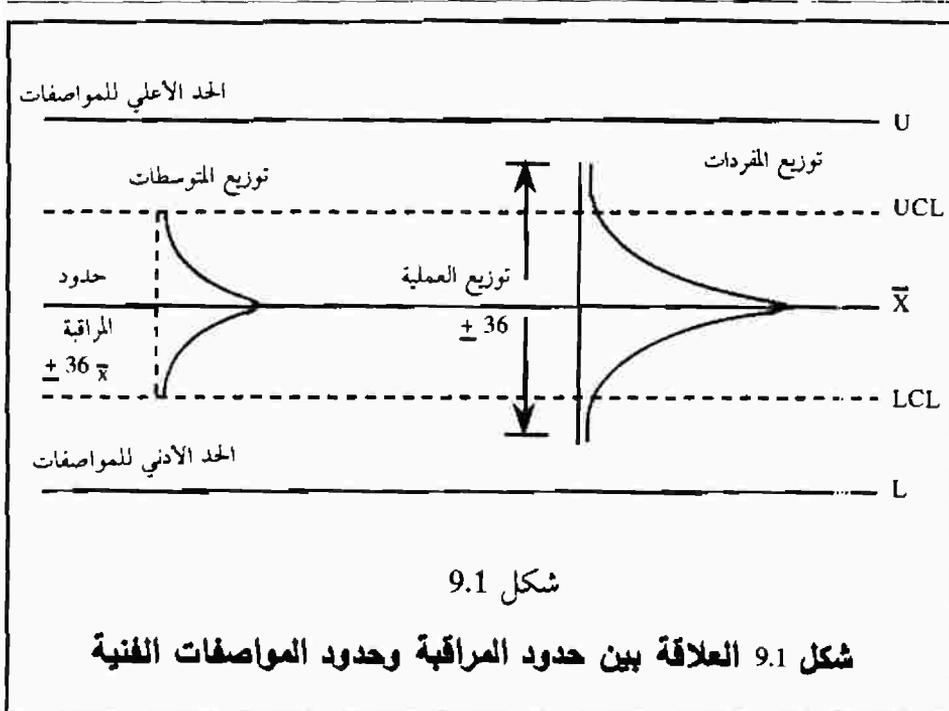


الفصل التاسع

حدود المواصفات الفنية وحدود المراقبة الاحصائية

ترتبط حدود المراقبة الاحصائية للعمليات SPC بمتوسط هذه العمليات \bar{X} وكذلك بانحرافها المعياري $3\bar{X}$ ، بل أنها تعتبر دالة لهذين المتغيرين ، أما المواصفات الفنية فإنها ترتبط بالانحرافات المسموح بها في عملية محددة وهى بذلك تتعلق بقيم فردية وليس بمتوسطات . ويحدد المهندسون حدوداً للمواصفات الفنية لتلبية احتياجات 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 . وبين 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 لا ترتبط بالمواصفات الفنية التى يحددها المهندس .

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 :



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 التالي :

