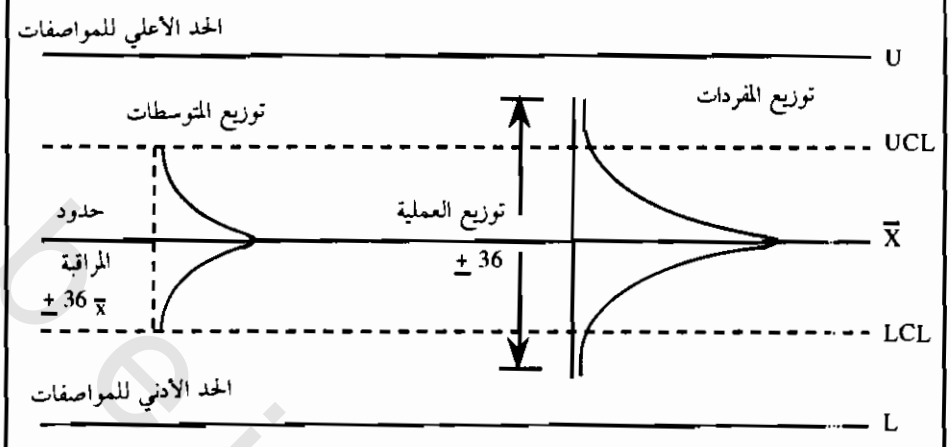
الفصل التاسع

حدود المواصفات الفنية
وحدود المراقبة الاحصائية

ترتبط حدود المراقبة الاحصائية للعمليات SPC بمتوسط هذه العمليات $\overline{\overline{X}}$ وكذلك بإنحرافها المعيارى $3\ \overline{X}$ ، بل أنها تعتبر دالة لهذين المتغيرين، أما المواصفات الفنية فإنها ترتبط بالإنحرافات المسموح بها فى عملية محددة وهى بذلك تتعلق بقيم فردية وليس بمتوسطات. ويحدد المهندسون حدوداً للمواصفات الفنية لتلبية إحتياجات معينة. لذلك فإن الفرق بين النوعين من الحدود هو أن حدود المراقبة ترتبط بمتوسطات العينات المسحوبة أما حدود المواصفات الفنية فيحددها مهندسوا الإنتاج للوحدات المنتجة نفسها أى أنها ترتبط بالمفردات وليس بالمتوسطات. ويبين الشكل 9,1 كيف أن حدود المراقبة تبعد عن مركز العملية بثلاثة وحدات إنحراف معيارى للمتوسط $3\sigma_{\bar{x}} = 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ وأنها لاترتبط بالمواصفات الفنية التى يحددها المهندسون.

يحدد مهندسوا الإنتاج المواصفات الفنية للعملية بغض النظر عن التوزيع الإحتمالى الذى تتبعه متوسطات العينات المسحوبة منها. ويترتب على ذلك أن نواجه أحد أوضاع ثلاثة هى:



شكل 9.1

شكل 9.1 العلاقة بين حدود المراقبة وحدود المواصفات الفنية

1. أن تكون حدود المراقبة أضيق من حدود المواصفات.
2. أن تتساوى كل من حدود المراقبة وحدود المواصفات.
3. أن تكون حدود المراقبة أوسع من حدود المواصفات.

ويمكن التعبير عن هذه الحالات رياضياً بالشكل التالى:

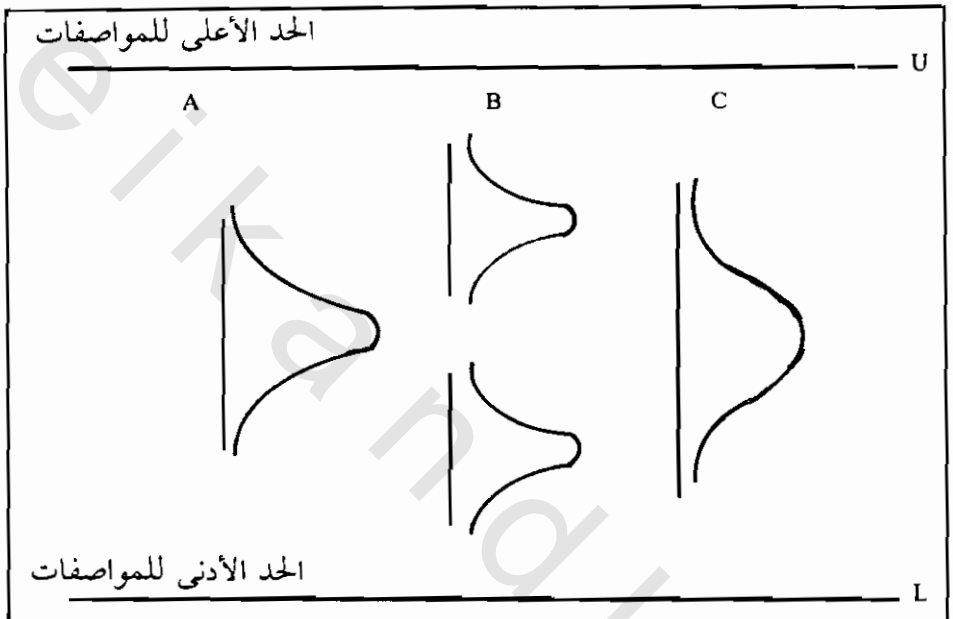
1. $UL - LL > 6\ \sigma_{\bar{x}}$
2. $UL - LL = 6\ \sigma_{\bar{x}}$
3. $UL - LL < 6\ \sigma_{\bar{x}}$

حيث UL هو الحد الأعلى للمواصفات

LL هو الحد الأدنى للمواصفات

$\sigma_{\bar{x}}$ الانحراف المعيارى للمتوسطات

والوضع الأول هو الوضع المرغوب فيه أكثر من زميليه. ويبين الشكل 9.2 أن أفضل توزيع للمفردات هو التوزيع A . وحيث أن حدود المواصفات أوسع من حدود المراقبة فإن العملية تكون تحت الضبط حتى لو حدث إنتقال لمركز العملية لأسفل أو لأعلى كما فى التوزيعين B . كما أن العملية أيضاً تظل تحت الضبط حتى لو زاد الإنحراف المعيارى للمتوسطات $\sigma_{\bar{x}}$ كما فى التوزيع C .

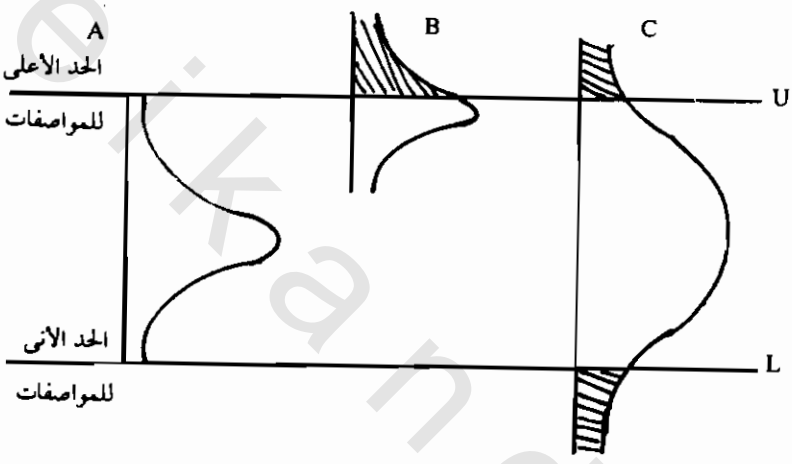


شكل 9.2

حدود الضبط أضيق من حدود المواصفات الفنية

ويعتبر الوضع الأول إقتصادياً لأنه حتى لوتغيرتإحدى معلمتى التوزيع كما فى الحالتين B,C فإنه لن توجد وحدات معيبه. وبالتالى لن توجد حاجة إلى إجراء عمليات الضبط المتكررة للآلات أو تحرى أسباب الانحرافات. والواقع أن وجود هذا الوضع يغرى بإلغاء عملية المراقبة الاحصائية أصلاً وتوفير نفقاتها.

