الفصل الحادى عشر

خرائط مراقبة الصفات

من المستحيل عمل خرائط مراقبة لكل بنود المواصفات لأن ذلك يستلزم إنفاق كثير من التكاليف ويستنزف وقتاً طويلاً بدون مبرر كافى. لذلك يتعين إختيار البنود الهامة فقط وإعداد خرائط مراقبة لها. وتكون الأولوية لتلك المتغيرات التى تحدد نوعية المنتج. ويمكن هنا إستخدام خرائط باريتو للاختيار، كما يجب أن تكون المتغيرات المختارة قابلة للقياس مثل الطول، الوزن، درجة الحرارة، الكثافة، درجة اللمعان، درجة التحمل، ..... وإذا كانت المتغيرات مقاسة كمياً مثل الوزن والطول ودرجة الحرارة و.... فإنه يمكن مراقبتها بإستخدام الخرائط التى سبق عرضها فى الفصول السابقة. ولكن إذا كانت هذه المتغيرات غير قابلة للقياس الكمى فإنه يمكن النظر إلى المنتج ككل (أو الجزء ككل) وفحصه ثم إتخاذ قرار بإعتباره مطابقاً للمواصفات أو غير مطابق ثم تعد خرائط لمراقبة نسبة الوحدات المعيبه. ومن ناحية أخرى يمكن حصر عدد العيوب فى كل وحدة منتجة (أو كل جزء) بالعينه المسحوبه وعمل خرائط مراقبة لعدد العيوب.

تعريف الصفات attribute

يستخدم مصطلح الصفة فى مجال رقابة الجودة للتعبير عن الخصائص النوعية لوصف الوحدة المنتجة التى إما أن تكون جيدة أو رديئة either good or had بمعنى أن

تكون مطابقة للمواصفات أو غير مطابقة لها. ونلجأ لذلك عند معالجة نوعين من الصفات :

1. صفات غير قابلة للقياس مثل الصفات التى تدرك بالنظر كالون، وجود أجزاء ناقصه فى المنتج، التلف.

2. صفات قابلة للقياس ولكنها لاتقاس بسبب إرتفاع التكلفة أو لأن قياسها يحتاج لوقت طويل. ويكتفى فى مثل هذه الحالات بوصف المنتج (أو الجزء) بأنه جيد أو ردئ.

ويوجد أحياناً خلط بين إصطلاح عيب defect ومعيب defective . والعيب هو مخالفة أحد المواصفات. أما المعيب فهو المنتج (أو الجزء) غير القابل للاستخدام بسبب وجود عيب أو أكثر فيه.

أنواع خرائط مراقبة الصفات

يوجد العديد من أنواع خرائط مراقبة الصفات. وأول مجموعة من هذه الخرائط هى خرائط نسبة الوحدات المعيبة P charts. وتبنى هذه الخرائط على أساس استخدام التوزيع ثنائى الحدين (برنوللى) binomial distribution . وتنتمى كذلك إلى هذه المجموعة خرائط 100 p وخرائط np . وتضم المجموعة الثانية من خرائط مراقبة الصفات خرائط مراقبة عدد العيوب C Charts ، وهى تراقب عدد العيوب فى كل وحدة (أو جزء) منتجه بالعينه. وتبنى هذه الخرائط على أساس إستخدام توزيع بوسوان Poisson distribution .

خرائط مراقبة نسبة الوحدات المعيبة P

تستخدم خرائط مراقبة النسبة P charts فى حالة البيانات التى تأخذ شكل المعدلات الخاصة بتكرار صفة معينة مثل نسبة الوحدات المعيبة فى الإنتاج بسبب مخالفة واحد أو أكثر من المواصفات.

وإذا كانت P هى نسبة الوحدات المعيبه فى العينه و n هو حجم العينة فإن np يكون هو عدد الوحدات المعيبه فى العينة.

وبالتالى فإن: $P = \frac{np}{n}$

ومن الطبيعى أن نتوقع أن تكون النسبة P قليلة ولا تتجاوز فى العادة 15% .

