

خرائط المراقبة للمتغيرات

CONTROL CHARTS FOR VARIABLES

INTRODUCTION

مقدمة

Variation

التغير

أحد الافتراضات أو الحقائق البديهية للتصنيع هي أنه لا يمكن أن ينتج جزئين متشابهين بدقة تماما. وفي الحقيقة، مفهوم التغير هو قانون طبيعي في أنه لا يوجد عنصران طبيعيا يقعان في 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 التي لها سنون دقيقة أو شكل رقائق الثلج المتساقط في 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 أجهزة القياس. وكلما أصبحت أجهزة القياس دقيقة، كلما استمرت التغيرات في الوجود، ولا يتغير إلا فترات التغير. والمقدرة على قياس التغير تكون لازمة قبل أن يمكن مراقبتها.

وهناك ثلاث فئات للتغيرات في إنتاج أجزاء القطع :

١- 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.

٢- 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.

٣- 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 لا تكون 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 (والتي كانت منتجا نهائيا لأحد

المصنعين الآخرين). خواص الجودة مثل قوة الشد، أو اللدونة، أو السمك، أو المسامية، أو محتوى الرطوبة يمكن أن تتوقع في أن تسهم في التغير الكلي للمنتج النهائي.

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

المصدر الرابع للتغير هو العامل operator. ويشمل هذا المصدر للتغير الطريقة التي يؤدي بها العامل العملية. وتسهم حالة العامل الطبية والنفسية أيضا في التغير. فالعامل مقطوع الأصبع، أو العامل المنحني رسغ قدمه، أو العامل الذى لديه مشكلة خاصة أو يشعر بالصداع يمكن أن تتغير جودة أدائه. وفقدان العامل لفهم التغيرات في المعدات أو المواد بسبب فقدانه للتدريب قد يقود إلى تضبيطات متكررة للآلة، مما يعقد عملية التغير. وكلما أصبحت معدتنا أكثر آلية (أوتوماتيكية)، كلما قل تأثير العامل على التغير.

الأربعة المصادر سالفة الذكر تسهم في التغير الحقيقى. كما توجد تغيرات تسجل أيضا بسبب نشاط الفحص inspectioplن. فمعدات الفحص الخاطئة، أو التطبيق غير الصحيح لنمطيات الجودة، أو الضغط الشديد جدا على الميكرومتر، يمكن أن يتسبب في تسجيل تغيرات غير صحيحة. وعموما، يجب أن يكون التغير بسبب الفحص عشر الأربعة مصادر الأخرى للتغيرات. ويجب ملاحظة أن ثلاثة من هذه المصادر تكون موجودة في نشاط الفحص - 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، فهي صعبة الاكتشاف أو التحديد. أما المسببات للتغير كبيرة الحجم، والتي تحدد فعلا لذلك، تصنف على أنها مسببات محددة assignable causes^(١). وعندما لا توجد إلا مسببات فرصة فقط في العملية، تعتبر العملية في 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 الطبيعي المتوقع.

The Control Chart Method

طريقة خريطة المراقبة

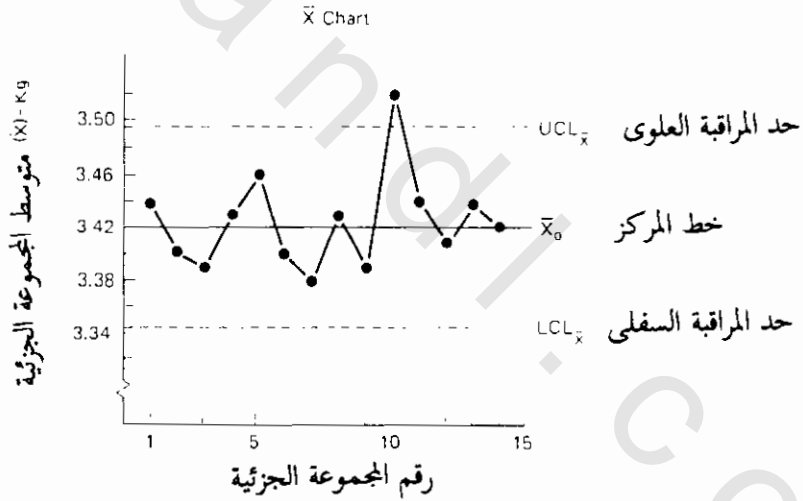
لكي نحدد متى تكون التغيرات الملاحظة في الجودة أكبر مما يمكن أن تترك للفرصة، نستخدم طريقة خريطة المراقبة في التحليل والعرض. وطريقة خريطة المراقبة للمتغيرات هي وسيلة لرؤية التغيرات التي تحدث في النزعة المركزية والتشتت لفئة من الملاحظات. وهي سجل بياني لجودة خاصة معينة. فهي تبين ما إذا كانت العملية في حالة استقرار أم لا.

ويوجد في شكل ٣ - ١ مثال لخريطة مراقبة. هذه الخريطة الخاصة يشار إليها بأنها خريطة $\bar{X}$ وتستخدم في تسجيل التغير في قيمة متوسط العينات. ويمكن أن تستخدم خريطة أخرى، مثل خريطة R (المدى) في أغراض التوضيح. يسمى المحور الأفقى «رقم المجموعة الجزئية»، والذي يحدد عينة خاصة تحتوى على عدد ثابت من الملاحظات. وتكون هذه المجموعات الجزئية مرتبة، على أن تكون التي فحصت أولا رقم ١ وآخر واحدة فحصت تكون رقم ١٤. والمحور الرأسى للرسم هو المتغير، والذي يكون في 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 هي الموضوع 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، والتي تكون متوسط المتوسطات، $\bar{\bar{X}}$ ، فى حالة خريطة $\bar{X}$. ثانيا، يمكن أن يكون قيمة نمطية أو دليلية، $\bar{X}_0$ ، مبنية على بيانات سابقة ممثلة، أو يكون قيمة اقتصادية مبنية على



شكل ١.٣: مثال لخريطة مراقبة

(١) لا تباد هذه العبارة، انظر :

تكاليف الإنتاج أو احتياجات الخدمة، أو أن يكون قيمة مستهدفة مبنية على المواصفات. ثالثاً، يمكن أن يكون الوسط الحسابي 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 حداً المراقبة على ذلك بأنهما ثلاثة انحرافات معيارية موجبة وسالبة من الخط المركزى. وتذكر من مناقشة المنحنى الطبيعي، 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 - ١ تقع خارج حد المراقبة العلوى، لهذا، كان هناك تغيير فى نمط الاستقرار للعملية، متسبباً فى نقطة خارج المراقبة.

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

الفحص مقياس تحمل المطاط. ففي مركز العمل رقم 2-365 الساعة الثامنة والنصف صباحاً، يختار العامل أربعة عناصر للاختبار، ويسجل الملاحظات 55 و 52 و 51 و 53 في الصفوف المسماة X_1 و X_2 و X_3 و X_4 ، على التوالي. قيمة متوسط المجموعة الجزئية 52.8 تم الحصول عليها بتجميع الملاحظات وقسمتها على 4، كما تم الحصول على قيمة المدى 4 بطرح أقل قيمة 51 من أعلى قيمة 55. ويضع العامل دائرة سوداء صغيرة عند 52.8 في خريطة $\bar{X}$ ودائرة سوداء صغيرة عند 4 في خريطة R، ثم يستمر في أداء أنشطته الأخرى.

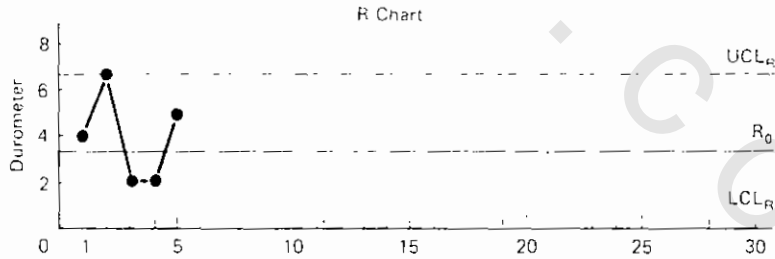
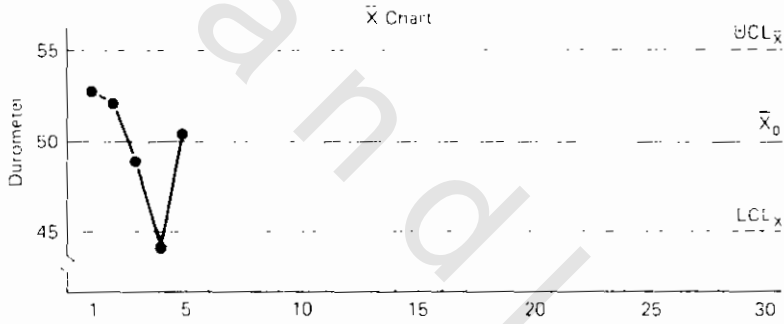
التكرار الذي يفحص به العامل منتجا عند آلة معينة أو في مركز عمل معين يتحدد عن طريق جودة المنتج. عندما تكون العملية مراقبة ولا تقابل أى صعوبات، فقد يلزم فحوصات أقل، وعلى العكس، عندما تكون العملية خارج المراقبة، أو أثناء البدء، يلزم المزيد من الفحص. كما يمكن أن يتحدد تكرار الفحص عند آلة أو مركز عمل أيضاً عن طريق كمية الوقت الذي يجب أن يقضى في الأنشطة الأخرى غير الفحص. وفي 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 أمراً من أمور سياسة الشركة. ويقترح أن تصنف على أنها تقع في حدود المراقبة، على أن يجرى العامل فحصاً سريعاً للمسبب المحدد لذلك. والنقطة المرسومة التي تقع على حد المراقبة تعتبر حدثاً نادراً.

X AND R CHART

Lot or Order 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									



رقم المجموعة الجزئية

شكل ٢.٣: مثال لطريقة عمل تقارير لنتائج الفحص.

وتبين نتائج فحص المجموعة الجزئية رقم 2 أن الملاحظة الثالثة، X_3 ، لها قيمة 57، والتي تتعدى حد المراقبة العلوى. ويجب أن يحرص القارئ على أن يتذكر المناقشة السابقة عن حدود المراقبة والمواصفات. وفي كلمات أخرى، القيمة 57 هي ملاحظة فردية ولا ترتبط بحدود المراقبة. لهذا، الحقيقة بأن ملاحظة فردية تكون أكبر من أو أقل من حد مراقبة لا معنى لها.

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

خريطة الجودة هي وسيلة إحصائية تميز بين التغير الطبيعي وغير الطبيعي كما هو مبين في شكل 3 - 3. التغير غير الطبيعي هو نتيجة لمسببات محددة. وعادة، وليس دائماً، ما يتطلب إجراء تصحيحاً من الناس القريبين من العملية مثل العمال، والتقنيين، والموظفين الكتابيين، وعمال الصيانة، وملاحظي الخط الأول.

التغير الطبيعي هو نتيجة لمسببات الفرصة. ويتطلب تدخلاً إدارياً لتحقيق تحسين في الجودة. في هذا الصدد، يقع من 80% إلى 85% من مشاكل الجودة بسبب الإدارة أو النظام. ويكون من 15% إلى 20% بسبب العمليات.

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

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

أهداف خرائط مراقبة المتغيرات

Objectives of Variable Control Charts

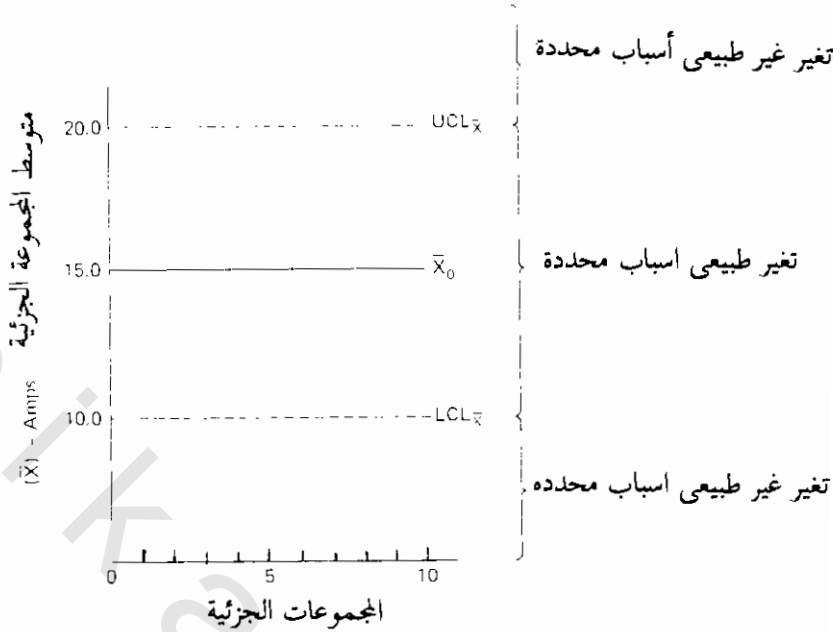
توفر خرائط مراقبة المتغيرات معلومات :

١- لتحسين الجودة. وجود خريطة مراقبة المتغيرات تكون أساساً بسبب أنها تحدد أنه هناك برنامج مراقبة جودة يفقد النقطة. وخريطة مراقبة المتغير هي طريقة ممتازة لتحقيق تحسين الجودة.

٢- 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.

٣- لقرارات خاصة بمواصفات المنتج. بمجرد الحصول على المقدرة الحقيقية للعملية، يمكن أن تتحدد مواصفات فعالة. فإذا كانت مقدرة العملية ± 0.003 فإن المواصفات ± 0.004 يتم الحصول عليها واقعياً عن طريق العمال.

٤- للقرارات الحالية الخاصة بعملية الإنتاج. تستخدم خريطة المراقبة في 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 مسؤولية النظام بدلا من كونه من مسؤولية العامل.

٥- 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، والتي 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

Introduction

مقدمة

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

- ١- اختر خاصية الجودة.
 - ٢- اختر مجموعة جزئية رشيدة.
 - ٣- اجمع البيانات.
 - ٤- حدد محاولة الخط المركزى وحدود المراقبة.
 - ٥- حدد الخط المركزى وحدود المراقبة المراجعة.
 - ٦- حقق الهدف.
- والإجراء المقدم فى هذا القسم يرتبط بخريطة $\bar{X}$ و R . كما تقدم معلومات أيضا
عن خريطة s .

