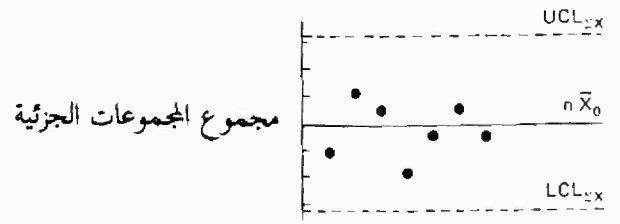


شكل ٣ـ٢٥: خريطة تبين طريقة رسم قيم فردية ومتوسطات مجموعات جزئية

٢ـ خريطة لمجموع المجموعات الجزئية chart for subgroup sums. هذه الطريقة ترسم مجموع المجموعات الجزئية، ΣX، بدلا من رسم متوسط المجموعات الجزئية، $\bar{X}$. وحيث أن القيم على الخريطة يكون لها مقادير مختلفة عن المواصفات، فلاتوجد فرصة للخلط. ويبين شكل ٣ ـ ٢٦ خريطة مجموع المجموعات الجزئية، وهى خريطة $\bar{X}$ بمقياس مكبر بواسطة حجم المجموعة الجزئية، n. الخط المركزى هو nx ويتم الحصول على حدود المراقبة عن طريق الصيغ :

$$UCL_{\Sigma x} = n(UCL_{\bar{x}})$$
$$LCL_{\Sigma x} = n(LCL_{\bar{x}})$$

هذه الخريطة متساوية رياضيا لخريطة X ولها ميزة إضافية من الحسابات المبسطة. ولايلزم إلا الجمع والطرح فقط.

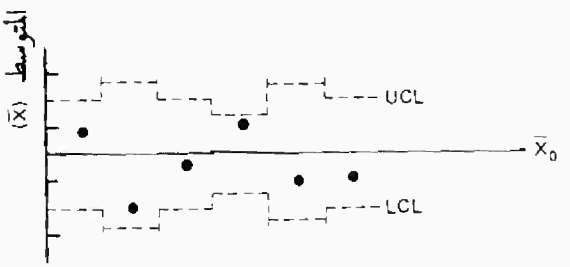


شكل ٣ . ٢٦ : خريطة مجموع المجموعات الجزئية

خريطة حجم المجموعة الجزئية المتغير

Chart for Variable Subgroup Size

يجب بذل كل مجهود لحفظ حجم المجموعة الجزئية ثابتا. إلا أنه فى بعض الأحيان وبسبب فقدان مادة، أو اختبارات معملية، أو مشاكل إنتاج، أو أخطاء فحص، يتغير حجم المجموعات الجزئية. عندما يحدث هذا الموقف، تتغير حدود المراقبة مع تغير حجم المجموعة الجزئية. ومع تزايد حجم المجموعة الجزئية، n ، تضيق حدود المراقبة، ومع قلة حجم المجموعة الجزئية، تتسع حدود المراقبة عن بعضها (شكل ٣ ـ ٢٧). وتعزز هذه الحقيقة عن طريق تحليل عوامل حدود المراقبة A و D_1 و D_2، والتى تكون دالة فى حجم المجموعة الجزئية وتكون جزءا من صيغة حد المراقبة. كما تتغير حدود المراقبة أيضا لخريطة R.

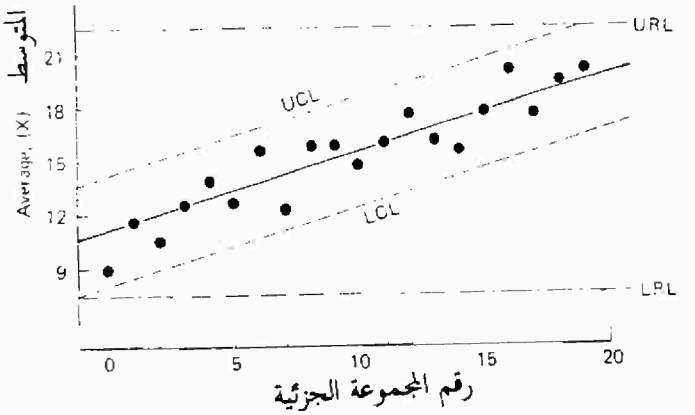


شكل ٣ . ٢٧ : خريطة لحجم مجموعة جزئية متغير

إحدى الصعاب المصاحبة لخريطة حجم المجموعة الجزئية المتغير هى الحاجة إلى إجراء عدد من حسابات حد المراقبة. والصعوبة الأكثر جدية تشمل نشاط توضيح سبب اختلاف حدود المراقبة للعاملين فى الإنتاج. لهذا، يجب تجنب هذا النوع من الخرائط.

خريطة الاتجاهات Chart for Trends

عندما يكون للنقاط المرسومة على الخريطة اتجاه لأعلى أو لأسفل، فيمكن أن يعزو ذلك إلى نمط غير طبيعى للتغير أو إلى نمط طبيعى للتغير مثل تآكل العدة. وفى كلمات أخرى، مع تآكل العدد، يتوقع تغير تدريجى فى المتوسط ويعتبر طبيعيا. ويوضح شكل ٣ ـ ٢٨ خريطة للاتجاه تعكس تآكل اسطمبة. ومع تآكل الاسطمبة، تتزايد القياسات تدريجيا حتى تصل إلى حد الرفض العلوى. وعند ذلك تستبدل الإسطمبة أو يعاد تشغيلها.



شكل ٣ ـ ٢٨ : خريطة الاتجاه

وحيث أن الخط المركزى يكون مائلا، فيجب تحديد معادلته. وأفضل طريقة لتحقيق ذلك تكون باستخدام طريقة المربعات الصغرى بتوافق خط لمجموعة من النقاط. ومعادلة خط الاتجاه، باستخدام صيغة تقاطع الميل هى :

$$\bar{X} = a + bw$$

حيث $\bar{X}$ = متوسط المجموعة الجزئية ويمثل المحور الرأسى

w = رقم المجموعة الجزئية ويمثل المحور الأفقى

a = نقطة على المحور الرأسى حيث يتقاطع الخط مع المحور الرأسى

$$a = \frac{(\Sigma \bar{X})(\Sigma W^2) - (\Sigma W)(\Sigma W\bar{X})}{g \Sigma W^2 - (\Sigma W)^2}$$

b = ميل الخط

$$b = \frac{g \Sigma W\bar{X} - (\Sigma W)(\Sigma \bar{X})}{g \Sigma W^2 - (\Sigma W)^2}$$

g = عدد المجموعات الجزئية

يتم الحصول على المعاملات a و b عن طريق تحديد أعمدة لكل من W و $\bar{X}$ و $W\bar{X}$ و W^2، كما هو مبين فى جدول ٣ ـ ٤، وتحديد مجموعها، وإدخال المجموع فى المعادلة.

