الفصل الثامن

خرائط مراقبة العمليات

مقدمة

توفر خرائط المراقبة طريقة للتوجيه البيانى حيث تمثل إحداثيات النقط الموقعة (x_i , y_i) قياسات العينات والفترات التى سحبت فيها هذه العينات. وعند إستخدام الخرائط البسيطة فإن الإنحرافات فى العملية تحت الملاحظة (سواء الإنحرافات فى الوقت أو المكان)، يمكن ملاحظتها وإتخاذ إجراءات التصحيح. ويمكن تميز نوعين من الإنحرافات عند دراسة البيانات: إنحرافات عادية وإنحرافات غير عادية.

الإنحرافات العادية

الإنحرافات العادية هى تلك التى تصاحب العملية نفسها. وتوجد فى أى نظام أو عملية وتتميز بالثبات خلال الفترات الزمنية الطويلة.

الإنحرافات غير العادية

تطلق تسمية الإنحرافات غير العادية على تلك الإنحرافات التى تحدث نتيجة لأسباب معنوية خارجة عن طبيعة العملية، ومن الأمثلة على تلك الأسباب أن يقوم مشغل الآله بتغير جزء فيها أو أن يستخدم طريقة جديدة لتشغيلها.

كيرفول كلارنس يبحث بإنتظام

عمل كيرفول كلارنس Carful Clarence منذ سنوات طويلة فى مجال جداول المعدلات قبل أن يصبح الرئيس المسؤل. وكان أسلوبه فى إختبار النظم يقوم على أساس طريقة الخطوه خطوه، ولكن هذا الأسلوب لم يحوز رضا الزملاء، ولكن كلارنس كيرفول كان كلارنس ـ رغم هذا محل تقدير وإهتمام المدير الفنى. ويبدأ العرض خارج مكتب كيرفول مباشرة حيث يرفع الستار عند المعدل لا يساوى 1 (معدل الجدول 1).

لقد فرغ راد رود Rad Rod تواً من وضع نظام ما على جدول المعدلات، وقال لدوجون Doggone أن هذا الفريق يعمل كبطل، وأن العاملين فى برامج الكمبيوتر قد وجدوا خمسة أخطاء فقط فى النظام كله، وأنه يراهن على أنه ـ حتى كيرفول العجوز نفسه ـ لن يجد أى شئ خطأ بالنظام.

وكان كيرفول كلارنس جالساً إلى مكتبه حيث رد قائلا أن الأخطاء الخمسة وقعت فى 500 سطر فقط بالكود وأن هذا يعنى أن معدل الأخطاء 1% وهو ما يساوى تماماً عشرة أضعاف المعدل المتوسط للأخطاء التى تقع عادة وأنه من الأفضل كشف العيوب فى عمل المبرمجين، لذلك يتعين البدء فى عمل خرائط للأخطاء وإيجاد المعدلات الحقيقية لوقوعها.

غادر كلارنس الغرفة، وعندئذ قال راد رود أن على الجميع أن يجلسوا فى الغرفة ويراقبوا الخرائط والأشكال البيانية ويفكروا كيف يساعدهم ذلك فى حل المشكلة.

خرائط المراقبة الإحصائية للعمليات SPC Charts

الطريقة القديمة لتحديد أسباب إنحرافات العملية هى إستخدام خرائط المراقبة[11]. ولقد تم تطوير العديد من أشكال ونماذج خرائط المراقبة التى تمكن من توجيه البيانات على مستويات متعددة. ويناسب العديد من هذه الخرائط بصفة خاصة الرقابة الإحصائية للعمليات SPC لأنها ترتبط بالمجال الهندسى أو الإنتاجى. وتعتبر خريطة سير العمل run chart فى حد ذاتها أداه ممتازه للتوجيه البسيط خلال الفترات الزمنية الطويلة. ويعطى المدرج التكرارى وصفا للظروف التى تتم فيها العملية حاليا. وسوف يعرض هنا خريطتين أخريين الأولى هى خريطة الوسط الحسابى $\overline{X}$ والثانى هى خريطة المدى R. وعادة ما يتم عمل الخريطتين معا والإستمرار فى ذلك مما يتيح الفرص لإجراء المقارنات.

خريطة سير العمل

إن خريطة سير العمل هى أبسط أشكال عرض البيانات خلال فترة زمنية معينة. ويمكن تعديل هذه الخريطة لتلبى أغلب الإحتياجات، وتستخدم عادة عندما يكون مطلوباً عرض التغيرات طويلة الأجل فى متوسط إنحرافات العملية تحت الفحص. . وبالإضافة إلى سهولة قراءة وفهم خريطة سير العمل فإن من السهل بنائها بتوقيع النقط عليها بمجرد أخذ القياسات ويسجل وقت سحب العينة فوق النقطة.

تكوين خريطة سير العمل

يتعين على فريق العمل عند تكوين خريطة سير العمل أن يتخذ قرار بخصوص الفترات الزمنية التى يتم أخذ القياسات فى نهاية كل منها. ويمكن إختيار هذه الفترات الزمنية طوال فترة مراقبة العملية.

فمثلا، شكل فريق من المهندسين لدراسة جدوى التحول من تنفيذ عملية ما يدويا إلى تنفيذها آليا. وسوف تبين الدراسة ما إذا كانت الأولوية تعطى لإستخدام نظام آلى للتعامل مع البطاقات، حيث يتم تقييم الآلة بإستخدام مادة للطلاء ودراسة أهمية توحيد وثبات تخانتها. وقرر الفريق تكوين خريطة سير العمل لضمان أن يكون عمق طلاء الكروت حسب متوسط التخانه المحدد، وإذا كانت عملية الطلاء مقبوله فإن الفريق سوف يصمم طريقة التنفيذ وتتحول الشركة بذلك إلى تنفيذ العملية آليا.