Select the Quality Characteristic

اختر خاصية الجودة

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 الكهربائي، 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 أولاً 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^(١) يكون مفيداً أيضاً 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 أيضاً 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.

١- أول نمط هو اختيار عينات المجموعات الجزئية من منتج ينتج في 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 في وقت لاحق، وليكن بعد ساعة مثلاً. هذا النمط يسمى طريقة الوقت اللحظي.

٢- النمط الثاني هو اختيار منتج ينتج في فترة زمنية بحيث يكون ممثلاً لكل المنتج. مثال ذلك، يزور الفاحص عملية تجميع كاسر الدائرة الكهربائية مرة كل ساعة. ويتم اختيار عينة المجموعة الجزئية البالغ حجمها أربع وحدات مثلاً من كل المنتجات التي سبق إنتاجها خلال الساعة السابقة عشوائياً. وفي زيارته التالية، يتم الاختيار من المنتجات التي أنتجت بين الزيارتين وهكذا. وهذا النمط يسمى طريقة الفترة الزمنية.

وعند مقارنة النمطين، يكون لطريقة الوقت اللحظي 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 في توضيح هذا الاختلاف. لهذا، في طريقة الوقت اللحظي، 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 اللحظي هي الطريقة الأكثر استخداماً حيث أنها توفر دليلاً وقتياً خاصاً لتحديد المسببات المحددة. كما أنها توفر أيضاً مقياساً أكثر حساسية للتغيرات في متوسط العملية. وحيث أن كل القيم تكون قريبة من بعضها البعض، فمن الأكثر احتمالاً أن التغير يكون بسبب مسببات الفرصة وبالتالي فإنه يحقق معايير المجموعة الجزئية.

وميزة طريقة الفترة الزمنية هي 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 في المجموعة الجزئية، والتي تجعل من الصعب التأكد من أن المجموعة الجزئية الرشيدة موجودة.

في الحالات النادرة، قد يكون من المرغوب فيه استخدام كل من طريقتي عمل المجموعات الجزئية. عندما يحدث ذلك، يلزم استخدام خريطين بحدود مراقبة مختلفة.

وبغض النظر عن النمط المستخدم في الحصول على المجموعة الجزئية، فيجب أن تكون الدفعات التي تختار منها المجموعات الجزئية متجانسة. وتعني متجانسة أن القطع الموجودة في الدفعة تكون متشابهة بقدر الإمكان - نفس الآلة، ونفس العامل، ونفس فجوة الصب، وما إلى ذلك. وبالمثل، نفس كمية المادة، مثل التي 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 في أي مجموعة جزئية يجب أن تكون قد أنتجت تحت نفس الظروف بالضرورة.

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

١- مع تزايد حجم المجموعة الجزئية، تصبح حدود المراقبة أقرب إلى القيمة المركزية، والتي تجعل خريطة المراقبة أكثر حساسية للتغيرات الصغيرة في متوسط العملية.

- ٢- مع تزايد حجم المجموعة الجزئية، تزايد تكاليف الفحص لكل مجموعة جزئية. هل التكاليف المتزايدة للمجموعات الجزئية الكبيرة تبرر الحساسية الأكبر؟
 - ٣- عند استخدام اختبارات تدميرية ويكون العنصر مرتفع التكلفة، بدء حجم مجموعة جزئية صغير من 2 إلى 3، حيث أن هذا يقلل تدمير منتج مكلف
 - ٤- بسبب سهولة تحسّنات لحجم عينة 5 فإنه شائع الاستخدام في الصناعة، إلا أنه عند استخدام آلات حاسبة يد غير مكلف فلا يصبح هذا السبب ساريا.
 - ٥- من أحد الأسس الإحصائية يكون توزيع متوسطات المجموعات الجزئية $N(\bar{x})$ طبيعيا تقريبا لمجموعات جزئية حجمها 4 أو أكثر حتى إذا ما أخذت العينة من مجتمع غير طبيعي. وإثبات هذه العبارة موجود فيما بعد في هذا الفصل.
 - ٦- عندما يتعدى حجم المجموعة الجزئية 10، يجب أن تستخدم خريطة $\bar{x}$ بدلا من خريطة R لمراقبة التشتت.
- ولاتوجد قاعدة لتكرار أخذ المجموعات الجزئية، إلا أن التكرار يجب أن يكون معتادا بدرجة كافية لاكتشاف التغيرات في العملية. وعدم الراحة في تخطيط المصنع أو المكتب وتكاليف أخذ المجموعات الجزئية يجب أن تتوازن مع قيمة البيانات التي يتم الحصول عليها. وعموما، من الأفضل أخذ عينات بصورة معتادة أكثر في البداية مع تقليل تكرار المعاينة عندما تسمح البيانات بذلك. استخدام جدول ٣ - ١، والذي تم الحصول عليه من MIL-STD 414، يمكن أن يكون مساعدا فيما في الحكم على كمية المعاينة اللازمة. إذا ما كان متوقعا لعملية أن تنتج 4000 قطعة في 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 هي الموجودة في المجموعة الجزئية.

Collect the Data

اجمع البيانات

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

جدول ١٠٣: أحجام العينات (من MIL - STD - 414، الفحص المعتاد، المستوى 4)

حجم العينة	حجم الدفعة
10	66-110
15	111-180
25	181-300
30	301-500
35	501-800
40	801-1,300
50	1,301-3,200
60	3,201-8,000
85	8,001-22,000

يفترض 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 في مركز العمل في 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 هي عمق ممر الخابور بأنه 6.35 مم (0.250 بوصة). وباستخدام مجموعة جزئية رشيدة من 4،

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

من الضروري جمع 20 مجموعة جزئية من البيانات على الأقل. والعدد الأقل من المجموعات الجزئية لا يقدم كما كافياً 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

R = متوسط مجموعات المدى للمجموعات الجزئية

R_i = مدى المجموعة الجزئية رقم i

جدول ٢.٣: بيانات عن عمق الخابور (بالمليمتر)*

رقم المجموعة	التاريخ	الوقت	القياسات				المتوسط	المدى	تعليقات
			X_1	X_2	X_3	X_4			
1	12-23	8:50	35	40	32	37	6.36	0.08	New, temporary operator
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	
5	12-27	4:20	38	34	44	40	6.39	0.10	
6		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	12-28	1:30	48	44	47	45	6.46	0.04	
10		2:50	47	43	36	42	6.42	0.11	
11		8:30	38	41	39	38	6.39	0.03	
12		1:35	37	37	41	37	6.38	0.04	
13	12-29	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		8:25	33	35	29	34	6.34	0.10	
17	12-30	9:25	41	40	29	34	6.36	0.12	Damaged oil line
18		11:00	38	44	28	58	6.42	0.30	
19		2:35	35	41	37	38	6.38	0.06	
20		3:15	56	55	45	48	6.51	0.11	
21	12-30	9:35	38	40	45	37	6.40	0.09	Bad material
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 تفسير 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 :

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} \quad UCL_{\bar{R}} = \bar{\bar{R}} + 3\sigma_{\bar{R}}$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} \quad LCL_{\bar{R}} = \bar{\bar{R}} - 3\sigma_{\bar{R}}$$

حيث : UCL = حد المراقبة العلوى

LCL = حد المراقبة السفلى

6σ = الانحراف المعياري للمجتمع لمتوسطات المجموعات الجزئية ($\bar{X}$'s)

$6R$ = الانحراف المعياري للمجتمع للمدى

وعملياً، تبسط الحسابات باستخدام حاصل ضرب المدى ($\bar{R}$) ومعامل (A_2) ليحل محل الثلاثة انحرافات معيارية ($A_2 \bar{R} = 3 \sigma_{\bar{X}}$)^(١) فى صيغ خريطة $\bar{X}$. وبالنسبة إلى خريطة R ، يستخدم المدى $\bar{R}$ فى تقدير الانحراف المعياري للمدى (σ_R)^(٢). لهذا، تكون الصيغ therefore المستخلصة كما يلى :

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

$$\begin{aligned} UCL_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} & UCL_R &= D_4 \bar{R} \\ LCL_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} & LCL_R &= D_3 \bar{R} \end{aligned}$$

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 $3\sigma_{\bar{X}} = A_2 \bar{R}$ مبني على التعويض $\sigma_{\bar{X}} = \sigma / \sqrt{n}$ وتقدير $\sigma = R/d_2$ حيث d_2 هو معامل لحجم المجموعة الجزئية.

$$3\sigma_{\bar{X}} = \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}} \bar{R}; \quad A_2 = \frac{3}{d_2 \sqrt{n}}$$

لذلك فإن

(٢) استخلاص الصيغة المبسطة يكون مبني على التعويض $d_4 \sigma = \sigma_R$ والذى يعطى :

$$\left(1 + \frac{3d_4}{d_2}\right) \bar{R} \quad \text{and} \quad \left(1 - \frac{3d_4}{d_2}\right) \bar{R}$$

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

حول خط المركز. إلا أنه، لكي 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 التي تكون 6 أو أقل.

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

EXAMPLE PROBLEM

مثال لمشكلة

لكي توضح الحسابات اللازمة للحصول على محاولة لحدى المراقبة والخط المركزى، تستخدم البيانات الموجودة في جدول 3 - 2 الخاصة بعمق ممر خابور القضيب. من جدول 3 - 2، $\sum X = 160.25$ ، و $\sum R = 2.19$ ، و $g = 25$ ، لهذا فالخطوط المركزية هي :

من جدول ب في الملحق، قيم العوامل لحجم المجموعة الجزئية (n) لأربعة هي

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

$$= \frac{160.25}{25} \quad = \frac{2.19}{25}$$

$$= 6.41 \text{ mm} \quad = 0.0876 \text{ mm}$$

$A_2 = 0.729$ و $D_3 = 0$ و $D_4 = 2.282$. وتكون محاولة حدود مراقبة خريطة $\bar{X}$ كما

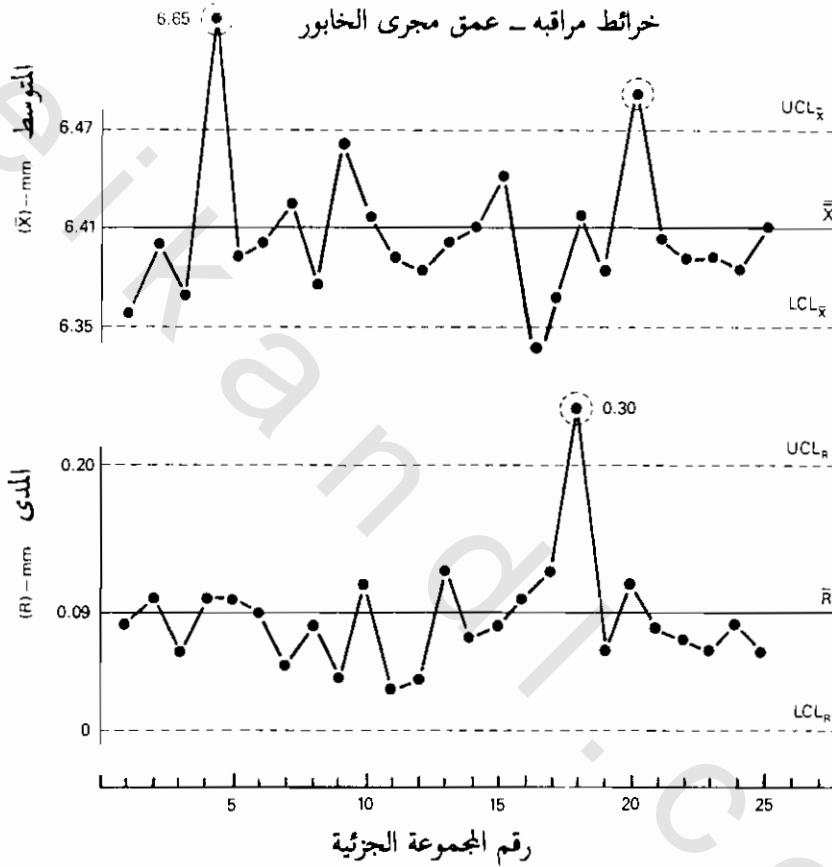
$$\begin{aligned} UCL_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R} & LCL_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \\ &= 6.41 + (0.729)(0.0876) & &= 6.41 - (0.729)(0.0876) \\ &= 6.47 \text{ mm} & &= 6.35 \text{ mm} \end{aligned}$$

وتكون محاولة حدود مراقبة خريطة R كما يلي :

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

$$\begin{aligned} LCL_R &= D_3 \bar{R} \\ &= (0)(0.0876) \\ &= 0 \text{ mm} \end{aligned}$$

يبين شكل ٣ - ٤ الخطوط المركزية ومحاولة حدود المراقبة لخريطتي X و R للبيانات الأولية.



شكل ٤.٢: خريطة $\bar{X}$ و R لبيانات أولية مع محاولة لحدود المراقبة

حدد حدود المراقبة المراجعة Establish the Revised Control Limits

الخطوة الأولى هي توقيع البيانات الأولية على الخريطة مع حدود المراقبة والخطوط المركزية. وقد تحقق ذلك وهو موضح في شكل ٣ - ٤.

الخطوة التالية هي 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 $\bar{X}$ و $\bar{R}$ ممثلة للعملية وتصبح بذلك القيم النمطية، $\bar{X}_0$ و R_0 . ويمكن وصف المراقبة الجيدة بإيجاز بأنها التي لا يوجد فيها نقاط تقع خارج حدود المراقبة، ولا توجد مسارات طويلة على أى جانب من جانبي 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 لا تقع داخل حدود المراقبة عند تحليلها لأول مرة. وتحليل شكل ٣ - 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، والذي يكون بلا شك بسبب تأثير النقاط المرتفعة.

تحلل خريطة R أولا لتحديد ما إذا كانت مستقرة أم لا. وحيث أن النقطة التي 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 الطبيعي.