وبمجرد معرفة معادلة خط الميل، فيمكن أن ترسم على الخريطة عن طريق افتراض قيم W وحساب $\bar{X}$. وعند رسم نقطتين، يرسم خط الاتجاه بينهما. وترسم حدود المراقبة على كل جانب من جوانب خط الاتجاه على بعد (فى الاتجاه العمودى) مساويا $A_2 R$ أو $A\sigma_o$.

ويكون لخريطة R مظهر تقليدى كالمبين فى شكل ٣ ـ ٦. إلا أن التشتت يمكن أن يزداد أيضا.

جدول ٣ـ٤: حسابات المربعات الصغرى لخط الاتجاه

رقم المجموعة الجزئية W	متوسط المجموعة الجزئية $\bar{X}$	حاصل ضرب W و $\bar{X}$	W^2
1	9	9	1
2	11	22	4
3	10	30	9
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
g	.	.	.
ΣW	$\Sigma \bar{X}$	$\Sigma W\bar{X}$	ΣW^2

خريطة المتوسط المتحرك والمدى المتحرك

Chart for Moving Average and Moving Range

فى بعض الحالات تستخدم خريطة لدمج عدد من القيم الفردية ورسمها فى خريطة مراقبة. ويشار إلى هذا النوع بخريطة المتوسط المتحرك والمدى المتحرك وهو شائع جدا فى الصناعات الكيميائية، حيث لايكون ممكنا إلا قراءة واحدة فقط فى نفس الوقت. ويوضح جدول ٣ ـ ٥ هذه الطريقة. عند تطوير جدول ٣ ـ ٥، لاتجرى أى حسابات حتى اليوم الثالث عندما يوضع مجموع الثلاث قيم فى عمود المتوسط المتحرك للثلاث فترات (89 = 28 + 25 + 35). ويحسب المتوسط والمدى $\bar{X} = 89/3 = 29.6$ و $R = 35 - 26 = 9$ ويوضعان فى أعمدة $\bar{X}$ و R. والحسابات التالية تتحقق عن طريق جمع قيمة جديدة واستبعاد أقدم قيمة، لهذا يجمع 32 مع استبعاد 35، لجعل المجموع 86 = 32 + 28 + 26. وتصبح حسابات المتوسط والمدى $\bar{X} = 86/3 = 28.6$، و $R = 32.26 = 6$. وبعد إكمال عمودى $\bar{X}$ و R، تطور الخريطة وتستخدم بنفس الطريقة مثل خرائط $\bar{X}$ و R.

جدول ٣ ـ ٥: حسابات المتوسط المتحرك والمدى المتحرك

القيمة	مجموع ثلاث فترات	$\bar{X}$	R
35	—	—	—
26	—	—	—
28	89	29.6	9
32	86	28.6	6
36	96	32.0	8
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
		$\sum \bar{X} =$	$\sum R =$

استخدمت المناقشة السابقة فترة زمنية مقدارها 3 ساعات، ويمكن أن تكون الفترة الزمنية 2 ساعة، أو 5 أيام، أو 3 مناوبات، وما إلى ذلك.

وعند مقارنة خرائط المتوسط المتحرك والمدى المتحرك مع الخرائط التقليدية، يلاحظ أن القراءة الشاذة، يكون لها تأثير كبير على الخرائط السابقة. وهذا يكون حقيقيا بسبب أن القيمة الشاذة تستخدم عددا من المرات فى الحسابات.

خريطة الوسيط والمدى Chart for Median and Range

خريطة مبسطة لمراقبة متغير تقلل الحسابات هى خريطة الوسيط والمدى. تجمع البيانات بطريقة تقليدية ويحسب الوسيط، Md، والمدى، R، لكل مجموعة جزئية. وترتب هذه ترتيبا تصاعديا ويحسب الوسيط لوسيط المجموعات الجزئية، أو الوسيط الكبير Md_{md}، وكذلك الوسيط لمدى المجموعات الجزئية، R_{Md}، بالعد إلى قيمة المركز. ويتحدد حدا مراقبة الوسيط من الصيغتين :

$$UCL_{Md} = Md_{Md} + A_5 R_{Md}$$
$$LCL_{Md} = Md_{Md} - A_5 R_{Md}$$

حيث : Md_{Md} = الوسيط الكبير (وسيط الوسيط للمجموعات الجزئية)

A_5 = معامل تحديد حدى مراقبة ثلاثة انحرافات معيارية (انظر جدول ٦ـ٣)

R_{Md} = وسيط المدى للمجموعات الجزئية

جدول ٦.٣ : معاملات حساب حدى مراقبة ثلاثة انحرافات معيارية لخريطة الوسيط والمدى من وسيط المدى

حجم المجموعة الجزئية	A_5	D_5	D_6	d_3
2	2.224	0	3.865	0.954
3	1.265	0	2.745	1.588
4	0.829	0	2.375	1.978
5	0.712	0	2.179	2.257
6	0.562	0	2.055	2.472
7	0.520	0.078	1.967	2.645
8	0.441	0.139	1.901	2.791
9	0.419	0.187	1.850	2.916
10	0.369	0.227	1.809	3.024

المصدر : مستخلصة بتصريح من :

P. C. Clifford, "Control Without Calculations", Industrial quality Control, 15, No. 6 (May 1959), 44.

ويتحدد حداً مراقبة المدى من الصيغتين:

$$UCL_R = D_6 R_{Md}$$
$$LCL_R = D_5 R_{Md}$$

حيث D_5 و D_6 هما عاملان لتحديد حدى مراقبة ثلاثة انحرافات معيارية.مبنيا على R_{Md} ويوجدان من جدول ٣ ـ ٦. ويمكن الحصول على تقدير الانحراف المعيارى للمجتمع من العلاقة $\sigma = R_{Md}/d_3$.

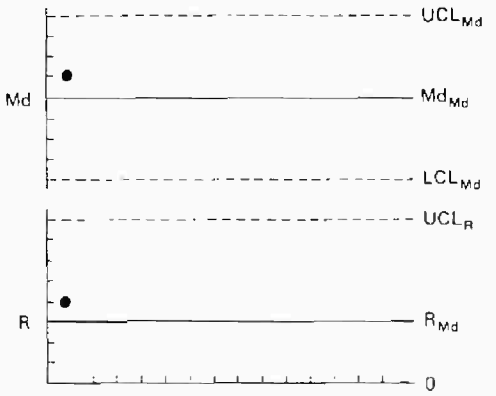
والمنافع الأساسية لخريطة الوسيط هى (١) حساب أقل، و (٢) سهولة فى الفهم، و (٣) يمكن أن يتولى العامل صيانتها. إلا أن خريطة الوسيط تفشل فى ضمان أى وزن للقيم الشاذة فى المجموعة الجزئية.