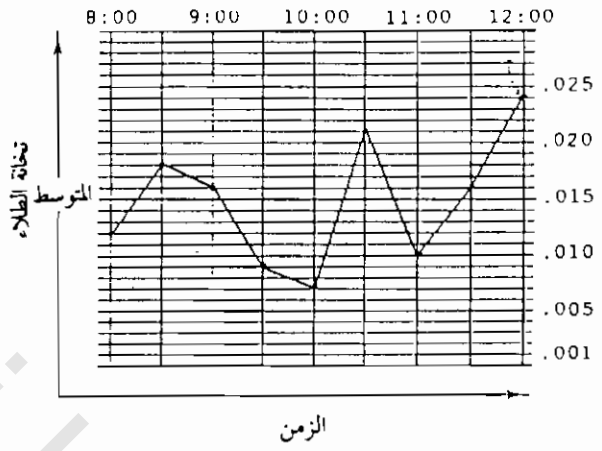
وتنجز الآلة كارت مطلى كل 15 دقيقة، وقرر الفريق فحص كارت وترك آخر لمدة أربع ساعات فيكون بذلك قد فحص ثمانية كروت. وللتأكد من أن كل العوامل المسببه للإنحرافات قد ظهرت ضمن العينة، فإنه سوف يتم تشغيل الآلة تحت نفس الظروف لمدة الساعات الأربع كلها. وبذلك فإن كل الإنحرافات فى تخانة الطلاء خلال فترة المعاينة سوف تأخذ الفرص فى الظهور. ولا يسمح خلال هذه الفترة للمشغل بعمل أية تعديلات.

ويقوم الفريق فى هذا المثال ببناء الخريطة بمجرد الإنتهاء من المعاينة.

إعداد خريطة سير العمل

تبين الخريطة المعروضة فى الشكل 8.1 البيانات التى جمعها الفريق ويلاحظ أن تخانات الطلاء ممثله على المحور الرأسى (y)، والفترات الزمنية ممثله على المحور الأفقى (X). ويجب أن يوضع مقياس الرسم بحيث يقع المتوسط المتوقع للعينة عند منتصف المحور تقريبا.

شكل 8.1 خريطة سير العمل



ومن السهل رؤية الإنحراف عند توصيل النقاط بخط. وعندما تسحب عينات عديدة خلال فترة طويلة فإنه يمكن تطبيق المعادلة المعروضة بالشكل 8.2.

شكل 8.2 معادلة إيجاد المتوسط

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + ... + X_n}{n}$$

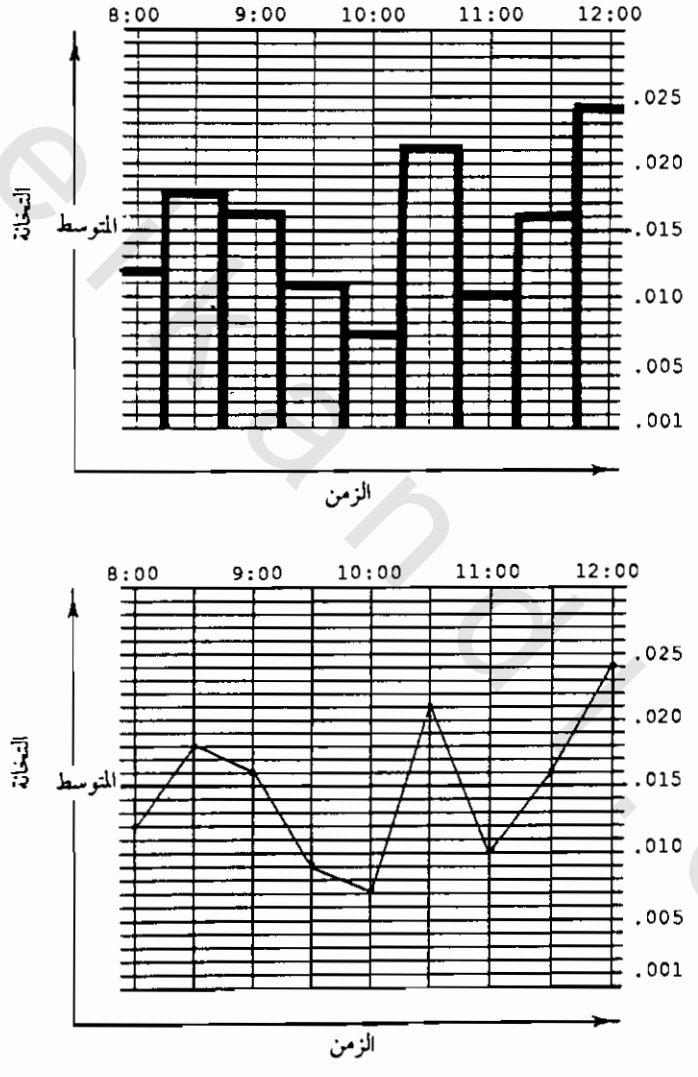
حيث n عدد العينات

ويرمز للمتوسط بالرمز $\bar{X}$ (ويقرأ إكس بار) ويساوى خارج قسمة مجموع العينات على عددها

وتعتبر خريطة سير العمل وسيلة بسيطة لمعرفة إتجاهات التغير فى متوسط العملية. وعندما تنتقل العملية إلى مستوى آخر فإن النقاط سوف تقع على أحد

جانبى خط المتوسط. ويبين المدرج التكرارى المعروض بالشكل 8.3 عرضا للبيانات التى جمعت فى المثال السابق والخاص بعملية طلاء الكروت خلال الساعات الأربع.

مقارنة المدرج التكرارى مع خريطة سير العمل



شكل 8.3 P.112

المدرج التكرارى

يرسم المدرج التكرارى بنفس طريقة رسم خريطة سير العمل. وبإستخدام بيانات المثال المعروض تمثل تخانات الطلاء على المحور الرأسى (Y) وتمثل أزمنة جمع العينات على المحور الأفقى (X). ويكمن الفرق بين الخريطتين فى طريقة توصيل الإنحرافات ويرسم عند قمة كل ساعة زمن فى المثال السابق خطاً عبر الفترة ثم يقام عمود من جانبى الخط المرسوم على المحور الأفقى. وعند الإنتهاء من رسم الأعمدة الخاصة بكل الفترات الزمنية فسوف يظهر على الخريطة مجموعة من الأعمدة البيانية المتلاصقة تبين إنحرافات العملية.

بناء المدرج

يقوم فريق العمل عند بناء المدرج بتحديد المدى الذى تتوزع عليه البيانات التى يتعاملون معها. ويتحدد هذا المدى بالفرق بين أصغر قراءة فى العينة وأكبر قراءة فيها.