المجموعات الجزئية رقم 4 و 18 و 20 ليست جزءا من التغير الطبيعي وتهمل من البيانات وتحسب قيم جديدة لكل من $\bar{X}$ و $\bar{R}$ ببقية البيانات. وتبسط الحسابات باستخدام الصيغ التالية:

$$\bar{X}_{\text{new}} = \frac{\sum \bar{X} - \bar{X}_d}{g - g_d} \quad \bar{R}_{\text{new}} = \frac{\sum R - R_d}{g - g_d}$$

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

g_d = عدد المجموعات الجزئية المهملة

R_d = مجموعات مدى المجموعات الجزئية المهملة

وتستخدم طريقتان في 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 $\bar{X}$ 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.

$$\begin{aligned} \bar{X}_{\text{new}} &= \frac{\sum \bar{X} - \bar{X}_d}{g - g_d} & \bar{R}_{\text{new}} &= \frac{\sum R - R_d}{g - g_d} \\ &= \frac{160.25 - 6.65 - 6.51}{25 - 2} & &= \frac{2.19 - 0.30}{25 - 1} \\ &= 6.40 \text{ mm} & &= 0.079 \text{ mm} \end{aligned}$$

وتستخدم هذه القيم الجديدة لكل من $\bar{X}$ و $\bar{R}$ فى تحديد قيم نمطية لكل من $\bar{X}_0$ و R_0 و σ_0 . لهذا،

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

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 في القيم النمطية الموجودة.

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

$$\begin{aligned} UCL_{\bar{X}} &= \bar{X}_0 + A\sigma_0 & LCL_{\bar{X}} &= \bar{X}_0 - A\sigma_0 \\ UCL_R &= D_2\sigma_0 & LCL_R &= D_1\sigma_0 \end{aligned}$$

حيث : A و D_1 و D_2 هي عوامل من جدول ب في الملحق للحصول على حدود مراقبة 36 من $\bar{X}_0$ و σ_0 . من جدول ب في الملحق ولحجم مجموعة جزئية 4، العوامل هي : $A = 1.500$ و $d_2 = 2.059$ و $D_1 = 0$ و $D_2 = 4.698$. والحسابات الخاصة بتحديد $\bar{X}_0$ و σ_0 باستخدام البيانات التي سبق إعطاؤها هي كما يلي :

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

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

$$\begin{aligned} \sigma_0 &= \frac{R_0}{d_2} \\ &= \frac{0.079}{2.059} \end{aligned}$$

$$= 0.038 \text{ mm}$$

لهذا، تكون حدود المراقبة هي :

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

الخطوط المركزية وحدود المراقبة رسمت على خرائط $\bar{X}$ و R للفترة القادمة ومبينة في شكل ٣ - 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 في حد المراقبة السفلى لخريطة المدى نظرا لأن حجم المجموعات الجزئية أقل من 7. كما يوضح شكل ٣ - ٥ أيضا طريقة أبسط لعمل الخرائط في أن الخطوط لا ترسم بين النقاط.

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

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

ثانيا، صيغة حدود المراقبة تكون متساوية رياضيا. لهذا، بالنسبة إلى حد المراقبة العلوى $\bar{X}_0 + A\sigma_0 = \bar{X}_{new} + A_2 \bar{R}_{new}$ والتكافؤ الشبيه يكون صحيحا لحد المراقبة السفلى وكل من حدى المراقبة في خريطة المدى أيضا.

ثالثا، المعلمة σ_0 تكون متاحة الآن للحصول على تقدير أولى لمقدرة العملية، والذي يكون σ_0 . ومقدرة العملية الحقيقية يتم الحصول عليها في الخطوة التالية.

رابعا، الخط المركزي $\bar{X}_0$ لخريطة $\bar{X}$ يتكرر بناؤه على المواصفات. في مثل هذه الحالة، يستخدم الإجراء في الحصول على R_0 و σ_0 فقط. فإذا كانت القيمة الاسمية للخاصية في مثل المشكلة هي 6.38 مم، فتوضع X_0 على أنها لها هذه القيمة ويصبح حدا المراقبة العلوى والسفلى هما :

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

$$= 6.38 + (1.500)(0.038)$$

$$= 6.44$$

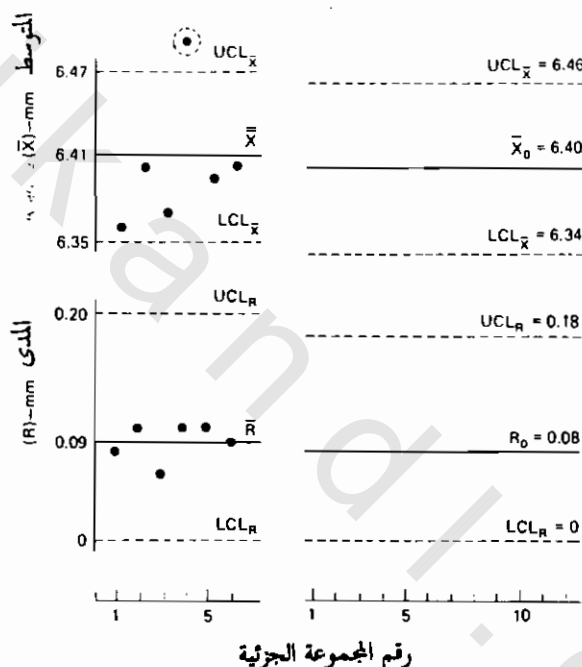
$$LCL_{\bar{X}} = \bar{X}_0 - A\sigma_0$$

$$= 6.38 - (1.500)(0.038)$$

$$= 6.32$$

الخط المركزى وحدود المراقبة لخريطة المدى لا تتغير. ويمكن عمل هذا التعديل إذا ما كانت العملية قابلة للضبط فقط. وإذا لم تكن العملية قابلة للضبط فيجب استخدام الحسابات الأصلية.

خرائط المراقبة - عمق مجرى الخابور



شكل ٥.٣: محاولة حدود التحكم وحدود التحكم المراجعة لخريطتي $\bar{X}$ و R

خامساً، 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 ، والذي لا يتأثر بإعدادات العملية. واستقلالية μ و σ تقدم ترشيدا لهذا المفهوم.

سادسا، تحدد العملية الخط المركزي وحدود المراقبة. فهي لم تحدد بواسطة قسم التصميم، أو التصنيع، أو التسويق، أو أى قسم آخر، باستثناء $\bar{X}_0$ عندما تكون العملية قابلة للتضبط.

أخيرا، عندما تكون قيم المجتمع معروفة (μ و σ) فيمكن حساب الخطوط المركزية وحدود المراقبة فوراً، مع توفير الوقت والعمل. لهذا $\bar{X}_0 = \mu$ و $\sigma_0 = \sigma$ و $R_0 = d_2\sigma$ ويتم الحصول على الحدود باستخدام الصيغ المناسبة.

Achieving the objective

تحقيق الهدف

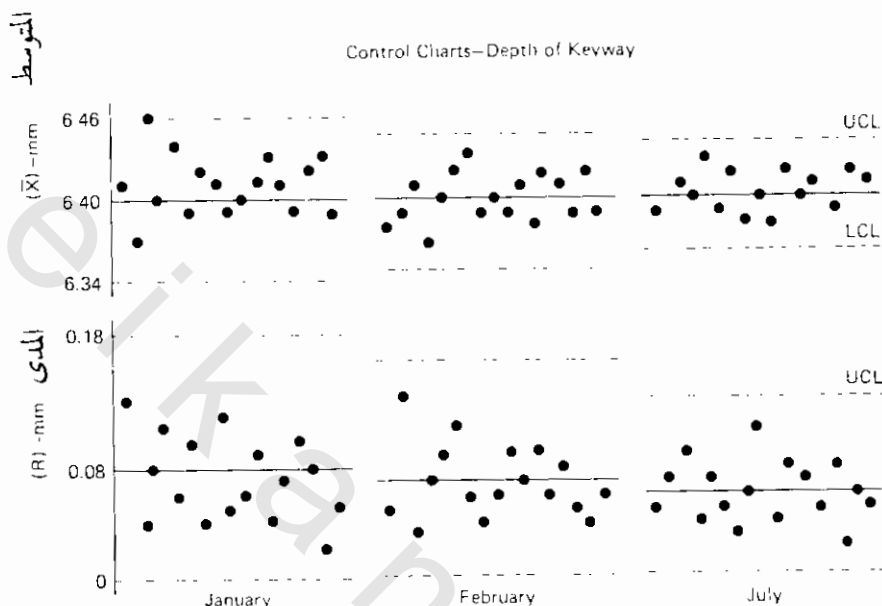
عندما تقدم خرائط المراقبة فى مركز العمل لأول مرة، عادة ما يحدث تحسن فى أداء العملية. هذا التحسن الابتدائى يكون ملاحظا بصفة خاصة عندما تكون العملية معتمدة على مهارة العامل. واستخدام خرائط مراقبة الجودة يبدو كما لو كان إشارة نفسية للعامل بتحسين الأداء. فيريد معظم العمال إنتاج منتجات جودة، لهذا، عندما تظهر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

ويوضح شكل ٣ - 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 الشيء. 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، وتُقارن النتائج مع القيم السابقة^(١).



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

وتحدد الخطوط المركزية وحدود المراقبة الجديدة لخريطة $\bar{X}$ و R لشهر فبراير. وخلال توالى الأشهر يستبدل قسم الصيانة زوجاً من التروس المتآكلة، ويغير قسم المشتريات مورد المواد، ويعدل قسم العدد وحدة إمساك للمشغولات. وكانت كل هذه التحسينات نتيجة الفحوصات التى تتبع مسميات 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 ديمينج 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 تكرر الفحص يقل بشدة لتوجيه إجراء العامل. ويجب عند ذلك توجيه الجهود ناحية تحسين خواص جودة أخرى. وإذا كان فريق المشروع مشغولا فيجب تهنتته لأدائه ويحل الفريق.

خرائط مراقبة الانحراف المعياري للعينات

The Sample Standard Deviation Control Charts

بينما خرائط $\bar{X}$ و R هي أكثر خرائط المتغيرات استخداماً، إلا أن بعض الشركات تفضل الانحراف المعياري للعينات، s ، كمقياس لتشتت المجموعات الجزئية. عند مقارنة خريطة المدى مع خريطة الانحراف المعياري يكون من الأسهل إجراء الحسابات ومن الأسهل التوضيح أيضاً. ومن ناحية أخرى، الانحراف المعياري لعينات المجموعات الجزئية لخريطة s يحسب باستخدام كل البيانات بدلاً من القيمة العليا والقيمة السفلى فقط كما يحدث في خريطة المدى. ولهذا فإن خريطة s تكون أكثر دقة عن خريطة المدى. عندما يكون حجم المجموعة الجزئية أقل من 10، فكل من الخريطين يوضح نفس التغير بيانياً^(١) إلا أنه مع زيادة حجم المجموعات الجزئية عن 10، يكون للقيم الشاذة تأثير غير ضروري 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 هي نفسها مثل التي اتبعت في خرائط $\bar{X}$ و R باستثناء الصيغ التي تختلف. ولتوضيح الطريقة، تستخدم نفس البيانات. ويعاد إنتاجها في جدول ٣ - ٣ مع إضافة عمود s وحذف عمود R . والصيغ المناسبة المستخدمة في حسابات محاولة حدود المراقبة هي :

$$\begin{aligned}\bar{s} &= \frac{\sum_{i=1}^g s_i}{g} & \bar{\bar{X}} &= \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} \\ UCL_{\bar{s}} &= \bar{\bar{X}} + A_3 \bar{s} & UCL_{\bar{X}} &= B_3 \bar{s} \\ LCL_{\bar{s}} &= \bar{\bar{X}} - A_3 \bar{s} & LCL_{\bar{X}} &= B_3 \bar{s}\end{aligned}$$

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

حيث : S_i = الانحراف المعياري للعينة لقيم المجموعات الجزئية

S = متوسط الانحرافات المعيارية للعينات للمجموعات الجزئية

A_3 و B_3 و B_4 = عوامل موجودة في 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 $\bar{X}_0$

و σ_0 هي :

$$\bar{X}_0 = \bar{\bar{X}}_{neu} = \frac{\sum \bar{X} - \bar{X}_d}{g - g_d}$$

$$s_0 = \bar{s}_{neu} = \frac{\sum s - s_d}{g - g_d} \quad \sigma_0 = \frac{s_0}{c_4}$$

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

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

حيث : s_d = الانحراف المعياري للعينة للمجموعة الجزئية المستبعدة

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

A و B_5 و B_6 = معاملات موجودة في جدول ب لحساب حدود مراقبة

ثلاثة انحرافات معيارية للعملية لخرائط $\bar{X}$ و $\bar{s}$

الخطوة الأولى هي تحديد الانحراف المعياري لكل مجموعة جزئية من البيانات

الأولية. بالنسبة إلى المجموعة الجزئية رقم 1، بالقيم 6.35 و 6.40 و 6.32 و 6.37،

يكون الانحراف المعياري كما يلي :

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

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

$$= 0.034 \text{ mm}$$

الانحراف المعياري للمجموعة الجزئية رقم 1 وضع في عمود s كما هو مبين في جدول ٣ - ٣، وتكررت العملية لبقية المجموعات الجزئية البالغ عدد 24.

الخطوة التالية هي الحصول على $\bar{s}$ و $\bar{\bar{X}}$ ، والتي تحسب من $\sum s$ و $\sum \bar{X}$ ، والتي توجد قيمها في جدول ٣ - ٣.