$$1. UL - LL > 6 \sigma_{\bar{x}}$$

$$2. UL - LL = 6 \sigma_{\bar{x}}$$

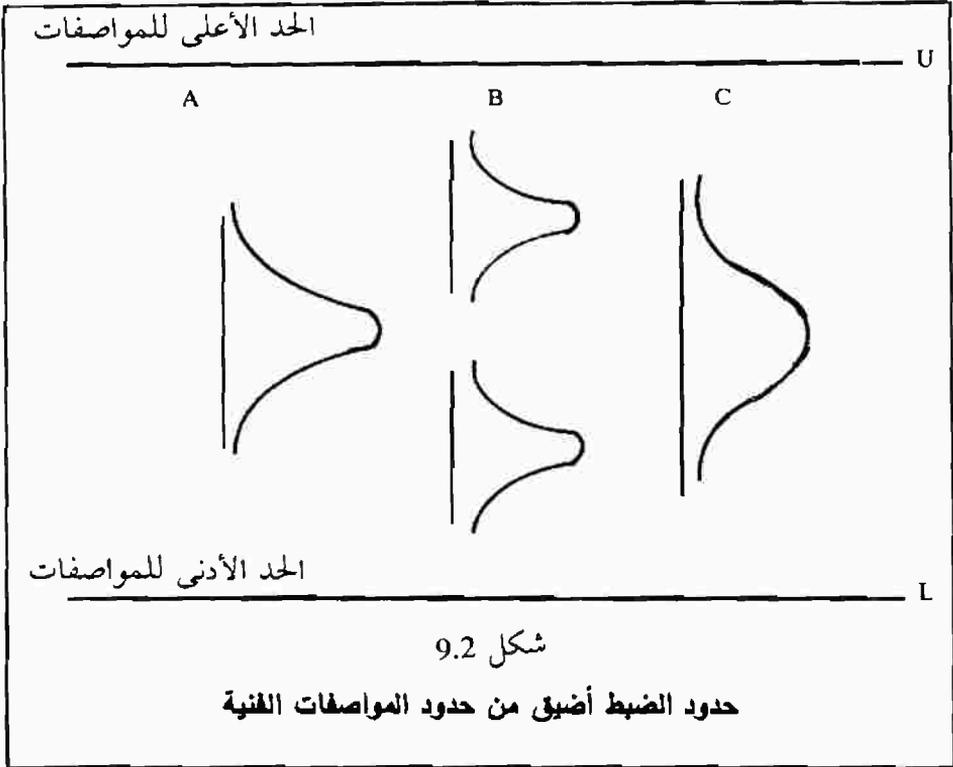
$$3. UL - LL < 6 \sigma_{\bar{x}}$$

حيث UL هو الحد الاعلى للمواصفات

LL هو الحد الأدنى للمواصفات

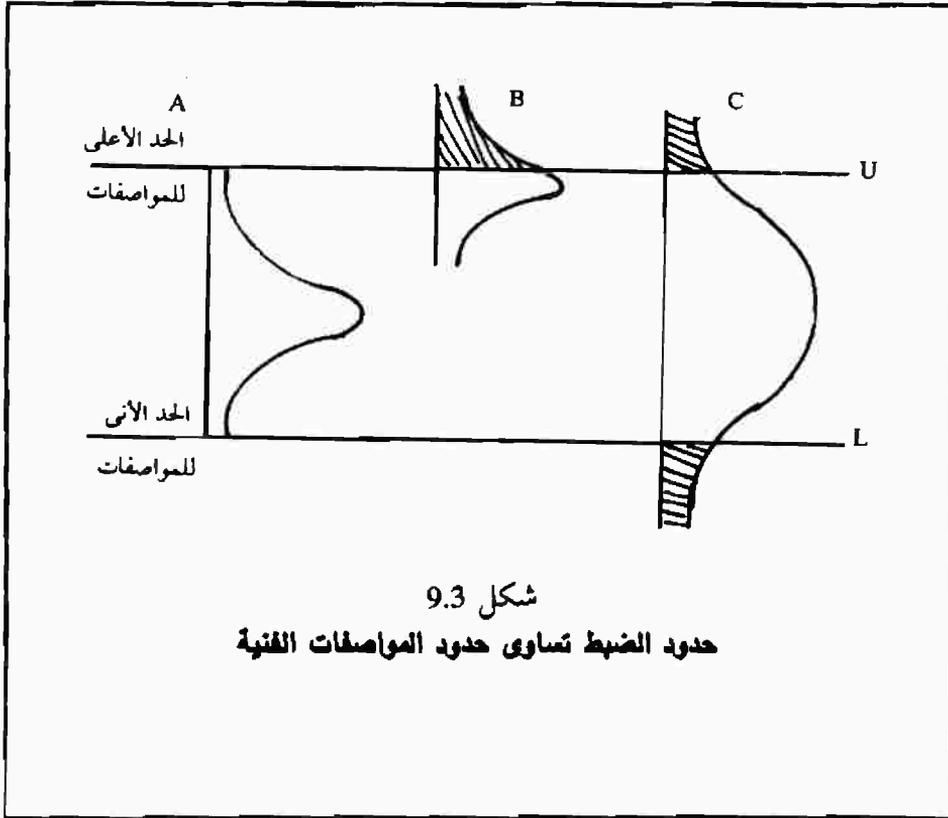
$\sigma_{\bar{x}}$ الانحراف المعياري للمتوسطات

والوضع الأول هو الوضع المرغوب فيه أكثر من زميله . وبين 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 .