وعندما يتولى عاملو التشغيل صيانة هذه الخرائط يوصى بحجم 3 للمجموعة الجزئية. مثال ذلك، اعتبر الثلاث قيم 36 و 39 و 35. الوسيط هو 36 والمدى هو 4، وقد استخدمت كل الثلاث قيم. وشكل ٣ ـ ٢٩ هو مثال لخريطة الوسيط. ويعطى حجم المجموعة 5 خريطة أفضل، إلا أن العامل يكون عليه أن يطلب البيانات قبل تحديد الوسيط. وبينما لاتكون هذه الخرائط حساسة للتغيرات مثل خرائط $\bar{X}$ و R ، إلا أنها يمكن أن تكون فعالة جدا، وبصفة خاصة بعد الحصول على تحسين للجودة وتصبح العملية فى مرحلة التوجيه.

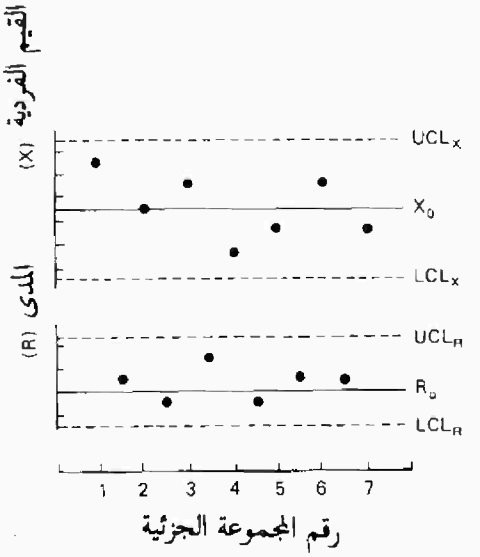
خريطة القيم الفردية Chart for Individual Values

فى العديد من الحالات يؤخذ قياس واحد فقط لخاصية الجودة. ويمكن أن يكون ذلك بسبب الحقيقة أنه من المكلف جدا، أو من المهلك للكثير من الوقت، أو لوجود قلة من العناصر لفحصها. فى مثل هذه الحالات تقدم خريطة X بعض

المعلومات من بيانات محددة، بينما يمكن ألا تقدم خريطة $\bar{X}$ أى معلومات أو أنها تقدم معلومات بعد تأخير معتبر فقط للحصول على بيانات كافية. ويوضح شكل ٣ـ٣ خريطة X.



شكل ٣.٢٩ : خرائط مراقبة للوسيط والمدى



شكل ٣.٣٠ : خريطة مراقبة للقيم الفردية والمدى المتحرك

والصيغ لمحاولة حدود المراقبة وحدود المراقبة المراجعة هى :

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{g} \qquad \bar{R} = \frac{\Sigma R}{g}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 2.660\bar{R} \qquad UCL_R = 3.276\bar{R}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 2.660\bar{R} \qquad LCL_R = (0)\bar{R}$$

تتطلب هذه الصيغ طريقة المدى المتحرك مع حجم مجموعة جزئية 2.[1] للحصول على أول نقطة مدى، تطرح قيمة X_1 من X_2، وللحصول على النقطة الثانية، تطرح X_2 من X_3، وهكذا. وتستخدم كل قيمة فردية لنقطتين مختلفتين باستثناء الأولى والأخيرة : لهذا، يكون الاسم المدى «المتحرك». وتوضع نقاط المدى بين رقم المجموعة الجزئية على خريطة R حيث أنها يتم الحصول عليها من كل من القيمتين.

ويتم حساب المتوسط لنقاط المدى هذه للحصول على $\bar{R}$. لاحظ أن g للحصول على $\bar{R}$ تقل بمقدار 1 عن g للحصول على $\bar{X}$.

وصيغ خط المراقبة المراجع وحدود المراقبة هى :

$$X_0 = \bar{X}_{new} \qquad R_0 = \bar{R}_{new}$$

$$UCL_{\bar{X}} = X_0 + 3\sigma_0 \qquad UCL_R = (3.686)\sigma_0$$

$$LCL_{\bar{X}} = X_0 - 3\sigma_0 \qquad LCL_R = (0)\sigma_0$$

حيث $\sigma_0 = 0.8865 \times R_0$

(١) هذه الطريقة هى أبسط الطرق لخرائط X و R. وتوجد طرق أخرى فى الصفحات من رقم ١٥٠٢٣ إلى رقم ١٧٠٢٣ فى كتاب :

Juran, "quality Control Handbook", 3rd ed.

ولخريطة X ميزة كونها سهلة الفهم للعاملين فى الإنتاج وفى تقديمها مقارنة مباشرة مع المواصفات. ولها العيوب :

(١) تتطلب الكثير جدا من المجموعات الجزئية لتحديد شرط الخروج من المراقبة.

(٢) لا تلخص البيانات كما تفعل خريطة $\bar{X}$.

(٣) تحريف حدود المراقبة عندما لايكون التوزيع طبيعيا.

ولتصحيح العيب الأخير، يجب استخدام اختبارات الطبيعية حيث أن نظرية الحد المركزى لاتكون مطبقة. ويوصى بخريطة $\bar{X}$، إلا إذا كان هناك كم غير كاف من البيانات.

خرائط أخرى OTHER CHARTS

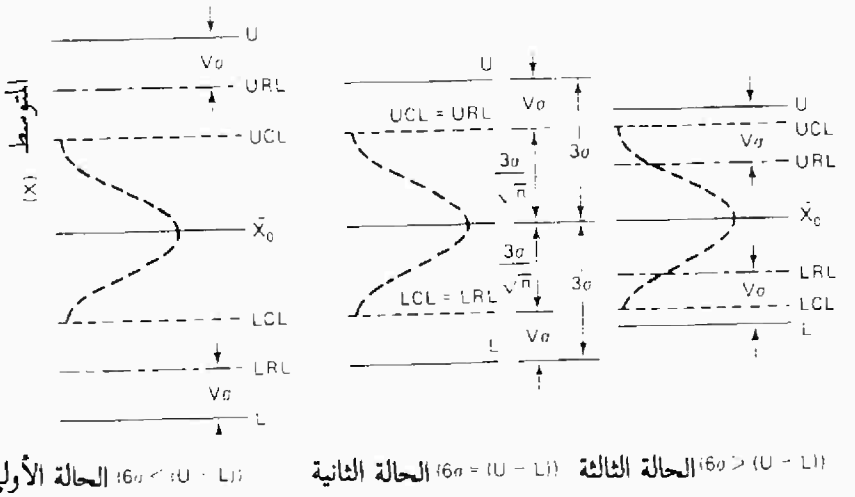
هناك خرائط أخرى يمكن أن تساعد أفراد الجودة فى تحقيق تحسين الجودة.