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

رقم المجموعة الجزئية	اليوم	الوقت	القياسات				الانحراف المعياري للعينة s	تعليقات
			X_1	X_2	X_3	X_4		
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
5		4:20	36	34	44	40	6.39	0.042
6	12-27	8:25	42	43	43	34	6.40	0.040
7		9:00	44	43	41	46	6.43	0.024
8		9:40	33	41	38	36	6.37	0.034
9		1:30	48	44	47	45	6.46	0.018
10		2:50	47	43	36	42	6.42	0.045
11	12-28	8:30	38	41	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	6.36	0.067
18		11:00	38	44	28	58	6.42	0.125
19		2:35	35	41	37	38	6.38	0.025
20		3:15	56	55	45	48	6.51	0.054
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

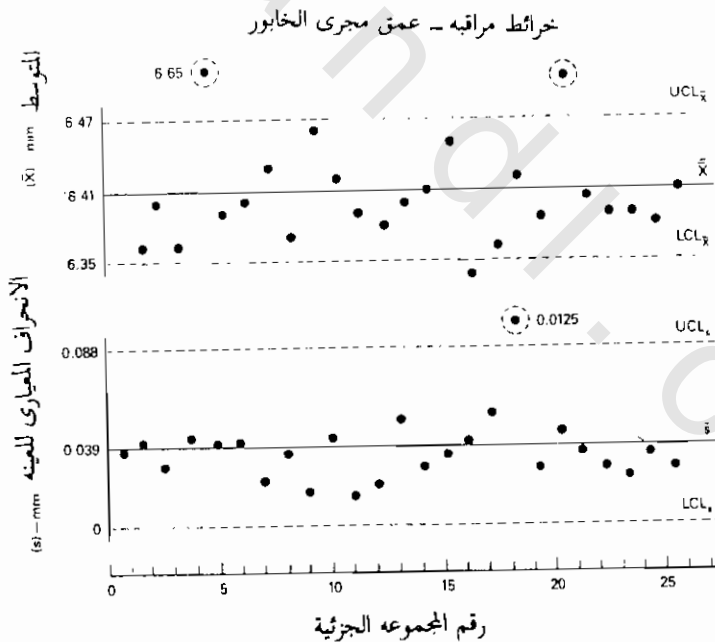
$$\begin{aligned}\bar{s} &= \frac{\sum_{i=1}^g s}{g} & \bar{\bar{X}} &= \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} \\ &= \frac{0.975}{25} & &= \frac{160.25}{25} \\ &= 0.039 \text{ mm} & &= 6.41 \text{ mm}\end{aligned}$$

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

(١) لتبسيط التسجيل، شغرت القياسات الفردية من 6.00 مم.

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

الخطوة التالية هي رسم $\bar{X}$ و s للمجموعات الجزئية على أوراق الرسم مع الخطوة المركزية وحدود المراقبة. وهذه الخطوة مبينة في شكل ٣ - 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 $\bar{X}_0$ و s_0 و σ_0 هي كما يلي :



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

$$\begin{aligned}\bar{\bar{X}}_{new} &= \frac{\sum \bar{X} - \bar{X}_d}{g - g_d} \\ &= \frac{160.25 - 6.65 - 6.51}{25 - 2}\end{aligned}$$

$$= 6.40 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}s_0 &= \bar{s}_{new} = \frac{\sum s - s_d}{g - g_d} \\ &= \frac{0.975 - 0.125}{25 - 1}\end{aligned}$$

$$= 0.0354 \text{ mm}$$

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

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

$$= 0.038 \text{ mm}$$

ويجب أن يلاحظ القارئ أن الانحراف المعياري، σ_0 ، هو نفسه مثل القيمة التي تم الحصول عليها من المدى في القسم السابق. وباستخدام القيم النمطية $\bar{X}_0 = 6.40$ و $\sigma_0 = 0.038$ ، نحسب حدود المراقبة المراجعة.

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

$$= 6.40 + (1.500)(0.038)$$

$$= 6.46 \text{ mm}$$

$$UCL_s = B_6\sigma_0$$

$$= (2.088)(0.038)$$

$$= 0.079 \text{ mm}$$

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

$$= 6.40 - (1.500)(0.038)$$

$$= 6.34 \text{ mm}$$

$$LCL_s = B_5\sigma_0$$

$$= (0)(0.038)$$

$$= 0 \text{ mm}$$

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

STATE OF CONTROL

حالة المراقبة

Process in Control

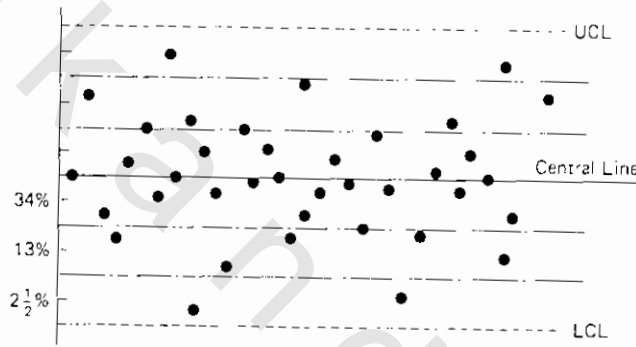
العملية تقع في حدود المراقبة

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

وعندما تكون العملية في المراقبة، فيحدث نمط طبيعي للتغير، والموضح بواسطة خريطة المراقبة الموجودة في شكل ٣ - ٨. هذا النمط الطبيعي للتغير له (١) حوالي 68% من النقاط المرسومة داخل انحراف معياري واحد من خط المركز (34% من كل جانب)، و (٢) حوالي 13.5% من النقاط المرسومة في شريط تخيلي بين انحراف معياري واحد وانحرافين معياريين على كل من جانبي الخط المركزي، و (٣) حوالي 2.5% من النقاط المرسومة في شريط تخيلي بين اثنين وثلاثة من الانحرافات المعيارية على كل جانب من جانبي الخط المركزي. وتقع النقاط للأمام والخلف من الخط المركزي بطريقة عشوائية مع عدم وجود نقاط أبعد من حدود المراقبة. والنمط الطبيعي للنقاط أو لقيم المجموعات الجزئية يشكل توزيعه التكراري الخاص به، والذي يتبع المنحنى الطبيعي. ومع تزايد عدد النقاط المرسومة، يأخذ التوزيع التكراري شكل المضلع التكراري الأملس. ويمثل المنحنى الطبيعي المتقطع في الناحية اليسرى من شكل ٣ - ١٠ يمثل توزيع النقاط عندما تكون العملية في المراقبة.

وعادة ماتعد حدود المراقبة عند ثلاثة انحرافات معيارية من الخط المركزي. 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 المعياري، يحدث الخطأ من النوع رقم ١ بنسبة 0.27% (3 من كل 1000) من الوقت. وفي 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 الثاني من الخطأ والمسمى بالخطأ رقم ٢ Type II يحدث عند افتراض أن سبب الفرصة للتغير موجود عندما يكون هناك في الواقع سبب محدد. وفي كلمات أخرى، عندما تكون نقطة موجودة داخل حدود المراقبة، فيفترض أنها لسبب الفرصة بالرغم من



شكل ٨.٣: نمط طبيعي للتغير في خريطة المراقبة

ان السبب قد يكون سببا محددا. والخبرة الوفيرة منذ عام ١٩٣٠م في 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.

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

٢- 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 لا تكون مطابقة 100% للمواصفات مطلوبة.

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

أ- تحديد مواصفات المنتج، و

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

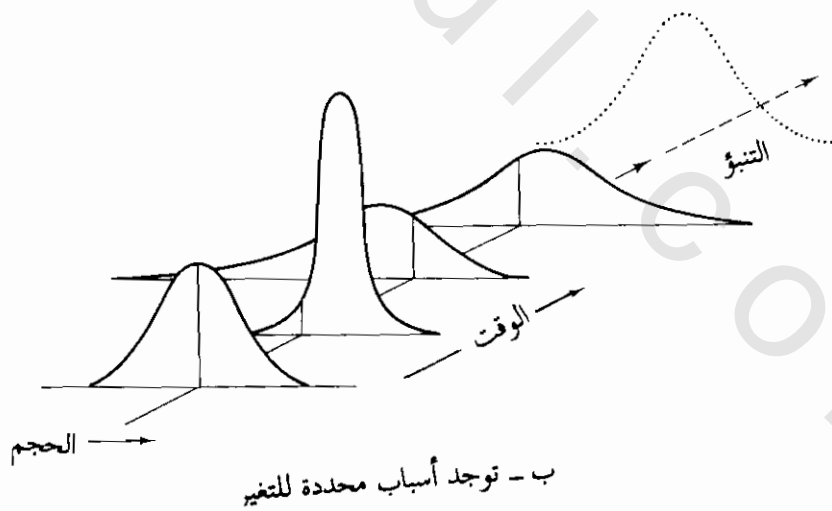
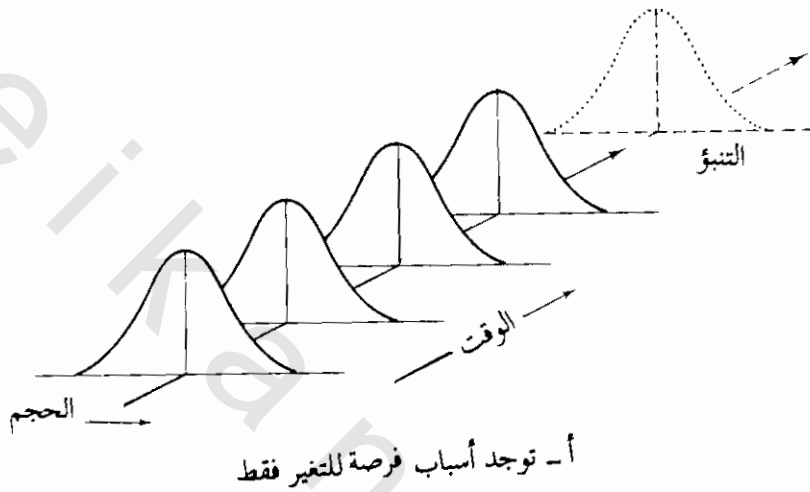
ج - لتحديد ما إذا كان المنتج سينتج بمواصفات محكمة والسماح بالتبادلية للمكونات أو ما إذا كان المنتج سينتج بمواصفات غير محكمة واستخدام توافق اختياري للمكونات.

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

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

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

وعندما لا توجد إلا مسببات الفرصة فقط، تكون العملية مستقرة ويمكن التنبؤ بها عبر الوقت، كما هو مبين في شكل ٣ - ٩ - أ. ونحن نعرف أن التغير المستقبلي كما هو مبين بالمنحنى المتقطع سيكون كما هو إلا إذا ما حدث تغير في العملية بسبب مسببات محددة.



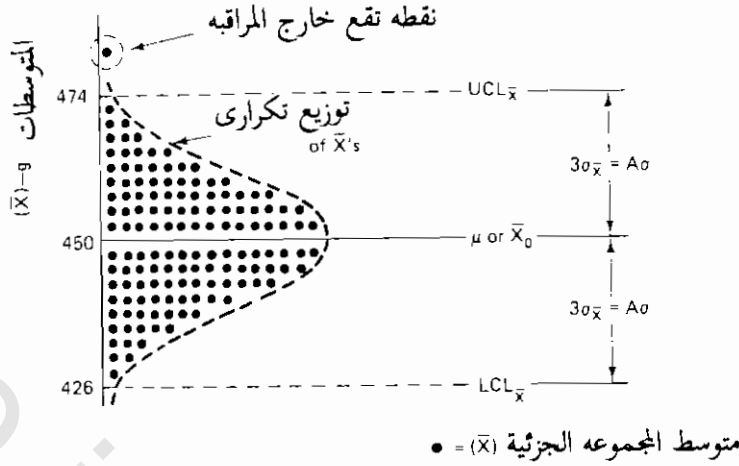
شكل ٩.٣: تغير مستقر وغير مستقر

Process out of Control

العملية خارج المراقبة

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 ٣-١٠ توزيعا تكراريا لمتوسطات مجموعات جزئية لصناديق الجيوب، التى سبق تطويرها من عدد كبير من المجموعات الجزئية ولهذا فهى تمثل متوسط المجتمع، $\mu = 450$ جرام، والانحراف المعياري للمجتمع للمتوسطات $\sigma_x = 8$ 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.



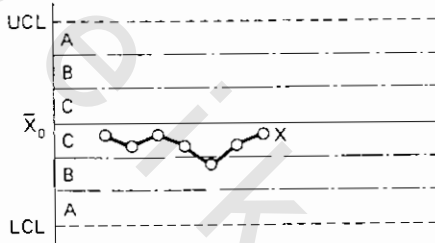
شكل ٣-١٠: توزيع تكرارى لمتوسطات المجموعات الجزئية مع حدود المراقبة

ويوضح شكل ٣ - ٩ - 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.

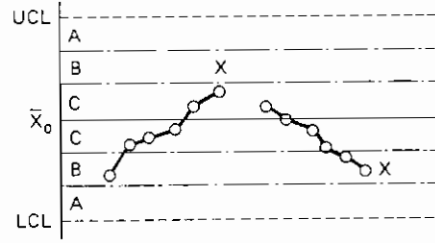
كما يمكن أن تعتبر العملية خارج المراقبة أيضا عندما تقع النقاط داخل حدى الثلاثة انحرافات معيارية. تحدث هذه الحالة عندما توجد تشغيلات غير طبيعية للتغير فى العملية. أولا، دعنا نقسم خريطة المراقبة إلى ستة أشرطة من الانحرافات المعيارية المتساوية بنفس الطريقة الموجودة فى شكل ٣ - ٨. ولأغراض التعريف تسمى الأشرطة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

وليس طبيعيا لسبع نقاط متتالية أو أكثر أن تقع أعلى أو أسفل الخط المركزى كما هو مبين فى شكل ٣ - ١١ - 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 - ١١ - ج لدينا نقطتين من ثلاث نقاط فى صف

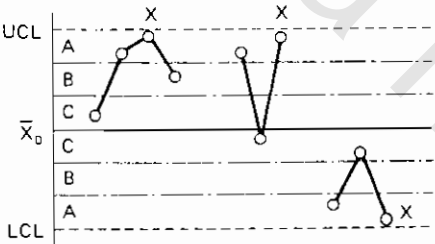
واحد في المنطقة A وعند (د) توجد أربع نقاط من خمس في صف واحد في المنطقة B وبعدها. وهناك العديد من الإمكانيات الإحصائية مع الأربع المعتادة المبينة في الشكل. وواقعياً، أى انفراج معنوى من النمط الطبيعي كما هو مبين في شكل ٣ - ٨ يكون غير طبيعي ويصنف على أنه شرط خارج المراقبة. وفرصة أن هذه التشغيلات غير الطبيعية تحدث هي نفسها فرصة أن تقع نقطة خارج حدى مراقبة الثلاثة انحرافات معيارية. شكل ٣. ١١: بعض تشغيلات غير طبيعية - عملية خارج المراقبة



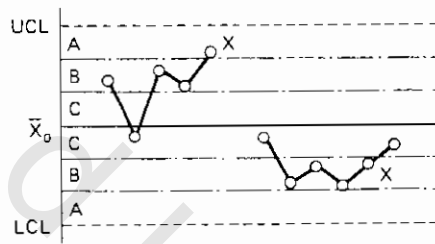
أ - تقع سبع نقاط متتالية في المنطقة C أو بعدها



ب - تزيد أو تنقص ست نقاط متتالية بصورة مضطربة



ج - تقع نقطتان من ثلاث نقط متتالية في المنطقة A



د - تقع أربع من خمس نقاط متتالية في المنطقة 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 الاستكشافي 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 هي : (١) تغير أو قفز في المستوى، و (٢)

الاتجاه أو تغير مستقر فى المستوى، و (٣) دورات إعادة ذاتية، و (٤) مجتمعان، و (٥) أخطاء.