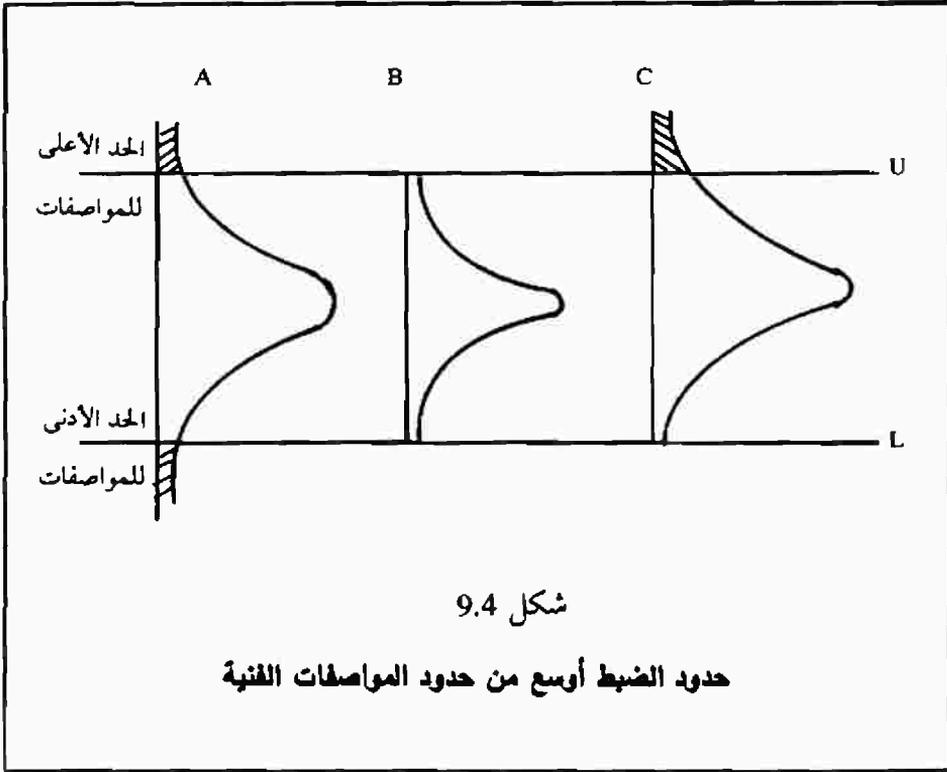
ويعتبر الوضع الأول إقتصادياً لأنه حتى لو تغيرت إحدى معلمتى التوزيع كما فى الحالتين B,C فإنه لن توجد وحدات معيبة . وبالتالي لن توجد حاجة إلى إجراء عمليات الضبط المتكررة للألات أو تحرى أسباب الانحرافات . والواقع أن وجود هذا الوضع يعزى بإلغاء عملية المراقبة الاحصائية أصلاً وتوفير نفقاتها .

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 يؤدي إلى وقوع العملية خارج الضبط. ويتحقق ذلك أيضاً فى حالة زيادة قيمة الانحراف المعيارى للمتوسطات $\sigma_{\bar{x}}$ كما فى حالة التوزيع C.



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

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



ويتضح من الشكل أنه حتى في حالة وجود الإنحرافات العشوائية فقط فإن بعض النقاط تقع خارج حدود المواصفات كما في التوزيع A . وتعتبر هذه هي الحالة الوحيدة التي تكون فيها العملية تحت الضبط ولكنها لا تلبى المواصفات الفنية حيث يظهر بها وحدات معيبة . وتواجه الإدارة هذا الوضع باستخدام 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. ولا يبدو هذا الحل مغرباً ولكنه قد يكون إقتصادياً أو هو الحل الوحيد الممكن.

3. تغيير تباين العملية بالشكل الذى يؤدي إلى تضيق المسافة بين طرفى منحنى التوزيع. ويبين التوزيع B فى الشكل 9.4 هذه الحالة.