قرار تنظيمى

يتعين إتخاذ قرار بعدد الأعمدة التى سوف تمثل العينات المسحوبة. وعندما تسحب عينات كثيرة من فترات كثيرة كذلك فإنه يصعب إتخاذ قرار بخصوص عدد الفترات أو الفئات التى سوف يمثلها كل عمود. وفى هذه الحالة، فإن عدد الأعمدة المعروضة يتحدد بإستخدام الجدول المعروض فى الشكل 8.4.

تزيد الدقة بزيادة عدد العينات المسحوبة وعموما يجب ألا يقل عدد العينات الممثلة على المدرج عن 50 عينة.

شكل 8.4 تحديد مدى المدرج

عدد القراءات	عدد الفترات
صفر حتى 50	من 5 إلى 7
50 حتى 100	من 6 إلى 10
100 حتى 150	من 7 إلى 12
150 فأكثر	من 10 إلى 14
النطاق = المدى ÷ عدد الفترات الزمنية مثال: 0.31 = 3.1 + 10	

تحديد نطاق كل عمود

يتحدد نطاق كل فترة ممثله بعمود بقسمة المدى على عدد الفئات وكقاعدة عامة فإنه يجب الحصول على 20 مشاهدة قبل بناء المدرج (أنظر شكل 8.4).

إستكمال المدرج التكرارى

يستكمل المدرج التكرارى بوضع قياسات العينات على المحور الرأسى (Y) والفترات الزمنية على المحور الأفقى (X) ثم رسم الأعمدة الممثلة للبيانات.

خرائط الوسط الحسابى $\overline{X}$ والمدى R

بالرغم من التنوع الكبير فى خرائط المراقبة الممكن إستخدامها للعمليات المختلفة، فإن أكثر الخرائط فائدة للعملية الهندسية هى خريطة الوسط الحسابى $\overline{X}$ التى تبين متوسط تشغيل العملية وكذلك خريطة المدى R وهى تبين المدى الذى تشغل فيه العملية وتستخدم خرائط الوسط الحسابى $\overline{X}$ والمدى R معاً فى العادة.

وتكون هذه الخرائط فعالة بشكل خاص عندما ينصب الإهتمام على تحديد ما يجب قياسه وكيف تؤخذ القياسات.

من أين نبدأ

إن البيانات المطلوبه لبناء خرائط الوسط الحسابى $\overline{X}$ والمدى R هى تلك البيانات المأخوذة من عينات عديدة. ويتم تحديد حجم العينة عادة، حسب المواصفات النوعية (مواصفات الجودة). وعلى كل حال فإن العينة يجب أن تكون كبيرة لدرجة تضمن (تحقق) الدقة فى التقديرات. ويجب أن يظهر بالعينة كل صفات وخصائص المجتمع المسحوبة منه. وقد إقترح چوران [9] Juran إستخدام جداول الإعداد العشوائية المبين جزء منها فى الجدول 8.1، حيث يمكن تحديد أرقام العينات الستة المسحوبة من السطر السادس مثلا بالجدول مثلا فتكون أرقامها هى 5, 6, 14, 8, 16, 21.

جدول الأعداد العشوائية

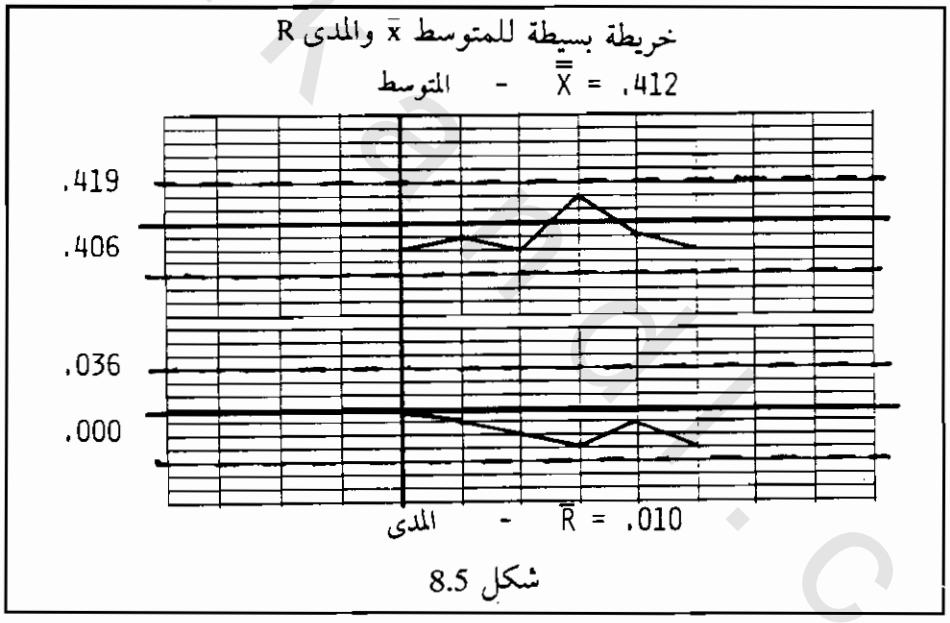
3	8	23	50	46	4	9
6	8	5	32	4	34	16
10	45	12	9	14	43	23
17	5	7	23	43	7	15
45	32	46	12	42	5	18
6	14	8	16	21	5	34

جدول 8.1 P. 115

وأيا كان الحجم المطلوب للعينة فإن كل عينة يجب أن تسحب لإبراز إنحراف معين. والإنحراف المعين متوقع كجزء من العملية لذلك فإنه من غير المحتمل تقليله. وبمجرد إتخاذ قرار بخصوص حجم العينة والفترات الزمنية التى تسحب خلالها العينات، فإن عملية جمع البيانات تبدأ. وتتحقق كثير من المزايا بالمحافظة على حجم العينة أقل من 10. والواقع أن العينة ذات الخمسة مفردات تعتبر مناسبة للإستخدامات الهندسية. ويجب أيضا المحافظة فى البداية على إستخدام فترات زمنية قصيرة. ومن المناسب كذلك إستخدام فترات زمنية كل منها نصف ساعة فى بداية العمل فى العمليات الهندسية، وعموما فإنه يمكن بعد الحصول على المعلومات الأساسية زيادة طول الفترات الزمنية إلى ساعتين أو حتى أكثر. ومرة

أخرى فإنه بغض النظر عن طول الفترة الزمنية المستخدمة فإن كل عينة تسحب من مصدر منفرد. وعندما تكون العينات متشابهة بقدر الإمكان فإن الإنحرافات التى تظهر هى الإنحرافات المرتبطة بالعملية ذاتها.