خرائط بحدود للرفض Charts with Reject Limits

حدود الرفض reject limits لها نفس العلاقة مع المتوسطات مثل علاقة المواصفات مع القيم الفردية. يبين شكل ٣ ـ ٣١ العلاقة بين حدود الرفض، وحدود المراقبة، والمواصفات للثلاث حالات التى سبق مناقشتها فى القسم الخاص بالمواصفات. المواصفة العليا، U ، والسفلى، L ، مبينة فى شكل ٣ ـ ٣١ لتوضيح الطريقة وغير مشمولتين فى العملية الواقعية.

فى الحالة الأولى تكون حدود الرفض أكبر من حدود المراقبة، وهذه حالة مرغوب فيها، حيث أن شرط الخروج من المراقبة لا ينتج عنه منتجات عدم مطابقة.

وتبين الحالة الثانية حالة تساوى حدود الرفض مع حدود المراقبة، لهذا، ينتج عن أى حالة خروج من المراقبة تصنيع منتجات عدم مطابقة. وتوضح الحالة الثالثة الموقف الذى تقع حدود الرفض فيه داخل حدود المراقبة، ولهذا تنتج بعض منتجات عدم المطابقة حتى عندما تكون العملية فى المراقبة.



شكل ٣١.٣ : العلاقة بين حدود الرفض، وحدود المراقبة، والمواصفات

ويبين الشكل أن حدود الرفض تبعد مسافة عن المواصفات. هذه المسافة تساوى Vσ، حيث V تتغير مع حجم المجموعة الجزئية وتساوى القيمة $3 - 3 / \sqrt{n}$

وقد استخلصت الصيغة لـ V من الحالة الثانية، لأنه فى هذه الحالة تكون حدود المراقبة مساوية لحدود الرفض.

تذكر حدود المراقبة ما يمكن أن تكون العملية قادرة على أدائه وتذكر حدود الرفض متى يطابق المنتج المواصفات. وهذا يمكن أن يكون وسيلة قيمة لمهنيى

الجودة وربما لملاحظى الخط الأول. وتحديد حدود الرفض لأفراد العمليات يجب تجنبه حيث أن هذا يكون مثيرا للخلط لديهم ويمكن أن يقود إلى تضبيط لا ضرورة له. كذلك، يكون العامل مسئولا فقط عن حفظ العملية بين حدى المراقبة.

خريطة لدورات الإنتاج القصيرة Chart for Short Production Runs

تمثل دورات الإنتاج القصيرة مشكلة فى أن الدورة يمكن أن تنتهى قبل أن يمكن تنفيذ خريطة المراقبة. لهذا الموقف يمكن تصميم خريطة تعطى مقياسا معينا للمراقبة وطريقة لتحسين الجودة. الخط المركزى وحدود المراقبة لهذا النوع من الخرائط يتم تحديدها باستخدام المواصفات.

افرض أن الموصفات محددة بأنها 25.00 ± 0.12 مم. يكون الخط المركزى عند $\bar{X}_0 = 25.00$. الفرق بين المواصفة العليا والمواصفة السفلى (U - L). هو 0.24، وهو انتشار العملية تحت الحالة الثانية. لهذا، U - L = 0.24 = 6، و 0.04 = 6. ويتبع ذلك أن $6\sigma_{\bar{x}} = 6/\sqrt{n}$ لحجم 4 للمجموعة الجزئية، و$6\sigma_{\bar{x}} = 0.04/\sqrt{4} = 0.02$ لهذا،

$$URL_{\bar{x}} = \bar{X}_0 + 3\sigma_{\bar{x}} = 25.00 + 3(0.02) = 25.06$$

$$LRL_{\bar{x}} = \bar{X} - 3\sigma_{\bar{x}} = 25.00 - 3(0.02) = 24.94$$

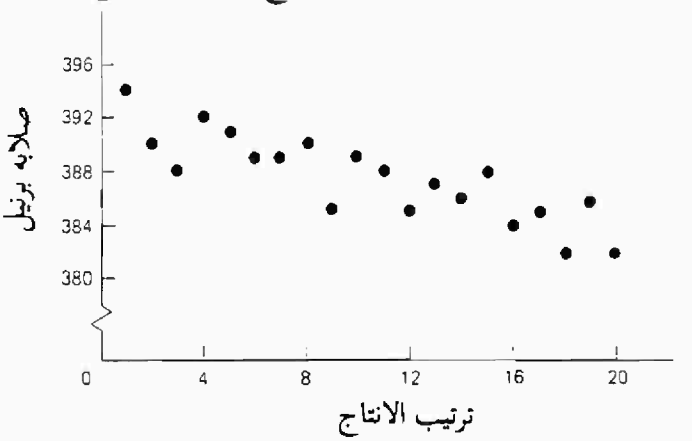
$$URL_R = D_2\sigma_0 = (4.698)(0.04) = 0.19$$

$$LRL_R = D_1\sigma_0 = (0)(0.04) = 0$$

وتمثل هذه الحدود ما نحب أن تؤديه العملية (كأقصى شرط) بدلا من ماتكون العملية قادرة على عمله. فى الحقيقة هذه الحدود هى حدود الرفض كما سبق مناقشتها فى القسم السابق. وطريقة الحسابات تختلف قليلا.

خريطة الدورة Run Chart

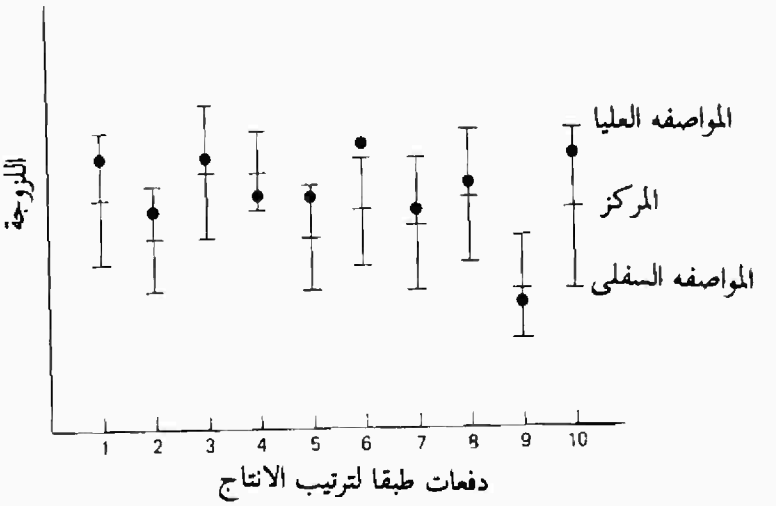
لايوجد لخريطة الدورة حدود مراقبة إلا أنها يمكن أن تستخدم فى تحليل البيانات وبصفة خاصة فى مرحلة تطوير المنتج أو قبل حالة المراقبة الإحصائية. ترسم نقاط البيانات بترتيب الإنتاج كما هو مبين فى شكل ٣ ـ ٣٢. من الواضح من الخريطة أن الصلابة الناتجة من عملية المعاملة الحرارية تقل. ورسم نقاط البيانات يكون طريقة فعالة جدا لمعرفة العملية. ويجب أن يحدث ذلك كأول خطوة فى تحليل البيانات. وبدون خريطة دورة يمكن أن تقود طرق تحليل البيانات الأخرى، مثل المتوسط، والانحراف المعيارى للعينة، والمدرج التكرارى، إلى تعليقات خاطئة.