وتستخدم خرائط مراقبة النسبة P لمراقبة خاصية نوعية واحدة من المواصفات كما فى حالة خرائط مراقبة المتوسط $\bar{X}$ أو المدى R . وتستخدم هذه الخرائط لمراقبة الخصائص النوعية لنوع من الإنتاج أو لجزء من المنتج أو للمنتج ككل. كما تستخدم لمراقبة تلك الخصائص لكل مركز إنتاج أو لكل إدارة أو لكل وردية عمل أو للإنتاج ككل. وقد تستخدم هذه الخرائط لتقييم أداء واحد من العمال أو مجموعة منهم.

وقد تجمع بيانات من عينات مسحوبة خصيصاً لخرائط مراقبة الصفات، كما قد تجمع هذه البيانات من العينات المسحوبة أصلاً لعمل خرائط المتوسط $\bar{X}$ أو المدى R.

وقد تكون العينات المسحوبة متساوية الحجم كما أن حجومها قد تختلف لسبب أو لآخر كما عرضنا فى الفصل السابق، ولذلك تختلف حدود المراقبة باختلاف أحجام العينات.

ويستخدم التوزيع ثنائى الحدين (برنوللى) فى إعداد خرايطة مراقبة نسبة الوحدات المعيبه. ولهذا التوزيع معلمتين هما n , p ويتحدد منهما كل مركز التوزيع وإنحرافه المعيارى على الوجه التالى :

دالة التوزيع $F_{(x)} = \binom{n}{x} (P)^x (1-P)^{n-x}$

مركز التوزيع $\mu = nP$

الانحراف المعيارى للتوزيع $\sigma = \sqrt{\frac{P(1-p)}{n}}$

وبتطبيق ذلك على خريطة المراقبة فان خط المركز يكون هو متوسط النسب فى العينات $\bar{P}$ (نظرية النهاية المركزية)

خط المركز $P = \frac{\Sigma P_i}{m}$

حيث P_i النسبة فى العينة i

m عدد العينات المسحوبة

ويساوى كذلك مجموع الوحدات المعيبه فى كل العينات ($\sum_{i=1}^{m} n_i P_i$)
÷ مجموع أحجام العينات كلها ($\sum_{i=1}^{m} n_i = nm$)

الحد الأعلى للمراقبة $UCLp = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

الحد الأدنى للمراقبة $LCLp = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

ويراعى أن حدود المراقبة لايمكن أن تكون سالبة.

ولذلك يوضع الحد الأدنى للمراقبة صفراً إذا كانت :

$$\bar{P} < 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

فإذا سحبت عينة حجم كل منها 400 مفردة وجد بينها 170 وحدة معيبة فإن :

$$\bar{P} = \frac{170}{400 \times 30} = 0.014$$

الحد الأعلى للمراقبة $UCLp = \bar{P} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

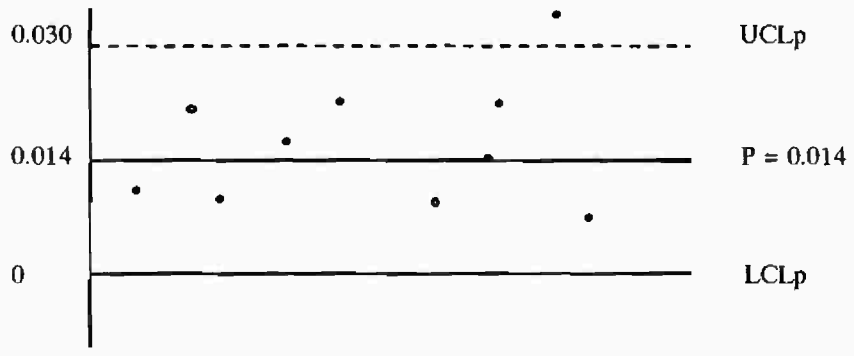
$= 0.014 + 0.018 = 0.032$

الحد الأدنى للمراقبة $LCLp = \bar{P} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$

$= 0.014 - 0.018 = 0.004$

ويوضع الحد الأدنى صفر : $LCLp = o$

ويعرض الشكل 11.1 خريطة مراقبة نسبة الوحدات المعيبة P Chart باستخدام بيانات المثال السابق.