إن خرائط الوسط الحسابى $\overline{X}$ والمدى R هى الأكثر إنتشاراً بين الخرائط المتعددة للرقابة. ويبين شكل 8.5 نموذجاً مبسطاً للخريطتين معاً. ويلاحظ أن كل قراءة على خريطة الوسط الحسابى $\overline{X}$ يمكنها أن تعرض مجموعة من العينات اليومية خلال فترة خمسة أيام أو يمكنها أن تعرض الفترة الزمنية بالساعات. والمظهر الهام للبيانات المعروضة فى خريطة الوسط الحسابى $\overline{X}$ هو أن كل نقطة على الخريطة هى قيمة متوسطة لمجموعة فرعية.



شكل 8.5

حدود الرقابة

يسمى الخطان المرسومان أعلى وأسفل خط المركز ($\overline{X}$) بالحدود العليا والحدود الدنيا. وعندما تعرض خريطة الوسط الحسابى $\overline{X}$ العملية المستقرة داخل هذه

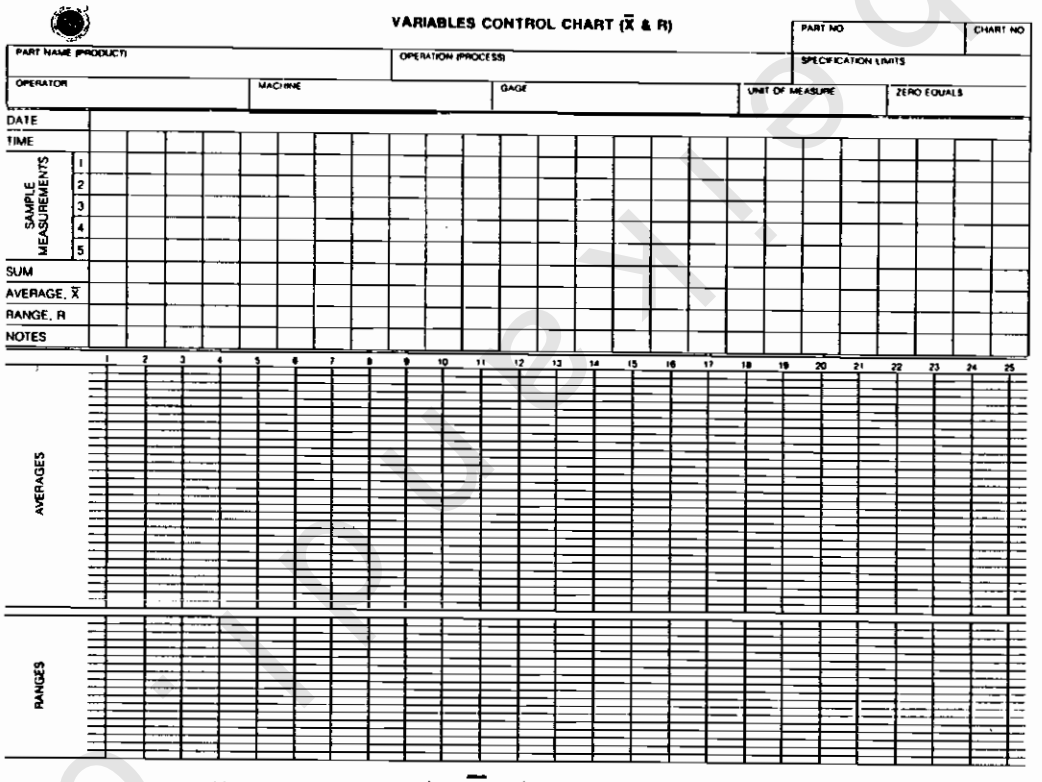
الحدود، فإن القياسات الموقعة تتجه إلى أن تأخذ شكل منحنى التوزيع الطبيعى. وتبين خريطة الوسط الحسابى $\overline{X}$ متوسط القياسات لمجموعات فرعية معينة معروفة فى شكل نقط منفرده على الخريطة. ومن ناحية أخرى فإن خريطة المدى تبين المدى R الخاص بكل مجموعة فرعية.

بناء خرائط الوسط $\overline{X}$ والمدى R

تبنى خرائط الوسط $\overline{X}$ والمدى R على نفس الشكل لذلك فإنها سوف تناقش تحت نفس العنوان. وستعطى نفس الإعتبارات للبيانات المستخدمة فى كلا النوعين من الخرائط.

وسوف تبين خرائط المراقبة لفريق العمل على المدى الطويل ما إذا كانت إنحرافات العملية طبيعية وملازمة لها أم أنها ترجع إلى أسباب خارجية (معنوية). وسوف يؤدى علاج كل من هذه الأسباب منفرداً إلى تحسين النوعية (الجودة). إن الإستخدام الثابت لخرائط الوسط الحسابى $\overline{X}$ والمدى R خلال فترة تشغيل العملية سوف يعطى تاريخاً مفيداً للعملية يساعد على التحسين المستمر فيها. وسوف توصف خطوات بناء خرائط الوسط الحسابى والمدى $\overline{X}/R$ فيما بعد.

ويفترض الإجراء التالى أن لدى فريق العملية الهندسية نسخاً من النماذج التى توفرها الجمعية الأمريكية لمراقبة الجودة American Society For Quality Control لكل من خرائط الوسط الحسابى $\overline{X}$ والمدى R (أنظر الشكل 8.6). وتحتوى هذه النماذج على جميع الخانات الضرورية لإدخال البيانات كما أنها تحتوى على مساحات للفترات الزمنية المختاره.