شكل ٣٢.٣ : خريطة دورة لعملية معاملة حرارية

وتصمم العديد من مصانع التصنيع الكيميائى لإنتاج منتجات أساسية قليلة العدد طبقا لمواصفات العملاء. وبينما تكون المحتويات والعملية هى نفسها بالضرورة، فإن المواصفات تتغير مع كل دفعة لعميل. ويبين شكل ٣ ـ ٣٣ خريطة دورة للزوجة الدافعة. تمثل النقطة السوداء قيمة اللزوجة ويمثل الخط الرأسى مدى المواصفات. التحليل الخاطف للدفعات يبين أن 8 من 10 من النقاط المرسومة تقع فى الطرف العلوى للمواصفة. قد تقود هذه المعلومات إلى ضبط رئيسى بحيث أن

لزوجة الدفعات المستقبلية تكون أقرب إلى المركز لكل مواصفة دفعة. خرائط الدورات مثل هذه الخريطة لخواص الجودة الأخرى يمكن أن تكون طريقة فعالة جدا لتحسين الجودة.



شكل ٣٠٣٣ : خريطة دورة لدفعات مختلفة بمواصفات مختلفة

برنامج حاسوب COMPUTER PROGRAM

برنامج الحاسوب المقدم فى شكل ٣ ـ ٣٤ يحسب الخط المركزى وحدود المراقبة لخرائط $\bar{X}$ و R. فإذا ما كان هناك رغبة فى طباعة البيانات الآتية، فيمكن إضافة عبارة LPRINT بعد السطر رقم 170. كذلك، يمكن إضافة عبارات إضافية لطباعة قيم المجموعات الجزئية التى تطرح. البيانات المستخدمة معLPRINT البرنامج هى مثل بيانات مثال المشكلة. باستخدام عبارة الشفرة X + 6.00 = X (I) يتم إدخال بيانات مشفرة باستخدام آخر رقمين.300 بعد العبارة رقم 100 / (I)

ويمكن تعزيز البرنامج عن طريق رسم الخريطة ورسم النقاط الفعلية. وهذا النشاط هو وظيفة وحدة مخرجات الرسم المتاح استخدامها للقارئ.

```
10 REM                          XBAR and R CHARTS
20 REM
30 REM                        N = Subgroup Size
40 REM                        G = Number of Subgroups
50 REM                     X(I) = Observed Values
60 REM               A(J)/R(J) = Subgroups Average/Range
70 REM               ABAR/RBAR = Average of Averages/Ranges
80 REM                 UCL/LCL = Central Limits(A & R)
90 REM                   AO/RO = Standard Value and Central Line
100 REM                          of Average/Range
110 REM                     SO = Standard value of Standard
120 REM                          Deviation
130 REM     A2,D,D1,D2,D3,D4 = Control Chart Factors
140 REM              Note:  A = 3 / SQR(N)
150 REM
155 DIM X(25), A(30), R(30)
160 PRINT " Enter subgroup size." : INPUT N : LPRINT " n = ";N
170 PRINT " Enter control chart factors A2, d2, D1, D2, D3, D4."
180 INPUT A2, D, D1, D2, D3, D4
190 LPRINT
200 LPRINT " A2 = ";A2," d2 = ";D," D1 = ";D1
210 LPRINT " D2 = ";D2," D3 = ";D3," D4 = ";D4
220 LPRINT
230 PRINT " Enter number of subgroups. " : INPUT G : LPRINT " g = ";G
240 LPRINT
250 J = 0
260 SX = 0
270 J = J + 1
280 PRINT " Enter subgroup values. "
290       FOR I = 1 TO N
300       INPUT X(I)
310       SX = SX + X(I)
320       NEXT I
330 REM                           Sort Routine
340       FOR K = 1 TO (N - 1)
350       L = N - K
360             FOR M = 1 TO L
370             Q = M + 1
380             IF X(M) < X(Q) GOTO 420
390             A = X(M)
400             X(M) = X(Q)
410             X(Q) = A
420             NEXT M
430       NEXT K
440 REM          Subgroup Average & Range
450 R(J) = X(N) - X(1)
460 A(J) = SX / N
480 IF J < G GOTO 260
490 REM                          Trial Central Lines(A Bar & R Bar)
500 SA = 0 : SR = 0
510       FOR K = 1 TO G
520       SA = SA + A(K)
530       SR = SR + R(K)
540       NEXT K
```