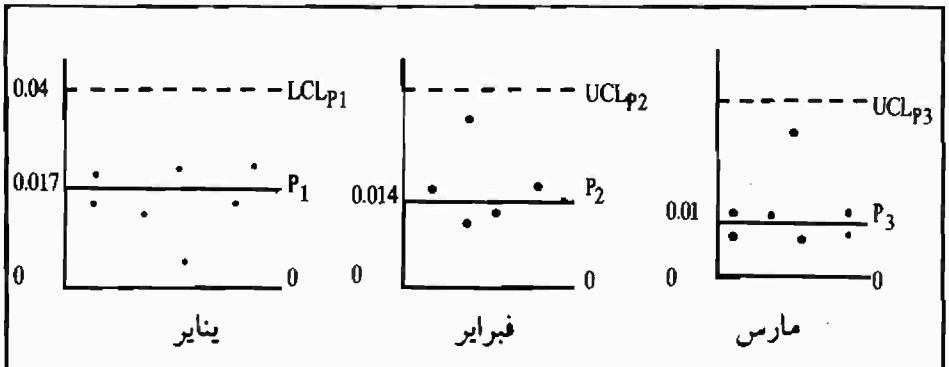


شكل 11.1

خريطة مراقبة نسبة الوحدات المعيبة P Chart

ويتبين من الشكل وجود عينة واحدة خارج الحد الأعلى للمراقبة، أما باقى العينات فإنها تحت الضبط.

ومن الطبيعى أن نتوقع تحسن الجودة بإستخدام خرائط المراقبة. إن مجرد علم العاملين بأن أدائهم للعمل مُراقب بطريقة أو بأخرى يحفزهم على تحسين هذا الأداء والالتزام بتعليمات الجودة وبنود المواصفات. ويؤدى ذلك بالتالى إلى تقليل نسبة الوحدات المعيبة Pi . ويترتب على نقص نسبة الوحدات المعيبة Pi نقص الإنحراف المعيارى للنسب فى العينات وتضيق بالتالى حدود المراقبة، إن قياسات العينات المسحوبة خلال فترة زمنية ما تستخدم فى نهاية تلك الفترة لحساب حدى المراقبة. لكن هذه الحدود تستخدم خلال الفترة الزمنية التالية. فإذا أدى إستخدام خرائط المراقبة إلى تحسين الجودة وبالتالى تقليل قيمة Pi (نسبة الوحدات المعيبة) فإن حدود المراقبة المحسوبة على أساس قياسات الفترة السابقة تكون أوسع من اللازم. ويتكرر هذا الوضع بإستمرار تحسن الجودة. ويعرض الشكل 11.2 هذه الحالة.



شكل 11.2

خريطة مراقبة الجودة فى فترات زمنية متتالية

ويتبين من الشكل أن حدى المراقبة فى شهر يناير هما :

وخط المركز $\bar{P} = 1.7\% = 0.017$

الحد الأعلى $UCLp = 0.04$

الحد الأدنى $LCLp = 0$

وترتب على إستخدام خرائط المراقبة نقص متوسط نسبة الوحدات المعيبة في العينات فبلغت 1.4% وبالتالى أصبحت حدود المراقبة أضيق :

خط المركز $\bar{P} = 1.4\% = 0.014$

الحد الأعلى $UCLp = 0.036$

الحد الأدنى $LCLp = 0$

وتوالى نقص متوسط نسبة الوحدات المعيبة فى العينات $\bar{P}$ نتيجة لاستخدام خرائط المراقبة فبلغت فى الشهر الثالث 1.0% . وإقتربت بالتالى حدود المراقبة من بعضها بسبب نقص قيمة الانحراف المعيارى للنسب (الخطأ المعيارى) :

خط المركز $P = 1.0\% = 0.01$

الحد الأعلى $UCLp = 0.027$

الحد الأدنى $LCLp = 0$

ويكون إستخدام خرائط مراقبة نسبة الوحدات المعيبة أكثر فاعلية وفائدة كلما كانت تلك الخرائط واضحة للعاملين فى الإنتاج وسهلة الفهم ومنطقية من وجهة نظرهم. لذلك يجب شرحها لهم وإقناعهم بفوائدها وعرضها بشكل واضح وسهل.