يبين الشكل 9.3 الوضع الثانى الذى تتساوى فيه حدود المراقبة الاحصائية للعملية SPC مع حدود المواصفات الفنية. وتبين من الشكل أنه فى حالة التوزيع A لانواجه مشكلة أن تكون العملية خارج الضبط. ولكن التوزيع B يبين أن التغير فى مركز العملية يؤدى إلى وقوع العملية خارج الضبط. ويتحقق ذلك أيضاً فى حالة زيادة قيمة الإنحراف المعيارى للمتوسطات $\sigma_{\bar{x}}$ كما فى حالة التوزيع C .

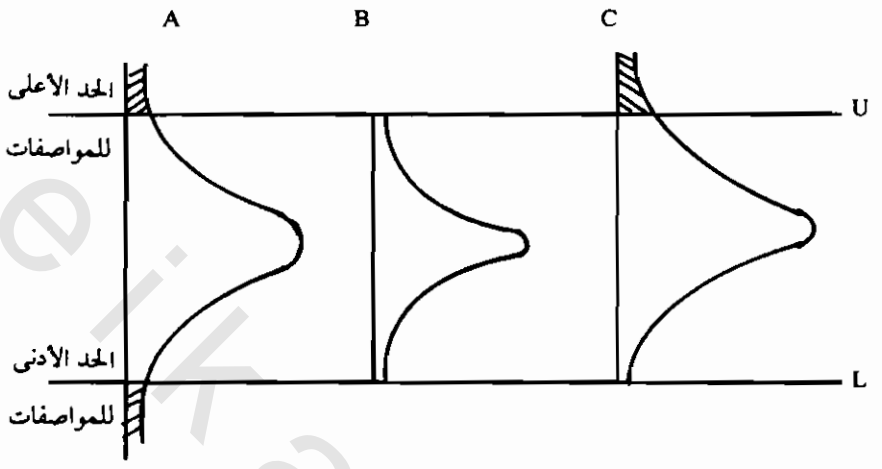


شكل 9.3

حدود الضبط تساوى حدود المواصفات الفنية

وتجدر الإشارة أن قيمة كل من معلمتى التوزيع $\bar{\bar{x}}$, $\sigma_{\bar{x}}$ ترتبط مباشرة بقيم مشاهدات العينات التى يتم سحبها لذلك فإنها عرضه للتغير فى كل مرة. لذلك فإنه فى حالة الوضع الثانى ينبغى الإهتمام بتحرى الأسباب الجوهرية المسببة للإنحرافات وتصحيحها بأسرع ما يمكن.

ويبين الشكل 9.4 الوضع الثالث عندما تكون حدود المراقبة أوسع من حدود المواصفات الفنية وهو الوضع غير المرغوب فيه.



شكل 9.4

حدود الضبط أوسع من حدود المواصفات الفنية

ويتضح من الشكل أنه حتى فى حالة وجود الإنحرافات العشوائية فقط فإن بعض النقاط تقع خارج حدود المواصفات كما فى التوزيع A . وتعتبر هذه هى الحالة الوحيدة التى تكون فيها العملية تحت الضبط ولكنها لاتلبى المواصفات الفنية حيث يظهر بها وحدات معيبه. وتواجه الإدارة هذا الوضع بإستخدام واحد أو أكثر من الحلول التالية :

1. مناقشة مهندسى الإنتاج فى محاولة لتوسيع حدى المواصفات الفنية. وقد يتطلب ذلك إجراء البحوث والدراسات لتحديد مدى تأثير توسيع حدى المواصفات الفنية على إمكانية استخدام الجزء موضوع المراقبة فى المنتج النهائى.

2. الإستغناء عن المراقبة الإحصائية للعملية SPC تماماً وفحص كل الوحدات المنتجة بنسبة 100% وإستبعاد الوحدات غير المطابقة للمواصفات الفنية. ولايبدو هذا الحل مغرياً ولكنه قد يكون إقتصادياً أو هوالحل الوحيد الممكن.

3. تغير تباين العملية بالشكل الذى يؤدى إلى تضييق المسافة بين طرفى منحنى التوزيع. ويبين التوزيع B فى الشكل 9.4 هذه الحالة.