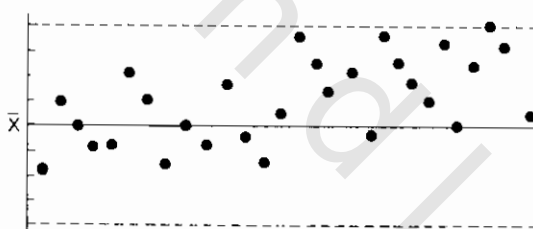
١- تغير أو قفز فى المستوى change or jump in level . هذا النوع خاص بالتغير المفاجئ فى المستوى لخريطة $\bar{X}$ ، أو لخريطة R أو لكلاهما. ويبين شكل ١٢-٣ التغير فى المستوى. لخريطة $\bar{X}$ ، يمكن أن يكون التغير فى متوسط العملية بسبب :

أ - تغير مقصود أو غير مقصود فى إعداد العملية.

ب - عامل جديد أو لاخبرة له.

ج - مادة خام مختلفة.

د - فشل بسيط فى جزء من الماكينة.



شكل ١٢.٣: 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 - عامل لا خبرة له.

ب - زيادة مفاجئة فى لعب الترس.

ج - تغير أكبر فى المادة الآتية.

يمكن أن تحدث تغييرات مفاجئة في المستوى في كل من خريطتي $\bar{X}$ 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 الخريطين، مثل العامل الذي لا خبرة له.

٢- الاتجاه أو التغير المستقر في المستوى trend or steady change in level. التغيرات المستقرة في مستوى خريطة المراقبة هي ظاهرة صناعية شائعة جدا. ويوضح شكل ٣ - ١٣ اتجاهها أو تغيرا مستقرا، يحدث في اتجاه متزايد، ويمكن أن يوضح الاتجاه في الاتجاه المتناقص. بعض مسببات التغيرات المتقدمة المستقرة على خريطة $\bar{X}$:

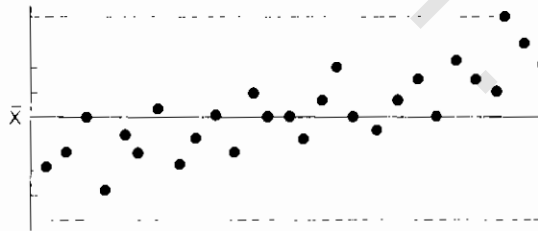
أ - تآكل العدة أو الاسطمية

ب - التلف التدريجي للمعدة

ج - التغير التدريجي في درجة الحرارة أو في الرطوبة

د - انخفاض في لزوجة عملية كيميائية

هـ - بناء رايش في وحدة إمساك الشغلة



شكل ٣-١٣: نمط خارج عن المراقبة : اتجاه أو تغير مستقر في المستوى

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

أ - تحسن فى مهارة العامل (اتجاه لأسفل)

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

ج - تحسن تدريجى فى تجانس المادة الآتية

٣- 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 - ١٤ نمطا تقليديا خارجا عن المراقبة للإعادة الذاتية. لخريطة $\bar{X}$ ، بعض أسباب دورات الإعادة الذاتية هي :

أ - التأثيرات الموسمية للمادة الآتية.

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

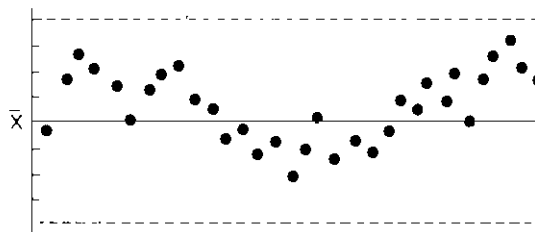
ج - أى حدث كيميائى، أو ميكانيكى، أو نفسى يومية أو أسبوعى.

د - دوران العاملين الدورى.

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

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

ب - دورات التزييت.



شكل ٣-١٤: 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، ولا يكون هناك أى دليل لوجود حدث دورى.

٤- 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 ٣-١٥. لخريطة $\bar{X}$ يمكن أن يكون نمط الخروج عن المراقبة بسبب :

أ- اختلافات كبيرة فى جودة المادة

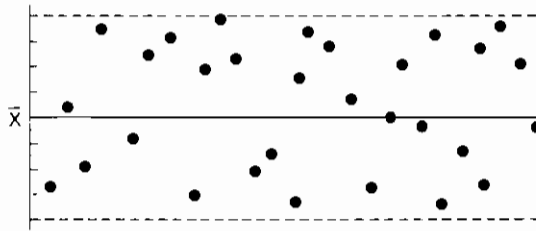
ب- ماكينتان أو أكثر على نفس الخريطة

ج- اختلافات كبيرة فى طريقة الاختبار أو المعدة

وبعض مسببات نمط الخروج عن المراقبة لخريطة R تكون بسبب:

أ- عمال مختلفون يستخدمون نفس الخريطة.

ب- مواد من موردين مختلفين.



شكل ٣-١٥: نمط خروج عن المراقبة : مجتمعان

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

أ - معدات القياس تقع خارج حدود المعايرة

ب - أخطاء فى الحسابات

ج - أخطاء فى استخدام معدات الاختبار

د - 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 في اتجاه لأسفل على خريطة R يمكن أن يحدد أن الفكرة كانت فكرة جيدة.

SPECIFICATION

المواصفات

Individual Values Compared to Averages القيم الفردية مقارنة مع المتوسطات

قبل مناقشة المواصفات وعلاقتها بخرائط المراقبة، يبدو من المرغوب فيه، في هذا الوقت، الحصول على فهم أفضل للقيم الفردية وقيم المتوسطات. يبين شكل ١٦-٣ عدداً للقيم الفردية (X 's) وعددًا لمتوسطات المجموعات الجزئية ($\bar{X}$'s) لبيانات أعماق مجرى الخابور المعطاة في جدول ٣ - ٢. الأربع مجموعات الجزئية التي تقع خارج المراقبة لم تستخدم في العدين، لهذا، هناك 84 قيمة فردية و 21 متوسطاً. 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 في ارتفاعها أو في انخفاضها في نفس المجموعة تكون ضئيلة.

حسابات المتوسط لكل من القيم الفردية ومتوسطات المجموعات الجزئية هي نفسها، $\bar{X} = 38.9$. إلا أن الانحراف المعياري للعينة للقيم الفردية (s) يكون 4.16، بينما الانحراف المعياري 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 التكراري الأملس الموجود في شكل ١٦ - ٣ توزيعاتها التكرارية إذا ما كان التوزيع طبيعياً. منحني التوزيع التكراري للمتوسطات له خط متقطع بينما منحني التوزيع التكراري للقيم الفردية له خط متصل، وسوف يتبع هذا الاصطلاح في هذا الكتاب. وعند مقارنة التوزيعين لوحظ أن التوزيعين طبيعيين في شكلهما، وفي الحقيقة، حتى المنحني للقيم الفردية لم يكن طبيعياً

قيم فردية

(X)	
50	I
49	
48	
47	II
46	II
45	III
44	III
43	IIII
42	IIII I
41	IIII III
40	IIII II
39	IIII II
38	IIII IIII
37	IIII I
36	IIII I
35	IIII I
34	IIII
33	IIII
32	I
31	
30	
29	II

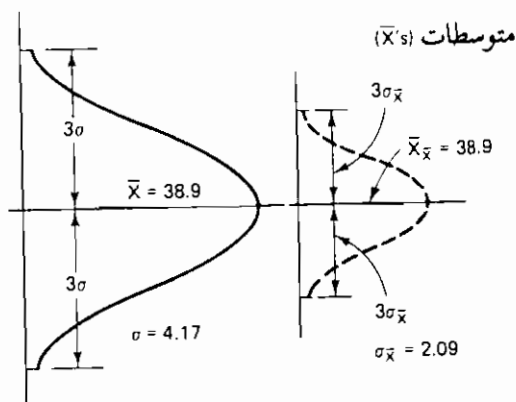
$n = 84$
 $\bar{X} = 38.9$
 $s = 4.16$

متوسطات

($\bar{X}$)	
45	I
44	
43	I
42	I
41	II
40	IIII
39	IIII
38	II
37	I
36	II
35	II
34	I

$n = 21$
 $\bar{X}_{\bar{X}} = 38.9$
 $s_{\bar{X}} = 2.77$

قيم فردية (X 's)



شكل ١٦.٣: مقارنة القيم الفردية والمتوسطات باستخدام نفس البيانات

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

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

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

$\sigma =$ الانحراف المعياري 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 الذي يمكن أن يكون أو لا يكون صحيحا)، فيمكن تقدير الانحراف المعياري للمجتمع من الصيغة :

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

حيث : $\hat{\sigma}$ هي «تقدير» الانحراف المعياري للمجتمع^(١) و c_4 هي تساوى تقريبا 0.996997 لقيمة $n = 84$. لهذا، $\sigma = s/c_4 = 4.16/0.996997 = 4.17$ ، و $\sigma_{\bar{X}} = \sigma/\sqrt{n} = 4.17/\sqrt{84} = 2.09 =$

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

حيث أن ارتفاع المنحنى هو دالة في التكرار، فيكون منحنى القيم الفردية أطول. ويتحقق هذا ببساطة عن طريق مقارنة استمارة العد في شكل ٣ - ١٦. إلا أنه إذا مثلت المنحنيات توزيعات تكرارية نسبية أو توزيعات تكرارية للنسب المئوية، فإن (١) قيم c معطاة في جدول ب من الملحق حتى $n = 20$. ولقيم n الأكبر من 20 فإنها تحسب كما يلي :

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

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.

Central Limit Theorem

نظرية الحد المركزى

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^(١) للتوزيع المنتظم للمجتمع وللنوع المثلثى للمجتمع للقيم الفردية كما هو مبين فى شكل ٣ - 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 - ١٨ نتائج تجربة زهر النرد. عندما (أ) يكون توزيع الإلقاء

(١) W.A. Shewart, Economic Control of Quality of Manufactured Product (Princeton

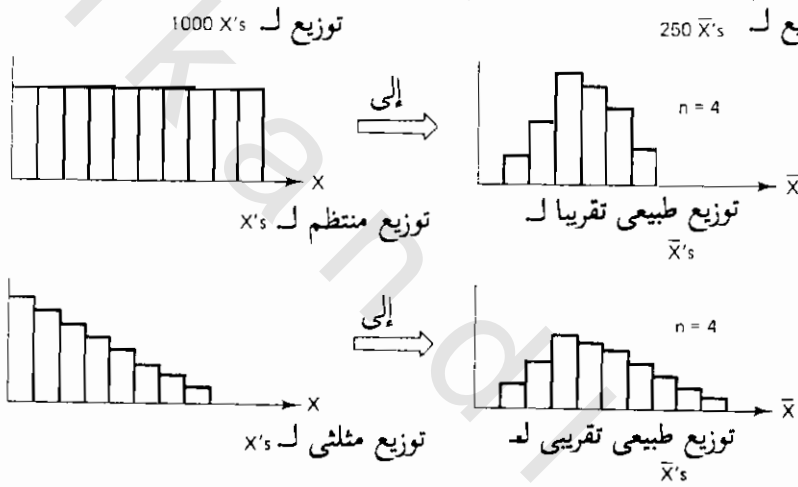
N.J. : Van Nostrand Reinhold Company, Inc., 1931), pp. 180-186.

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.

Control Limits and Specifications

حدود المراقبة والمواصفات

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 ١٧.٣: توضيح نظرية الحد المركزى

المواصفات أو حدود السماح تتحدد عن طريق مهندسى التصميم لمقابلة وظيفة محددة. ويبين شكل ٣ - ١٩ أن موقع المواصفات يكون اختياريًا وليس مرتبطًا بأي 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 اختياري. ولا يمكن أن تحدد خرائط المراقبة ما إذا كانت العملية متفقة مع المواصفات أم لا.

Process Capability and Tolerance

مقدرة العملية والسماح

بينما يمكن تحديد المواصفات بواسطة مهندس التصميم بغض النظر عن انتشار العملية، والذي 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.