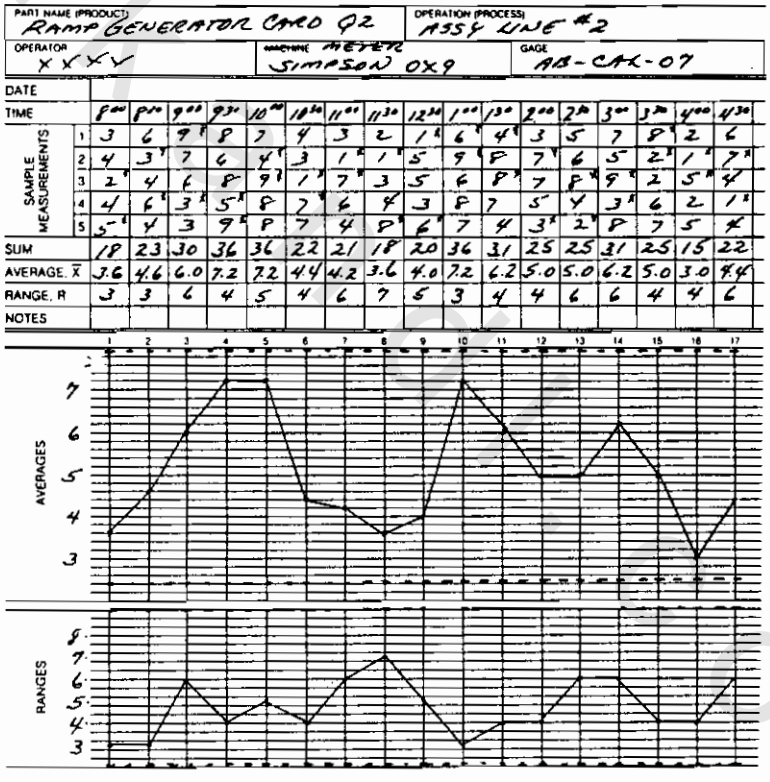
شكل 8.6 : خريطة المتوسط $\bar{X}$ والمدى R حسب متطلبات

الجمعية الأمريكية لمراقبة الجودة (ASQC)

شكل 8.6 P. 118

ويبين الشكل 8.7 إجراءات وضع البيانات المجموعة على الخريطة. وستبنى كل الحسابات على أساس هذه البيانات وتمثل البيانات إختباراً يجريه فريق التصميم ومهندسى النظم للمشكلة المشكوك فى أنها هى سبب الأعراض التى ظهرت فى كارت المولد الكهربائى. ولقد صممت هذه الكروت للإستخدام فى التصميم والتطوير بالمعمل. ولقد أخذت القياسات بالميليفولت حيث تؤخذ خمسة قياسات كل نصف ساعة.

الخريطة الكاملة للمراقبة



شكل 8.7 P. 119

الخطوة الأولى:

توضع الخريطة الفارغة فى مكان واضح بالحجرة ويتم التأكد من أن كل شخص مشترك فى العملية تحت الفحص يفهم جيدا كيفية إستخدامها.

الخطوة الثانية:

يبدأ سحب العينات وتوضع الأرقام على الخريطة حسب ترتيب سحبها. ثم يستمر سحب العينات من خلال مدة تنفيذ العملية. والمدة فى الشكل 8.7 هى فترة عمل وردية كاملة من الساعة الثامنة صباحاً وحتى الساعة الرابعة والنصف مساء.

الخطوة الثالثة:

يحسب متوسطة كل عينة. وهكذا تجمع كل عينة وتوضع القيمة فى مجموع الصف على الخريطة. وتأخذ أرقام العينة فى الإعتبار خلال العملية، ثم يؤشر بأعلى وبأقل قيمة فى كل مجموعة فرعية للإستخدام مستقبلا فى إجراء الحسابات. فمثلا فى الساعة الثامنة صباحاً كانت أعلى قراءة فى المجموعة الفرعية هى 5 وأقل قراءة هى 2 وكان مجموع القراءات هو 18.

الخطوة الرابعة:

يقسم المجموع على إجمالى عدد العينات المسحوبة فى كل فترة محددة. ثم تسجل الإجابة فى الصف الذى عنوانه المتوسط($\overline{X}$). يقسم المجموع (18) على عدد العينات (5) فيكون المتوسط ($\overline{X}$) هو 3.6 .

الخطوة الخامسة:

يحسب المتوسط الكلى بجمع كل الأرقام فى صف المتوسط $\overline{X}$ ثم يقسم

المجموع على عدد القراءات فى هذا الصف. وفى الشكل 8.7 كان مجموع القراءات هو 86.80 وعددها 17 قراءة وبالقسمة يكون المتوسط الكلى ($\bar{\bar{X}}$) هو خارج القسمة ويساوى 5.11.

الخطوة السادسة :

يحسب المدى بالفرق بين أصغر رقم وأكبر رقم، ثم يسجل الفرق فى السطر الذى عنوانه المدى (R) وفى نفس العمود للإستخدام فى الحسابات. فى الساعة الثامنة صباحاً كان المدى هو 2 = 3 - 5 .

الخطوة السابعة :

يحسب متوسط المدى ($\bar{R}$) بجمع كل الأمدية وقسمة المجموع على عدد القراءات. وكان مجموع القراءات هو 80 وعددها 17 قراءة، وبالقسمة يكون متوسط المدى هو 4.71.

ملاحظة : عند هذه النقطة يكون الفريق الهندسى قد جمع كل البيانات اللازمة لإجراء التوقيع البيانى للمتوسطات ($\bar{X}$) وكذلك المدى (R). ويمكن وضع البيانات على الشكل فى الأماكن المناسبة بالتزامن مع أوقات سحب العينات.

وقبل توقيع البيانات فإنه يجب إختيار مقياس الرسم المناسب.

الخطوة الثامنة :

لحساب مقياس الرسم فى الشكل البيانى، تكون البداية هى إيجاد أكبر وأقل المتوسطات ($\bar{X}$)، ويوضع مقياس الرسم بحيث يضم كل المتوسطات داخل الخريطة. وفى المثال، كان أعلى متوسط ($\bar{X}$) هو 7.2 وأصغر متوسط هو 3 وأكبر مدى (R) هو 7.0 وأصغر مدى هو 3.0.

obeikandl.com

الخطوة التاسعة:

توقع البيانات بإستخدام الجزء العلوى فى الشكل للمتوسطات والجزء السفلى لبيانات المدى. ثم يستمر توقيع النقط مكوناً خطاً للمتوسطات وخطاً آخر للأمدية.