وقد يحتاج تقليل التباين وبالتالى الإنحراف المعيارى لمتوسطات العينات إلى إجراء تغيرات فنية مثل: تغير المواد الخام المستخدمة، إستخدام عمال ومهندسين أكثر خبرة، إستخدام الات أكثر كفاءة، زيادة نسبة العمل الأتوماتيكى فى العملية الهندسية.

4. تغير مركز العملية لتكون كل الإنحرافات عند أحد طرفى منحنى التوزيع كما فى التوزيع C بالشكل 9.4 . ويتحدد الطرف الذى تقع عنده الإنحرافات على أساس حساب قيمة الخسارة التى تترتب على وجود الإنحرافات عن كل من حدى المواصفات. فمثلاً إذا كانت المواصفات الفنية تحدد طول المفتاح فى العملية الهندسية الخاصة بإنتاج نوع من الأقفال. وإذا كان حدى هذه المواصفات أضيق من حدى المراقبة الإحصائية $U - L < 6\ \sigma_{\bar{x}}$. وإذا كان المفتاح أطول من الحد الأعلى للمواصفات فإنه يعاد للتشغيل مرة أخرى أما إذا كان أقل من الحد الأدنى فإنه يصبح خردة. وتكون المقارنة هنا بين التكاليف التى تتحملها الشركة عندما يعاد المفتاح للتشغيل مرة أخرى وبين الخسارة التى تتحملها الشركة عند إعتبار المفتاح خردة.

وتتحدد بناء على هذه المقارنة الجهة التى ينتقل إليها مركز العملية فينتقل لأعلى إذا كانت تكلفة إعادة التشغيل أقل وينتقل لأسفل إذا كانت خسارة إعتباره خردة أقل.

مثال رقمي: حددت المواصفات الفنية طول ذراع التشغيل فى أحد الأجهزة 12.50 mm بحدود سماح ± 0.05 mm . وكانت العملية متركزة عند القيمة $\bar{\bar{X}}$ = 12.5 mm وكان الإنحراف المعيارى للمتوسطات $\sigma_{\bar{X}}$ = 0.02 mm . وكانت الوحدات التى تزيد عن الحد الأعلى للمواصفات يعاد تشغيلها. أما الوحدات التى تقل عن الحد الأدنى للمواصفات فتعتبر خردة. وتحسب حدود المراقبة الاحصائية كما يلى :

الحد الأعلى $UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{\bar{x}}$

$= 12.5 + (3 * 0.02)$

$= 12.56$ mm

الحد الأدنى $LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - 3\sigma_{\bar{x}}$

$= 12.5 - (3 * 0.02)$

$= 12.44$ mm

أما حدى المواصفات الفنية فيحسبا كما يلى :