تجربة الزهر



نتائج X's

1	2	3	4	5	6

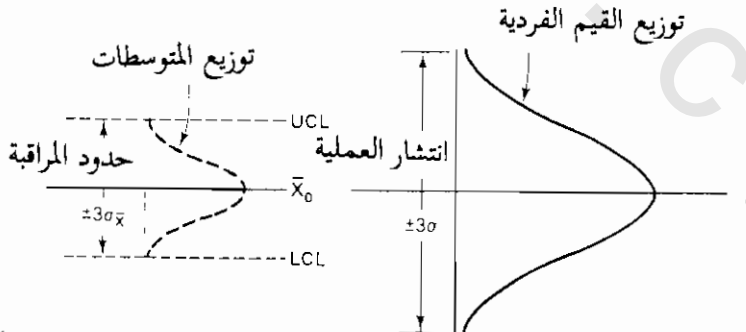
نتائج $\bar{X}$'s, n = 2

1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0

شكل ١٨.٣: توضيح الزهر لنظرية الحد المركزي

المواصفة العليا (موقع اختياري)

U

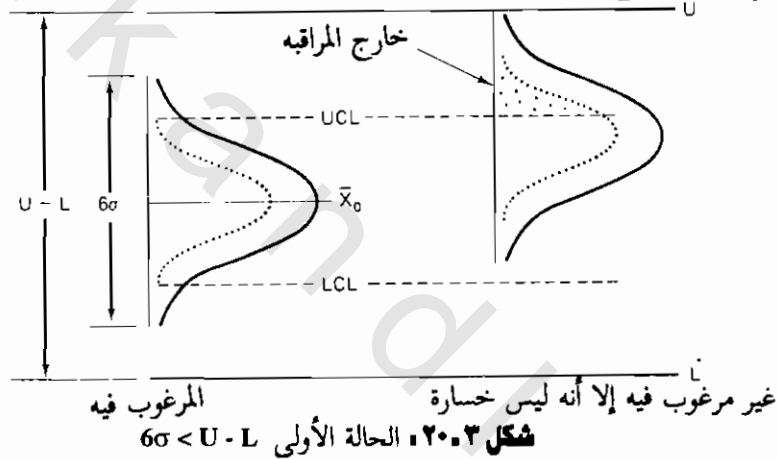


المواصفة السفلى (موقع اختياري)

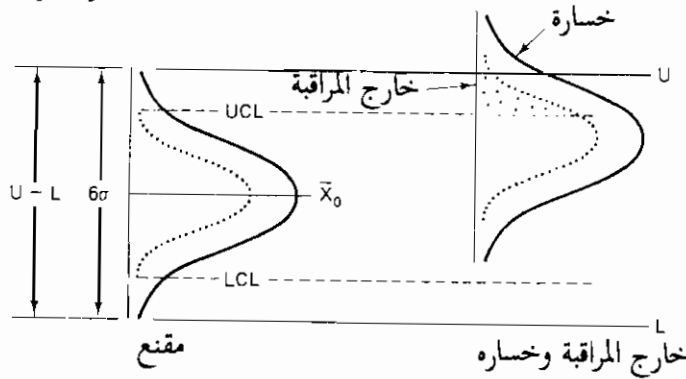
L

شكل ١٩.٣: العلاقة بين الحدود، والمواصفات، والتوزيعات

الحالة الأولى : $6\sigma < U - L$. هذه الحالة، حيث مقدرة العملية (6σ) أقل من السماح ($U - L$)، هي الحالة المرغوب فيها أكثر. ويوضح شكل ٣ - ٢٠ - 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، فلا تقابل 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 لا ينتج فقدان بسبب أن توزيع القيم الفردية ($X's$) لم يتعد المواصفة العليا. ويلزم إجراء تصحيحى لجعل العملية فى المراقبة.



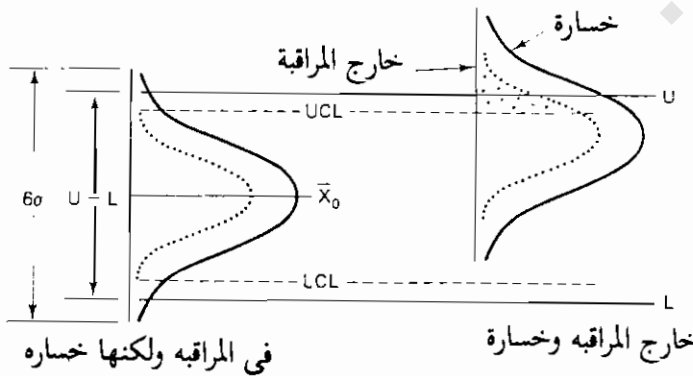
الحالة الثانية : $6\sigma = U - L$ يبين شكل ٣ - ٢١ - أ هذه الحالة حيث مقدرة العملية تساوى السماح. التوزيع التكرارى s عند (أ) يمثل نمطا طبيعيا للتغير. إلا أنه عندما يكون هناك ترحيل فى متوسط العملية، كما هو محدد فى الحالة (ب) تتعدى القيم الفردية ($X's$) المواصفات. وطالما أن العملية تظل فى المراقبة، فلا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



شكل ٢١.٣: الحالة الثانية $6\sigma = U - L$

الحالة الثالثة : $6\sigma > U - L$. عندما تكون مقدرة العملية أكبر من السماح، فتوجد حالة غير مرغوب فيها. ويوضح شكل ٢٢ - ٣ هذه الحالة. وبالرغم من حدوث نمط طبيعي 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، لا تكون العملية قادرة على تصنيع المنتج طبقاً للمواصفات. وعندما تتغير العملية كما هو مبين فى (ب)، تصبح المشكلة أكثر سوءاً.

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 ٢٢.٣: الحالة الثالثة : $6\sigma > U - L$

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

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

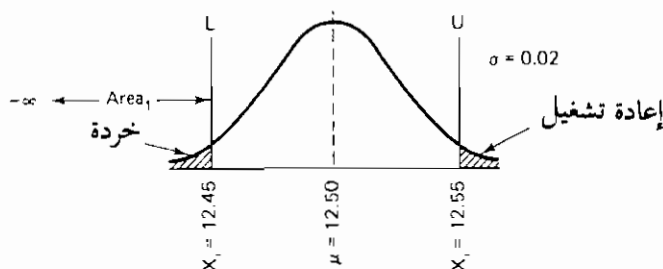
حل آخر هو ترحيل متوسط العملية بحيث أن كل منتجات عدم المطابقة تحدث عند أحد أطراف التوزيع التكراري كما هو محدد في شكل ٣ - ٢٢ - ب. ولتوضيح هذا الحل، افرض أن القضيب أجرى له عملية تجليخ طبقا لمواصفات محكمة. إذا ما أزيل الكثير من المعدن، يصبح الجزء خردة، وإذا ما أزيل القليل من المعدن فيحتاج الجزء إلى إعادة تشغيل. مع ترحيل متوسط العملية تقل كمية الخردة ويزداد إعادة التشغيل. ويوجد موقف شبيه لعدد داخلي 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.

EXAMPLE PROBLEM

مثال لمشكلة

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

طرق حل هذه المشكلة سبق تقديمها في الفصل الثاني ومبينة أدناه.



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

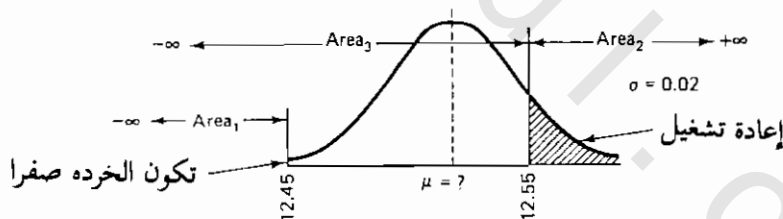
$$L = \mu - 0.05 = 12.50 - 0.05 = 12.45 \text{ mm}$$

$$Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma} = \frac{12.45 - 12.50}{0.02} = -2.50$$

من جدول أ من الملحق لقيمة z المساوية -2.50 :

Area₁ = 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 الثاني من المشكلة يحل باستخدام التخطيط التالي :



إذا كانت كمية الخردة صفرا، فإن Area₁ = 0، من جدول أ ، أقرب قيمة لقيمة Area₁ = 0 هي 0.00017، والتي تكون قيمة Z عندها هي -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 Area₃ أولاً،

$$\begin{aligned} Z &= \frac{X_i - \mu}{\sigma} \\ &= \frac{12.55 - 12.52}{0.02} \\ &= +1.50 \end{aligned}$$

من جدول أ، Area₃ = 0.9332 و

$$\begin{aligned} \text{Area}_2 &= \text{Area}_T - \text{Area}_3 \\ &= 1.0000 - 0.9332 \\ &= 0.0668, \text{ or } 6.68\% \end{aligned}$$

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

التحليل السابق لمقدرة العملية والمواصفات أعد باستخدام مواصفة علوية وأخرى سفلية. وفي العديد من المرات لا يوجد إلا مواصفة واحدة فقط والتي إما أن تكون علوية أو سفلية. وتحليل حد المواصفة الواحدة يكون شبيهاً وأبسط.

PROCESS CAPABILITY

مقدرة العملية

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

وفي مثال المشكلة لخرائط $\bar{X}$ و R، بدأت عملية تحسين الجودة في شهر يناير بانحراف معيارى $\sigma_0 = 0.038$. وتكون مقدرة العملية ستة أمثال هذه القيمة أى 0.228 مم. وفي شهر يوليو كان الانحراف المعيارى $\sigma_0 = 0.030$ ، والذي يعطى مقدرة للعملية مقدارها 0.180 مم. وفي هذا 20% تحسناً في مقدرة العملية، والذي يكون كافياً في 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 في مراقبة إحصائية، وقد يكون أو لا يكون هذا هو الحال. والطريقة هي :

١- خذ 20 مجموعة جزئية حجم كل منها 4، بإجمالي 80 قياسا.

٢- احسب الانحراف المعياري للعينة، s ، لكل مجموعة جزئية.

٣- احسب متوسط الانحراف المعياري للعينة $\bar{s} = \sum s/g = \sum s/20$.

٤- احسب تقدير الانحراف المعياري للمجتمع.

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

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

٥- تكون مقدرة العملية $6\sigma_0$.

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

EXAMPLE PROBLEM

مثال لمشكلة

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

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

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

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

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

١- خذ عدد 10 مجموعات جزئية حجم كل منها 5 بإجمالي 50 قياسا.

٢- احسب المدى، R ، لكل مجموعة جزئية.

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

٤- احسب تقدير الانحراف المعياري للمجتمع.

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

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

٥- 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 هي الفائدة الإضافية للمدرج التكرارى، والذي يمثل توزيع العملية بيانيا.

EXAMPLE PROBLEM

مثال لمشكلة

تقابل إحدى العمليات الموجودة مواصفات Rockwell-C. حدد مقدرة العملية بناء على قيم المدى لعدد 10 مجموعات جزئية حجم كل منها 5. البيانات هي 7 و 5 و 5 و 3 و 2 و 4 و 5 و 9 و 4 و 7.

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

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

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

تدمج مقدرة العملية والسماح لتكوين دليل المقدرة capability index، والذي يعرف كما يلي :

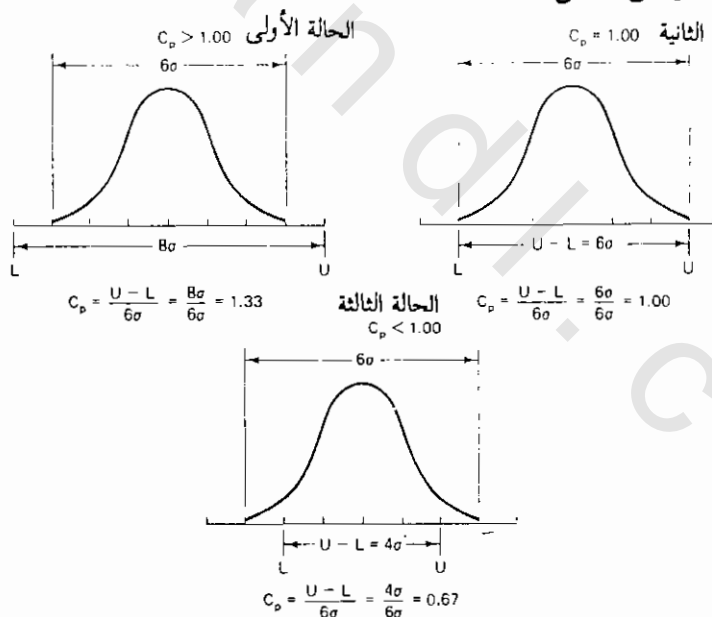
$$C_p = \frac{U - L}{6\sigma_0}$$

حيث : C_p = دليل المقدرة

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

$6\sigma_0$ = مقدرة العملية

إذا كان دليل المقدرة هو 1.00، يكون لدينا الحالة الثانية التي سبق مناقشتها في 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 ٢٣ - ٣ هذه الحالات الثلاث.



شكل ٢٣.٣ : دليل المقدرة والثلاث حالات

EXAMPLE PROBLEM

مثال لمشكلة

افرض أن المواصفات كانت $\delta.50$ و $\delta.30$ في مشكلة مجرى الخابور. حدد دليل المقدرة قبل ($\sigma_0 = 0.038$) وبعد تحسين ($\sigma_0 = 0.030$).

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

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

في مثال المشكلة نتج تحسين جودة مرغوب فيه في 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 المقدرة 1.33 يعتبر بواسطة معظم الشركات نمطية واقعية حتى مع قيم أكبر مرغوب فيها.

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

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

الاختلاف الوحيد بين المقياسين هو التغير في البسط والمقام. وهما مستخدمان لنفس الغرض، إلا أن التفسير يختلف. وتفضل نمطية واقعية لمعامل المقدرة 0.750 أو حتى قيمة أقل. وفي الحالتين، النمطية الواقعية تحدد بالسماح عند ثمانية انحرافات معيارية، $8\sigma_0$. لتجنب سوء التفسير بين الحالتين، يجب التأكد من أي نمطية للمقدرة هي المستخدمة. ويستخدم في 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) هي الأصغر من $Z(U) = (U - \bar{X}) / \sigma$ أو $Z(L) = (\bar{X} - L) / \sigma$

EXAMPLE PROBLEM

مثال لمشكلة

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 - ٢٤ قيم C_p و C_{pk} لعملية متمركزة وعملية غير متمركزة بمقدار انحراف معياري واحد، 1σ ، لكل من الثلاث حالات. وفيما يلي تعليقات خاصة بكل من C_p و C_{pk} :

١- لا تتغير قيمة C_p مع تغير مركز العملية.

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

- ٣- دائما ما تكون C_{pk} مساوية C_p أو أقل منها.
- ٤- قيمة C_{pk} المساوية 1.00 هي نمطية واقعية. وتحدد أن العملية تنتج منتجات مطابقة للمواصفات.
- ٥- قيمة C_{pk} الأقل من 1.00 هي نمطية واقعية. وتحدد أن العملية تنتج منتجات لا تطابق المواصفات.
- ٦- قيمة C_p الاقل من 1.00 تحدد أن العملية غير قادرة.
- ٧- قيمة C_{pk} المساوية صفرا تحدد أن المتوسط مساويا لأحد حدود المواصفات.
- ٨- قيمة C_{pk} السالبة تحدد أن المتوسط خارج المواصفات.

خرائط المراقبة المختلفة DIFFERENT CONTROL CHARTS

خرائط المراقبة الأساسية للمتغيرات سبق مناقشتها في 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 في بعض المواقف. وتناقش هذه الخرائط بإيجاز في هذا القسم.