الخطوة العاشرة:

تستخدم الأرقام التى تم الحصول عليها فى حساب المتوسط الكلى $\overline{\overline{X}}$ المحسوب فى الخطوة الخامسة، وكذلك متوسط المدى المحسوب فى الخطوة السابعة. ثم يرسم خط سميك عند هذه النقط بين نهاية الشكل البيانى ثم يوشر عليه.

الخطوة الحادية عشر*:

تحسب حدود المراقبة لكل شكل بيانى بالإجراءات التالية: بالنسبة للحد الأعلى لمراقبة المدى (R).

$$UCL_R = \overline{R} * d_4$$

$$= 4.71 * 2.114 = 9.96$$

(بالنسبة لقيمة d_4 وغيرها من الثوابت يرجع للجدول 7.2 وإلى جدول الثوابت الإحصائية).

وبالنسبة للحد الأدنى لمراقبة المدى

$$LCL_R = \overline{R} * d_3$$

$$= 4.11 * 0 = 0$$

وبالنسبة للحد الأعلى لمراقبة المتوسط $(\overline{X})$

* قام المعرب بتصحيح المعادلات الواردة بهذه الخطوة والخطوة الثانية عشر.

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + (\bar{R} * A_2)$$

$$= 5.11 + (4.71 * 0577) = 7.83$$

حيث $\bar{\bar{X}}$ هو المتوسط الكلى.

الثابت A_2 مأخوذ من جدول 7.2، $\bar{R}$ هو متوسط المدى.

وبالنسبة للحد الأدنى لمراقبة المتوسط.

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - (\bar{R} * A_3)$$

$$(4.71 * 0.577) - 5.11 = 2.39$$

حيث $\bar{\bar{X}}$ هو المتوسط الكلى، والثابت A_2 مأخوذ من الجدول 7.2، $\bar{R}$ هو متوسط المدى.

الخطوة الثانية عشر:

تستخدم القيم التى يتم الحصول عليها بإعتبارها الحدود العليا والدنيا لكل من المدى وللمتوسط: UCL_R, LCL_R, $UCL_{\bar{X}}$, $LCL_{\bar{X}}$ وذلك من الخطوة الحادية عشر، ثم يرسم خط سميك متقطع عند هذه النقط بين نهاية كل شكل بيانى ثم يؤشر عليه.

تفسير بيانات خريطة المراقبة

عندما يكمل فريق العملية الهندسية إدخال كل البيانات فى خريطة مراقبة الوسط الحسابى والمدى $(\bar{X}/R)$، فإنه يجب تفسير النتائج والتصرف على أساسها. ويستطيع الفريق الإستمرار فى أداء العملية طالما كانت تحت الضبط أو يجرى التغيرات لتصحيح أية أوضاع تجعلها خارج الضبط.

حالة وقوع كل النقط داخل حدود الضبط

عندما تقع كل نقط البيانات داخل حدود الضبط فى كل من خريطتى المدى والمتوسط فإن العملية تكون تحت الضبط. ويشير ذلك إلى أن الإنحرافات الطبيعية فقط هى التى تلازم العملية تحت الفحص، وعلى ذلك يمكن أن تستمر العملية كما هى (أنظر شكل 8.7). وسوف يستمر الفريق فى توقيع نقط البيانات ليتأكد من الإحتفاظ بالعملية تحت الضبط.

جدول 8.2 البيانات المصاحبة للشكل 8.7*

$\overline{X}$	المتوسط العام	5.11
$\overline{R}$	متوسط المدى	4.71
d3	الثابت (لخمسة عينات)	0.000
d4	الثابت (لخمسة عينات)	2.114
UCL_R	الحد الأعلى للمدى	9.96
LCL_R	الحد الأدنى للمدى	0.000
$UCL_{\overline{X}}$	الحد الأعلى للمتوسط	7.83
$LCL_{\overline{X}}$	الحد الأدنى للمتوسط	2.39

وقد تقع أحيانا نقطة أو نقطتين خارج حدود الضبط ولكنها تكون حالات نادره جائت بطريق الخطأ، ويكون الإجراء المعقول فى هذه الحالة هو إستبعاد هذه النقط من خرائط مراقبة الوسط أو المدى.

حالة وقوع بعض نقط البيانات خارج الحدود

عندما تقع ثلاث نقاط أو أكثر خارج حدود ضبط الوسط أو المدى فإنه يفترض عادة أن تكون العملية خارة الضبط الإحصائى وأن الإنحرافات المصاحبه للعملية

* قام المعرب بتصحيح الرموز.

هى إنحرافات غير مستقره، ومن المحتمل وجود أسباب جوهرية للإنحرافات لذلك يجب إزالتها ثم يعاد حساب كل من المتوسط العام $\overline{\overline{X}}$ ومتوسط المدى $\overline{R}$.

ويجب حساب الحدود الجديدة للضبط. وإذا وجد أن العملية مازالت خارج الضبط لوجود نقاط خارج الحدود الجديدة فإنه يجب إيجاد أسباب الإنحراف وإزالتها.. وحتى إذا كانت كل النقاط داخل حدود الضبط الجديده فإنه يجب فحص العملية بدقة للتأكد من أن أسباب الإنحراف قد أزيلت بالكامل.