وتجدر الإشارة إلى أن خرائط المراقبة التى عرضت فى الأجزاء السابقة بنيت كلها على أساس إبتعاد حدى المراقبة عن خط المركز بثلاثة أمثال الإنحراف المعيارى للنسبة (الخطأ المعيارى). أى أن حدى المراقبة هما : $\bar{p} \pm 3\sigma_p$ أى $\bar{P} \pm 3$ S. E* . ومعنى هذا إحصائياً أن 99.73% من النسب فى العينات تقع داخل حدى المراقبة. وبالتالى فإن إحتمال وجود خطأ فى القرار هو 0.27% .

وفى بعض الحالات يكون وجود وحدة معيبه فى الإنتاج متبوعاً بوحدات معيبه أخرى. ويستمر ذلك حتى يتم إصلاح الخطأ الموجود والمتسبب فى العيب. ويجب فى هذه الحالة إعادة حساب مركز العملية وحدى الضبط وبناء خريطة جديدة تستخدم بعد إصلاح الأخطاء المتسببه فى وجود وحدات معيبه. ويرتبط ذلك بأن خريطة مراقبة نسبة الوحدات المعيبه مبنيه على أساس إستخدام التوزيع ثنائى الحدين (برنوللى). ومن إشتراطات هذا التوزيع ثبات المعلمة P ولا يتحقق ذلك إلا بثبات ظروف العمل. وإذا حدث تغير فى هذه الظروف مثل تغير نوعية الخامات أو إجراء تدريب للعمال أو إستبدال الآلات أو.. فإنه يجب إعادة حساب كل من مركز العملية وحدى الضبط.

تأثير إختلاف حجم العينة على حدى الضبط

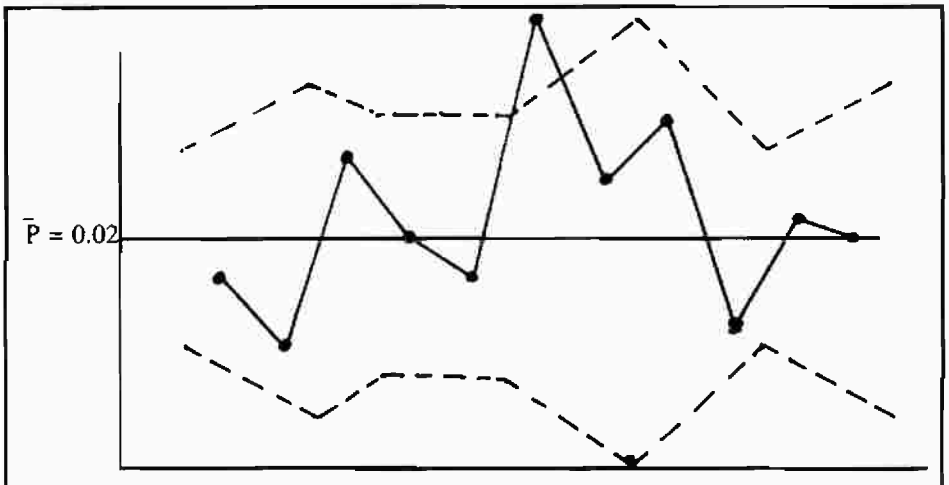
قد يتعذر فى بعض الأحيان تثبيت عدد الوحدات التى يتم فحصها فى كل العينات. وقد يرجع ذلك إلى تلف بعض الوحدات خلال الفحص أو كسرها أثناء النقل أو المناولة أو غير ذلك من الأسباب. وعلى كل حال فإن خط المركز يكون ممثلاً بخط مستقيم ويساوى مجموع عدد الوحدات المعيبه فى كل العينات :

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^{m} n_i \, p_i}{\sum_{i=1}^{m} n_i}$$

* S.E = Standard Error.

أما حدى المراقبة فيتحددان بحسب حجم كل عينة على حده وبالتالى فلا يمثلان بخطوط مستقيمة.