شكل ٣٤.٣: برنامج حاسوب بلغة البيسك لحساب الخط المركزى وحدود المراقبة لخرائط $\bar{X}$ و R

```
550 ABAR = SA / G
560 RBAR = SR / G
580 REM                          Trial Control Limits
590 UCLA = ABAR + A2 * RBAR
600 LCLA = ABAR - A2 * RBAR
610 UCLR = D4 * RBAR
620 LCLR = D3 * RBAR
630 REM                          Discard Out-of-Control
640 DA = G : DR = G
650       FOR J = 1 TO G
660       IF A(J) < LCLA GOTO 710
670       IF A(J) > UCLA GOTO 770
680       IF R(J) < LCLR GOTO 800
690       IF R(J) > UCLR GOTO 860
700       GOTO 890
710       PRINT " Subgroup number = ";J
720       PRINT " A < LCL; Enter 0 to discard, else 1."
730       INPUT K
740       IF K = 1 GOTO 890
750       IF K = 0 THEN SA = SA - A(J) : DA = DA - 1
760       GOTO 890
770       PRINT " Subgroup number = ";J
780       PRINT " A > UCL; Enter 0 to discard, else 1."
790       INPUT K : GOTO 740
800       PRINT " Subgroup number = ";J
810       PRINT " R < LCL; Enter 0 to discard, else 1."
820       INPUT L
830       IF L = 1 GOTO 890
840       IF L = 0 THEN SR = SR - R(J) : DR = DR - 1
850       GOTO 890
860       PRINT " Subgroup number = ";J
870       PRINT " R > UCL; Enter 0 to discard, else 1."
880       INPUT L : GOTO 830
890       NEXT J
900 REM                          Standard Values and Central Line
910 XO = SA / DA
920 RO = SR / DR
930 SO = RO / D
940 REM                          Control Limits
950 UCLA = XO + (3 / SQR(N)) * SO
960 LCLA = XO - (3 / SQR(N)) * SO
970 UCLR = D2 * SO
980 LCLR = D1 * SO
990 LPRINT " XO = ";XO," RO = ";RO," SO = ";SO
1000 LPRINT " UCLA = ";UCLA,"   LCLA = ";LCLA
1010 LPRINT " UCLR = ";UCLR,"   LCLR = ";LCLR
1020 END
```

```
n =  4

A2 =  .729       d2 = 2.059       D1 = 0
D2 = 4.698       D3 = 0           D4 = 2.282

g = 25

XO =  6.39522          RO = .0787499          SO = .0382467
UCLA = 6.45259         LCLA = 6.33785
UCLR = .179683         LCLR = 0
```

مشاكل PROBLEMS

١ـ تعد خرائط مراقبة $\bar{X}$ و R لبعد أحد الأجزاء مقاسا بالملليمتر. وقد جمعت البيانات فى مجموعات جزئية حجم كل منها 6 والمعطاة أدناه. حدد محاولة الخط المركزى وحدود المراقبة. افرض وجود أسباب محددة وراجع الخط المركزى وحدود المراقبة.

رقم المجموعة الجزئية	$\bar{X}$	R	رقم المجموعة الجزئية	$\bar{X}$	R
1	20.35	0.34	14	20.41	0.36
2	20.40	0.36	15	20.45	0.34
3	20.36	0.32	16	20.34	0.36
4	20.65	0.36	17	20.36	0.37
5	20.20	0.36	18	20.42	0.73
6	20.40	0.35	19	20.50	0.38
7	20.43	0.31	20	20.31	0.35
8	20.37	0.34	21	20.39	0.38
9	20.48	0.30	22	20.39	0.33
10	20.42	0.37	23	20.40	0.32
11	20.39	0.29	24	20.41	0.34
12	20.38	0.30	25	20.40	0.30
13	20.40	0.33			

٢ـ يعطى الجدول التالى المتوسط والمدى بالكيلوجرامات لاختبارات الشد لحبل معدل من البلاستيك. حجم المجموعة الجزئية كان 4. حدد محاولة الخط المركزى وحدود المراقبة. إذا ما وقعت أى نقاط خارج المراقبة، افترض أسبابا محددة واحسب الحدود والخط المركزى المراجعين.

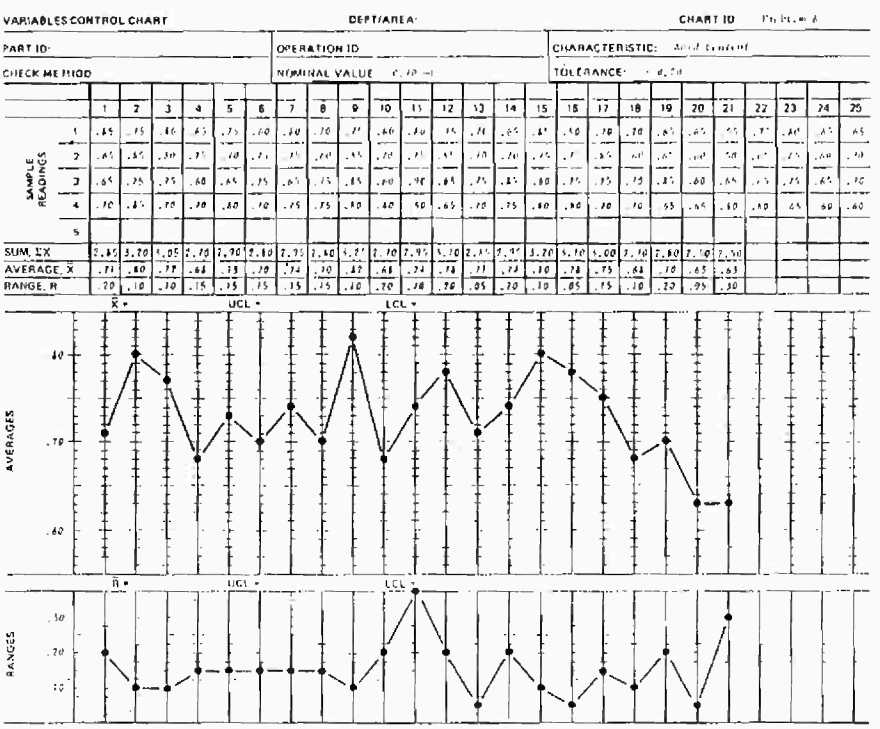
رقم المجموعة الجزئية	$\bar{X}$	R	رقم المجموعة الجزئية	$\bar{X}$	R
1	476	32	14	482	22
2	466	24	15	506	23
3	484	32	16	496	23
4	466	26	17	478	25
5	470	24	18	484	24
6	494	24	19	506	23
7	486	28	20	476	25
8	496	23	21	485	29
9	488	24	22	490	25
10	482	26	23	463	22
11	498	25	24	469	27
12	464	24	25	474	22
13	484	24			

٣ـ أعد حل المشكلة رقم ١ بافتراض أن حجم المجموعة الجزئية 3.

٤ـ أعد حل المشكلة رقم ٢ بافتراض أن حجم المجموعة الجزئية 5.

٥ـ حفظت خرائط مراقبة $\bar{X}$ و R لأوزان صبغة ملونة بالكيلوجرامات للتشغيل بالدفعة. وبعد 25 مجموعة جزئية حجم كل منها 4، كان مجموع المتوسطات($\Sigma\bar{x}$) هو 52.08 كج (114.8 رطل) ومجموع المدى (ΣR)هو 11.82 كج (26.1 رطل). افرض أن العملية فى حالة مراقبة، احسب الخط المركزى وحداً المراقبة لخريطة $\bar{X}$ وR لفترة الإنتاج الحالية.

٦ـ فيما يلى توجد خريطة مراقبة تقليدية $\bar{X}$ و R مع معلومات عن محتوى حامض بالمليمتر. أكمل كل الحسابات، وارسم النقاط، وارسم محاولة للخط المركزى وحدود المراقبة. حلل النقاط المرسومة لتحديد ما إذا كانت العملية مستقرة أم لا.