تلخيص خريطة المراقبة

يجب ألا يقل عدد القياسات المأخوذة خلال الفترة الزمنية عن 50 وتكن عادة مكونه من مجموعات. كل منها خمسة قياسات وتكون هذه القراءات الخمسة مجموعة فرعية يحسب متوسطها. وبعبارة أخرى، يرمز لكل قراءة بالرمز X ولمتوسط المجموعة الفرعية بالرمز $\overline{X}$. ونتيجة لذلك فإن قيم $\overline{X}$ هى التى توقع على الخريطة مقابل الوقت الذى سحبت فيه المجموعة افرعية. وتكون خريطة المدى (R) بنفس الأسلوب. ويحسب المتوسط العام $(\overline{\overline{X}})$ بجمع متوسطات المجموعات الفرعية ثم قسمة المجموع على عدد هذه العينات. ثم يوضع المتوسط العام $\overline{\overline{X}}$ بعد حسابه فى منتصف المحور x. وبعد الإنتهاء من وضع كل من المتوسط العام $(\overline{\overline{X}})$ ومتوسط المدى $(\overline{R})$ على الخريطة يبدأ حساب حدود الضبط العليا والدنيا بإستخدام المعادلات التالية:

الحد الأعلى لضبط الوسط $\overline{X}$:

$$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + (A_2 * \overline{R})$$

الحد الأدنى لضبط الوسط $\overline{X}$:

$$LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - (A_2 * \overline{R})$$

الحد الأعلى لضبط المدى R:

$$UCL_R = d_4 * \bar{R}$$

الحد الأدنى لضبط المدى R:

$$LCL_R = d_3 * \bar{R}$$

وتستخرج قيمة الثوابت A_2, d_4, d_3 من الجدول 7.2. كما توجد قيم هذه الثوابت أيضا فى ظهر نماذج خرائط المراقبة التى أعدتها الجمعية الأمريكية لمراقبة الجودة ASQC والتى يوصى بإستخدامها فى الشكل 8.6.

ويعتبر المثال المعروض فى الشكل 8.7 نموذجا دقيقا لخرائط مراقبة الوسط والمدى $\bar{X}/R$. ويعتبر شكل العملية تحت الضبط الذى يظهر فى الخريطة عشوائيا تماماً بدون أى تحيز. ويجب أن تكون أغلب النقاط قريبة من خط المركز، كما هو موضح فى المثال، ولكن توجد على كل حال بعض النقاط القليلة بالقرب من حدود الضبط.

قدرة العملية

يجب أخذ جميع مسببات الإنحراف فى الإعتبار عند حساب قدرة العملية التى يفحصها الفريق. وهناك إحتمال أن تكون العملية تحت الضبط الكامل ولكنها بالرغم من ذلك لا تستطيع أن تعطى مخرجات ترضى فريق العمل. وما لم تلبى مخرجات العملية متطلبات العميل فإنها تكون موضعاً للشك ويجب إدخال تعديلات عليها. ويثور السؤال: كيف يستطيع الفريق إتخاذ قرار بما إذا كانت العملية قادره على تأدية الوظيفة المطلوبه منها من عدمه.

مؤشرات قدرة العملية

قد يكون تحديد قدرة العملية عملا مملا لأنه يستهلك الكثير من الوقت فى

دراسة وتحليل البيانات بإستخدام المعادلات الرياضية المتاحه. وعلى كل حال، فإن فريق العملية الهندسية يستطيع إستخدام معادلة بسيطة لحساب المؤشر Cp للعملية، CPk لكل من حدى المواصفات الفنية لإجراء التعديلات المطلوبة فى المعادلة. ومن المهم أن يؤخذ فى الإعتبار أن قدرة العملية هى عبارة عن إدخال الإعتبارات الهندسية للمواصفات فى الحسبان إلى جانب خرائط المراقبة. ولضمان دقة مقياس قدرة العملية فإن جمع البيانات يجب أن يستمر لفترة لا تقل عن شهر. وتزيد دقة المقياس كلما زادت مدة جمع البيانات وتوقيعها على الخرائط.

وتبدأ دراسة قدرة العملية مع جمع البيانات وعمل خرائط المراقبة. ويجب حساب حدود المراقبة بدقة وكذلك توقيع نقاط البيانات على الخريطة. كما يجب التأكد من أن العملية تحت الضبط قبل البدء فى حساب قدرتها. ويكون مقياس قدرة العملية غير صحيح إذا كانت العملية خارج الضبط أو كانت بياناتها لا تتبع التوزيع الطبيعى.

كين كن يحتفظ بهدوءه

إنتهى جامينج جون Jumping John لتوه من جمع أول مجموعة من البيانات، وبقى أن يعتمدها كين كن Keen Ken مدير معمل النظم.

لم يكن جون سعيداً. وقال موجها كلامه لكين أنه لا يجب أن يشكو من مثل هذه الأشياء، ولكنه مهندس نظم وليس إحصائى، وأنه ظل يجمع البيانات ويوقعها حتى إزرق وجهه وأن العملية جيدة كما قال منذ البداية، وطلب عندئذ من المدير أن ينظر إلى المنحنى مشيراً إلى الخريطة المعلقة على جدران المعمل. وقال أن العملية تحت الضبط كما أنها تتبع التوزيع الطبيعى أيضا.

وتبسم كين قائلا بأنه يعتقد أن العملية تقع داخل حدود الضبط كما حددها چون، لكن العملية تخرج عن الحدود الفنية كما حددها القسم الفنى المختص وعرض ورقة المواصفات على چون. ثم أضاف بأن المطلوب الآن هو رسم حدود المواصفات على الخريطة لمعرفة لماذا تقل كفاءة الأداء عن المستوى المفروض، وهنا ضرب چون رأسه بشدة وصاح: ما العمل؟.

إحتفظ كين كن بهدوءه وقال بأن المهمة الآن هى تحديد ما إذا كانت العملية تلبى متطلبات المواصفات الفنية أم لا.

آثار ذلك إهتمام چون وسأل: حسنا، كيف تفعل ذلك؟

إبتسم كين ثانية وأخبر چون بأنهم سوف يحسبون كل من: Cp,Cpk

حساب C_P

يصور مقياس القدرة C_P العلاقة بين الحدود العليا والدنيا للمواصفات والإنحراف المعيارى المقدر للعملية. وكما سبق ذكره فإنه يجب أولا عمل خرائط كل من الوسط ($\overline{X}$) والمدى (R) للتأكد من أن العملية تحت الضبط. وبمجرد عمل هذه الخراط (كما هو مبين بالشكل 8.7) فإنه يمكن إيجاد مقياس القدرة C_P كما يلى:

$$C_P = (USL - LSL) / (6 * \hat{\sigma})$$

حيث: USL هو الحد الأعلى للمواصفات، LSL هو الحد الأدنى للمواصفات.

وتضع الجهة المختصة ـ مثل الإدارة الفنية ـ كلا من حدى المواصفات بحسب شروط التعاقد أو المستويات الصناعية المحددة. وقد تختلف هذه الحدود عن حدود الضبط.