ويبين الشكل 11.3 حالة تغير حجم العينة حيث كان خط المركز ثابتاً $\bar{P} = 0.020$ أما حدود المراقبة فانها كانت متغيرة بحسب أحجام العينات.



شكل 11.3

خريطة مراقبة نسب الوحدات المعيبه
فى حالة استخدام عينات مختلفة الأحجام

ولايخفى أن هناك صعوبة فى إنجاز الحسابات اللازمة لإعداد هذا النوع من الخرائط. ويمكن تقليل الجهد المبذول فى إعداد حدود المراقبة الإحصائية لمختلف أحجام العينات عن طريق إعداد خريطة مراقبة على أساس متوسط حجم العينه حيث :

$$n_{av} = \frac{\sum_{i=1}^{m} n_i}{m}$$

حيث n_i حجم العينة i ، m عدد العينات، n_{av} متوسط حجم العينة .

فإذا كان مجموع أحجام العينات ($\sum_{i=1}^{m} n_i$) هو 15022 وعدد العينات (m) هو30 عينه فإن متوسط حجم العينه(n_{av}) هو 500 تقريباً، وإذا كان مجموع الوحدات المعيبه فى كل العينات هو300 وحدة فإن متوسط نسبة الوحدات المعيبه($\overline{P}$) يكون0.02

∴ خط المركز $\overline{P} = 0.020$

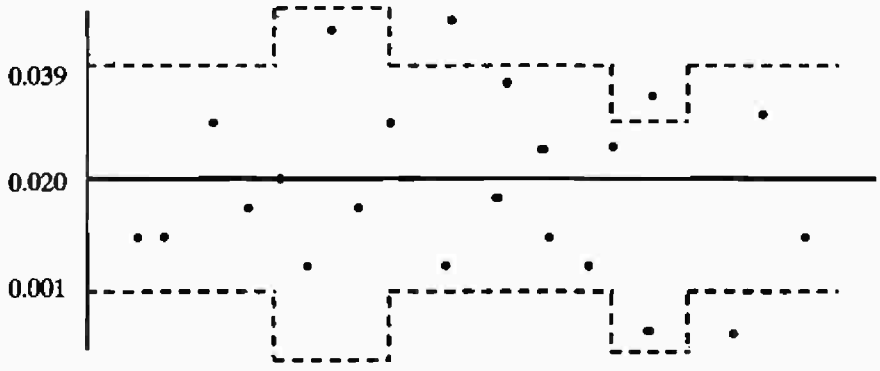
الحد الأعلى للمراقبة $UCLp = 0.02 + 3\sqrt{\frac{0.02\,(1-0.02)}{500}}$

$= 0.039$

الحد الأدنى للمراقبة $LCLp = 0.02 - 3\sqrt{\frac{0.02\,(1-0.02)}{500}}$

$= 0.001$

ويعرض الشكل 11.4 هذه الخريطة



شكل 11.4

خريطة مراقبة نسب الوحدات المعنية P فى حالة استخدام عينات مختلفة الأحجام

(يراعى أن حدود المراقبة تتناسب عكسياً مع حجم العينة فتتسع كلما نقص حجم العينة وتضيق بزيادته)

ونواجه هنا أحد الأوضاع التالية :

a ـ وقوع النقط داخل حدى المراقبة وأحجام العينات أصغر من المتوسط المحسوب. وتكون حدود المراقبة فى هذه الحالة أوسع من حدود الحجم المتوسط. فإذا وقعت النقط داخل الحدود الأضيق فإنهاتقع بالضرورة داخل الحدود الأوسع. وهنا تعتبر النقط «تحت الضبط» بدون الحاجة إلى إجراء أية حسابات إضافية.

b ـ وقوع النقط داخل حدى المراقبة وحجم العينة أكبر من المتوسط. ويكون حدى المراقبة فى العينة فى هذه الحالة أضيق من حدى المراقبة للحجم المتوسط لذلك يحسب حدى المراقبة لهذا الحجم فقط عندما تقع النقط داخل حدى المراقبة للحجم المتوسط.

c ـ عندما تقع النقاط خارج حدى المراقبة للحجم المتوسط ويكون حجم العينة أكبر من المتوسط. يكون حدى المراقبة لهذه العينة أضيق من حدى المراقبة للحجم المتوسط. وبالتالى فإن النقاط الواقعة خارج حدى المراقبة للحجم المتوسط تعتبر «خارج الضبط» دون الحاجة لإجراء أية حسابات.