وقد يحتاج تقليل التباين وبالتالي الإنحراف المعيارى لمتوسطات العينات إلى إجراء تغييرات فنية مثل: تغيير المواد الخام المستخدمة، إستخدام عمال ومهندسين أكثر خبرة، إستخدام آلات أكثر كفاءة، زيادة نسبة العمل الأتوماتيكى فى العملية الهندسية.

4. تغيير 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 $U - L < 6\sigma$. 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 في أحد الأجهزة $\bar{X} = 12.50 \text{ mm}$ بحدود سماح $\pm 0.05 \text{ mm}$. وكانت العملية متركزة عند القيمة $\bar{X} = 12.5 \text{ mm}$ وكان الإنحراف المعياري للمتوسطات $\sigma_{\bar{X}} = 0.02 \text{ mm}$. وكانت الوحدات التي تزيد عن الحد الأعلى للمواصفات يعاد تشغيلها. أما الوحدات التي تقل عن الحد الأدنى للمواصفات فتعتبر خردة. وتحسب حدود المراقبة الاحصائية كما يلي :

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

$$= 12.5 + (3 * 0.02)$$

$$= 12.56 \text{ mm}$$

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

$$= 12.5 - (3 * 0.02)$$

$$= 12.44 \text{ mm}$$

أما حدى المواصفات الفنية فيحسب كما يلي :

$$\text{الحد الأعلى } UL = 12.5 + 0.05$$

$$= 12.55 \text{ mm}$$

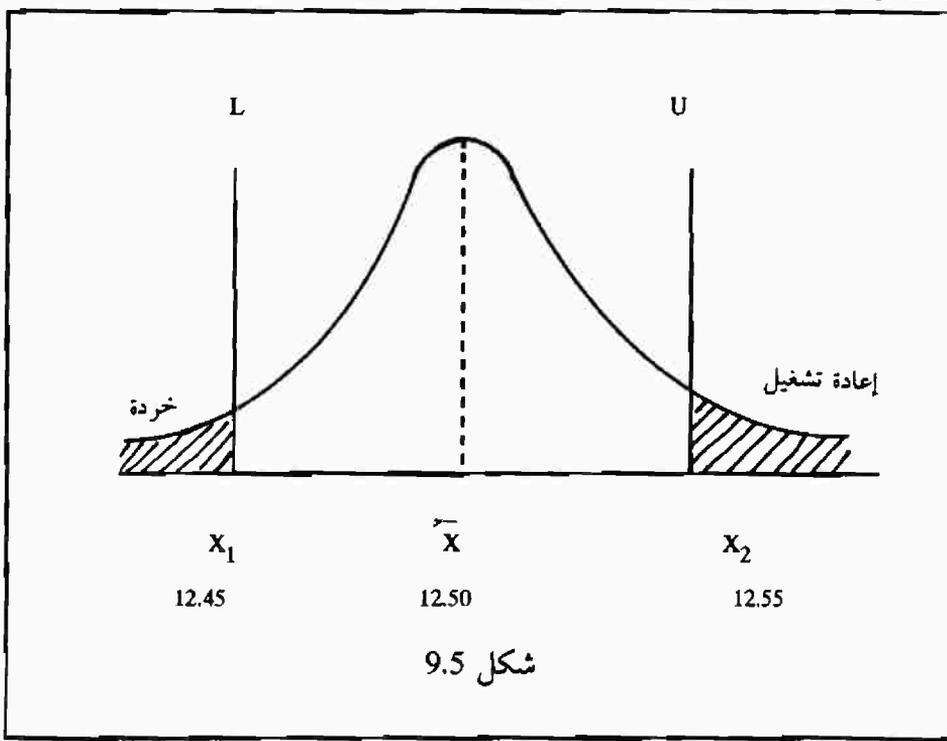
$$\text{الحد الأدنى } LL = 12.5 - 0.05$$

$$= 12.45 \text{ mm}$$

ويتبين من ذلك أن حدى المراقبة أوسع من حدى المواصفات الفنية. وبذلك نواجه بالوضع الثالث (راجع الشكل 9.4).