خرائط لفهم أفضل للعامل

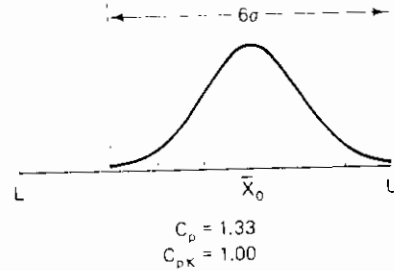
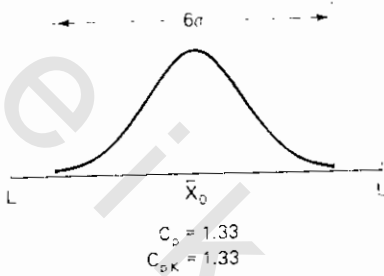
Charts for Better Operator Understanding

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

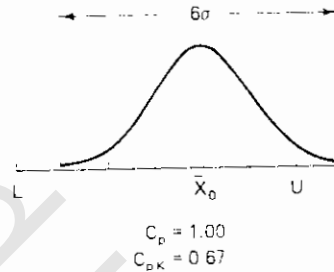
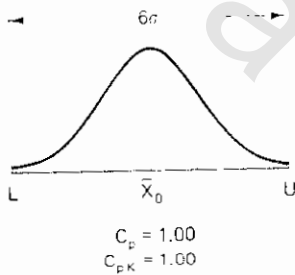
عملية متمركزة

عملية مرحله 1σ عن المركز

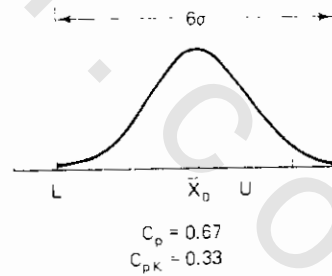
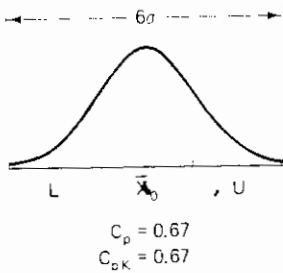
الحالة الأولى $C_p = (U - L)/6\sigma = 8\sigma/6\sigma = 1.33$



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



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



شكل ٢٤.٣: قيم C_p و C_{pk} للثلاث حالات

١- وضع القيم الفردية على الخريطة Placing individual values on the chart. هذه الطريقة ترسم كل من القيم الفردية ومتوسط المجموعة الجزئية كما هو مبين في شكل ٣ - ٢٥. تمثل النقطة الصغيرة قيمة فردية وتمثل الدائرة الكبيرة متوسط مجموعة جزئية. وفي بعض الحالات، تكون القيمة الفردية ومتوسط المجموعة الجزئية متطابقتان، وفي 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.



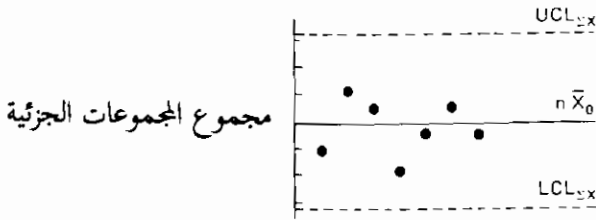
شكل ٢٥.٣: خريطة تبين طريقة رسم قيم فردية ومتوسطات مجموعات جزئية

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

$$UCL_{\sum x} = n(UCL_{\bar{x}})$$

$$LCL_{\sum x} = n(LCL_{\bar{x}})$$

هذه الخريطة متساوية رياضيا لخريطة $\bar{X}$ ولها ميزة إضافية من الحسابات المبسطة. ولا يلزم إلا الجمع والطرح فقط.

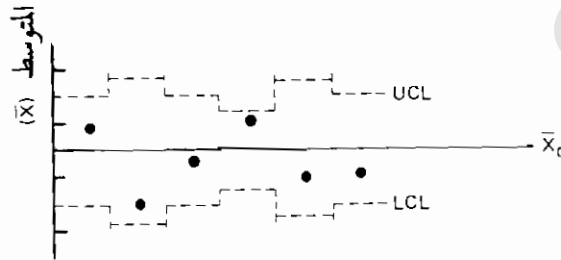


شكل ٢٦.٣: خريطة مجموع المجموعات الجزئية

خريطة حجم المجموعة الجزئية المتغير

Chart for Variable Subgroup Size

يجب بذل كل مجهود لحفظ حجم المجموعة الجزئية ثابتاً. إلا أنه في 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 - ٢٧). وتعزز هذه الحقيقة عن طريق تحليل عوامل حدود المراقبة A و D_1 و D_2 ، والتي تكون دالة في حجم المجموعة الجزئية وتكون جزءاً من صيغة حد المراقبة. كما تتغير حدود المراقبة أيضاً لخريطة R .



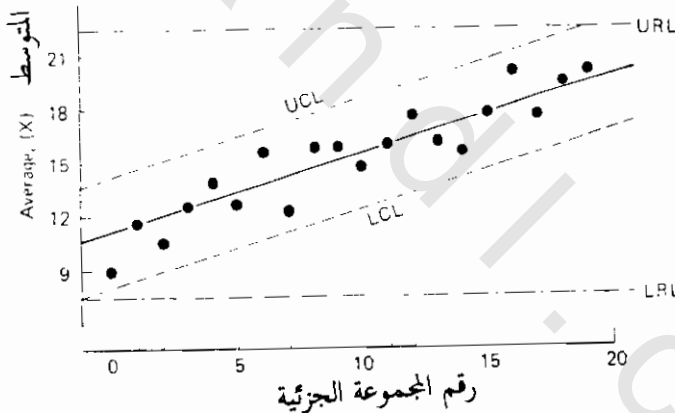
شكل ٢٧.٣: خريطة لحجم مجموعة جزئية متغير

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

Chart for Trends

خريطة الاتجاهات

عندما يكون للنقاط المرسومة على الخريطة اتجاه لأعلى أو لأسفل، فيمكن أن يعزو ذلك إلى نمط غير طبيعي للتغير أو إلى نمط طبيعي للتغير مثل تآكل العدة. وفي كلمات أخرى، مع تآكل العدة، يتوقع تغير تدريجي في المتوسط ويعتبر طبيعياً. ويوضح شكل ٣ - ٢٨ خريطة للاتجاه تعكس تآكل اسطمبة. ومع تآكل الاسطمبة، تتزايد القياسات تدريجياً حتى تصل إلى حد الرفض العلوى. وعند ذلك تستبدل الاسطمبة أو يعاد تشغيلها.



شكل ٣ - ٢٨: خريطة الاتجاه

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

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

حفا $\bar{X}$ = مءوسط المءموءة الجزئية ويمثل المءور الرأسى
 w = رقم المءموءة الجزئية ويمثل المءور الأفقى
 a = نءمة على المءور الرأسى حفا ىءقاع الخء مع المءور الرأسى

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

b = مفل الخء

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

g = عدد المءموءات الجزئية

ىءم الحصول على المعاملاء a و b عن طرىق ءءفء أعمءة لكل من $\bar{X}$ و W و W^2 و $W\bar{X}$ ، كما هو مبفن فى ءءول ٣ - ٤، وءءفء مءموءها، وإءءال المءموء فى المعاءلة.

وبمءرء معرفة معاءلة خط المفل، ففمكن أن ءرسم على الخرىطة عن طرىق افتراض قفم W وحساب $\bar{X}$. وعءء رسم نءطءفن، ىرسم خط الاءءاء بفنهما. وءرسم ءءوء المراقبة على كل ءانب من ءوانب خط الاءءاء على بعء (فى الاءءاء العموءى) مساوفا $A_2 R$ أو $A_0 \sigma$.

وفكون لخرىطة R مظهر ءقلفءى كالمبفن فى شكل ٣ - ٦. إلا أن ءءءء فمكن أن فزءاء أفضا.

ءءول ٤.٣: ءساباء المربعاء الصغرى لخط الاءءاء

رقم المءموءة الجزئية W	مءوسط المءموءة الجزئية $\bar{X}$	ءاصل ضرب $\bar{X}$ و w	W^2
1	9	9	1
2	11	22	4
3	10	30	9
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
g	.	.	.
$\sum W$	$\sum \bar{X}$	$\sum W\bar{X}$	$\sum W^2$

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 لا يكون ممكنا إلا قراءة واحدة فقط فى نفس الوقت. ويوضح جدول ٣ - ٥ هذه الطريقة. عند تطوير جدول ٣ - ٥، لا تجرى أى حسابات حتى اليوم الثالث عندما يوضع مجموع الثلاث قيم فى عمود المتوسط المتحرك للثلاث فترات ($35 + 25 + 28 = 89$). 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 $86 = 26 + 28 + 32$. 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 ٣.٥: 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 في الحسابات.

Chart for Median and Range

خريطة الوسيط والمدى

خريطة مبسطة لمراقبة متغير تقلل الحسابات هي 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

٦-٣)

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 مدى مراقبة ثلاثة انحرافات معيارية. مبنيًا على R_{Md} ويوجدان من جدول ٣ - ٦. ويمكن الحصول على تقدير الانحراف المعياري للمجتمع من العلاقة $\sigma = R_{Md}/d_3$.

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

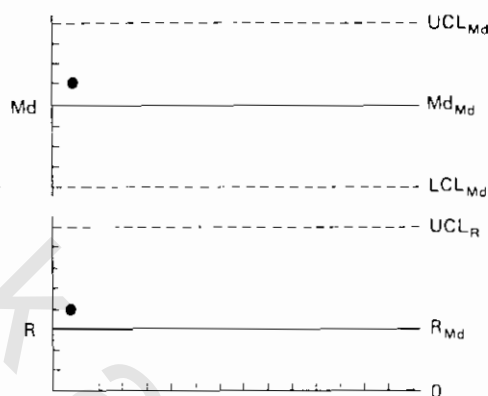
وعندما يتولى عاملو التشغيل صيانة هذه الخرائط يوصى بحجم 3 للمجموعة الجزئية. مثال ذلك، اعتبر الثلاث قيم 36 و 39 و 35. الوسيط هو 36 والمدى هو 4، وقد استخدمت كل الثلاث قيم. وشكل ٣ - ٢٩ هو مثال لخريطة الوسيط. ويعطى حجم المجموعة 5 خريطة أفضل، إلا أن العامل يكون عليه أن يطلب البيانات قبل تحديد الوسيط. وبينما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

Chart for Individual Values

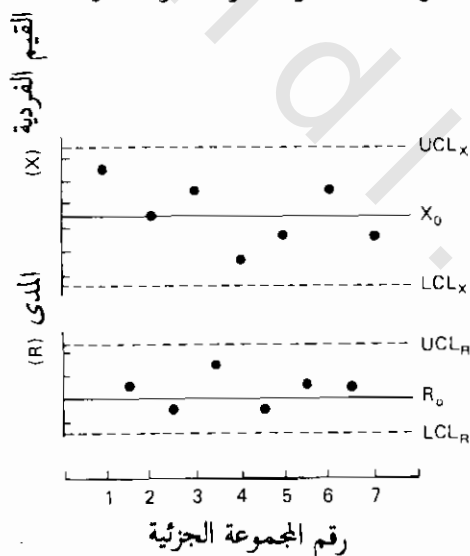
خريطة القيم الفردية

في العديد من الحالات يؤخذ قياس واحد فقط لخاصية الجودة. ويمكن أن يكون ذلك بسبب الحقيقة أنه من المكلف جداً، أو من المهلك للكثير من الوقت، أو لوجود قلة من العناصر لفحصها. في 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 ٣-٣ خريطة X .



شكل ٣.٢: خرائط مراقبة للوسط والمدى



شكل ٣.٣: خريطة مراقبة للقيم الفردية والمدى المتحرك

والصينغ لمحاولة حدود المراقبة وحدود المراجعة هي :

$$\begin{aligned}\bar{X} &= \frac{\sum X}{g} & \bar{R} &= \frac{\sum R}{g} \\ UCL_x &= \bar{X} + 2.660\bar{R} & UCL_R &= 3.276\bar{R} \\ LCL_x &= \bar{X} - 2.660\bar{R} & LCL_R &= (0)\bar{R}\end{aligned}$$

تتطلب هذه الصينغ طريقة المدى المتحرك مع حجم مجموعة جزئية 2. (١)
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 $\bar{X}$.

وصينغ خط المراقبة المراجع وحدود المراقبة هي :

$$\begin{aligned}X_0 &= \bar{X}_{new} & R_0 &= \bar{R}_{new} \\ UCL_x &= X_0 + 3\sigma_0 & UCL_R &= (3.686)\sigma_0 \\ LCL_x &= X_0 - 3\sigma_0 & LCL_R &= (0)\sigma_0\end{aligned}$$

$$\sigma_0 = 0.8865 \times R_0 \text{ حيث}$$

(١) هذه الطريقة هي أبسط الطرق لخرائط X و R. وتوجد طرق أخرى في الصفحات من رقم ١٥٠٢٣ إلى رقم ١٧٠٢٣ في 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 لا يكون التوزيع طبيعيا.

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

OTHER CHARTS

خرائط أخرى

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

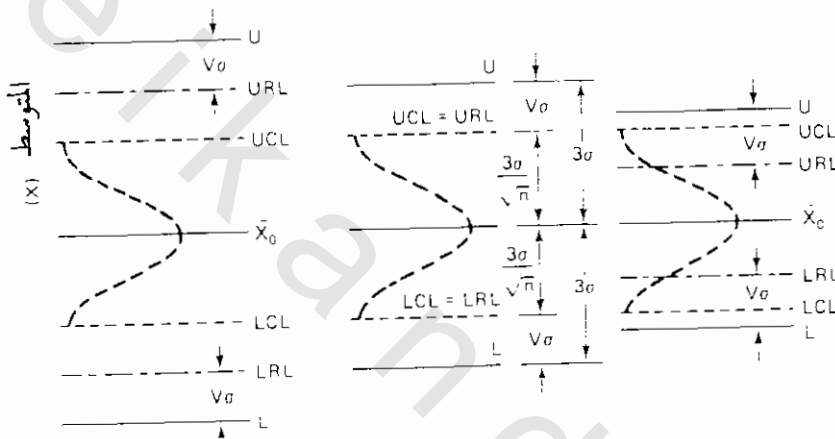
Charts with Reject Limits

خرائط بحدود للرفض

حدود الرفض reject limits لها نفس العلاقة مع المتوسطات مثل علاقة المواصفات مع القيم الفردية. يبين شكل ٣ - 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 - 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.