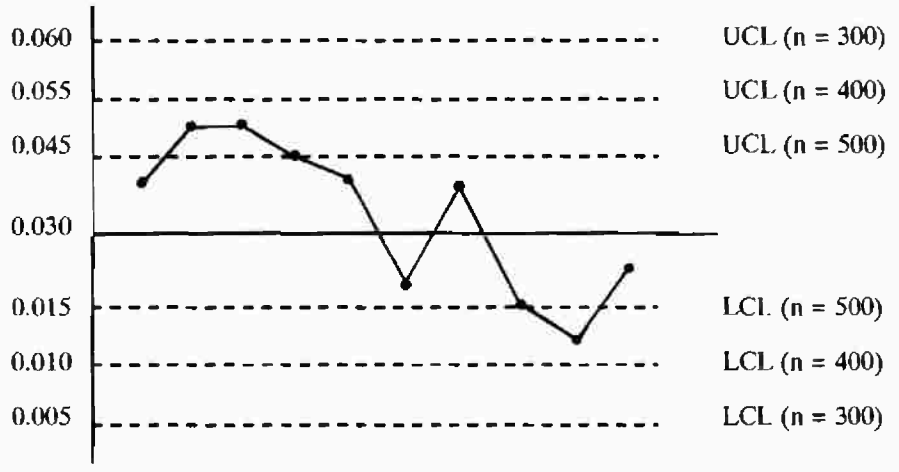
d ـ عندما تقع خارج حدى المراقبة للحجم المتوسط وتكون العينة أصغر من المتوسط. يكون حدى المراقبة لهذه العينة أوسع من حدى المراقبة للحجم المتوسط. لهذا يجب إجراء الحسابات لمعرفة حدى المراقبة لهذه العينات الواقعة خارج حدى المراقبة فقط.

ويمكن تلخيص الأوضاع الأربعة السابقة فى الجدول التالى :

$n_i > n_{av}$	$n_i < n_{av}$	
b يحسب حدى المراقبة للحجم n_i	a لا تجرى أية حسابات اضافية	النقط داخل حدى n_{av}
c لا تجرى أية حسابات اضافية	d يحسب حدى المراقبة للحجم n_i	النقط خارج حدى n_{av}

ويتبين من عرض الأوضاع الأربعة السابقة أن إستخدام خريطة المراقبة للحجم المتوسط يقلل من كمية الحسابات اللازم إجراءها لأدنى مستوى. ويلاحظ كذلك أنه حتى فى الوضعين b, d حيث يستلزم الأمر إجراء حسابات لمعرفة حدى المراقبة، فإنه لايكون من الضرورى إجراء هذه الحسابات إلا إذا وقعت النقاط بالقرب من حدود المراقبة للحجم المتوسط وبالتالى يوجد شك حول إمكانية تغير القرار بإعتبار العينة «تحت الضبط» أو «خارج الضبط» بسبب إختلاف حجم العينة عن الحجم المتوسط. ويتم حساب حدى المراقبة بالنسبة للعينات التى تقع النقط الممثلة لها خارج حدى المراقبة فقط فى الوضع d . كما أنه ليس من الضرورى إجراء الحسابات لو كان الفرق بين حجم العينة والحجم المتوسط فرقاً قليلاً فى حدود 15% مثلاً. أى أن الحسابات تجرى فقط فى الوضعين b, d وإذا كانت النقاط قريبة من حدود المراقبة للحجم المتوسط والفرق بين حجم العينة والحجم المتوسط كبيراً وتحسب حدود العينات خارج الضبط فقط فى الوضع d .

ولتقليل الحسابات يجرى أحياناً إعداد خريطة لمراقبة نسب الوحدات المعيبة P ذات حدود مراقبة مختلفة حسب فئات أحجام العينات على نفس الخريطة كما فى الشكل 11.5 .