الحد الأعلى $UL = 12.5 + 0.05$

$= 12.55$ mm

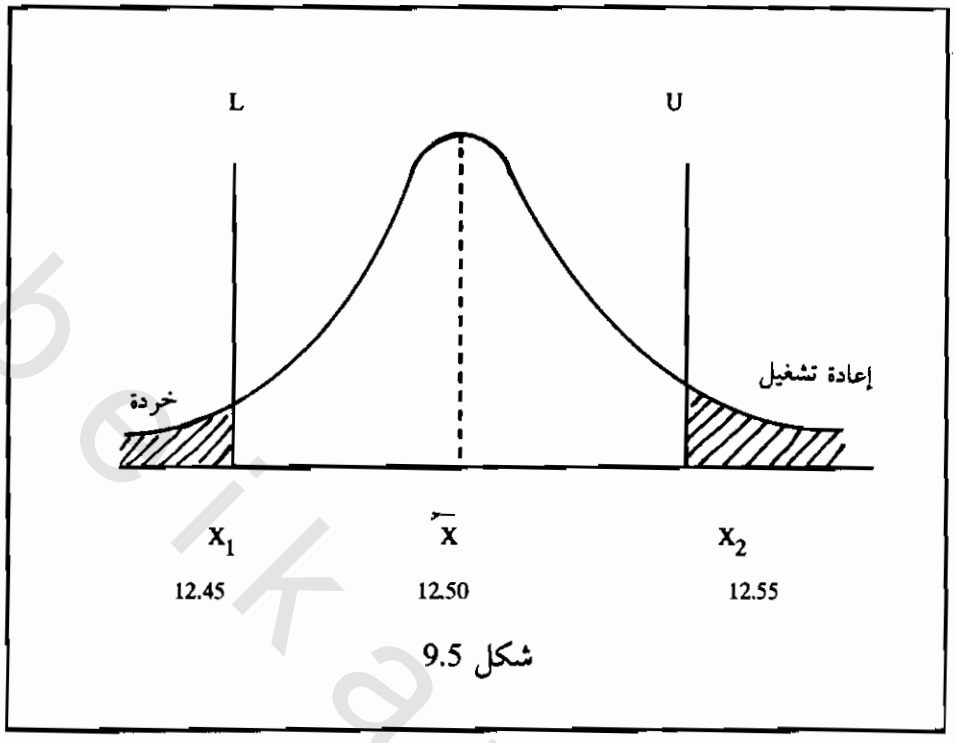
الحد الأدنى $LL = 12.5 - 0.05$

$= 12.45$ mm

ويتبين من ذلك أن حدى المراقبة أوسع من حدى المواصفات الفنية. وبذلك نواجه بالوضع الثالث (راجع الشكل9.4).

ويمكن إستخدام جداول المساحات تحت منحنى التوزيع الطبيعى فى ريجاد كل من نسبة الوحدات المعادة للتشغيل ونسبة الوحدات المحولة إلى مخزن الخردة. وتتبع الخطوات التالية للحساب حيث نطبق المعادلة $z = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma}$

obeikandi.com



شكل 9.5

أولاً : حساب نسبة الخردة :

$$= \frac{12.45 - 12.5}{0.02} = -2.5$$

والمساحة المناظرة لقيمة Z = 2.5 فى جداول المساحات هى 0.0062 = 0.62% أى أنه فى المتوسط من بين كل 10000 تحول 62 وحدة إلى مخزن الخردة.

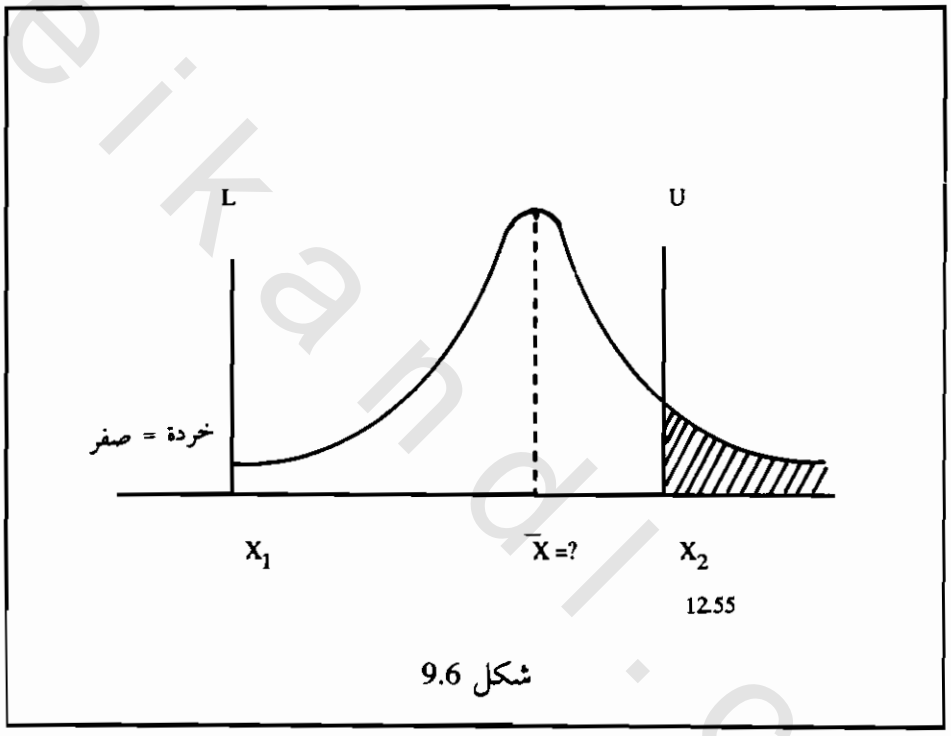
ثانياً : حساب نسبة الوحدات المعاد تشغيلها :

$$z = \frac{12.55 - 12.5}{0.002} = 2.5$$

ومن جداول المساحات تحت منحنى التوزيع الطبيعى يتبين أن نسبة الوحدات المعاد تشغيلها هو 0.62% أيضاً (لاحظ أن المنحنى متماثل لذلك فإن نفس نسبة

الإنحرافات تقع عند كلا طرفيه). أى أنه من بين كل 10000 وحدة منتجة يعاد فى المتوسط 62 وحدة للتشغيل مرة أخرى.