فمثلا، أفترض أنه فى الشكل 8.7 كان الحد الأعلى للمواصفات هو 7.0 والحد الأدنى للمواصفات هو 3.0 وإفترض كذلك أن هذه الحدود أعطاها فريق المهندسين المكلف بدراسة الشكل إلى مدير المعمل.

الإنحراف المعيارى المقدر للعملية

يمكن تقدير الإنحراف المعيارى $\hat{\sigma}$ للعملية تحت الضبط والمطلوب لتطبيق معادلة قياس قدرة العملية Cp، من بيانات الخريطة والموجودة فى الجدول 8.2 كما يلى:*

$$\hat{\sigma} = \bar{R} / d_2$$

$$= 4.71 / 2.326 = 2.02$$

حيث $\bar{R}$ هو متوسط أمدية المجموعات الفرعية، d_2 قيمة ثابتة مستخرجة من الجدول 7.2

ويستخدم σ المحسوب فى معادلة Cp:

$$Cp = (USL - LSL) / (6 * \hat{\sigma})$$

$$= (7 - 3) / (6 * 2.02) = 0.33$$

إذن قدرة العمليه المعروض فى الخريطة بالشكل 8.7 هى0.33 ويعنى كونC_p مساويا للقيمة 1 أو أكثر أن العملية موضوع الفحص ستكون قادرة على تلبية حدود المواصفات القياسية.

حساب C_{pk}

تشيرC_p فقط إلى كيفية ارتباط الحدين الأعلى والأدنى للمواصفات بقدرة العملية ولكنها لا تبين مدي صلاحية المتوسط العام $\bar{X}$ وهذا ما يبينه المقياسC_{pk}

وقبل حساب C_{pk} فإنه يجب حساب موشرين آخرين هما: C_{pl}, Cpu ويخص

* قام المعرب بتصحيح المعادلة.

كل منهما أحد حدى المواصفات بينما يخص C_{pk} كلا الحدين معا. ويؤخذ فى الإعتبار كل الموشرات الثلاثة بعد تحديد متوسط العملية. ويكون C_{pk} هو المقياس الحقيقى لقدرة العملية وتتحدد قيمته بالأصغر من: Cpl, Cpu. وتحسب الموشرات الثلاثة كما يلى:

بإستخدام القيم الوارده فى الشكل 8.7:

ويكون C_{pL} ناتج طرح الحد الأدنى للمواصفات من المتوسط العام $\overline{\overline{X}}$ مقسوماً على ثلاثة أمثال الإنحراف المعيارى المقدر $\hat{\sigma}$

$$C_{PL} = (\overline{\overline{X}} - LSL) / 3\,\hat{\sigma}$$

$$= (5.11 - 3) / 6.6 = 0.35$$

ويكون Cpu هو ناتج طرح المتوسط العام $\overline{\overline{X}}$ من الحد الأعلى للمواصفات مقسوماً على ثلاثة أمثال الإنحراف المعيارى المقدر $\hat{\sigma}$

$$C_{PU} = (USL - X) / 3\,\hat{\sigma}$$

$$= (7 - 5.11) / 6.6 = 0.31$$

$$C_{PK} = \min (C_{PL}, C_{PU})$$

$$= \text{القيمة الأصغر}$$

$$0.31 =$$

وعند تساوى كل من C_{PL}, C_{PU} فإن العملية تكون متمركزة تماماً.

وتبين المقارنة فى المثال السابق بين C_P, C_{PK} أن المؤشر C_{PK} لا يمكن أبداً أن يكون أكبر من C_P المحسوبة من نفس التوزيع. وعندما يتحرك التوزيع مبتعداً عن

القيمة المركزية لحدود المواصفات فإن زيادة Cpk تفسده وعلى ذلك فإن القيمة الرئيسية لحساب Cp هى بيان لأى مدى يفضل Cpk كمقياس يبين لأى حد كان مركز التوزيع قريبا من مركز حدى المواصفات. إن قيمة Cpk أكثر من محددة. وعندما تكون Cpk أكبر من 1، فإن التوزيع كله يكون فى حدود المواصفات. وبعبارة أخرى، يكون الفرق بين حدى المواصفات أكبر من ستة أمثال الإنحراف المعيارى (6 σ). وإذا كانت Cpk مساوية 1 تماما فإن حدى الضبط يتساويان مع حدى المواصفات.

وإذا كانت Cpk أى قيمة أقل من 1، فإن نسبة ما على الأقل من التوزيع تقع خارج حدود المواصفات.

وتلخيصا لما سبق، فإن Cp يعتبر مقياس لتشتت التوزيع خلال مدى يساوى ستة أمثال إنحرافه المعيارى (6 σ)، بغض النظر عما إذا كان التوزيع متمركزاً. ومن ناحية أخرى فإن Cpk مقياساً لتشتت التوزيع عندما يكون متمركزاً. وقد أورد كتاب Data Myte Handbook [10] شرحا ممتازاً وتلخيصا لكل من Cp, Cpk، وذلك على الوجه التالى:

يجيب Cp عن ما إذا كان توزيع المفردات داخل حدود السماح (إذا كانت متمركزة). أما Cpk فيجيب عن ما إذا كان توزيع المفردات يقع داخل الحدول المسموح بها (بصفة عامة)، ولكن من المهم أن يحدد الفريق ـ قبل الوصول إلى المعامل C_{PK} قيمة معاملين آخرين هما Cpu, Cpl، وهما مقياسين لمدى لحدود عليا ودنيا لمدى إبتعاد المواصفة عن المعامل النظرى Cpk وفى حالة وجود إبتعاد نحو أحد الطرفين من القيمة النظرية فإنه يجب الرجوع إلى العناصر الفنية للمواصفة والتى قد تكون هى السبب وراء هذه النتائج. ومن البديهى أن نفهم بأن المؤشرات

الثلاثة هى فى حقيقة الأمر منسوبة إلى النقطة التى يتمركز عندها متوسط قدرة العملية ($\overline{X}$). والمؤشر Cpk هو المعامل النظرى لقدرة العملية منسوبا إلى حدود المواصفة وهو القيمة الصغرى عند مقارنة المعاملات الثلاثة.

obeikandl.com