٧ـ لفترة الإنتاج التالية، اتفق على استخدام 4 كحجم للمجموعات الجزئية لبيانات المشكلة رقم ١ . ما حدود المراقبة الجديدة؟ وكيف تقارن مع الحدود لحجم المجموعة الجزئية 6 ؟

٨ ـ يراد إعداد خرائط مراقبة $\bar{X}$ و S لصلابة برينل لصلب عدة مقسى بالكيلوجرام لكل ملليمتر مربع. بيانات المجموعات الجزئية التى حجم كل منها 8 مبينة فى الجدول التالى. حدد محاولة الخط المركزى وحداً المراقبة لخرائط $\bar{X}$ و s. إفرض أن للنقاط التى تقع خارج المراقبة أسبابا محددة. احسب حدود المراقبة والخط المركزى المراجعين.

رقم المجموعة الجزئية	$\bar{X}$	s	رقم المجموعة الجزئية	$\bar{X}$	s
1	540	26	14	551	24
2	534	23	15	522	29
3	545	24	16	579	26
4	561	27	17	549	28
5	576	25	18	508	23
6	523	50	19	569	22
7	571	29	20	574	28
8	547	29	21	563	33
9	584	23	22	561	23
10	552	24	23	548	25
11	541	28	24	556	27
12	545	25	25	553	23
13	546	26			

٩ـ حفظت خرائط مراقبة $\bar{X}$ و S للمقاومة الكهربائية بالأوم لأحد الأجزاء الكهربائية. وقد كان حجم المجموعات الجزئية 6. وبعد 25 مجموعة جزئية، كان مجموع المتوسطات 2046.5 ومجموع الانحرافات المعيارية 17.4. فإذا كانت العملية فى مراقبة إحصائية، فما هى حدود المراقبة والخط المركزى؟

١٠ـ أعد حل المشكلة رقم ٨ مفترضا أن حجم المجموعة الجزئية 3.

١١ـ انسخ خريطة s من شكل ٣ ـ ٧ على ورق شفاف. ضع هذه النسخة فى قمة خريطة R الموجودة فى شكل ٣ ـ ٤ وقارن نمط التغير.

١٢ـ عند ملأ عبوات أسمدة نتروجينية، كان مطلوبا جعل متوسط الزيادة فى العبوة أقل ما يكون. وقد كان حد المواصفة السفلى 22.00 كج (48.50 رطل)، ومتوسط وزن المجتمع للعبوات 22.73 كج (50.11 رطل)، والانحراف المعيارى للمجتمع 0.80 كج (1.76 رطل). ما النسبة المئوية للعبوات التى تحتوى على أقل من 22كج؟ إذا كان مسموحا بأن يقل وزن نسبة 5% من العبوات عن 22 كج، ماذا يكون متوسط الوزن؟ أفرض أن التوزيع طبيعيا.

١٣ـ الشرائح البلاستيكية التى تستخدم فى وحدات أليكترونية حساسة يتم تشغيلها بأقصى مواصفة 305.70 م (حوالى 12بوصة) وأدنى مواصفة 304.55 م. فإذا كانت الشرائح أقل من أدنى مواصفة، فإنها تعتبر خردة، أما إذا كانت أكبر من أقصى مواصفة فيعاد تشغيلها. وأبعاد الجزء موزعة توزيعا طبيعيا بوسط حسابى للمجتمع 305.20 م وانحراف معيارى للمجتمع 0.25م. ما النسبة المئوية من المنتج التى تعتبر خردة؟ وما النسبة المئوية التى يعاد تشغيلها؟ وكيف يمكن أن تتمركز العملية لتقليل الخردة إلى 0.1%؟ وما النسبة المئوية لما يعتبر خردة فى هذه الحالة؟

١٤ـ إحدى الشركات التى تنتج خاتمات للزيت oil seals وجدت أن الوسط الحسابى للمجتمع 49.15م (1.935 بوصة)، والانحراف المعيارى للمجتمع 0.51 م (0.020 بوصة)، وأن البيانات موزعة توزيعا طبيعيا. فإذا كان تعريف ID الخاتم للزيت أقل من المواصفة الدنيا البالغ قيمتها 47.80 يعاد التشغيل. إلا أنه إذا كان أكبر من المواصفة العليا البالغ قيمتها 49.80م، فيعتبر الخاتم خردة. (أ) ما النسبة المئوية من الأختام التى يعاد تشغيلها؟ (ب) لأسباب مختلفة تغير متوسط العملية إلى 48.50م. مع هذه القيمة الجديدة للوسط الحسابى أو لمركز العملية، ما النسبة المئوية لأختام الزيت التى يعاد تشغيلها؟ وما النسبة المئوية التى تعتبر خردة؟ وإذا كانت إعادة التشغيل مجدية اقتصاديا، فهل يكون قرار تغيير مركز العملية قرارا حكيما؟

١٥ـ حدد مقدرة العملية للبيانات الموجودة فى جدول ٣ ـ ٣ .استخدم أول 20 مجموعة جزئية.

١٦ـ أعد حل المشكلة رقم ١٥ مستخدما آخر 20 مجموعة جزئية وقارن النتائج.

١٧ـ حدد مقدرة العملية لعملية التقسية الموجودة فى المشكلة رقم ٨.

١٨ـ حدد مقدرة العملية لاختبارات الشد لحبل البلاستيك المعدل الموجود فى المشكلة رقم ٢.

١٩ـ ما مقدرة العملية فى :

أ ـ المشكلة رقم ١.

ب ـ المشكلة رقم ٥.

٢٠ـ حدد دليل المقدرة قبل ($\sigma_o = 0.038$) وبعد ($\sigma_o = 0.030$)تحسين مثال المشكلة الموجود فى هذا الفصل مستخدما المواصفات 6.40 ± 0.15 مم.

٢١ـ بدأت عملية جديدة وكان مجموع الانحراف المعيارى لعدد 20 مجموعة جزئية حجم كل منها 4 هو 600. فإذا كانت المواصفات 700 ± 80، فما دليل مقدرة العملية؟ ما الإجراء الذى يمكن أن توصى به؟

٢٢ـ ما قيمة C_{pk} بعد تحسين المشكلة رقم ٢٠ عندما يكون مركز العملية هو 6.30 ؟ وضح إجابتك.

٢٣ـ ما قيمة C_{pk} للمعلومات فى المشكلة رقم ٢١ عندما يكون متوسط العملية 700 و 740 و 780 و 820 ؟ وضح إجابتك.

٢٤ـ حدد الخط المركزى وحدود المراقبة المراجعة لخريطة مجموع المجموعات الجزئية مستخدما بيانات من :

أ ـ المشكلة رقم ١ .