ويمكن استخدام جداول المساحات تحت منحنى التوزيع الطبيعي في إيجاد كل من نسبة الوحدات المعادة للتشغيل ونسبة الوحدات المحولة إلى مخزن الخردة.

$$\text{وتتبع الخطوات التالية للحساب حيث نطبق المعادلة } z = \frac{Xi - \bar{X}}{\sigma}$$



أولاً : حساب نسبة الخردة :

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

والمساحة المناظرة لقيمة $Z = 2.5$ في جداول المساحات هي $0.0062 = 0.62\%$ أي أنه في المتوسط من بين كل 10000 تحول 62 وحدة إلى مخزن الخردة.

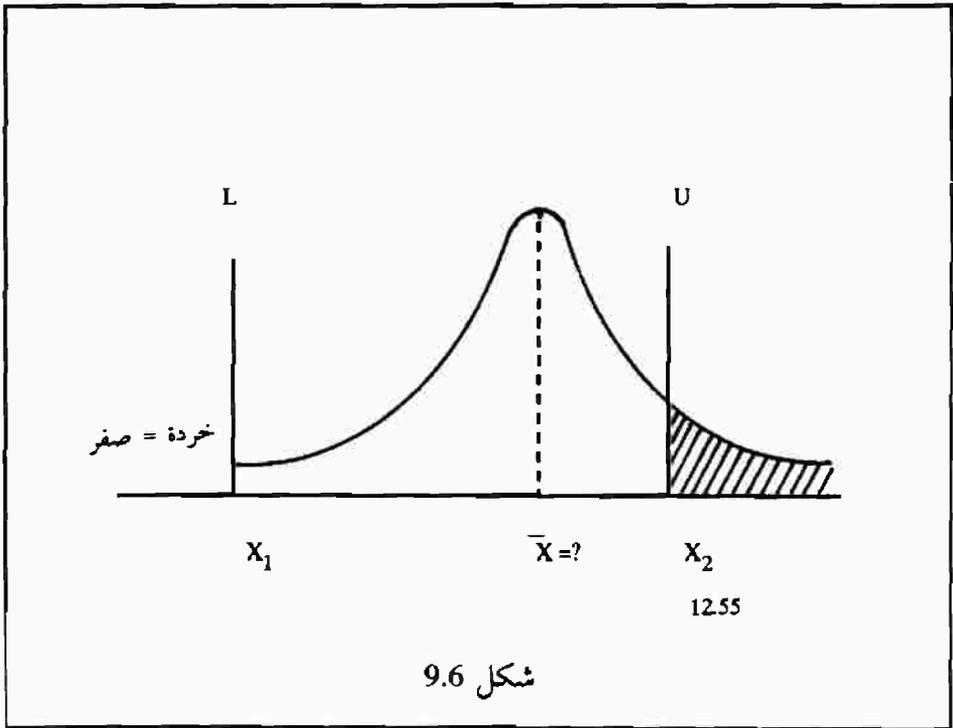
ثانياً : حساب نسبة الوحدات المعاد تشغيلها :

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

ومن جداول المساحات تحت منحنى التوزيع الطبيعي 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 :



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 هي صفر فإننا نبحت عن القيمة المعيارية Z المناظرة للاحتمال صفر (تقريباً) في جدول المساحات، ويتبين من الجدول أن المساحة صفر (تقريباً) (أصغر احتمال بالجدول هو 0.00017) يناظر $Z = -3.59$.

(لاحظ أن طرفي المنحنى الطبيعي يمتدان إلى)

2. تطبيق معادلة حساب القيم المعيارية لإيجاد المركز الجديد :

$$Z = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}}{\sigma}$$
$$= \frac{12.45 - \bar{x}}{0.02}$$

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

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

$$Z = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}}{\sigma}$$
$$= \frac{12.55 - 12.52}{0.02} = 1.5$$

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

ومن جدول المساحات يتبين أن نسبة الوحدات المعاد تشغيلها هي $0.0668 = 6.68\%$ أى أنه من بين كل 10000 وحدة منتجة يعاد في 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 تشغيل 602 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 الحالي 12.50 mm مع محاولة تقليل تباين العملية بالوسائل التي سبق ذكرها وذلك لتضييق المسافة بين حدى الضبط ($6\sigma_x$).

وفى حالات كثيرة تحدد المواصفات حداً واحداً فقط أعلى أو أدنى فيقال مثلاً أن طول ذراع التشغيل لا يقل عن X m m أو أن كمية المادة XYZ لا تزيد 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.