شكل 11.5

خريطة مراقبة نسب الوحدات المعيبة p

ذات حدود مراقبة مختلفة حسب فئات أحجام العينات

خرائط أخرى مشتقة من خريطة مراقبة

نسب الوحدات المعيبة

هناك خريطتان مشتقتان من خريطة مراقبة نسب الوحدات المعيبه . .

الخريطة الأولى : خريطة مراقبة 100 p وهى أسهل فى التطبيق حيث تتجنب استخدام الكسور بقدر الامكان. ويكون :

خط المركز : $P = 100\,\bar{P} = 100 \times \frac{\sum^{m} p_j}{m}$

الحد الأعلى : $UCL_p = 100 \left[P + 3\sqrt{\frac{p(1-P)}{n}} \right]$

الحد الأدنى $LCL_p=100\left[P - 3\sqrt{\frac{P(1-P)}{n}}\right]$

الخريطة الثانية: خريطة مراقبة عدد الوحدات المعيبة في العينات؛ وتتناول هذه الخريطة الأرقام المطلقة بدلاً من النسب مما يجعلها أيسر في الفهم بالنسبة للعاملين وأكثر إقناعاً لهم. ويكون:

خط المركز $\overline{np} = \frac{\Sigma_{c=1}^{m} n_j p_j}{m}$

الحد الأعلى $UCL_{np} = \overline{np} + 3\sqrt{\overline{np}\,(1 - \bar{p})}$

الحد الأدنى $LCL_{np} = \overline{np} - 3\sqrt{\overline{np}\,(1 - \bar{p})}$

خريطة مراقبة عدد العيوب C Chart

تنتمى خريطة مراقبة عدد العيوب إلى مجموعة خرائط مراقبة الخصائص الوصفيه (النوعية). وسوف نرمز لعدد العيوب number of Defects بالرمز C، وتبنى خريطة مراقبة عدد العيوب على أساس توزيع بواسون Poisson Distribution. ويعتبر هذا التوزيع حالة خاصة من التوزيع ثنائى الحدين عندما يكون عدد العيوب صغير جدا لذلك يجب أن يكون متوسط عدد العيوب أقل كثيراً من العدد الكلى للعيوب الممكن وجودها. ولهذا التوزيع معلمة واحدة هى λ

حيث : $\lambda = np$

ودالة هذا التوزيع $F_{(x)} = \lambda^x \frac{e^{-\lambda}}{x!}$

ويكون: مركز التوزيع = تباينه = λ

$$\mu = \sigma^2 = \lambda = np$$

ومن المجالات التي تستخدم فيها عادة خرائط مراقبة عدد العيوب: عدد الأخطاء المطبعية في الكتب المطبوعة، عدد الفقاعات في الزجاج، عدد العيوب في أثواب القماش أو لفافات أوراق طباعة الجرائد . . . . . ويكون إستخدامها مناسباً في حالة فحص كل الوحدات المنتجه (الفحص بنسبة 100%) عندما يكون مطلوباً تخفيض عدد الوحدات المعادة للتشغيل.

ويتم تكوين خرائط مراقبة عدد الوحدات المعيبه باستخدام :

خط المركز متوسط عدد العيوب فى العينه:

$$\bar{C} = \frac{\Sigma_{j=1}^{n} C_j}{n}$$

حيث C_j هو عدد العيوب فى المفردة j, n هو حجم العينه

الحد الأعلى للمراقبة : $UCL_c = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$

الحد الأدنى للمراقبة : $LCL_c = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$

فإذا كان مجموع عدد العيوب فى عينه من 30 مفردة مثلاً هو 150 عيب فإن:

خط المركز : $\bar{C} = \frac{150}{30} = 5$

الحد الأعلى للمراقبة: $UCL_c = 5+3\sqrt{5} = 11.7$

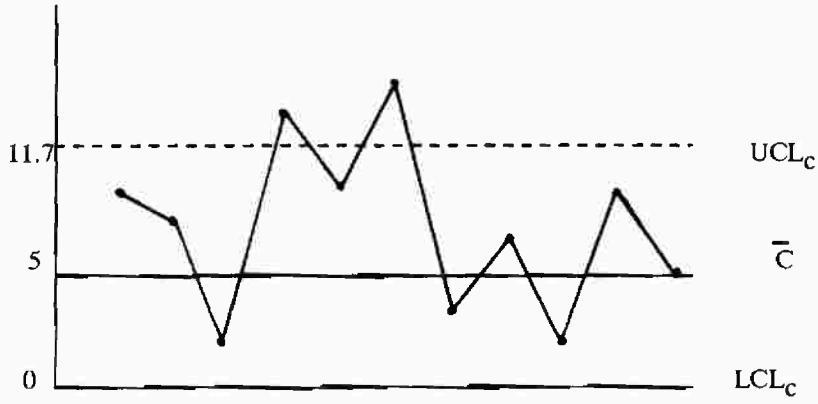
الحد الأول للمراقبة :

$$LCL_C = 5 - 3\sqrt{5}$$

$$= -1.7 \rightarrow 0$$

ويوضح الحد الأدنى صفر لأنه لا يمكن أن يكون سالباً

ويبين الشكل 11.6 خريطة مراقبة عدد العيوب على أساس بيانات المثال السابق.

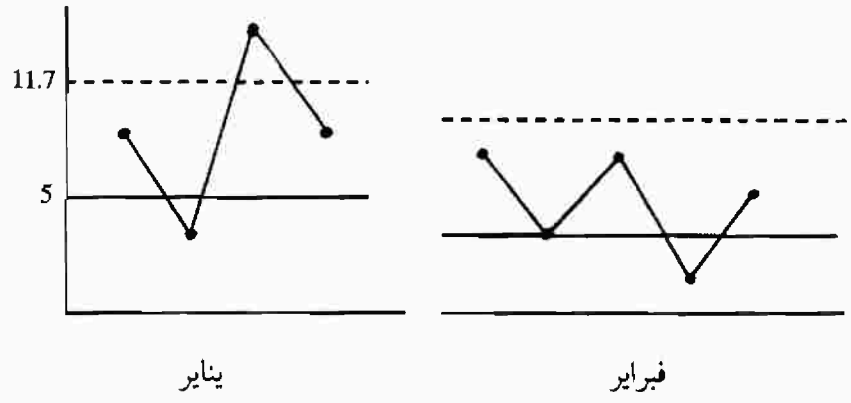


شكل 11.6

خريطة مراقبة عدد العيوب C

ومن الطبيعى أن نتوقع نقص عدد العيوب فى الوحدات المنتجة بسبب إستخدام خرائط مراقبة عدد العيوب.

لذلك فإن المتوسط ($\bar{C}$) سوف يتناقص وبالتالى فإن حد المراقبة سوف يقتربان من بعضهما. ويبين الشكل 11.7 مثالاً لذلك.



شكل 11.7

خريطة مراقبة عدد العيوب C
فى شهرين متتاليين.

ولا تتساوى الأهمية النسبية للعيوب فبعضها يكون أكثر أهمية من البعض الآخر إذ يترتب عليه مثلاً رفض الوحدة المنتجة. ومن ذلك وجود قطع فى القماش أو فقاعة كبيرة بالزجاج. . حيث يترتب على ذلك عدم صلاحية المنتج للإستخدام. أما العيوب البسيطة فإنه يمكن التغاضى عنها فى العادة. ومن أمثلة ذلك وجود خيط بارز فى القماش أو فقاعة صغيرة جداً فى الزجاج. ويكون المنتج صالحاً للإستخدام عادة رغم وجود مثل هذه العيوب. لذلك فإنه عند إعداد خريطة مراقبة عدد العيوب يجب مراعاة الأهمية النسبية لتلك العيوب بإعطائها أوزاناً مناسبة عند حساب مركز العملية $\overline{C}$ حيث :

$$\overline{C} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}$$

حيث : c_i عدد العيوب من النوع i

w_i الوزن المعطى للنوع i

ثم تستخدم $\bar{c}$ فى وضع كلا من الحد الأعلى للمراقبة والحد الأدنى للمراقبة.