ب ـ المشكلة رقم ٢ .

٢٥ـ حدد محاولة الخط المركزى وحدد المراقبة لخريطة المتوسط المتحرك والمدى المتحرك مستخدما فترة زمنية مقدارها 3. والبيانات باللتر هى كما يلى :

4.34, 4.65, 4.40, 4.50, 4.55, 4.69, 4.29, 4.58, 4.71, 4.61, 4.56, 4.65, 4.66, 4.66, 4.46, 4.70, 4.65, 4.61, 4.54, 4.55, 4.54, 4,54, 4.47, 4.64, 4.72, 4.47, 4.66, 4.51, 4.43, 4.34.

هل توجد أى نقاط خارج المراقبة؟

٢٦ـ أعد حل المشكلة رقم ٢٥ مستخدما فترة زمنية مقدارها 4. ما الاختلاف فى الخط المركزى وحدود المراقبة؟ هل توجد أى نقاط خارج التحكم؟

٢٧ـ لقد أتمت مستشفى الشفاء المركزية مشروعا لتحسين الجودة بالنسبة إلى وقت قبول المريض باستخدام خرائط $\bar{X}$ و R. وترغب المستشفى حاليا فى توجيه النشاط باستخدام خرائط الوسيط والمدى. حدد الخط المركزى وحدود المراقبة بأحدث بيانات بالدقيقة كما هو مبين أدناه.

رقم المجموعة الجزئية	الملاحظة			رقم المجموعة الجزئية	الملاحظة		
	X_1	X_2	X_3		X_1	X_2	X_3
1	6.0	5.8	6.1	13	6.1	6.9	7.4
2	5.2	6.4	6.9	14	6.2	5.2	6.8
3	5.5	5.8	5.2	15	4.9	6.6	6.6
4	5.0	5.7	6.5	16	7.0	6.4	6.1
5	6.7	6.5	5.5	17	5.4	6.5	6.7
6	5.8	5.2	5.0	18	6.6	7.0	6.8
7	5.6	5.1	5.2	19	4.7	6.2	7.1
8	6.0	5.8	6.0	20	6.7	5.4	6.7
9	5.5	4.9	5.7	21	6.8	6.5	5.2
10	4.3	6.4	6.3	22	5.9	6.4	6.0
11	6.2	6.9	5.0	23	6.7	6.3	4.6
12	6.7	7.1	6.2	24	7.4	6.8	6.3

٢٨ ـ حدد محاولة الخط المركزى وحدود المراقبة لخرائط الوسيط والمدى لبيانات جدول ٣ ـ ٢. أفرض أسبابا محددة لأى نقاط تقع خارج التحكم وحدد الخط المركزى وحدود المراقبة المراجعة. قارن نمط التغير مع خرائط $\bar{X}$ و R الموجودة فى شكل ٣ ـ ٤.

٢٩ ـ يراد حفظ خريطة $\bar{X}$ و R عن قيمة pH لماء حمام سباحة لأحد الفنادق. وقد أخذت قراءة واحدة كل يوم على مدار 30 يوما. وكانت البيانات كما يلى :

7.7, 7.6, 7.4, 7.2, 6.9, 7.5, 7.8, 7.7, 7.5, 7.8, 8.0, 8.1, 8.0, 7.9, 8.2, 7.3, 7.8,7.8, 7.9, 7.4, 7.2, 7.5, 6.8, 7.3, 7.4, 8.1, 7.6, 8.0, 7.4, 7.0.

ارسم البيانات على ورق رسومات، وحدد محاولة الخط المركزى والحدود، وقوم التغير.

٣٠ ـ حدد حدى الرفض العلوى والسفلى لخريطة $\bar{X}$ للمشكلة رقم ١. المواصفات هى 20.40 ± 0.25. قارن هذين الحدين مع حدى المراقبة المراجعين.

٣١ ـ حدد الخط المركزى وحدود المراقبة لدورة إنتاج قصيرة تتم فى 3 ساعات. والمواصفات $25.0 \pm 0.3\ \Omega$. استخدم $n = 4$.

٣٢ ـ بدأت عملية جديدة وهناك إمكانية أن درجة حرارة العملية تثير مشاكل. وأخذت 8 قراءات كل يوم الساعة 8:00 والساعة 10:00 صباحا، والساعة 12:00 ظهرا، والساعة 2:00 و 4:00 و 6:00 و 8:00 و 10:00 من بعد الظهر. ارسم خريطة دورة وقوم النتائج.

اليوم	درجة الحرارة (0°C)							
الاثنين	78.9	80.0	79.6	79.9	78.6	80.2	78.9	78.5
الثلاثاء	80.7	80.5	79.6	80.2	79.2	79.3	79.7	80.3
الاربعاء	79.0	80.6	79.9	79.6	80.0	80.0	78.6	79.3
الخميس	79.7	79.9	80.2	79.2	79.5	80.3	79.0	79.4
الجمعة	79.3	80.2	79.1	79.5	78.8	78.9	80.0	78.8

٣٣ ـ اختبرت لزوجة أحد السوائل كل نصف ساعة خلال يوم عمل كامل مكون من 3 مناوبات. ارسم مدرجا تكراريا بخمس خلايا وقيمة مركز 29 لأول خلية، وقوم التوزيع. ارسم خريطة دورة وقوم التوزيع مرة أخرى. ماذا تحدد خريطة الدورة؟

39, 42, 38, 37, 41, 40, 38, 36, 40, 36 35, 38, 34, 35, 37, 36, 39, 34, 38, 36, 32, 37, 35, 34, 33, 35, 32, 32, 38, 34, 37, 35, 35, 34, 31, 33, 35, 32, 36, 31, 29, 33, 32, 31, 30, 32, 32, 29

٣٤ ـ اختبر، وأعد الكتابة إذا ما لزم الأمر، برنامج الحاسوب لخرائط $\bar{X}$ و R على جهاز الحاسوب المتاح لك.

٣٥ ـ عدل برنامج الحاسوب لإخراج الخط المركزى وحدود المراقبة لوحدة الرسومات المتاحة لك. اكتب، أيضا، البرنامج لرسم قيم $\bar{X}$ و R للمجموعات الجزئية.

٣٦ ـ اكتب برنامج حاسوب لكل مما يلى :

أ ـ خرائط $\bar{X}$ و s.

ب ـ خريطة دورة إنتاج قصيرة.

ج ـ خرائط المتوسط المتحرك والمدى المتحرك.

د ـ خرائط الوسيط والمدى.

هـ ـ حدود الرفض العليا والدنيا.

و ـ مقدرة العملية (طريقة سريعة).

ر ـ C_p و C_{pk}.