الحالة الأولى $(6\sigma < (U - L))$ الحالة الثانية $(6\sigma = (U - L))$ الحالة الثالثة $(6\sigma > (U - L))$

شكل ٣.٣: العلاقة بين حدود الرفض، وحدود المراقبة، والمواصفات

ويبين الشكل أن حدود الرفض تبعد مسافة عن المواصفات. هذه المسافة تساوى $V\sigma$ ، 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 لمهنى

الجودة وربما لملاحظى الخط الأول. وتحديد حدود الرفض لأفراد العمليات يجب تجنبه حيث أن هذا يكون مثيرا للخلط لديهم ويمكن أن يقود إلى تضيق لا ضرورة له. كذلك، يكون العامل مسئولاً 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 مقياساً معيناً للمراقبة وطريقة لتحسين الجودة. الخط المركزى وحدود المراقبة لهذا النوع من الخرائط يتم تحديدها باستخدام المواصفات.

افرض أن المواصفات 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، $U - L = 0.24 = 6\sigma$ ، و $0.04 = 6\sigma$. ويتبع ذلك أن $6\sigma = 6/\sqrt{n} = 0.02$ ، و $6\sigma = 0.04/\sqrt{4} = 0.02$ ، لهذا،

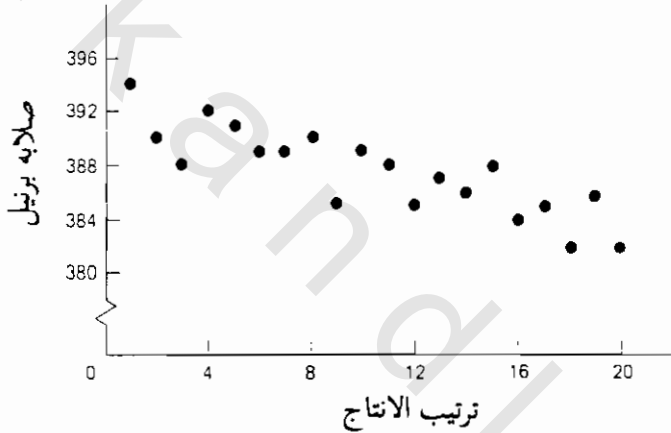
$$\begin{aligned} URL_{\bar{X}} &= \bar{X}_0 + 3\sigma_{\bar{X}} & LRL_{\bar{X}} &= \bar{X}_0 - 3\sigma_{\bar{X}} \\ &= 25.00 + 3(0.02) & &= 25.00 - 3(0.02) \\ &= 25.06 & &= 24.94 \\ \\ URL_R &= D_2\sigma_0 & LRL_R &= D_1\sigma_0 \\ &= (4.698)(0.04) & &= (0)(0.04) \\ &= 0.19 & &= 0 \end{aligned}$$

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.

Run Chart

خريطة الدورة

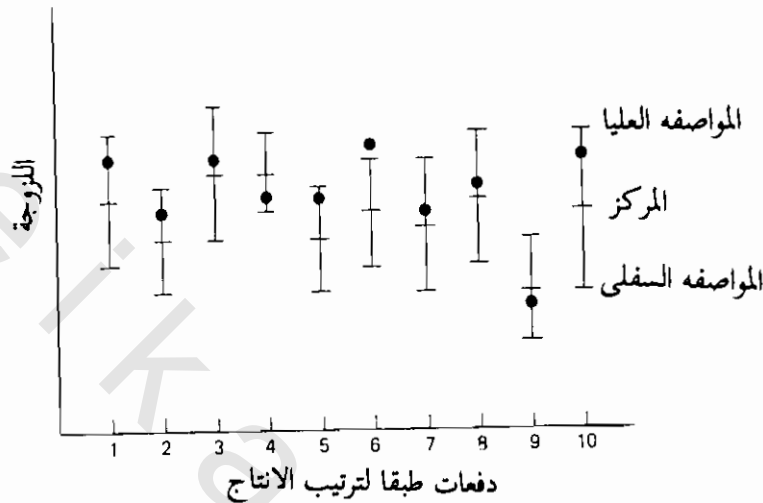
لا يوجد لخريطة الدورة حدود مراقبة إلا أنها يمكن أن تستخدم في تحليل البيانات وبصفة خاصة في مرحلة تطوير المنتج أو قبل حالة المراقبة الإحصائية. ترسم نقاط البيانات بترتيب الإنتاج كما هو مبين في شكل ٣ - ٣٢. من الواضح من الخريطة أن الصلابة الناتجة من عملية المعاملة الحرارية تقل. ورسم نقاط البيانات يكون طريقة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



شكل ٣٢.٣: خريطة دورة لعملية معاملة حرارية

وتصمم العديد من مصانع التصنيع الكيميائي لإنتاج منتجات أساسية قليلة العدد طبقا لمواصفات العملاء. وبينما تكون المحتويات والعملية هي نفسها بالضرورة، فإن المواصفات تتغير مع كل دفعة لعمل. ويبين شكل ٣ - ٣٣ خريطة دورة للزوجة الدافعة. تمثل النقطة السوداء قيمة للزوجة ويمثل الخط الرأسى مدى المواصفات. التحليل الخاطف للدفعات يبين أن 8 من 10 من النقاط المرسومة تقع في 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 ٣.٣: خريطة دورة لدفعات مختلفة بمواصفات مختلفة

COMPUTER PROGRAM

برنامج حاسوب

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

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 ٣.٣: برنامج حاسوب بلغة البيسك لحساب الخط المركزي 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

```

PROBLEMS

مشاكل

١- تعد خرائط مراقبة $\bar{X}$ و R لبعء أحد الأجزاء مقاسا بالمليمتر. 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			

٢- يعطى الجدول التالى المتوسط والمدى بالكيلوجرامات لاختبارات الشد لجبل 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.

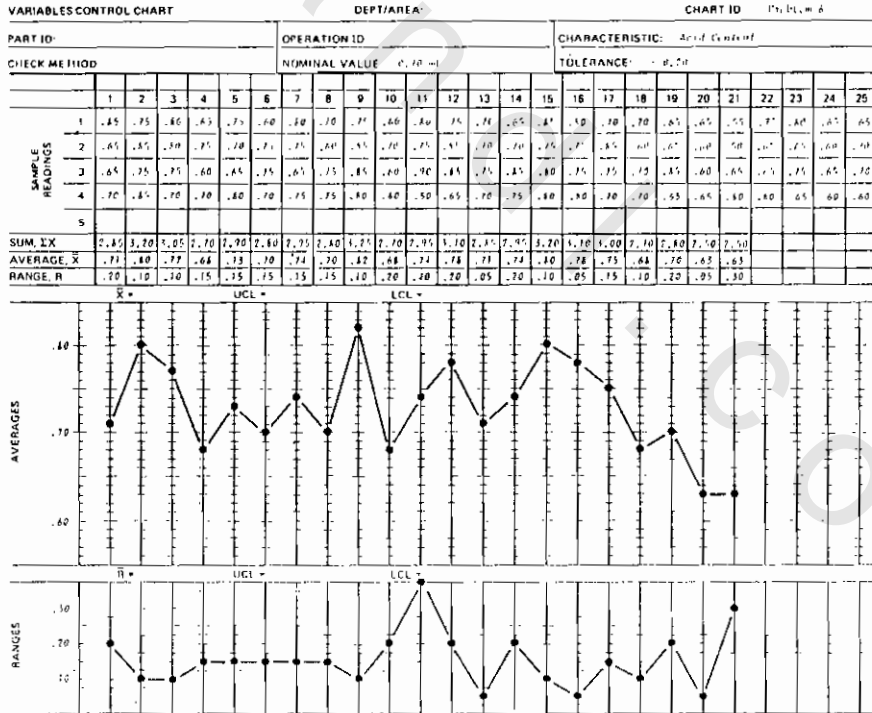
رقم المجموعة الجزئية	$\bar{X}$	R	رقم المجموعة الجزئية	$\bar{X}$	R
1	476	32	14	482	22
2	466	24	15	506	23
3	484	32	16	496	23
4	466	26	17	478	25
5	470	24	18	484	24
6	494	24	19	506	23
7	486	28	20	476	25
8	496	23	21	485	29
9	488	24	22	490	25
10	482	26	23	463	22
11	498	25	24	469	27
12	464	24	25	474	22
13	484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

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

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

٥- حفظت خرائط مراقبة $\bar{X}$ و R لأوزان صبغة ملونة بالكيلوجرامات للتشغيل بالدفع. 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 في حالة مراقبة، احسب الخط المركزي وحداً المراقبة لخريطة $\bar{X}$ و R لفترة الإنتاج الحالية.

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



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

٨ - يراد إعداد خرائط مراقبة $\bar{X}$ و S لصلابة برينل لصلب عدة مقسى بالكيلوجرام لكل ملليمتر مربع. بيانات المجموعات الجزئية التي حجم كل منها 8 مبينة في الجدول التالي. حدد محاولة الخط المركزي وحداً المراقبة لخرائط $\bar{X}$ و s . افرض أن للنقاط التي تقع خارج المراقبة أسباباً محددة. احسب حدود المراقبة والخط المركزي 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			

٩- 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 في مراقبة إحصائية، فما هي حدود المراقبة والخط المركزي؟

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

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

١٢- عند ملأ عبوات أسمدة نثروجينية، كان مطلوباً 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 22 كج؟ إذا كان مسموحاً بأن يقل وزن نسبة 5% من العبوات عن 22 كج، ماذا يكون متوسط الوزن؟ افرض أن التوزيع طبيعياً.

١٣- الشرائح البلاستيكية التى تستخدم فى وحدات أليكترونية حساسة يتم تشغيلها بأقصى مواصفة 305.70 مم (حوالى 12 بوصة) وأدنى مواصفة 304.55 مم. فإذا كانت الشرائح أقل من أدنى مواصفة، فإنها تعتبر خردة، أما إذا كانت أكبر من أقصى مواصفة فيعاد تشغيلها. وأبعاد الجزء موزعة توزيعاً طبيعياً بوسط حسابى للمجتمع 305.20 مم وانحراف معيارى للمجتمع 0.25 مم. 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؟

١٤- إحدى الشركات التى تنتج خاتمات للزيت oil seals وجدت أن الوسط الحسابى للمجتمع 49.15 مم (1.935 بوصة)، والانحراف المعيارى للمجتمع 0.51 مم (0.020 بوصة)، وأن البيانات موزعة توزيعاً طبيعياً. 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 49.80 مم، فيعتبر الخاتم خردة. (أ) ما النسبة المئوية من الأختام التى يعاد تشغيلها؟ (ب) لأسباب مختلفة تغير متوسط العملية إلى 48.50 مم. 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 اقتصادياً، فهل يكون قرار تغيير مركز العملية قراراً حكيماً؟

١٥- حدد مقدرة العملية للبيانات الموجودة في جدول ٣ - ٣. استخدم أول 20 مجموعة جزئية.

١٦- أعد حل المشكلة رقم ١٥ مستخدماً آخر 20 مجموعة جزئية وقارن النتائج.

١٧- حدد مقدرة العملية لعملية التقسية الموجودة في المشكلة رقم ٨.

١٨- حدد مقدرة العملية لاختبارات الشد لحبل البلاستيك المعدل الموجود في المشكلة رقم ٢.

١٩- ما مقدرة العملية في :

أ - المشكلة رقم ١.

ب - المشكلة رقم ٥.

٢٠- حدد دليل المقدرة قبل ($\sigma_0 = 0.038$) وبعد ($\sigma_0 = 0.030$) تحسين مثال المشكلة الموجود في هذا الفصل مستخدماً المواصفات 6.40 ± 0.15 مم.

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

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

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

٢٤- حدد الخط المركزى وحدود المراقبة المراجعة لخريطة مجموع المجموعات الجزئية مستخدماً بيانات من :

أ - المشكلة رقم ١ .

ب - المشكلة رقم ٢ .

٢٥- حدد محاولة الخط المركزى وحدد المراقبة لخريطة المتوسط المتحرك والمدى

المتحرك مستخدما فترة زمنية مقدارها 3. والبيانات بالليتر هى كما يلي :

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؟

٢٦- أعد حل المشكلة رقم ٢٥ مستخدما فترة زمنية مقدارها 4. ما الاختلاف

فى الخط المركزى وحدود المراقبة؟ هل توجد أى نقاط خارج التحكم؟

٢٧- 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 - حدد محاولة الخط المركزي وحدود المراقبة لخرائط الوسيط والمدى لبيانات جدول ٣ - ٢. افرض أسبابا محددة لأي نقاط تقع خارج التحكم وحدد الخط المركزي وحدود المراقبة المراجعة. قارن نمط التغير مع خرائط $\bar{X}$ و R الموجودة في شكل ٣ - ٤.

٢٩ - 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 يلي :
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 المركزي والحدود، وقوم التغير.

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

٣١ - حدد الخط المركزي وحدود المراقبة لدورة إنتاج قصيرة تتم في 3 ساعات. المواصفات $25.0 \pm 0.3 \Omega$. استخدم $n = 4$.

٣٢ - 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 ($^{\circ}\text{C}$)							
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
الأربعاء	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 - اختبرت لزوجـة أحد السوائـل كل نصف ساعة خلال يوم عمل كامل مكون من 3 منـاوـبات. ارسم مدرجا تكراريا بخمس خلايا وقيمة مركز 29 لأولـ 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 - اختبر، وأعد الكتابة إذا ما لزم الأمر، برنامج الحاسوب لخرائط $\bar{X}$ و R على جهاز الحاسوب المتاح لك.

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

٣٦ - اكتب برنامج حاسوب لكل مما يلى :

أ - خرائط $\bar{X}$ و s.

ب - خريطة دورة إنتاج قصيرة.

ج - خرائط المتوسط المتحرك والمدى المتحرك.

د - خرائط الوسيط والمدى.

هـ - حدود الرفض العليا والدنيا.

و - مقدرة العملية (طريقة سريعة).

ر - C_p و C_{pk}