وإذا كانت تكلفة إعادة التشغيل أقل من الخسارة الناتجة عن تحويل الوحدات إلى مخزن الخردة فإنه قد يكون من المناسب إلغاء وجود وحدات خردة على حساب زيادة تكاليف إعادة التشغيل. ولكن يجب إجراء التحليل التالى قبل إتخاذ قرار بهذا الشأن :



شكل 9.6

ويتبين من الشكل أنه قد أمكن إلغاء الخردة عن طريق نقل مركز العملية $\bar{X}$ لأعلى.

(يمكن تنفيذ ذلك عن طريق إعادة ضبط الآلات).

ولكن نقل المركز لأعلى ترتب عليه زيادة نسبة الوحدات المعاد تشغيلها. ويمكن تحديد مركز العملية الجديد وإعادة حساب النسب بالاجراءات التالية :

1. حيث أن النسبة المطلوبة للخردة هى صفر فإننا نبحث عن القيمة المعياريةZ المناظرة للاحتمال صفر (تقريباً) فى جدول المساحات، ويتبين من الجدول أن المساحة صفر (تقريباً) (أصغر إحتمال بالجدول هو 0.00017) يناظر Z = - 3.59.

(لاحظ أن طرفى المنحنى الطبيعى يمتدان إلى)

2. تطبيق معادلة حساب القيم المعيارية لإيجاد المركز الجديد :

$$Z = \frac{\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}}{\sigma}$$

$$= \frac{12.45 - \bar{\bar{x}}}{0.02}$$

المركز الجديد للعملية $\bar{\bar{x}} = 12.52$ mm ∴.

3. تحسب نسبة الوحدات المعاد تشغيلها بعد تحريك المركز إلى أعلى بإستخدام نفس المعادلة :

$$Z = \frac{\bar{x}_i - \bar{\bar{x}}}{\sigma}$$

$$= \frac{12.55 - 12.52}{0.02} = 1.5$$

(لاحظ أن طرف المنحنى أصبح مساوياً للحد الأعلى للمواصفات بعد إنتقال مركز العملية لأعلى).

ومن جدول المساحات يتبين أن نسبة الوحدات المعاد تشغيلها هى0.0668 = 6.68% أى أنه من بين كل 10000 وحدة منتجة يعاد فى المتوسط 668 وحدة للتشغيل.

وتكون المقارنة الآن واضحة حيث تقارن تكلفة إعادة تشغيل 602 وحدة (62 - 668) مع الخسارة نتيجة تحويل 62 وحدة للخردة. ويكون القرار هو نقل مركز العملية إلى المستوى الجديد 12.52 mm إذا كانت تكلفة إعادة تشغيل602 أقل من الخسارة الناتجة عن وجود 62 وحدة خردة. وبالعكس إذا كانت خسارة 62 وحدة خردة أقل من تكلفة إعادة تشغيل 602 وحدة فإن القرار يكون الاحتفاظ بالمركز عند نفس المستوى الحالى 12. 50 mm مع محاولة تقليل تباين العملية بالوسائل التى سبق ذكرها وذلك لتضييق المسافة بين حدى الضبط($6\sigma_{\bar{X}}$) .

وفى حالات كثيرة تحدد المواصفات حداً واحداً فقط أعلى أو أدنى فيقال مثلاً أن طول ذراع التشغيل لايقل عن X m m أو أن كمية المادة XYZ لاتزيد عن X m g فى الوحدة المنتجة. . وهكذا. وتتبع فى هذه الحالة نفس إجراءات التحليل السابق ولكن بالنسبة لحد واحد فقط يقارن مع نظيره فى حدى المراقبة.